

## EFECTO DE LA COMPOSICIÓN Y EL TIEMPO DE PROCESADO SOBRE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS Y ÓPTICAS DE LAS EMULSIONES CÁRNICAS

Effect of composition and processing time on optical and technological properties of pork meat emulsion

D. Álvarez<sup>1,2\*</sup>, M. Castillo<sup>1,2</sup>, M. D. Garrido<sup>2</sup>, S. Bañón<sup>2</sup>, G. Nieto<sup>2</sup>, P. Díaz<sup>2</sup>, F. A. Payne<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Biosystems and Agricultural Engineering, 210 C.E. Barnhart Building, University of Kentucky, Lexington, KY, 40546-0276, USA. Telephone: +1 859 257 3000. Fax: +1 859 257 5671. <sup>2</sup>Departamento de Tecnología de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Campus de Espinardo, Universidad de Murcia, 30071 Murcia, Spain. Tel.: +34 968 367648. Fax: +34 968 364147.

\* Autor para correspondencia: Daniel Álvarez. E-mail: alvarez.daniel@bae.uky.edu dalvarez@um.es

### RESUMEN

El principal desafío en la elaboración de emulsiones cárnicas (p.e. salchichas frankfurt o bologna) es la obtención de productos cárnicos estables que no sufran excesivas pérdidas de grasa y agua durante la fase de cocinado. La rotura de la emulsión es sólo evidente durante el tratamiento térmico, cuando es demasiado tarde para aplicar acciones correctoras. En la actualidad, es común el uso de almidones, grasa y proteínas no cárnicas para mejorar las propiedades tecnológicas de estos productos. Un uso apropiado de estas sustancias puede ayudar a controlar la estabilidad de la emulsión y su rendimiento tras el cocinado. En este estudio, dos proporciones de carne y grasa de cerdo con diferentes porcentajes de almidón se trocean a intervalos de 2 min durante 16 min y, simultáneamente, se miden las coordenadas CIELAB, la firmeza del gel y las pérdidas por cocinado. Los resultados obtenidos sugieren que las emulsiones elaboradas con almidón y un menor porcentaje de grasa presentan una reducción significativa de las pérdidas de exudado, mejorando el rendimiento tras el cocinado y en definitiva, dando un producto más estable. En este tipo de emulsiones se observa que el incremento de luminosidad ( $L^*$ ) se corresponde con una mayor firmeza de la emulsión ( $P < 0.01$ ) y con menores pérdidas por cocinado ( $P < 0.001$ ). En cambio, en emulsiones mas grasas y sin almidón las pérdidas por cocinado aumentaron significativamente ( $P < 0.01$ ) a partir de 10 min de troceado, acompañándose de una  $L^*$  menor y una mayor tendencia a la rotura de la emulsión. Los resultados sugieren un estudio más en profundidad del parámetro óptico  $L^*$  y su capacidad para predecir pérdidas por cocinado, así como el interés de realizar nuevos estudios para determinar los efectos de grasa y almidón por separado.

**Palabras clave:** Control de procesos, Estabilidad de emulsión, Pérdidas por cocinado, Firmeza del gel, Color de la carne.

## ABSTRACT

The principal challenge in the manufacture of meat emulsion products such as frankfurters and bologna is to produce stable meat products that can withstand the subsequent cooking process without fat and water separation. An emulsion breakdown is only evident during the heating process, but at this point it is too late to introduce corrective actions. Starch, fat, and non-meat proteins are very frequently used to improve emulsion stability and processing yield after cooking. In this study, two pork meat-fat ratio products with different percentages of starch were chopped for a period of 16 min. Samples were taken at 2 min intervals for CIELAB coordinates, gel strength and cooking measurements. The results suggest that low fat meat emulsion products made with starch had a significant decrease in cooking loss, better processing yield after cooking and higher final product stability. The increase of  $L^*$  values at the beginning of process was accompanied with an increase of gel firmness ( $P < 0.01$ ) and reduced cooking loss ( $P < 0.001$ ). High fat meat emulsion products made without starch showed a significant increase ( $P < 0.01$ ) of cooking loss after 10 min of chopping accompanied by low  $L^*$  value and a higher tendency for emulsion breakdown. These results suggest that further test should be conducted to determine if the optical parameter  $L^*$  contains sufficient information to predict cooking loss during emulsify process and to evaluate the independent effects of starch and meat-fat on final product stability.

**Key words:** Process control, Emulsion stability, Cooking losses, Gel firmness, Meat color.

## INTRODUCCIÓN

Las emulsiones cárnicas son mezclas de carne finamente troceadas compuestas de agua, proteína, grasa y sal, pudiendo aparecer también productos no cárnicos tales como soja, suero y almidón. Estos productos son una parte importante de la dieta en naciones desarrolladas como España, donde el consumo de carne por persona y año fue 66.3 kg en 2004 (Mercasa, 2005). En EE.UU. son productos muy populares y representan cerca de un tercio del total de productos cárnicos inspeccionados (USDA 2005). La obtención de una emulsión homogénea (Figura 1) supone el troceado fino de todos los ingredientes hasta la formación de un producto de textura pastosa, capaz de fluir durante el embutido, y de transformarse en un producto semirrígido tras el cocinado, como consecuencia de la desnaturalización de la proteína y su gelificación (Xiong, 1997). El proceso de corte está diseñado para reducir el tamaño de la carne y partículas grasas, y de este modo mejorar la extracción de proteínas solubles en sal —principalmente la miosina—, reducir la tendencia a la separación de la grasa y obtener un producto

cárnico estable que resista la etapa de cocinado sin sufrir la separación agua-grasa (Gordon & Barbut, 1992). La duración de este proceso influye decisivamente sobre la estabilidad de la emulsión cárnica y la calidad del producto final al condicionar tanto la ligazón grasa-proteína como la tendencia a la exudación de agua y grasa durante el cocinado. Como muestra la Figura 2, los factores que afectan a la estabilidad de la emulsión cárnica influyen decisivamente en la calidad y rendimiento final del producto cárnico. En general, la pérdida de la estabilidad de la emulsión conduce hacia la obtención de productos de baja calidad, mientras que una adecuada composición grasa-proteína que facilite la extracción de la proteína miofibrilar durante el troceado y su correcta gelificación durante el cocinado conducen hacia la obtención de emulsiones de elevada calidad. De ello se desprende la importancia de la composición de las materias primas utilizadas durante la elaboración de la emulsión. El uso de una adecuada proporción grasa-proteína de la materia prima durante la fase de troceado facilita la extracción y dispersión de las proteínas miofibrilares de las estructuras celulares, la adecuada reducción del

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de productos cárnicos finamente troceados (Según Barbut, 1999). \*CRA; Capacidad de retención de agua.

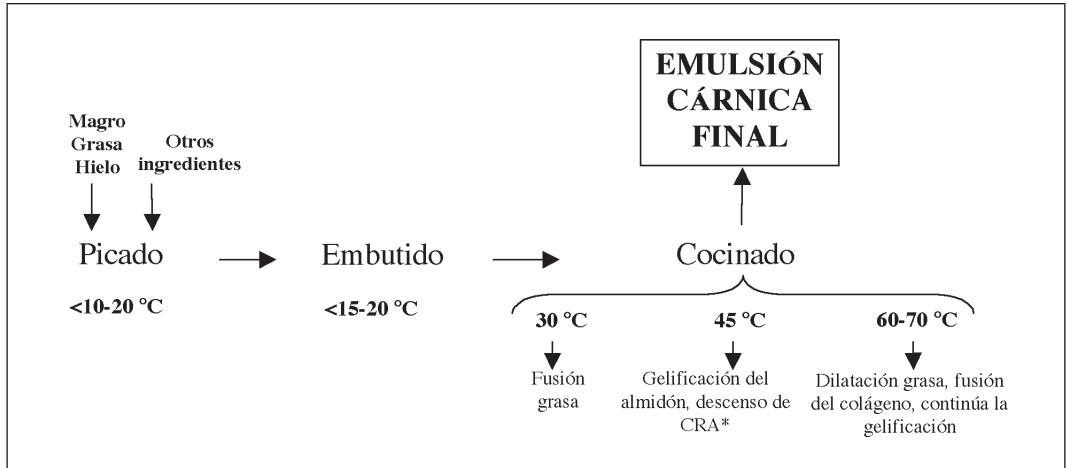
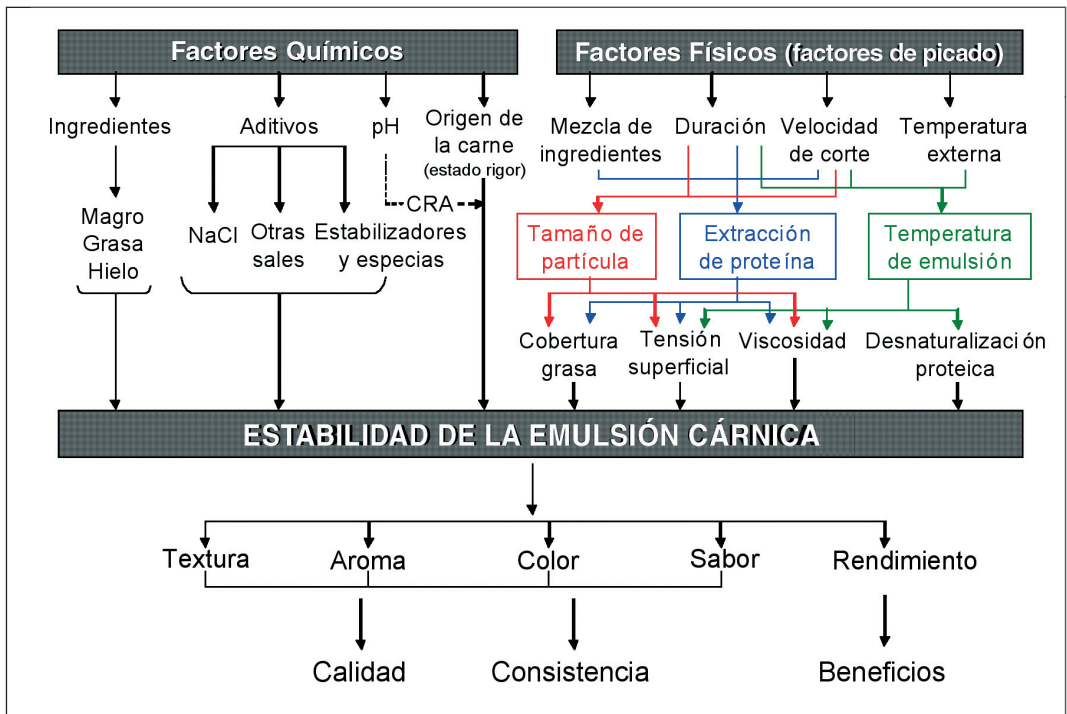


Figura 2. Diagrama esquemático de los principales factores que afectan a la estabilidad de la emulsión (CRA; Capacidad de retención de agua).



tamaño de la partícula grasa y un grado mínimo de desnaturalización de la proteína miofibrilar, permitiendo así una apropiada cobertura de la partícula grasa (Jones & Mandigo, 1982). En la práctica, suele ser habitual el aporte de grasa, almidón y proteínas no cárnicas para mejorar el rendimiento y las propiedades texturales de la emulsión cárnica (Lanier, 1991; Foegeding et al., 2000). En general, el uso de almidones tiene la habilidad de retener mayor cantidad de líquidos ayudando a mejorar la jugosidad y la ternura de los productos cárnicos, y en definitiva, a estabilizar la emulsión (Crehan et al., 2000). El almidón gelifica durante el tratamiento térmico, aumentando la viscosidad de la emulsión y reduciendo la movilidad de los glóbulos grasos. Por su parte, el uso de cantidades inadecuadas de grasa está asociado con pérdidas de calidad de la emulsión. Así, el uso de grasa en exceso tiende a inestabilizar la emulsión ya que se necesita mayor energía para reducir el tamaño de la grasa, generando con ello un exceso de calor que funde la grasa antes de la gelificación de la proteína (Foegeding et al., 2000). Y por otro lado, el uso de pequeñas cantidades de grasa suele estar asociada con problemas tecnológi-

cos de textura, aroma y sabor (Keeton, 1994). En cambio, el uso de ratios magro-grasa más magros con niveles moderados de grasa permite una adecuada extracción de proteína miofibrilar capaz de cubrir por completo los glóbulos grasos obtenidos durante el troceado de las materias primas.

El presente trabajo tiene por objeto estudiar la estabilidad de dos emulsiones cárnicas de diferente composición, mediante el comportamiento de las coordenadas ópticas de color CIELAB obtenidas durante el proceso de picado, las pérdidas de exudado y la firmeza del gel cárnico obtenidos tras el tratamiento térmico, y su correlación con signos evidentes de tendencia a la rotura de la emulsión durante el cocinado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se obtuvo carne magra y grasa de cerdo de un matadero industrial de la Región de Murcia. La carne fue limpiada de restos de tejido conectivo y troceada junto con la grasa en piezas de pequeño tamaño. Carne y grasa fueron pesadas, al igual que el resto de ingredientes (Sartorio-

**Cuadro 1. Nivel de significación estadística entre los valores medios de las variables estudiadas en la emulsión I y II a diferentes tiempos de troceado.**

Picado (min)	Exudado (g)	Firmeza (kg)	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
2	***	n.s.	***	*	*
4	**	n.s.	**	**	***
6	n.s.	n.s.	**	**	**
8	n.s.	n.s.	*	n.s.	***
10	n.s.	*	**	n.s.	**
12	*	*	**	n.s.	n.s.
14	***	n.s.	***	n.s.	n.s.
16	**	n.s.	***	n.s.	*

<sup>ns</sup>No significativo al 95%, \*Significativo al 95%, \*\*Significativo al 99%, \*\*\*Significativo al 99.9%

**Cuadro 2. Correlación de Pearson (r) y nivel de significación (P) de las principales variables estudiadas en las emulsiones I, de menor tendencia a la rotura, y II, de mayor tendencia a la rotura.**

Variables	Emulsión I		Emulsión II	
	r	P	r	P
Exudado - $L^*$	-0.9207	0.0012	-0.9544	0.0002
Exudado - Firmeza	-0.8800	0.0039	-0.7378	0.0366
Exudado - Picado	0.8353	0.0098	0.9197	0.0012
$L^*$ - Firmeza	0.8785	0.0041	0.6674	0.0705
$L^*$ - Picado	-0.7653	0.0269	-0.8067	0.0155
Picado - Firmeza	-0.8182	0.0130	-0.5675	0.1423
Picado - *	-0.7280	0.0406	-0.8477	0.0078
Picado - *	-0.16343	0.6990	-0.9254	0.0010

$P \geq 0.05$  no significativo al 95%,  $P < 0.05$  significativo al 95%,  $P < 0.01$  significativo al 99%,  $P < 0.001$  significativo al 99.9%

us BP 1200, Germany), hasta obtener dos lotes con diferentes ratios magro-grasa y almidón que fueron usados para elaborar dos emulsiones con diferentes tendencias a la estabilidad. El lote I, más magro y con un ratio magro-grasa 75/20, quedó constituido por 1.125 g de magro, 300 g de grasa, 75 g de hielo, 75 g de almidón, 37.5 g de sal y 75 g de aditivos. El lote II, más graso y con un ratio magro-grasa 65-30, quedó constituido por 975 g de magro, 450 g de grasa, 75 g de hielo, 37.5 g de sal, 75 g de aditivos. Cada emulsión fue elaborada por duplicado en idénticas condiciones. Las materias primas, carne y grasa, fueron pesadas y diferenciadas por lotes, y a continuación se introdujeron en bolsas de polietileno para ser envasadas al vacío y almacenadas en congelación (-18 °C) hasta su uso. Con el resto de ingredientes (almidón, sal, aditivos, etc.) se procedió de igual modo a excepción de su almacenamiento que fue a temperatura ambiente (~22 °C). Carne y grasa se descongelan lentamente en cámara frigorífica a una temperatura de 4 °C, 24 h antes de su

procesado. Tras mezclar durante 30 s a baja velocidad (300 rpm) los ingredientes no cárnicos, se añadió la carne y la grasa descongeladas para trocearla durante 16 min a alta velocidad (1.500 rpm) (Robot Coupe, Mod. R 5 V.V., France). Cada 2 min se recogió una muestra de 100 g de la emulsión hasta completar un total de 16 min, donde se midieron la temperatura (Digital thermometer Crison, Mod TM 65) y el pH (Crison Instruments, Mod 507, Spain). De igual modo, se determinó el color de cada muestra usando un Colorímetro Minolta (Mod. II CR-200 Reflectance, Minolta Camera Co. Osaka, Japan). Las medidas de luminosidad  $L^*$  y coordenadas cromáticas  $a^*$  (rojo/verde) y  $b^*$  (amarillo/azul) se realizaron usando el sistema estándar CIELab, con un ángulo de observación de 0° y 8 mm de diámetro de área. Cada muestra recogida fue utilizada para rellenar dos frascos con ~50 g y someterlos a tratamiento térmico en una marmita de agua caliente (Mainca S.L., Spain) durante 30 min a 75 °C. Después de la cocción se pesó el exudado de líquido para es-

tablecer el cálculo de las pérdidas por cocinado por diferencia de peso y las muestras fueron mantenidas en refrigeración (4 °C) hasta el día siguiente, donde se midió la firmeza del gel usando un Penetrómetro Bertuzzi (FP Texter, Mod. FT011, IVTPA, Italy). El aparato presenta un indicador de presión (0-1 Lb) localizado en la parte superior y una sonda cilíndrica de acero de 11.2 mm en su parte inferior, la cual queda conectada a un émbolo de sujeción que permite ejercer una presión manual constante sobre la superficie de la muestra. El registro de la firmeza del gel (resistencia a la rotura) se lleva a cabo mediante la aplicación de una presión creciente sobre la superficie de la muestra, suficiente para que ésta ceda y acabe rompiéndose. En ese momento la sonda cilíndrica penetra en la muestra hasta un tope de seguridad localizada en su base, registrándose un valor de presión en el indicador correspondiente a la medida.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

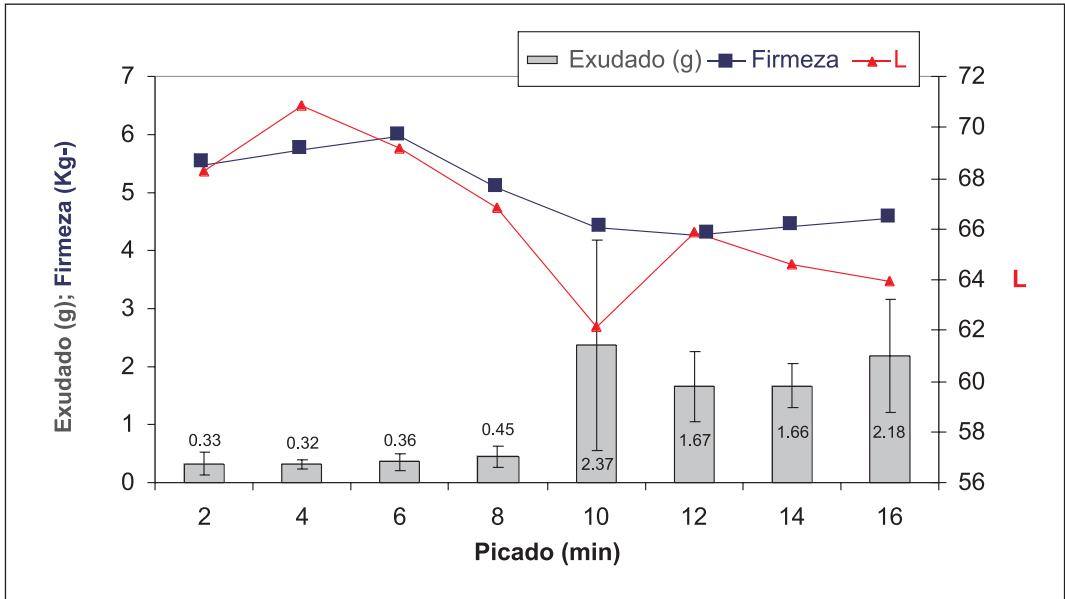
Las Figuras 3 y 4 muestran respectivamente la evolución de las pérdidas por cocinado, la luminosidad,  $L^*$  y la firmeza del gel en los diferentes tiempos de troceado a los que se sometieron el lote I, de mayor grado de estabilidad y escasa tendencia a la rotura de la emulsión, y el lote II, donde no se usó almidón y presentó una clara tendencia a la rotura de la emulsión. Se observa un aumento claro de las pérdidas por cocinado a partir de 10 min en ambas emulsiones, siendo esta más evidente en la emulsión II (Figura 4), y una tendencia reducida a la exudación por debajo de 10 min de troceado, la cual sólo se ve incrementada al minuto 2 en la emulsión II (Figura 4). Coincidiendo con Lee (1985) la mayor inestabilidad de la emulsión a bajos tiempos de troceado es más frecuente en emulsiones más grasas y con mayor tamaño de la partícula grasa. Estos resultados también coinciden con los obtenidos por otros autores (Barbut, 1998; Allais et al., 2004) quienes observaron que los tiempos de troceado menores

de 10 min reducían la exudación de líquidos y se correspondían con una mayor estabilidad de la emulsión, alcanzándose el punto de rotura en la emulsión al superar dicho tiempo.

La evolución de la coordenada  $L^*$  alcanza un valor máximo a 4 min de troceado en ambas emulsiones (Figuras 3 y 4) que se corresponde con los valores mas bajos de exudación tras el cocinado. Dicha coordenada presenta valores elevados y constantes cuando la emulsión experimenta las menores pérdidas por cocinado, y una tendencia a disminuir cuando las pérdidas por cocinado aumentan a partir de 10 min, más evidente cuanto mayor es la tendencia a la rotura (emulsión II, Figura 4). La tendencia observada en la variable  $L^*$  en ambas emulsiones, una vez que se ha alcanzado el punto de rotura, sugiere que la medida de luminosidad durante el troceado de la carne podría aportar una información muy valiosa para predecir las pérdidas por cocinado. Coincidiendo con nuestros resultados, Barbut (1998), considera que la correlación inversa entre el parámetro óptico  $L^*$  (lightness) y las pérdidas por cocinado, estrechamente relacionada con la estabilidad de la emulsión durante el cocinado, pueda ser usada para el desarrollo de una tecnología de fibra óptica que permita controlar la rotura de la emulsión durante la fase de cocinado del producto.

La composición de la emulsión no parece afectar a la firmeza del gel cárnico tras alcanzar el punto de rotura, observándose en ese momento una tendencia casi idéntica en ambos tipos de emulsión (Figuras 3 y 4). Sin embargo, por debajo de 8-10 min, los valores absolutos de firmeza encontrados en la emulsión de mayor tendencia a la estabilidad (I), son superiores a la emulsión menos estable (II). A pesar de detectarse escasas diferencias significativas a los tiempos de troceado 10 y 12 min ( $P < 0.05$ ) y no aparecer en el resto de tiempos (Cuadro 1), si parece intuirse un efecto en la firmeza según la composición de la emulsión, de modo que la emulsión I se muestra mas dura y consistente que la II hasta el momento en que se rompe

Figura 3. Distribución de las pérdidas por cocinado (media y desviación estándar), firmeza del gel y la coordenada  $L^*$  en la emulsión I, de menor tendencia a la rotura.

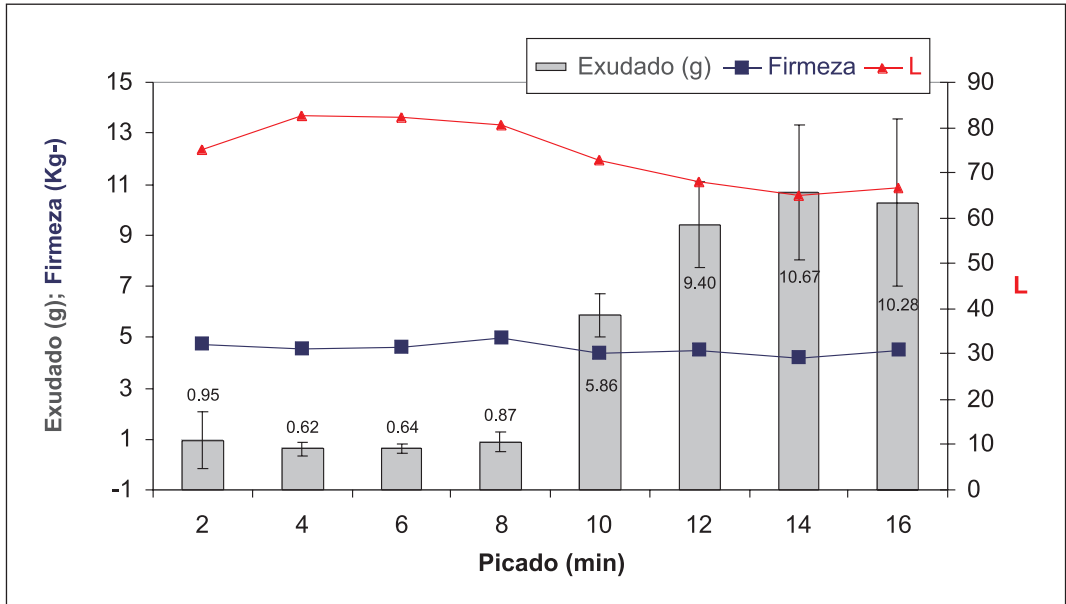


la emulsión (8-10 min), momento en el cual ambas emulsiones pierden la consistencia en igual grado. Este comportamiento de la firmeza según la composición podría deberse al hecho de haber utilizado un penetrómetro de acción manual, que resta precisión a la medida.

En el Cuadro 1 también se puede comprobar como las pérdidas por cocinado experimentan diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) por debajo de 6 min y por encima de 10 min de troceado, siendo no significativas en la franja, entre 6 - 10 min de mayor estabilidad de la emulsión. Estos resultados sugieren que el uso de almidón y/o un determinado porcentaje de grasa parecen tener un efecto significativo sobre la capacidad de retener líquidos a bajos tiempos de corte y una vez que se ha producido la rotura de la emulsión, condicionando tanto la tendencia a la estabilidad de la emulsión como su rendimiento una vez se ha alcan-

zado el punto de rotura. No obstante, de éstos resultados se desprende el interés de realizar nuevos experimentos que tengan por objeto dilucidar el papel de ambos factores (ratio grasa/magro y almidón) por separado. Foegeding et al. (2000) observaron mayor inestabilidad en la emulsión cuando se usaban cantidades de grasa en exceso. En el mismo sentido, Allais et al. (2004) detectaron bajos rendimientos en la emulsión conforme aumentaba su contenido graso y se usaba una velocidad mayor para trocear la carne y la grasa. Por el contrario, Crehan et al. (2000) observaron como una reducción del contenido de grasa del 30% al 5% causaba un significativo incremento ( $P < 0.05$ ) en las pérdidas por cocinado. Estos mismos autores comprobaron que el uso de azúcares en la emulsión suponía una reducción significativa en las pérdidas por cocinado respecto al control sin azúcares.

Figura 4. Distribución de las pérdidas por cocinado (media y desviación estándar), firmeza del gel y la coordenada  $L^*$  en la emulsión II, de mayor tendencia a la rotura.



En el caso de las variables ópticas, se observó una reducción significativa ( $P < 0.001$ ) de la luminosidad,  $L^*$ , al disminuir el contenido de grasa en la emulsión y aumentar el contenido de almidón. Estas diferencias son altas a 2 min y por encima de 10 min de troceado, y algo menores a los 8 min. Este comportamiento denota que las diferencias en la variable  $L^*$  se hacen mayores cuando la emulsión está todavía sin formar y principalmente, cuando se alcanza el punto de rotura. Por su parte, las coordenadas de color experimentan, en general, diferencias significativas hasta el min 6 ( $a^*$ ) y el min 10 ( $b^*$ ), cuando la emulsión no está formada, o es estable, y no presentan diferencias significativas, o son escasas, una vez que se ha roto la emulsión. El uso de almidón en la emulsión de menor contenido graso (I) determinó una reducción significativa ( $P < 0.01$ ) en las coordenadas cromáticas  $a^*$  (redness) y  $b^*$  (yellowness)

por debajo de 8 min de troceado, respecto a la emulsión más grasa (II), donde aumentó. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Crehan et al. (2000) a un tiempo fijo de 9 min de troceado.

En el Cuadro 2 se observan los coeficientes de correlación y niveles de significación entre las variables ópticas y tecnológicas de las dos emulsiones estudiadas. Los resultados muestran como al aumentar el tiempo de corte se eleva significativamente la exudación de líquidos, y disminuyen la luminosidad, las coordenadas cromáticas  $a^*$  y  $b^*$ , y la firmeza de ambas emulsiones. Las correlaciones más altas y significativas entre las pérdidas por cocinado y los parámetros ópticos se detectaron con la variable  $L^*$ . Esto sugiere que el parámetro  $L^*$  podría ser una variable a tener en cuenta en la predicción de pérdidas por cocinado que sirvan para evitar la aparición



del punto de rotura y mejorar la calidad de las emulsiones cárnicas. Por otro lado, como se esperaba, al aumentar las pérdidas por cocinado el gel cárnico perdió firmeza y consistencia tanto en la emulsión I (r: -0.88\*\*), más estable, como en la emulsión II (r: -0.73\*), de mayor tendencia a alcanzar el punto de rotura. Estos resultados coinciden con la baja adhesividad detectada por Allais et al. (2004) a bajos tiempos de troceado.

## CONCLUSIONES

1. El uso de emulsiones con mayor contenido de grasa y sin almidón reportó la mayor inestabilidad en la emulsión y las mayores pérdidas por cocinado. De ello se desprende la necesidad de controlar ambos factores a fin de evitar alteraciones posteriores en la calidad de las emulsiones cárnicas, así como de su estudio por separado para conocer su influencia en tales procesos.

2. Por encima de 10 min de troceado se detecta un evidente punto de rotura que conlleva a una pérdida manifiesta de exudado de líquidos y de parámetros de calidad en ambos tipos de emulsión cárnica estudiadas.

3. Las altas correlaciones detectadas entre las pérdidas por cocinado y la variable  $L^*$  sugieren que el estudio en detalle de la luminosidad durante el proceso de troceado —principalmente en los puntos donde se intuye la rotura de la emulsión— podría aportar una información muy útil para el desarrollo de tecnologías ópticas que permitan predecir pérdidas por cocinado en la emulsión, mejorando y optimizando el rendimiento de estos productos en la industria cárnica.

4. Respecto a la textura, parece intuirse un efecto en la firmeza según la composición de la emulsión, de modo que ésta tiende a incrementarse conforme aumenta el porcentaje de grasa y almidón hasta que se alcanza el punto de rotura, momento en el que dicho efecto se pierde por igual en ambas emulsiones.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Fundación Séneca por la financiación del proyecto de investigación titulado “Applying optical sensor technologies for determining meat emulsion stability”.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALLAIS, I., CHRISTOPHE, V., PIERRE, A., DUFOUR, E. (2004). A rapid method based on front-face fluorescence spectroscopy for the monitoring of the texture of meat emulsions and frankfurters. *Meat Science*, 67, 219-229.
- BARBUT, S. (1998). Use of fiber optic probe to predict meat emulsion breakdown. *Ital. J. Food. Sci.*, 3, 253-259.
- BARBUT, S. (1999). Advances in determining meat emulsion stability. In Xiong et al., *Kluwer Academic / Plenum Publishers* (Eds.), *Quality Attributes of Muscle Foods* (pp. 353-364). New York.
- CREHAN, C.M., HUGHES, E., TROY, D.J., & BUCKLEY, D.J. (2000). Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5%, 12% and 30% fat. *Meat Science* 55, 463-469.
- FOEGEDING, E.A., LANIER, T.C., HULTIN, H.O. (2000). Características de los tejidos musculares comestibles. *Química de los Alimentos*. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, Spain.
- GORDON, A., BARBUT, S. (1992). Mechanisms of meat batter stabilization: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 32 (4), 299-332.
- JONES, K.W., MANDIGO, R. W. (1982). Effects of chopping temperature on the microstructure of meat emulsions. *J. Food Sci.*, 47, 1930-1935.
- KEETON, J.T. (1994). Low-fat meat products—technological problems with processing. *Meat Science*, 36, 261-276.

- LANIER, T.C. (1991). Interactions of muscle and non-muscle protein affecting heat-se gel rheology. In N. Parris, & R Barford, Interactions of food proteins (pp. 268-). Washington, DC: ACS Series 454.
- LEE, C.M. (1985). Microstructure of meat emulsions in relation of fat stabilization. *Food Microstruct.* 4, 63-72.
- MERCASA (2005). Alimentación en España 2005. Producción, Industria, Distribución y Consumo. Ed. Empresa Nacional MERCASA, Madrid, España
- USDA. (2005). Meat animals production disposition, and income 2004 summary. US Department of Agriculture. National Agricultural Statistics Service.
- XIONG, Y.L. (1997). Structure-Functionality relationships of muscle proteins. In Food Proteins and Their Applications, Damoradan, S. and Paraf, A. (Eds.), Chapter 12, pp. 341-392. Marcel Dekker, Inc., New York.