



Efecto de los campos magnéticos y el ultrasonido sobre la calidad microbiológica y las propiedades funcionales en una emulsión de carne de búfalo (*Bubalus bubalis*).

Pedro E Romero Barragán¹, Víctor Manuel Gélvez Ordóñez²

¹Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Ingeniería de Alimentos Universidad de Córdoba, e-mail: promero@sinu.unicordoba.edu.co

²Facultad de Ciencias e Ingeniería, programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Pamplona, e-mail: vmgelvez@gmail.com

Resumen

La microbiología y las propiedades funcionales son parámetros fundamentales en la calidad de las emulsiones cárnicas. Para evaluar el efecto del ultrasonido (US) y de los campos magnéticos (CM) sobre las propiedades microbiológicas y funcionales, se prepararon emulsiones con carne de búfalo, las muestras empacadas al vacío (90%) se trataron con US (37 kHz) y CM (0,1147 T) a temperatura ambiente (16 °C) durante 3, 5 y 10 min, y se almacenaron (5 °C). La calidad microbiológica de la emulsión se evaluó mediante el análisis de mesófilos, coliformes totales y fecales; el pH y la estabilidad de la emulsión (EE). Los resultados mostraron con respecto al control una reducción de mesófilos en 1,32 unidades logarítmicas de UFC/g en la muestra tratada con US durante 10 minutos mientras que con CM la reducción fue de 1,6 unidades logarítmicas de UFC/g en la muestra tratada a 10 minutos. Con respecto al control, la reducción de coliformes totales mediante el tratamiento con US durante 5 minutos, fue de 1 unidad logarítmica de NMP/g; con CM durante 10 min la reducción fue de 0,41 unidades logarítmicas de NPM/g, mientras que la disminución del recuento de coliformes fecales fue de 0,69 unidades logarítmicas de NPM/g tanto para los tratamientos con US y CM durante 5min. En las muestras tratadas con US, se presentó una disminución significativa del pH en todas las muestras, mientras que la EE aumentó en las muestras tratadas con US durante 3 min. de la misma forma, en las muestras tratadas con CM el pH disminuyó y la EE aumentó significativamente con el tratamiento a 5 min.

Palabras clave: estabilidad de emulsión, pH. Mesófilos, coliformes

Effect of ultrasound and magnetic fields on microbiological quality and functional properties in emulsion of buffalo meat (*Bubalus bubalis*)

Abstract

The microbiology and functional properties are key parameters in the quality of meat emulsions. To evaluate the effect of ultrasound (U.S.) and magnetic fields Delos (CM) on the



microbiological and functional properties, were prepared with buffalo meat emulsions were treated with U.S. at 37 kHz and CM (0.1147 T) at room temperature (16 ° C) for 3, 5 and 10 min, vacuum packed (90%) and stored (5 ° C. We assessed the microbiological quality of the emulsion through the analysis of mesophiles, total coliforms and faecal, pH and emulsion stability (EE). The results showed with respect to control a reduction of mesophiles at 1.32 log units cfu / g in the sample treated with U.S. for 10 minutes while CM reduction was 1.6 log units cfu / g in the sample treated to 10 minutes. On the other hand over control of total coliform reduction by treatment with U.S. for 5 minutes, was 1 log unit of MPN / g, with CM for 10 min the reduction was 0.41 log units of npm / g, while reducing the fecal coliform count was 0.69 log units of MPN / g for both the U.S. and CM treatment for 5min. In the samples treated with U.S., there was a significant decrease in pH in all samples, while the U.S. increased in the samples treated with U.S. for 3 min. in the same way, in the samples treated with CM decreased and pH increased significantly with EE treatment to 5 min.

Key words: emulsion stability, mesophiles, coliforms

*Para citar este artículo: Bistua 11(1).2013:67-76. Romero Barragan PE, Gélvez Ordóñez VM.Efecto de los campos magnéticos y el ultrasonido sobre la calidad microbiológica y las propiedades funcionales en una emulsión de carne de bufalo (*Bubalus bubalis*).

+ Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de las separatas: Pedro E Romero Barragán .Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Ingeniería de Alimentos Universidad de Córdoba, e-mail: promero@sinu.unicordoba.edu.co

Recibido: Julio 26 de 2012 Aceptado: Abril 12 de 2013

1.-Introducció

El Búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) es originario del continente Asiático, allí para el año 2007 se concentraba un 96% de cabeza bubalinas, con unos 194 millones de cabezas promedio. Del porcentaje total existente, la India aporta 56 %, Pakistán 14 % y China 13 %. En países de Europa, África y en América se encuentra el resto de la población. En América con excepción de Chile y Canadá, se estima que existen 3.8 millones de cabezas. Los países Suramericanos con mayor población bubalina son Brasil 92.10 %, Venezuela 3.95 %, Argentina 1.58 %, Colombia 0.92 %, Cuba 0.79 %, Perú 0.53 % y Trinidad y Tobago 0.26 % (1,2). En el país, la existencia de grandes extensiones de tierras inundables en regiones caracterizadas por una marcada estacionalidad de lluvias, con suelos de mal drenaje y baja fertilidad, en las que el ganado vacuno presenta problemas para producir eficientemente, el búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) se convierte en una especie con gran potencial para la producción de carne y leche de primera calidad (3). Estudios realizados demuestran que el búfalo tiene la capacidad de aprovechar con mayor eficiencia los forrajes de baja calidad y tener una mejor respuesta de adaptación al trópico que el ganado vacuno *Bos indicus* y *Bos taurus* (4), viéndose esto reflejado en ganancias de peso superiores y en la disminución de los parámetros reproductivos de importancia económica tales como la edad al servicio efectivo y el intervalo entre partos (5,6).

En Colombia ha presentado un marcado

incremento, cercano a las 100.000 cabezas, y se ha establecido en la industria ganadera del país, debido a que producen carne y leche en condiciones donde el ganado vacuno puede escasamente sobrevivir (7). Gran parte de los rebaños se encuentran distribuidos en los departamentos de Córdoba, Antioquia, Santander, Caldas, Cesar, Cundinamarca, Valle, Cauca, zonas de Llanos Orientales y Amazonas. El aumento en el consumo de productos cárnicos, es función de una ampliación del mercado, que ahora es formada por un público más selecto, que demanda mayor calidad con respecto a la cantidad de la misma (8). La calidad de los productos cárnicos, involucran atributos, como las características microbiológicas, físico-químicas y nutricionales, y se deben considerar en el uso y tratamiento de los mismos (9). Durante las operaciones para la elaboración de emulsiones por lo general, se incrementa la flora microbiana debido a la manipulación(10). El uso de la carne de búfalo en la elaboración de embutidos es cada vez más frecuente, y por lo tanto las aplicaciones de sus emulsiones a productos cárnicos, como los "nuggets" y los "hot dogs" (11,12.13).

Las emulsiones cárnicas se consideran dispersiones de tipo grasa en agua conformadas además por tejido muscular, sales inorgánicas y aditivos, las dispersiones de pasta fina son definidas como verdaderas emulsiones, las gotas de grasa se encuentran



dispersas en una fase continua semisólida de proteína gelificada que forman la matriz proteica (14). La estabilidad de una emulsión cárnica se relaciona con las pérdidas por cocción y la textura (15,16). Las modificaciones de las proteínas de los embutidos pueden afectar favorablemente las propiedades funcionales de los embutidos cárnicos, una configuración expandida de las proteínas aumenta el espacio miofibrilar favoreciendo la retención de agua, esto ocurre cuando las proteínas tienen un exceso de cargas positivas o negativas .

Existe un gran número de aplicaciones potenciales de ultrasonido (US) de alta intensidad en la industria de los alimentos, algunas ya empleada como la disrupción celular, la desgasificación, el lavado, la homogenización de emulsiones y la dispersión de materiales agregados; la mayor aplicación de los US se ha encaminado a la destrucción de microorganismos, debido a que las altas presiones, las fuerzas de corte y la elevación de la temperatura generan en el material una disrupción en la integridad de los microorganismos; el US es particularmente más efectivo cuando se usa en combinación con otro método de conservación (17). Se define al ultrasonido como una forma de energía que viaja en ondas de sonido iguales o mayores a 20,000 vibraciones por segundo (18). Otra definición es como cualquier sonido de frecuencia más allá de lo que el oído humano puede escuchar, por arriba de

16 kHz (19). La región en la que un cuerpo magnético es capaz de magnetizar las partículas de su alrededor se le denomina campos magnéticos (20). El efecto activante sobre las proteínas del campo magnético parece ser causado por aumento de los puentes de hidrogeno y de la forma espiral de la columna polipeptídica (21). Las investigaciones en aplicación de los campos magnéticos en la conservación de alimentos es mínima, a pesar de ello se han llevado a cabo estudios para conservar leche (22), de la misma forma para acelerar ciertos procesos bioquímicos como la fermentación (23).

En Colombia, el conocimiento de la producción de bovinos para carne se limita a registrar algunos parámetros de desarrollo de los animales en pie(4), sin embargo son pocos los trabajos publicados que describen las características de calidad de la carne, de los productos y sus emulsiones y la aplicación de tecnologías emergentes.

Por tal razón, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del ultrasonido (37 kHz/ 16° C) y campos magnéticos (0.1147 T/ 16 °C) durante 3,5 y 10 min. sobre el pH, la EE y microbiología en emulsiones de carne de carne de bufalo (*Bubalus bubalis*).

Materiales y métodos

Preparación de la muestra



La carne se adecuó retirando partes indeseables (grasa y tendones) y se cortó en cubos (2 cm); se sometió a molienda empleando un molino (Ortega N° 22) con el disco de diámetro N° 6. La preparación de la emulsión se realizó según la fórmula propuesta por Sachindra et al. (2005) (10), se modificó el porcentaje de carne (a 69,62%), se reemplazó la grasa de porcino por aceite vegetal. Carne molida, aceite vegetal, hielo, fosfato, almidón, sal curante y sal común se sometieron a emulsificación en un cutter (BlakesLee) de 3 l., la emulsión se porcionó (20 g/unidad) en tripa sintética de celulosa calibre 22, empleando una embudidora hidráulica (RAMON, de 15 l), se empacó al vacío (90 %) en una empacadora (Henkovac 1500); las muestras se almacenaron a 4 °C.

Equipo y procedimiento

Las muestras empacadas al vacío se trataron durante 0, 3, 5 y 10 minutos en un baño de ultrasonido (Elmasonic E-60) con una frecuencia de 37 kHz. como medio de difusión se empleó agua desionizada (5 l), a 16 °C. Todas las muestras tratadas se almacenaron a 2 °C. Se dejaron muestras sin tratar como control. Por otra parte, otro conjunto de muestras se trataron un equipo compuesto por un juego de bobinas (marca Scoli, 6 A, 240 N, $R=1.8 \Omega$) y una fuente de poder (Low voltaje power supply, Pasco scientific SF-9584 A), la intensidad alcanzada fue de 0,1147 T.

La calidad microbiológica se determinó

efectuando el recuento de mesófilos aerobios mediante la técnica de placa profunda descrita en la norma técnica colombiana NTC 4519; por otra parte se efectuó el recuento de coliformes totales y fecales mediante la técnica del número más probable NPM descrita en la NTC 4516. El pH se midió por lectura directa (pHmeter 744, Metrohm) y la estabilidad de la emulsión (EE) se determinó según procedimiento de Thomas et al., (2006) (12), a la emulsión sin tratar y a la tratada con ultrasonido en los diferentes tiempos (3,5 y 10 min). El experimento se condujo bajo un diseño completamente al azar con un solo factor (tiempo de exposición a ultrasonido y campos magnéticos) en 4 niveles (0, 3, 5 y 10 min), con 6 repeticiones para un total de 24 unidades experimentales. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de diferencias mínimas significativa a un nivel de significancia del 5 %, con software Statistica 7.0 versión de prueba (StatSoft, Inc. 2004) (24).

Resultados y Discusión

El pH de la muestra control es significativamente más alto que el de las muestras tratadas con US a 3 y 5 min (tabla 1), mientras que con el valor del pH de la muestra tratada a 10 min no presenta diferencia significativa ($P>5\%$). El efecto del tratamiento con 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 (25,26).

En cuanto al efecto del tratamiento sobre la estabilidad de la emulsión (EE) de carne de búfalo (*Bubalus bubalis*), se observa un aumento significativo ($P < 0,05$) entre la muestras tratadas con ultrasonido a 3 minutos, con respecto al control. Las otras muestras no presentan diferencia significativa respecto al control.

El aumento de la estabilidad de la emulsión conseguida con el tratamiento, es debido a una adecuada formación de película proteica interfacial constituida por proteínas solubles, actomiosina y miosina, liberadas por el rompimiento de las ondas ultrasónicas, influyendo en la capacidad de ligazón. Por otra parte la presión de cavitación permite disminuir el tamaño de las partículas favoreciendo la agregación y facilitando además estabilizar los glóbulos grasos para evitar la coalescencia (27,28). Si una burbuja ultrasónica se destruye en el límite de la fase de dos líquidos inmiscibles, el resultado del choque de la onda proporciona un mezclado más eficaz y estable (29,19). Igualmente la producción de radicales libres, reacciones de despolimerización por la dispersión de los agregados o rompimiento de las uniones químicas, al configurar proteínas sin desnaturalizar

mejoran la estabilidad de las emulsiones (26).

Además la homogenización por el efecto del US, dispersa uniformemente las partículas de proteína y grasa, y hay una mejor distribución de los aminoácidos hidrófilos e hidrófobos mejorando la estabilidad de la emulsión (25).

Como se observa en la tabla 2 el pH de la muestra tratada a 3 min (CM 1) fue significativamente ($P < 0,05$) menor que el de la muestra control, mientras que las muestras tratadas durante 5 (CM 2) y 10 (CM 3) min son estadísticamente iguales. Por otra parte la estabilidad de la emulsión El efecto del tratamiento se debió a que se presentó una alineación de las moléculas de proteína ocasionada por una anisotropía diamagnética, la cual se presenta cuando prevalece la secuencia α -hélice (30).

En cuanto al efecto del tratamiento con US sobre la microbiota de mesofilos aerobios, en la fig. 1, se observa una disminución significativa ($P < 0,05$) en las muestras tratadas con respecto a la muestra control, mientras que en la fig. 2 se observa el efecto del tratamiento con US sobre los coliformes totales y fecales en las muestras de emulsión; se encuentra una reducción significativa ($P < 0,05$) en todos los tratamientos con respecto al control, sin embargo es relevante la disminución de los coliformes fecales



73

con el tratamiento a 10 min. La disminución del recuento microbiano mediante el tratamiento con US es atribuido a la cavitación intracelular generada, los choques micro mecánicos afectan componentes estructurales y funcionales hasta la lisis de la célula (18,31). Por otra parte el efecto del tratamiento con CM sobre la microbiota de mesófilos aerobios se observa en la fig.3, en la cual se muestra una disminución significativa ($P < 0,05$) en las muestras tratadas con respecto al control. En la fig. 4 se observa el efecto del tratamiento con CM sobre la microbiota de coliformes fecales y totales, en donde se muestra una disminución significativas ($P < 0,05$) en las muestras tratadas con respecto al control. La disminución de la carga microbiana por el efecto de los campos magnéticos se debe principalmente a dos fenómenos; el primero a la ruptura de la molécula de ADN, el segundo a la ruptura de enlaces covalentes en moléculas con dipolo magnéticos (32).

Adicionalmente los campos magnéticos cambian la orientación de las biomoléculas (proteínas) y de las biomembranas en una dirección paralela o perpendicular a la aplicación del campo magnético y cambio de la tendencia iónica a través de la membrana plasmática alterando la velocidad de reproducción(33). Por otra parte el efecto calmodulin, ocasionado por la vibración de los iones calcio cerca a la posición de equilibrio ocasiona un

plano de vibración que sigue la dirección del campo magnético a una frecuencia casi igual a la frecuencia del ciclotrón del calcio unido, adicionalmente, el campo magnético desequilibrado perturba la precisión a tal magnitud que rompe la unión entre el calcio y el calmodulin (34,35).

Conclusiones

El pH de la emulsión preparada con carne industrial de búfalo disminuye cuando es tratada con ultrasonido (37 kHz, 16 °C) durante 3 y 5 min. Mientras que su EE aumenta (1,24 %) en las muestras tratadas durante 5 min. En las muestras tratadas con durante 5 min. con campos magnéticos el pH disminuye significativamente ($P < 0,05$) mientras que la EE aumenta (0,94 %). De todas las muestras tratadas en la que más se incremento la EE fue la tratada con US durante 5 min, a pesar de presentar disminución del pH.

Con los tratamientos se disminuyó la flora de mesofilos aerobios, hay una mayor reducción (1.32 log UFC) en la muestra tratada con US durante 10 min. De la misma forma con los tratamientos se consiguió disminuir la flora microbiana de coliformes totales y fecales, la mayor reducción de coliformes totales se consiguió mediante el tratamiento con US durante 5 min. (1.04 log NPM/g) y para los coliformes fecales en 0.69 log NPM/g en la muestra tratada con US a 5 min y para todas las muestras tratadas con CM.



Agradecimientos

Se hace especial referencia a los directivos del instituto de Ciencia y tecnología de Alimentos de la Universidad de Pamplona

Referencias Bibliográficas

[1] Min de agricultura ganadería y pesca, Argentina; ANUARIO 2008 PRODUCCION BUBALINA DIRECCIÓN DE GANADERÍA AREA BUBALINOS www.sagpya.mecon.gov.ar [Citado 11 de Octubre 2009]

[2] De Bernardini, L. Búfalos, análisis de cadena alimentaria.http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/razas_de_bufalos/08bufalos_cadena_alientaria.htm [Citado 11 de octubre 2009]

[3] Gutiérrez, M. Buffalo production perspectives in Colombia. In:Proceedings VI World Buffalo Congress: an alternative for animal agriculture in the third millenium. Maracaibo, Venezuela, 677-697, 2001.

[4] Angulo, A., Ramírez, F., Hurtado,A., Restrepo, F., Montoya, A., Bedoya, M. and Berdugo A. Comparative analisys of the quality of cattle and bufaline carcass marketed in the city of Medellín - Colombia. In: Proceedings First Symposium Buffalo of Americas. Belem-Para, Brasil, 532-534. 2002.

[5] Angulo, A., Gómez, V., Jaramillo,S. y Berdugo, A. Desempeño reproductivo y productivo de búfalas en un sistema de alimentación a toda leche. Memorias

Segundo Simposio de Búfalos de las Américas. Corrientes, Argentina, 2004.

[6] Vale, G. Producción del búfalo en elvalle del Amazonas. Memorias Curso Internacional de Reproducción Bufalina. Medellín, Colombia, 7-20,2001.

[7] Sanint, L. Pasado, presente y futuro del búfalo en Colombia. Memorias III Simposio de búfalos de las Américas.Medellín,32, 2006Ataka, M., Katoh, E., Wakayama, M. I. (1997). Magnetic orientation as a tool to studythe initial stage of crystallization of lisozyme.Journal of Chrytal Growth, 173, 592-596

[8] Palheta, A., L. Antunes, J. Lourenço and Felipe, A. [CD-Room] Physical-Chemical Characteristcs Of "Mortadela" Elaborated With "Baby Buffalo" Meat And Fine Herbs. 2002. In: proceedings of the 1st buffalo symposium of Americas Belém, Pará,Brazil September, 2002.

[16] Fernandez, L. J., Barberá, S.,Rosmini, M.R. y Perez, A. J. (1997). El test del acido 2-Tiobarbitúrico (TBA) como medida de la oxidación en carnes y productos carnicos. Eurocarnes, 58.

[17] Dolatowski, Z, J., Stadnik, J.,Stasiak, D, M. (2007). Applications of ultrasound in food technology. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 6(3), 89-99

[18] Hoover, D. Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies ultrasound. Journal of Food Science, 93-95, 2000.

[19] Manson, T., Paniwnik, L. and Lorimer, J. The uses of ultrasound in food technology. Sonochem, 3, 253-260, 1996.



75

- [20] Mulya, L. N. (1964). Basic concepts related to magnetic fields and magnetic susceptibility Biological effects of Magnetic Fields (M. F. Barnothy, ed.), Plenum Press, New York, 1964, Vol. 1, pp. 33-55.
- [21] Akopyunglou. (1964). Effect a magnetic field on carboxydismutase. Nature, 202., 452-454. Citado por: Barbosa, C. G. V., Pothakamury, U R., Palou, E. y Swanson, B. G. (1998). Conservación no térmica de alimentos. Acribia, ISBN 84200885, 113-115.
- [22] Aguilar, S. J., Pérez, M. I., Cepero R. O. (2007). Efecto de los campos magnéticos en la conservación de la leche cruda sin refrigerar. Revista Electrónica de Veterinaria, VolVII, Nº 4, 1-9.
- [23] Zapata, J. E., Moreno, O. G. y Marquez, F. E. (2002). Efecto de los campos magnéticos sobre el crecimiento de *Saccharomyces cervisiae*. Interciencia. 27, 10.
- [24] StatSoft, Inc.. STATISTICA (data analysis software system), versión 7. www.statsoft.com. 2004.
- [25] Jambrak, A., R., Mason, T., J., Lelas, V., Herceg, Z., Herceg, I., L. Effect of ultrasound treatment of solubility and foaming properties of whey protein suspension. Journal of Food Engineering, 86, 281-287. 2008.
- [26] Güsey, D.. Modification of protein structure and functionality using high intensity ultrasound. Thesis University of Tennessee, Knoxville, 87, 2002.
- [27] Abismail, B., Cancelier, J. P. Wilhelm, A. M., Delmas, H., Gourdon, C. (1999). Emulsification by ultrasound: drop size distribution and stability. Ultrasonics Sonochemistry, 6, 75-83.
- [28] Varnam, H. A. and Sutherland, J. P. (1995). Meat and meat products. Technology, chemistry and Microbiology. Chapman & Hall, 2-6 Boundary, London SE1 8HN, UK, 266-269.
- [29] Masudo, T., and Okada, T.. Ultrasonic irradiation – Novel Principle for microparticle separation. Analytical sciences, 17, 341-344, 2001.
- [30] Ataka, M., Katoh, E., Wakayama, M. I. (1997). Magnetic orientation as a tool to study the initial stage of crystallization of lysozyme. Journal of Chrytal Growth, 173, 592-596
- [31] Earnshaw, R. G., Appleyard, J., Hurst, R. M. (1995). Understanding physical inactivation processes: combined preservation opportunities using heat, ultrasound and pressure. International Journal of food Microbiology. 28, 197-219. Citado por: Ross, A. I. V., Griffiths, M W., Mittal, G. S., Deeth, H.C. (2003). Combining non thermal technologies to control foodborne microorganisms. International of food microbiology. 89, 125-138.
- [32] Herrero, A. M., De Ávila, R. M. (2006). Innovaciones en el procesado de alimentos: tecnologías no térmicas. Rev. Med. Univ. Navarra, 50, 4, 71-74
- [33] Liboff, A, R., Williams, T., Strong, D, M., Wistair, R. (1984). Time varying magnetic fields: Effect on DNA synthesis. Science, 223, 818-820.



[34] Pothakamury, U R., Palou, E. y Swanson, B. G. (1998). Conservación no térmica de alimentos. Acribia, ISBN 84200885, 113-115.

[35]Akopyunglou. (1964). Effect a magnetic field on carboxydismutase.Nature, 202., 452-454. Citado por: Barbosa, C. G. V.,