

# EFECTO DE GRASA, AGUA AÑADIDA, CARRAGENINA Y FOSFATOS EN UN PRODUCTO EMULSIONADO CON CARNE DE CARPA (*Cyprinus carpio*)

## EFFECT OF FAT, ADD WATER, CARRAGENAN AND PHOSPHATES ON CARP (*Cyprinus carpio*) MEAT EMULSIONED PRODUCT

Sergio Soto-Simental<sup>1</sup>, Elibeth Valera-Quezada<sup>1</sup>, Juan F. Hernández-Chavez<sup>2</sup>, Norma Güemes-Vera<sup>1</sup>, Maricela Ayala-Martínez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Avenida Universidad s/n km 1. Tulancingo, Hidalgo. 43600. (ayalam@uaeh.edu.mx) . <sup>2</sup> Departamento de Ciencias Veterinarias y Agronómicas. Instituto Tecnológico de Sonora, Campus Náinari, Antonio Caso s/n y E. Kino, Colonia Villa ITSON. 85130. Ciudad Obregón, Sonora. México.

### RESUMEN

La carpa (*Cyprinus carpio*) es producida en varios países, pero su valor comercial puede ser bajo, y una forma de dar valor agregado es obtener productos cárnicos con base a este tipo de carne. En la elaboración de dichos productos, los ingredientes pueden afectar sus propiedades termo físicas finales. El objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia del agua añadida, cantidad de grasa, fosfatos y carragenina sobre la calidad y estabilidad de un producto cárnico emulsionado tipo salchicha, usando carne de carpa. Se realizaron dos experimentos sucesivos con 12 tratamientos, cada uno con un diseño completamente al azar. Con los datos se realizó un análisis de varianza y la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). En las salchichas se midió color, perfil de textura (TPA), fuerza al corte con navaja de Warner-Bratzler, celda de Kramer, penetración de calor, actividad de agua y pérdidas por cocción. Los resultados muestran aumento de dureza, elasticidad y resiliencia con mayor cantidad de grasa y fosfatos, con menor inclusión de carne y agua añadida; contrario a la cohesividad incorporar en su elaboración fosfatos, carragenina, grasa de cerdo y agua.

**Palabras clave:** Salchicha, difusividad térmica, carragenina, fosfatos, *Cyprinus carpio*, carne.

### INTRODUCCIÓN

La carpa (*Cyprinus carpio*) es producida debido a su rápida tasa de crecimiento y fácil cultivo (Guler *et al.* 2007; Ibañez *et al.* 2014; Wang y Lu, 2015), pero se conoce poco de los productos

### ABSTRACT

Carp (*Cyprinus carpio*) is produced in several countries, although its commercial value may be low, and a way of adding value is to generate meat products based on this type of meat. In the preparation of such products, the ingredients may affect their final thermal and physical properties. The aim of this study was to evaluate the influence of added water, amount of fat, phosphates and carrageenan on the quality and stability of an emulsified sausage produced with carp meat. Two successive experiments were carried out with 12 treatments, each with random designs. With the data, an analysis of variance was carried out, along with a Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). Sausages were measured for color, texture profile (TPA), firmness when cut with a Warner-Bratzler blade, Kramer shear cell, heat penetration, water activity and losses due to cooking. Results show an increase in firmness, elasticity, and resilience with more fat and phosphates, with a lower inclusion of fat and added water; contrary to cohesiveness. Brightness values ( $B^*$ ) increasing when including phosphates; the use of carrageenan increased the firmness of the product and the values for  $b^*$ . Thermal diffusivity fluctuated between  $7.1$  and  $9.6 \times 10^{-4} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$  with the use of carrageenan, fat, and water. This indicates that sausages can be produced with better elasticity, resilience, cohesiveness, firmness, and color when including phosphates, carrageenan, pig fat, and water in their preparation.

**Key words:** Sausage, thermal diffusivity, carrageenan, phosphates, *Cyprinus carpio*, meat.

### INTRODUCTION

Carp (*Cyprinus carpio*) is produced due to its high growth rate and easy farming (Guler *et al.* 2007; Ibañez *et al.* 2014; Wang and

\* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: junio, 2015. Aprobado: febrero, 2016.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 50: 413-427. 2016.

cárnicos cocidos elaborados con la carne de este pez. La condiciones de cocinado son importantes en la calidad de un producto cárnico cuando se hace por escalde y, por ello, se optimiza tiempo y temperatura para mejorar reacciones químicas y características físicas del producto, incluida la textura de los productos cárnicos que son deseables para el consumidor (Lund, 2003; Abdolghafour y Saghir, 2014). El color de los productos cárnicos cocidos se genera principalmente del pigmento de la carne, el cual puede variar según el contenido de mioglobina; sin embargo, si este se mantiene constante, el color será afectado por el contenido de grasa y agua añadida (Pietrasik y Duda, 2000; Abdolghafour y Saghir, 2104). El color es importante en el procesado de alimentos y en su aceptación (Awuah *et al.* 2007), por lo cual es el atributo sensorial más usado para evaluar la calidad del pescado (Ocaña-Higareda *et al.* 2009). Kaspar y Buchtova (2014) realizaron el análisis sensorial de salchichas elaboradas con carne de cerdo y con diferentes proporciones de carne de carpa, y concluyen que el aumento en el contenido de carne de carpa disminuye la preferencia de las salchichas por los panelistas.

Los fosfatos se usan en la industria cárnica para mejorar el rendimiento del producto, al aumentar la capacidad de retención de agua (Son Long *et al.* 2011). Esto influye sobre la disminución de la rancidez oxidativa de los productos cárnicos (Fonseca *et al.* 2012) y la vida de anaquel (Lin y Lin, 2002; Son Long *et al.* 2011).

Las propiedades termo físicas son importantes debido a su influencia sobre el intercambio térmico al cual se debe someter la carne y emulsiones cárnicas al ser cocinadas. El proceso de cocción-enfriamiento depende de la transferencia de calor a través del producto (Marcotte *et al.* 2008). La temperatura alta hace que las proteínas formen una serie de interacciones químicas con la grasa y agua, lo cual permite que la emulsión se estabilice (Carciofi *et al.* 2002). Según Ayadi *et al.* (2009a), la variación en la penetración de calor se atribuye a las características de la materia prima y a las formulaciones usadas en la elaboración de productos emulsionados. La interacción entre los carbohidratos y las proteínas es importante para conformar la estructura y estabilidad de los alimentos procesados, pero dichas interacciones afectan la biodisponibilidad de las proteínas (Ramírez *et al.* 2011). En los productos cárnicos cocidos, las proteínas miofibrilares tienen una función clave durante el proceso,

Lu, 2015), yet little is known about the cooked meat products prepared with the flesh of this fish. Cooking conditions are important in the quality of a meat product when boiling them, and therefore, time and temperature are optimized to improve chemical reactions and physical characteristics of the product, including the texture of the meat products, which are desirable for the consumer (Lund, 2003; Abdolghafour and Saghir, 2014). The color of the meat products is produced mainly by the pigment of the meat, which may vary according to myoglobin content; however, if this is kept constant, color will be affected by the amount of fat and added water (Pietrasik and Duda, 2000; Abdolghafour and Saghir, 2104). Color is important in food processing and acceptance (Awuah *et al.* 2007); therefore, it is the most used sensory attribute or evaluating the quality of fish (Ocaña-Higareda *et al.* 2009). Kaspar and Buchtova (2014) performed the sensory analysis of sausages prepared with pork and different amounts of carp meat, concluding that the increase in the amount of carp meat reduces the preference of the sausages by the panelists.

Phosphates are used in the meat industry to improve the product's yield, since it increases the water retention capability (Son Long *et al.* 2011), therefore influencing the reduction of oxidative staleness of the meat products (Fonseca *et al.* 2012) and shelf life (Lin and Lin, 2002; Son Long *et al.* 2011).

Thermal and physical properties are important due to their influence on thermal exchange meat and meat emulsions must undergo when being cooked. The cooking-cooling process depends on the heat transfer throughout the product (Marcotte *et al.* 2008). High temperatures lead proteins to form as series of chemical interactions with the fat and water, which allows the emulsion to stabilize (Carciofi *et al.* 2002). According to Ayadi *et al.* (2009a), the variation in the heat penetration is attributed to the characteristics of the raw material and the formulations used in the preparation of emulsified products. The interaction between carbohydrates and proteins is important to conform the structure and stability of the processed products, although such interactions affect the bioavailability of proteins (Ramírez *et al.* 2011). In cooked meat products, myofibrillar proteins have a key function during the process due to their capacity to produce gels during heating and later cooling down, which have

debido a su capacidad para producir geles durante el calentamiento y la refrigeración posterior, las cuales influyen sobre las propiedades de textura de los productos procesados (Ayadi *et al.* 2009b). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la cantidad de grasa, agua añadida, fosfatos y carragenina sobre la calidad y estabilidad de un producto cárnico emulsionado utilizando carne de carpa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Elaboración del producto

El presente estudio se realizó entre enero y junio de 2010, en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Para la elaboración del producto se usaron 45 kg de carpa evisceradas (450 g carpa<sup>-1</sup>), las cuales fueron transportadas en refrigeración a 4 °C desde una granja comercial ubicada en Tezontepec de Aldama, Hidalgo, hasta el taller de productos cárnicos del Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAp) en Tulancingo, Hidalgo. La carne fue triturada, homogenizada y dividida en dos lotes: el primero se mantuvo 24 h a 4 °C en un refrigerador marca Torrey (Modelo R36, Monterrey, Nuevo León, México), y el segundo se congeló a -18 °C por 15 d en un congelador Torrey (Modelo CHC25, Monterrey, Nuevo León, México). Con la carne del primer lote se realizaron 12 tratamientos de emulsión tipo salchicha (Guerrero *et al.*, 2000) (Cuadro 1), para evaluar textura (mayor, intermedia y menor), color y dureza, según el nivel de inclusión de grasa y agua. Con la carne del segundo lote se conformaron otros 12 tratamientos de emulsión tipo salchicha (Guerrero *et al.*, 2000), adicionando fosfatos (Emulfos 2000®, Fabpsa, México) y carragenina (Fabpsagel®, Fabpsa, México) en la formulación (Cuadro 2).

#### Análisis químicos

El análisis químico proximal se realizó de acuerdo con la AOAC (1999): humedad (método 934.01), grasa (método 948.15) y proteína cruda (método 981.10).

#### Análisis de calidad

##### Determinación de color

El color se determinó con los parámetros L\*, a\* y b\* (AMSA, 2012), utilizando un colorímetro Minolta modelo 508d (Minolta

an influence on the properties of the texture of the processed products (Ayadi *et al.* 2009b). Therefore, the aim of this study was to evaluate the influence of the amount of fat, added water, phosphates and carrageenan on the quality and stability of an emulsified meat product using carp meat.

## MATERIALS AND METHODS

### Preparation of the product

This study was carried out between January and June 2010, in the facilities of the Agriculture and Livestock Science Institute of the Autonomous University of the State of Hidalgo. To prepare the product 45 kg of eviscerated carp were used (450 g carp<sup>-1</sup>), which were transported at a temperature of 4 °C from a commercial farm in Tezontepec de Aldama, Hidalgo, to the meat products workshop of the Agriculture and Livestock Science Institute (ICAp) located in Tulancingo, Hidalgo. The meat was ground, homogenized, and split into two batches: the first was kept for 24 h at 4 °C in a Torrey brand refrigerator (Model R36, Monterrey, Nuevo León, Mexico), and the second was frozen at -18 °C for 15 d in a Torrey brand freezer (Model CHC25, Monterrey, Nuevo León, Mexico). The meat from the first batch underwent 12 sausage emulsion treatments (Guerrero *et al.*, 2000) (Table 1), to evaluate texture (greater, intermediate, and lower), color and firmness, according to the level of inclusion of fat and water. The meat from the second batch also underwent 12 sausage emulsion treatments (Guerrero *et al.*, 2000), but

**Cuadro 1. Tratamientos con diferente cantidad de grasa y agua en un producto emulsionado con carne de carpa (g).**

**Table 1. Treatments with different amounts of fat and water in a product emulsified with carp meat (g).**

Tratamiento	Grasa	Carne	Agua
1	12.5	237.5	75
2	12.5	237.5	150
3	12.5	237.5	225
4	25.0	225.0	75
5	25.0	225.0	150
6	25.0	225.0	225
7	37.5	212.5	75
8	37.5	212.5	150
9	37.5	212.5	225
10	50.0	200.0	75
11	50.0	200.0	150
12	50.0	200.0	225

**Cuadro 2. Tratamientos con diferente inclusión de fosfatos y carragenina en un producto emulsionado con carne de carpa (g).**

**Table 2. Treatments with different inclusion of phosphates and carrageenan in a product emulsified with carp meat (g).**

Tratamiento	Grasa	Carne	Agua	Fosfatos	Carragenina
1	12.5	237.5	225	0.25	0.5
2	12.5	237.5	225	0.25	2.5
3	12.5	237.5	225	2.50	0.5
4	12.5	237.5	225	2.50	2.5
5	37.5	212.5	225	0.25	0.5
6	37.5	212.5	225	0.25	2.5
7	37.5	212.5	225	2.50	0.5
8	37.5	212.5	225	2.50	2.5
9	50.0	200.0	150	0.25	0.5
10	50.0	200.0	150	0.25	2.5
11	50.0	200.0	150	2.50	0.5
12	50.0	200.0	150	2.50	2.5

Inc., Tokio, Japón), con iluminante D65 y un ángulo del observador de 10°, y se realizaron tres mediciones de color sobre la superficie de cada porción de masa. Los valores se registraron de acuerdo con lo recomendado por la Comisión Internationale de l'Éclairage (CIE).

#### Análisis de perfil de textura

Para el análisis de perfil de textura se cortaron trozos de 2.5 cm de largo, ancho y alto, suficiente para cubrir la superficie de la sonda P25/L (cilíndrica de perspex, 25 mm diámetro, Stable MicroSystems, Surrey, UK), la cual se colocó sobre la base del texturómetro (TA-HDi Instruments, Stable MicroSystems, Surrey, UK) y se comprimió con una celda de carga de 5 kg a 50 %, con una velocidad del cabezal de 1 mm s<sup>-1</sup>. Con el análisis de perfil de textura (APT) se obtuvieron los parámetros dureza, elasticidad, resiliencia y cohesividad. Los análisis se hicieron por triplicado.

#### Fuerza al corte con la navaja Warner-Bratzler

Para esta prueba se usó una navaja Warner-Bratzler (HDP/BSW, Stable MicroSystems, Surrey, UK) adaptada al analizador de textura. Las muestras se analizaron según las indicaciones de Ruiz de Huidobro *et al.* (2005), con las siguientes modificaciones: la muestra de 9 cm de longitud se colocó horizontalmente entre la base de la celda y la navaja que efectuó el corte, que bajó verticalmente

was added phosphates (Emulfos 2000®, Fabpsa, Mexico) and carrageenan (Fabpsagel®, Fabpsa, Mexico) in its formulation (Table 2).

#### Chemical analyses

The proximal chemical analysis was carried out according to the AOAC (1999): moisture (method 934.01), fat (method 948.15) and raw protein (method 981.10).

#### Quality analyses

##### Determining color

Color was determined with parameters L\*, a\* and b\* (AMSA, 2012), using a Minolta 508d spectrophotometer (Minolta Inc., Tokyo, Japan), with a D65 light and an angle of the observer of 10°, and three color measurements were taken on the surface of each portion of the mass. The values were registered according to recommendations by the Commission Internationale de l'Éclairage (CIE).

##### Texture profile analysis

For the texture profile analysis, cubed pieces measuring 2.5 cm on each side were cut, enough to cover the surface of the texture analyzer P25/L (cylindrical perspex, 25 mm diameter, Stable MicroSystems, Surrey, UK), which was placed on the base of the texture analyzer (TA-HDi Instruments, Stable MicroSystems, Surrey, UK) and compressed using a 5 kg load cell at 50 %, with a speed of 1 mm s<sup>-1</sup>. The texture profile analysis (TPA) gave the following parameters: firmness, elasticity, resiliency, and cohesiveness. Analyses were carried out in triple.

##### Resistance to cutting with a Warner-Bratzler blade

A Warner-Bratzler blade (HDP/BSW, Stable MicroSystems, Surrey, UK) was used for this test, adapted to the texture analyzer. Samples were analyzed according to indications by Ruiz de Huidobro *et al.* (2005), with the following modifications: the 9 cm long sample was placed horizontally between the base of the cell and the blade that made the cut by descending vertically until it cut the sample in two pieces. Resistance to the cut was evaluated using a test speed of 1 mm s<sup>-1</sup> and a return speed of 2 mm s<sup>-1</sup> with a 5 kg load cell; each sausage was cut in three places, and the maximum firmness and effort for cutting were reported during the test.

hasta cortarla en dos partes. La resistencia al corte se evaluó con una velocidad de prueba de  $1 \text{ mm s}^{-1}$  y velocidad de retroceso de  $2 \text{ mm s}^{-1}$  con una celda de carga de 5 kg, se realizaron tres cortes por cada salchicha, y se reportó la fuerza máxima detectada durante la prueba y el esfuerzo de corte.

#### Fuerza máxima detectada con la celda de Kramer

Esta prueba se realizó de acuerdo con Cavestany *et al.* (1994) con las siguientes modificaciones: se usó una celda Kramer (TA-91, Stable MicroSystems, Surrey, UK) de 10 navajas adaptada al analizador de textura, con una celda de carga de 50 kg a una velocidad de  $1 \text{ mm s}^{-1}$ . La muestra se cortó en un trozo de 8 cm de longitud y se colocó horizontalmente entre la base de la celda donde se efectuó el corte, la celda bajo verticalmente hasta la penetración completa de las cuchillas a lo largo de la estructura del producto. La fuerza máxima detectada durante la compresión-extrusión  $g^{-1}$  de la muestra está reportada.

#### Penetración de calor

La lectura de la temperatura interna de la masa cárnica se midió cada minuto, durante 20 min con un termopar digital Hanna Instruments, modelo HI98609, el cual se introdujo en el centro a la mitad de la salchicha, que permaneció en escaldado a  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Para determinar la difusividad térmica en la masa cárnica se usó la ecuación (1) propuesta por Markowski *et al.* (2004).

$$\alpha = B [(2.405/R)^2 + (2\pi/L)^2]^{-1} \quad (1)$$

donde  $\alpha$ : difusividad térmica de la masa cárnica ( $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$ ),  $B$ : pendiente de cada tratamiento,  $R$ : radio de la salchicha (m),  $L$ : largo de la salchicha (m).

Para evaluar los cambios entre la temperatura en el centro y en la superficie de la muestra contra el tiempo se usó la ecuación 2, propuesta por Markowski *et al.* (2004). Para calcular la pendiente de cada tratamiento fue necesario graficar los valores de  $\ln [T_s - T_c] \text{ min}^{-1}$  para lo cual se monitoreó de la temperatura.

$$\ln [T_s - T_c] = A - Bt \quad (2)$$

donde  $T_s$ : temperatura en la superficie de la muestra ( $^\circ\text{C}$ );  $T_c$ : temperatura en el centro de la masa cárnica ( $^\circ\text{C}$ );  $A$ : intersección;  $B$ : pendiente de cada tratamiento;  $t$ : tiempo min.

El cálculo de las temperaturas teóricas se obtuvo con una función cuadrática, utilizando el tiempo de cocción, para así obtener la descripción de la penetración del calor.

#### Maximum firmness detected with a Kramer shear cell

This test was performed according to Cavestany *et al.* (1994) with the following modifications: we used a 10 - blade Kramer shear cell (TA-91, Stable MicroSystems, Surrey, UK) adapted to the texture analyzer, with a load cell of 50 kg at a speed of  $1 \text{ mm s}^{-1}$ . The sample was cut in a piece 8 cm long and was placed horizontally between the mass of the cell where it was cut, and the cell fell vertically until the complete penetration of the blade along the structure of the product. The maximum strength found during the compression-extrusion  $g^{-1}$  of the sample was reported.

#### Heat penetration

The reading of the internal temperature of the meat was taken every minute for 20 min with a digital Hanna Instruments HI98609 thermometer which was introduced in the center at the middle of the sausage, which rose up to, and remained at,  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ .

To determine thermal diffusivity of the meat, the equation (1) proposed by Markowski *et al.* (2004) was used.

$$\alpha = B [(2.405/R)^2 + (2\pi/L)^2]^{-1} \quad (1)$$

where  $\alpha$ : thermal diffusivity of the meat ( $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$ ),  $B$ : gradient of each treatment,  $R$ : radius of the sausage (m),  $L$ : length of the sausage (m).

To evaluate the changes between the temperature in the center and the surface of the sample against time, equation 2 was used, proposed by Markowski *et al.* (2004). To calculate the gradient of each treatment it was necessary to graph the values for  $\ln [T_s - T_c] \text{ min}^{-1}$  for which the temperature was monitored.

$$\ln [T_s - T_c] = A - Bt \quad (2)$$

where  $T_s$ : temperature on the surface of the sample ( $^\circ\text{C}$ );  $T_c$ : temperature in the center of the meat ( $^\circ\text{C}$ );  $A$ : intersection;  $B$ : gradient of each treatment;  $t$ : min time.

The calculation of the theoretical temperatures was obtained with a quadratic function, using the time taken for cooking, in order to obtain the description of the penetration of heat.

$$Y = a + bx + cx^2 \quad (3)$$

where  $Y$ : temperature in the center of the product and  $x$ : time for cooking.

$$Y = a + bx + cx^2 \quad (3)$$

donde  $Y$ : temperatura en el centro del producto y  $x$ : tiempo de cocción.

### Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar y los tratamientos se describen en los cuadros 1 y 2. Para determinar las diferencias estadísticas de color y textura de los productos emulsionados con carne de carpa, se aplicó un ANDEVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), y se usó el procedimiento GLM (SAS, 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición química de la carne de carpa

La variación en la composición química de la carne de carpa se debe a la edad, sexo, medio ambiente, estación del año y alimentación (Guler *et al.* 2007). Las carpas usadas en nuestro estudio se obtuvieron de estanques de cultivo de una misma granja, bajo las mismas condiciones de alimentación y edad. La cantidad de grasa en la carne de carpa fue 0.1 % (Cuadro 3), lo cual es menor a lo reportado por Guler *et al.* (2007), quienes encontraron que el contenido de lípidos en el músculo fresco es bajo (0.91 %) en la temporada calurosa y alto (1.73 %) en la fría; Mahmoud *et al.* (2006) reportaron 3.90 % de grasa y Ganesh *et al.* (2005) 2.8 %. Respecto a la humedad, los valores fueron similares (Cuadro 3) a los reportados por Mahmoud *et al.* (2006) para filetes, 76 %, y por Ganesh *et al.*

**Cuadro 3. Composición química de la carne de pescado (*Cyprinus carpio*) de una granja, en Tezontepec de Aldama, Hidalgo.**

**Table 3. Chemical composition of the fish (*Cyprinus carpio*) from a farm, in Tezontepec de Aldama, Hidalgo.**

Componentes	(%)
Humedad	76.0
Cenizas	1.0
Grasa	0.1
Proteína	21.0
Carbohidratos <sup>†</sup>	2.0

<sup>†</sup> % Carbohidratos = 100 % - % Humedad + % Cenizas + % Grasa + % Proteína (FAO, 1999). ♦ % Carbohydrates = 100 % - % Moisture + % Ashes + % Fat + % Protein (FAO, 1999).

### Experimental design and statistical analysis

The experimental design was completely randomized and treatments are described in Tables 1 and 2. To determine the statistical differences in color and texture of the emulsified carp meat products, an ANDEVA was applied, and the measurements of the treatments were compared with Tukey's test ( $p \leq 0.05$ ), for which we used the GLM procedure (SAS, 2002).

## RESULTS AND DISCUSSION

### Chemical composition of carp meat

The variation in the chemical composition of carp meat is due to age, sex, environment, season of the year, and feeding (Guler *et al.* 2007). The carps used in our study were taken from tanks in a farm, under the same feeding and age conditions. The amount of fat in the carp meat in this study was 0.1 % (Table 3), which is lower than that reported by Guler *et al.* (2007), who found that lipids in fresh muscle are low (0.91 %) during the warm season, and high (1.73 %) in the cold season; Mahmoud *et al.* (2006) reported 3.90 % fat, and Ganesh *et al.* (2005) 2.8 %. Regarding moisture, values were similar (Table 3) to those reported by Mahmoud *et al.* (2006), 76 % for carp filetes, and by Ganesh *et al.* (2005), 78.3 %. Protein and ash (Table 3) were higher than those found by Ganesh *et al.* (2005), 17.8 % and 0.95 %, respectively.

### Effect of added fat and water on the texture

The loss in texture during the storage of fish products is related to a low pH in muscles, a hard texture, high loss of water due to dripping and enzyme activity. Fish muscles can be more complex when it constantly loses fluids; water retention capacity is reduced, which is a good quality indicator for fish and this is shown with a loss in texture (Ocaña-Higareda *et al.* 2009). In our study the meat recovers more water in its structure and improves its texture. As more fat and water are used, the product becomes less sensitive to breakages, the product can be more homogenous, elastic, cohesive, and with a firmness that allows a greater use of water in its structure, which improves the performance and economic benefit. These observations are similar to those by Ayadi *et al.* (2009a), who consider that

(2005) de 78.3 %. La proteína y las cenizas (Cuadro 3) fueron mayores que las obtenidas por Ganesh *et al.* (2005) de 17.8 % y 0.95 %, respectivamente.

### Efecto de la grasa y del agua añadida sobre la textura

La pérdida de textura durante el almacenamiento de productos de pescado se asocia con bajo pH del músculo, textura dura, pérdida elevada de agua por escurrimiento y actividad enzimática. El músculo de pescado puede ser más complejo cuando pierde constantemente fluidos; se reduce la capacidad de retención de agua, lo cual es un buen indicador de calidad para el pescado y se muestra con la pérdida de la textura (Ocaña-Higareda *et al.* 2009). En nuestra investigación se perdió la textura, principalmente cohesividad (Cuadro 4), debido a la mezcla cárnica del producto, ya que no se usó ningún componente que ayudara a solubilizar las proteínas de la carne, lo cual ocasionó que el agua añadida se perdiera. Al agregar agua, grasa y carne, existe una relación entre los lípidos, proteína y agua, por lo cual la masa cárnica recupera más agua en su estructura y mejora su textura. A medida que se usa más grasa y más agua el producto se vuelve menos sensible a la ruptura, el producto puede ser más homogéneo, elástico, cohesivo y con una firmeza que permite usar más agua en su estructura, lo cual mejora el rendimiento y el

the differences between the amount of fat/moisture and protein/moisture are factors that influence the elasticity of products made with turkey meat. Huda *et al.* (2012) point out that there is a relationship between the moisture and firmness of fish sausages, as well as Intrapichet *et al.* (1995), who show that reducing the fat in sausages with a mixture of goat meat and pig fat increases elasticity.

There was no effect of the amount of fat, meat or water on firmness. In the values obtained for the effort for cutting with both analyzers, the increase in the amount of water and fat reduced it, except for the first treatment using the Warner-Bratzler, in which it increases (Table 5).

### Effect of fat and added water on the color

The highest value in  $L^*$  was with treatments with a greater amount of fat and less meat, whereas in parameters  $a^*$  and  $b^*$  there was no difference between treatments (Table 6). This is different to Ocaña-Higareda *et al.* (2009) who mention that parameters  $a$  and  $b$  are low in the product when low amounts of fat are added.

### Effect of added fat and water on heat penetration

Markowski *et al.* (2004) determined the effective thermal diffusivity for Lyoner sausages cooked by

**Cuadro 4. Análisis de perfil de textura por efecto del agua añadida, grasa y carne de carpa en un producto emulsionado tipo salchicha.**

**Table 4. Profile analysis for texture by the effect of added water, fat and carp meat in an emulsified sausage product.**

Grasa	Carne (g)	Agua	Dureza (g)	Elasticidad (mm)	Resiliencia (g*s)	Cohesividad (g*s)
12.5	237.5	75	1310.9a	0.890a	0.916a	0.031d
		150	1127.6a	0.792abc	0.191b	0.379ab
		225	672.8a	0.523c	0.935a	0.066cd
25.0	225.0	75	1189.7a	0.702abc	0.181b	0.338ab
		150	976.0a	0.791abc	0.212b	0.437a
		225	403.5a	0.676abc	0.170b	0.327ab
37.5	212.5	75	1200.2a	0.752abc	0.206b	0.402ab
		150	752.3a	0.809abc	0.458ab	0.335ab
		225	384.8a	0.678abc	0.232b	0.313ab
50.0	200.0	75	1050.3a	0.862ab	0.930a	0.242abc
		150	577.3a	0.555bc	0.242b	0.236bc
		225	517.2a	0.588abc	0.307b	0.259abc

Medias con diferente letra en una columna indican diferencia estadística ( $p \leq 0.05$ ). ♦ Means with different letters in a column indicate statistical difference ( $p \leq 0.05$ ).

beneficio económico. Estas observaciones son similares a las reportadas por Ayadi *et al.* (2009a), quienes consideran que las diferencias entre la cantidad de grasa/humedad y proteína/humedad son factores que influyen sobre la elasticidad de productos elaborados con carne de pavo. Huda *et al.* (2012) indican que existe una relación entre la humedad y la dureza de salchichas de pescado, al igual que Intrapichet *et al.* (1995), quienes muestran que al disminuir la grasa en salchichas con mezcla de carne de cabra y grasa de cerdo, aumenta la dureza y la elasticidad.

La dureza no se efectuó por la cantidad de grasa, carne o agua. En los valores obtenidos para el esfuerzo al corte con ambas sondas, el incremento en la cantidad de agua y grasa lo disminuye, a excepción del primer tratamiento utilizando la sonda de Warner-Bratzler, en el cual aumenta (Cuadro 5).

**Efecto de la grasa y del agua añadida sobre el color**

En el Cuadro 6 se observa que el valor mayor de  $L^*$  fue con los tratamientos con mayor cantidad de grasa y menor de carne, mientras que en los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  no hubo diferencia entre tratamientos

immersion in hot water with a diameter of 96 mm, and thermocouples were used to measure the increase in temperature during cooking, one thermocouples submerged in hot water, a second one placed in the center of the meat product and a third one on the surface of the product, with a water bath at a constant temperature of 95 °C; once the samples reached 75 °C in the center, the samples were removed from the water and cooled using cold water. Ayadi *et al.* (2009) determined the thermal diffusivity in formulations for salami and ham made with turkey meat, cooked by immersion in hot water, used a system of thermocouples and took the temperature in the center and surface of the product, as well as the temperature of the constant water bath at 90 °C; once the internal temperature of the sample reached 74 °C, they were removed from the hot water. Like these authors, a scheme was carried out in which the experimental data were taken during the cooking of the meat. The temperatures obtained from the monitoring for 20 min showed that the heat penetration of the sausages are similar in the different treatments and indicate that there is no difference in the time of cooking (Figure 1).

**Cuadro 5. Medias de los mínimos cuadrados de la fuerza máxima detectada con la celda Kramer (K) y fuerza al corte con la navaja Warner- Bratzler (W) por efecto del agua añadida, grasa y carne de carpa en un producto emulsionado tipo salchicha.**  
**Table 5. Averages of the least squares of the maximum strength detected with the Kramer shear cell (K) and strength in the cut using a Warner- Bratzler blade (W) by effect of the added water, fat, and carp meat in an emulsified sausage.**

Grasa (g)	Carne (g)	Agua (g)	Dureza K (g)	Esfuerzo K (g*s)	Dureza W (g)	Esfuerzo W (g*s)
12.5	237.5	75	9464 <sup>a</sup>	155 472 <sup>ab</sup>	377 <sup>a</sup>	6335 <sup>b</sup>
		150	10 709 <sup>a</sup>	110 241 <sup>ab</sup>	382 <sup>a</sup>	6860 <sup>b</sup>
		225	4474 <sup>a</sup>	48 445 <sup>b</sup>	7233 <sup>a</sup>	29 242 <sup>a</sup>
25.0	225.0	75	12 558 <sup>a</sup>	156 065 <sup>b</sup>	826 <sup>a</sup>	14 661 <sup>ab</sup>
		150	10 202 <sup>a</sup>	122 077 <sup>ab</sup>	626 <sup>a</sup>	9797 <sup>b</sup>
		225	6760 <sup>a</sup>	83 287 <sup>ab</sup>	288 <sup>a</sup>	5890 <sup>b</sup>
37.5	212.5	75	11 794 <sup>a</sup>	168 223 <sup>b</sup>	537 <sup>a</sup>	10 761 <sup>ab</sup>
		150	9566 <sup>a</sup>	125 126 <sup>ab</sup>	327 <sup>a</sup>	5815 <sup>b</sup>
		225	7523 <sup>a</sup>	89 378 <sup>ab</sup>	272 <sup>a</sup>	5304 <sup>b</sup>
50.0	200.0	75	30 797 <sup>a</sup>	294 178 <sup>a</sup>	751 <sup>a</sup>	11 516 <sup>ab</sup>
		150	5399 <sup>a</sup>	71 027 <sup>b</sup>	202 <sup>a</sup>	4413 <sup>b</sup>
		225	6458 <sup>a</sup>	77 308 <sup>b</sup>	140 <sup>a</sup>	2740 <sup>b</sup>

Medias con diferente letra en una columna indican diferencia estadística (p≤0.05). ♦ Means with different letters in a column indicate statistical difference (p≤0.05).

(Cuadro 6). Esto difiere con Ocaña-Higareda *et al.* (2009), quienes mencionan que los parámetros *a* y *b* son bajos en el producto cuando se añaden pocas cantidades de grasa.

#### Efecto de la grasa y del agua añadida sobre la penetración de calor

Markowski *et al.* (2004) determinaron la difusividad térmica efectiva para salchichas tipo Lyoner cocidas por inmersión en agua caliente con un diámetro de 96 mm, y usaron termopares para medir el aumento de la temperatura durante la cocción: un termopar sumergido en el baño de agua caliente, un segundo termopar colocado en el centro del producto cárnico y una punta en la superficie, con un baño con agua a una temperatura constante de 95 °C; una vez que las muestras alcanzaron 75 °C en el centro, las muestras fueron retiradas del baño y se enfriaron con agua fría. Ayadi *et al.* (2009) determinaron la difusividad térmica en formulaciones para salami y jamón elaborados con carne de pavo cocidos por inmersión en agua caliente, usaron un sistema de termopares y midieron la temperatura en el centro y superficie del producto, además de la temperatura del baño de agua constante a 90 °C; una vez que la temperatura interna de la muestra alcanzó 74 °C se retiraron del agua caliente. Al igual que estos autores, se realizó un esquema en el cual se tomaron datos experimentales durante la cocción de la masa cárnica. Las temperaturas obtenidas durante 20 min mostraron que el calor en las salchichas de los diferentes tratamientos sigue un patrón similar e indica que no existió diferencia en el tiempo de cocción (Figura 1).

#### Efecto de la adición de fosfatos y carragenina sobre la textura

La utilización de sal común y fosfatos aumenta la capacidad de emulsificación de la carne de carpa (Yapar *et al.* 2006), y mejora su textura. La dureza aumentó con la cantidad de carragenina, que tuvo correlación positiva con la cantidad de grasa y negativa con la cantidad de agua (Cuadro 7). Ayadi *et al.* (2009) estudiaron la influencia de la adición de la carragenina sobre las propiedades de salchichas elaboradas con carne de pavo, y mencionan que la carragenina disminuye la estabilidad de la emulsión y aumenta la capacidad de retención de agua, produce salchichas

#### Effect of the addition of phosphates and carrageenan on texture

The use of table salt and phosphates increases the capacity of emulsification of carp meat (Yapar *et al.* 2006), and improves its texture. The firmness increases with the amount of carrageenan, which correlated positively with the amount of fat, and negatively with the amount of water (Table 7). Ayadi *et al.* (2009) studied the influence of adding carrageenan on the properties of sausages produced with turkey meat, and mention that the carrageenan reduces the stability of the emulsion and increases the water capacity, it produces more firm and cohesive, and less elastic sausages. Hsu and Chung (2001) also observed an increase in the performance of low-fat meatballs with 2 % de carrageenan. According to Totosaus and Pérez-Chabela (2009), the mix of gellan gum and MgCl<sub>2</sub> in low-fat meats improves the texture, producing firmness values of 3365 to 3773 g due to the capacity of carrageenan to catch water in the three-dimensional mesh it forms; water is not released as cooking juice, but it remains inside the product. This is an advantage in the use

**Cuadro 6. Color en mezclas cárnicas de pescado, L\*, a\* y b\* obtenidos por efecto del agua añadida, grasa y carne de carpa en un producto emulsionado tipo salchicha.**

**Table 6. Color in mixed fish meats, L\*, a\*, and b\* obtained by the effect of added water, fat and carp meat in a sausage-type emulsified product.**

Grasa (g)	Carne (g)	Agua (g)	L*	a*	b*
12.5	237.5	75	61.13de	0.61a	12.15a
		150	61.00e	0.61a	12.95a
		225	62.66cde	0.12a	13.08a
25.0	225.0	75	66.20cde	0.10a	14.41a
		150	66.49cde	-0.39a	13.75a
		225	67.47bcde	-0.25a	12.41a
37.5	212.5	75	67.40bcde	-0.68a	13.28a
		150	69.63abc	-0.87a	13.20a
		225	68.78abcd	-0.72a	13.21a
50.0	200.0	75	67.18bcde	0.28a	12.53a
		150	74.61ab	-0.96a	10.85a
		225	75.63a	-0.79a	11.42a

Medias con diferente letra en una columna indican diferencia estadística ( $p \leq 0.05$ ). ♦ Means with different letters in a column indicate statistical difference ( $p \leq 0.05$ ).

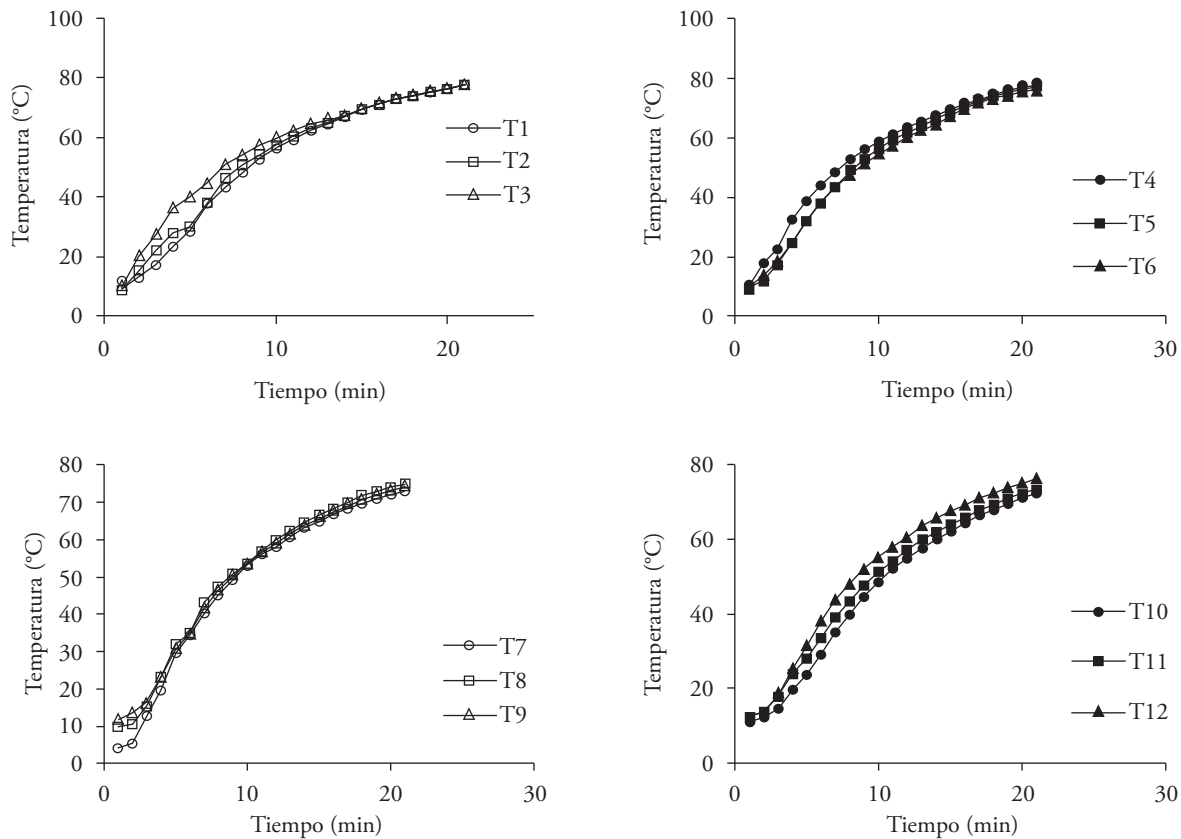


Figura 1. Temperaturas monitoreadas en la masa cárnica durante la cocción en tratamientos con diferente cantidad de grasa y agua en un producto emulsionado tipo salchicha con carne de carpa.

Figure 1. Temperatures monitored in the meat during cooking in treatments with different amounts of fat and water in a sausage-type emulsified product with carp meat.

más duras, más cohesivas y menos elásticas. Hsu y Chung (2001) también observaron un aumento en el rendimiento y dureza de albóndigas bajas en grasa y con 2 % de carragenina. Según Totosaus y Pérez-Chabela (2009), la combinación de goma gelana y  $MgCl_2$  en masas cárnicas bajas en grasa mejora la textura produciendo valores de dureza de 3365 a 3773 g debido a la capacidad de la carragenina de atrapar agua en la red tridimensional que forma; el agua no se libera como jugo de cocción, sino que permanece dentro del producto. Esto es una ventaja del uso de la carragenina, la cual también controla la purga durante el almacenamiento. Otra ventaja es que mejora el rebanado y rendimiento en productos emulsionados (Abdolghafour y Saghir, 2104).

La elasticidad incrementó en los tratamiento con mayor inclusión de fosfato y menor cantidad de agua (Cuadro 7), debido a que el fosfato ayuda a las

of carrageenan, which also controls the leakage during storage. Another advantage is that it improves the slicing and performance in emulsified products (Abdolghafour and Saghir, 2104).

Elasticity increased in the treatments with a greater inclusion of phosphate and a lower amount of water (Table 7), since phosphate helps proteins retain water, and therefore added water (Lin and Lin, 2002; Son Long *et al.* 2011). This indicates that the product recovers part of its initial form after the first compression, since the added water was not released as cooking juice, but remained in the product, (Abdolghafour and Saghir, 2014).

The use of the Kramer shear cell gave a greater firmness and effort (Table 8) in the treatments that contained more carrageenan and water, with less meat and fat since carrageenan is more free, therefore it forms a more firm gel and, with that, the effort.

proteínas a retener agua y con ello el agua añadida (Lin y Lin, 2002; Son Long *et al.* 2011). Esto indica que el producto recupera parte de su forma inicial después de la primera compresión, ya que el agua añadida no se liberó como jugo de cocción durante este proceso, sino que permaneció dentro del producto (Abdolghafour y Saghir, 2014).

Con la celda Kramer se obtuvo mayor dureza y esfuerzo (Cuadro 8) en los tratamientos que contenían mayor cantidad de carragenina y agua, con menor cantidad de carne y grasa, debido a que la carragenina al estar más libre forma un gel más duro, por lo cual la dureza aumenta y con ello el esfuerzo. Esto coincide con Totosaus y Pérez-Chabela (2009), quienes indican que el uso de la celda de Kramer causa que la goma gelana en combinación  $MgCl_2$  produzca estructuras más fuertes, por lo cual los valores de fuerza máxima son más altos. Pero con el uso de la navaja de Warner-Bratzler (Cuadro 8) no hubo diferencia entre los tratamientos: 144.91-316.89 g para dureza y 3012-5406 g\*s para esfuerzo al corte. Esto se explica según Totosaus y Pérez-Chabela (2009), porque en masas cárnicas adicionadas con goma gelana se obtiene una estructura sólida que resulta en valores del área bajo la curva más grandes cuando se usa la prueba con navaja de Warner-Bratzler.

This coincides with Totosaus and Pérez-Chabela (2009), who point out that the use of the Kramer shear cell causes the gellan gum in combination with  $MgCl_2$  to produce stronger structures, which is why the maximum firmness values are higher. But with the use of the Warner-Bratzler blade (Table 8), no differences were found between treatments: 144.91-316.89 g for firmness and 3012-5406 g\*s for effort when cutting. This is explained according to Totosaus and Pérez-Chabela (2009), since in meats with added gellan gum a solid structure is obtained, which results in larger values of the area under the curve when using the test with a Warner-Bratzler blade.

### Effect of the addition of phosphates and carrageenan on color

$L^*$  increased when including a greater amount of phosphates in the treatments with less fat, meat, and water (Table 9). This coincides with Hsu and Chung (2000), who studied the effect of the k-carrageenan, salt, phosphates and fat on the quality of low-fat meatballs, and found that the polyphosphates affected the values of  $a^*$  and  $b$  significantly. Likewise, Pietrasik and Duda (2000) reported no effect in the addition of

**Cuadro 7. Perfil de textura en tratamientos con diferente inclusión de fosfatos y carragenina en un producto emulsionado tipo salchicha con carne de carpa**

**Table 7. Texture profile in treatments with different inclusions of phosphate and carrageenan in a sausage-type emulsified product with carp meat.**

Grasa (g)	Carne (g)	Agua (g)	F (g)	C (g)	Dureza (g)	Elasticidad (mm)	Resiliencia (g*s)	Cohesividad (g*s)
12.5	237.5	225	0.25	0.5	581.1abc	0.706b	0.252a	0.409a
			0.25	2.5	433.9bc	0.769ab	0.282a	0.473a
			2.50	0.5	277.8bc	0.807ab	0.316 <sup>a</sup>	0.552a
			2.50	2.5	525.4abc	0.791ab	0.287 <sup>a</sup>	0.525a
37.5	212.5	225	0.25	0.5	378.1cde	0.749bc	0.296 <sup>a</sup>	0.526a
			0.25	2.5	334.0cde	0.753bc	0.279a	0.481a
			2.50	0.5	184.0e	0.761c	0.270a	0.470a
			2.50	2.5	442.0cde	0.838bc	0.328 <sup>a</sup>	0.553a
50.0	200.0	150	0.25	0.5	381.1cde	0.812bc	0.339 <sup>a</sup>	0.485a
			0.25	2.5	822.5ab	0.788abc	0.339 <sup>a</sup>	0.514a
			2.50	0.5	693.0bc	0.877abc	0.400 <sup>a</sup>	0.404a
			2.50	2.5	1077.7a	0.858a	0.404 <sup>a</sup>	0.429a

Medias con diferente letra en una columna indican diferencia estadística ( $p \leq 0.05$ ). F: fosfatos, C: carragenina. ♦ Means with different letters in a column indicate statistical difference ( $p \leq 0.05$ ). F: phosphates, C: carrageenan.

**Cuadro 8. Fuerza máxima detectada con la celda Kramer (K) y fuerza al corte con la Navaja Warner-Bratzler (W) en tratamientos con diferente inclusión de fosfatos y carragenina en un producto emulsionado tipo salchicha con carne de carpa.****Table 8. Maximum strength detected with the Kramer shear cell (K) and strength when cutting with the Warner-Bratzler blade (W) in treatments with different inclusions of phosphates and carrageenan in a sausage-type emulsified product with carp meat.**

Grasa (g)	Carne (g)	Agua (g)	F (g)	C (g)	Dureza K (g)	Esfuerzo K (g*s)	Dureza W (g)	Esfuerzo W (g*s)
12.5	237.5	225	0.25	0.5	3617ab	37 550bc	263.57 <sup>a</sup>	4831 <sup>a</sup>
			0.25	2.5	3626ab	46 971abc	208.07 <sup>a</sup>	3711 <sup>a</sup>
			2.50	0.5	4241ab	51 517abc	148.88 <sup>a</sup>	2687 <sup>a</sup>
			2.50	2.5	4194ab	57 311abc	234.46 <sup>a</sup>	4015 <sup>a</sup>
37.5	212.5	225	0.25	0.5	2820ab	36 430bc	181.06 <sup>a</sup>	3209 <sup>a</sup>
			0.25	2.5	2944ab	33 593bc	144.91 <sup>a</sup>	3012 <sup>a</sup>
			2.50	0.5	1366c	17 465c	175.53 <sup>a</sup>	3325 <sup>a</sup>
			2.50	2.5	3440ab	44 397abc	209.86 <sup>a</sup>	3645 <sup>a</sup>
50.0	200.0	150	0.25	0.5	4002ab	52 156abc	261.99 <sup>a</sup>	4750 <sup>a</sup>
			0.25	2.5	5767ab	80 854ab	260.02 <sup>a</sup>	4888 <sup>a</sup>
			2.50	0.5	4518ab	66 841abc	316.89 <sup>a</sup>	5406 <sup>a</sup>
			2.50	2.5	7292 <sup>a</sup>	96 820 <sup>a</sup>	209.65 <sup>a</sup>	4034 <sup>a</sup>

Medias con diferente letra en una columna indican diferencia estadística ( $p \leq 0.05$ ). F: fosfatos, C: carragenina. ♦ Means with different letters in a column indicate statistical difference ( $p \leq 0.05$ ). F: phosphates, C: carrageenan.

### Efecto de la adición de fosfatos y carragenina sobre el color

$L^*$  aumentó con la cantidad mayor de fosfatos en los tratamientos con cantidad menor de grasa, carne y agua (Cuadro 9). Esto coincide con Hsu y Chung (2000) quienes estudiaron el efecto de la k-carragenina, sal, fosfatos y grasa sobre la calidad de albóndigas bajas en grasa, y encontraron que los poli-fosfatos afectaron significativamente los valores de  $a^*$  y  $b$ . Además, Pietrasik y Duda (2000) reportaron que no hay un efecto de la adición de carragenina y de concentrado proteico de soya sobre los valores de  $L^*$  y  $a^*$  en salchichas elaboradas con carne de cerdo y res.

### Efecto de la adición de fosfatos y carragenina sobre la difusividad térmica

La difusividad térmica depende de las propiedades termodinámicas de la materia prima, estructura, mecanismos de transferencia de calor y masa (Markowski *et al.* 2004; Marcotte *et al.* 2008). Esta propiedad está íntimamente relacionada con las tres propiedades termo físicas: conductividad térmica, calor específico y densidad (Marcotte *et al.* 2008).

Marcotte *et al.* (2008) estudiaron las propiedades termo físicas de productos procesados elaborados

carrageenan and soy protein concentrate on the values of  $L^*$  and  $a^*$  in sausages produced with beef and pork.

### Effect of the addition of phosphates and carrageenan on thermal diffusivity

Thermal diffusivity depends on the thermodynamic properties of the raw material, structure, heat transfer mechanisms and mass (Markowski *et al.* 2004; Marcotte *et al.* 2008). That property is closely related to the three thermophysical properties: thermal conductivity, specific heat, and density (Marcotte *et al.* 2008).

Marcotte *et al.* (2008) studied the thermophysical properties of process products made with poultry, and point out that thermal diffusivity is a property that changes in regard to temperature; as moisture increases, conductivity and diffusivity increase. This is due to the 2 % of salt added in the emulsion. The proportion of proteins does not have a significant influence on these properties; the results of the calculation of the thermal diffusivity were between  $8.30 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  and  $1.36 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . Ayadi *et al.* (2009b) used the same equation to calculate diffusivity in salami and turkey ham, and obtained values between  $5.11 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  and  $7.02 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  for salami, and for ham,  $1.98 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ .

**Cuadro 9. Color en mezclas cárnicas de pescado, L\*, a\* y b\* en tratamientos con diferente inclusión de fosfatos y carragenina en producto emulsionado tipo salchicha con carne de carpa.****Table 9. Color in mixed fish meats, L\*, a\* and b\* in treatments with different inclusions of phosphates and carrageenan in an emulsified sausage with carp meat.**

Grasa (g)	Carne (g)	Agua (g)	F (g)	C (g)	L*	a*	b*
12.5	237.5	225	0.25	0.5	61.13d	0.615 <sup>a</sup>	12.15a
			0.25	2.5	61.01d	0.616 <sup>a</sup>	12.96a
			2.50	0.5	62.67cd	0.121 <sup>a</sup>	13.08a
			2.50	2.5	66.20bc	0.101 <sup>a</sup>	14.41 <sup>a</sup>
37.5	212.5	225	0.25	0.5	66.49bc	-0.398 <sup>a</sup>	13.75 <sup>a</sup>
			0.25	2.5	67.47b	-0.255 <sup>a</sup>	12.41 <sup>a</sup>
			2.50	0.5	67.40b	-0.686 <sup>a</sup>	13.28 <sup>a</sup>
			2.50	2.5	69.64b	-0.873 <sup>a</sup>	13.20 <sup>a</sup>
50.0	200.0	150	0.25	0.5	68.79b	-0.725 <sup>a</sup>	13.21 <sup>a</sup>
			0.25	2.5	67.19bc	0.285 <sup>a</sup>	12.53 <sup>a</sup>
			2.50	0.5	74.62a	-0.966 <sup>a</sup>	10.85 <sup>a</sup>
			2.50	2.5	75.63a	-0.798 <sup>a</sup>	11.42 <sup>a</sup>

Medias con diferente letra en una columna indican diferencia estadística ( $p \leq 0.05$ ). F: fosfatos, C: carragenina. ♦ Means with different letters in a column indicate statistical difference ( $p \leq 0.05$ ). F: phosphates, C: carrageenan.

con carne de ave, y mencionan que la difusividad térmica es una propiedad que cambia respecto a la temperatura; a medida que la humedad aumenta, la conductividad y difusividad aumentan. Esto se debe al 2 % de sal adicionada en la emulsión. La proporción de proteínas no influye significativamente en estas propiedades; los resultados del cálculo de la difusividad térmica fueron entre  $8.30 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  y  $1.36 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . Ayadi *et al.* (2009b) usaron la misma ecuación para calcular la difusividad en salami y jamón con carne de pavo, y obtuvieron valores de  $5.11 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  a  $7.02 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  para el salami y para el jamón de  $1.98 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . Markowski *et al.* (2004) determinaron la difusividad térmica en salchichas tipo Lyoner durante la cocción y enfriamiento en un baño de agua, y sus resultados fueron  $3.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  y  $4.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , respectivamente; además mencionan que las variaciones en la difusividad térmica se deben al contenido de grasa y agua del producto. Ambos autores determinaron la difusividad térmica con los datos de temperatura del centro y superficie de la muestra. El tratamiento con mayor cantidad de grasa, fosfatos y carragenina con menor cantidad de carne obtuvo la difusividad térmica mayor de  $9.61 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  debido a que los fosfatos capturan el agua y la carragenina hace un gel, que en combinación con la grasa causa este incremento

Markowski *et al.* (2004) determined the thermal diffusivity in Lyoner sausages during cooking and cooling in a water bath, and obtained results between  $3.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  and  $4.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , respectively; besides they point out that the variations in thermal diffusivity are due to the fat and water contents in the product. Both authors determined the thermal diffusivity with the data on the temperature of the center and surface of the sample. The treatment with the highest amount of fat, phosphates and carrageenan with the least amount of meat obtained the highest thermal diffusivity of  $9.61 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , since phosphates capture water and carrageenan makes a gel, that in combination with fat causes this thermal increment. On the other hand, the treatment with the lowest amount of phosphates, water and meat had a lower value of  $7.10 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  (Figure 2).

## CONCLUSIONS

The commercial value of carp meat can be improved, giving it an added value creating emulsified meat products, keeping this meat type as a base, and: phosphates to improve the elasticity, resilience, and cohesiveness; carrageenan to improve firmness and

térmico. En cambio, el tratamiento con menor cantidad de fosfatos, agua y carne obtuvo un valor menor de  $7.10 \times 10^{-4} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$  (Figura 2).

### CONCLUSIONES

El valor comercial de la carne de carpa se puede mejorar al dar un valor agregado elaborando productos cárnicos emulsionados, teniendo como base este tipo de carne y: fosfatos para mejorar la elasticidad, resiliencia y cohesividad; carragenina para mejorar la dureza y color. Además, la incorporación de grasa de cerdo y agua mejora la textura del producto emulsionado.

### AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto FOMIX-HGO-2012-clave 195462: “Fortalecimiento del Centro de Fomento Agropecuario y Piscícola del Estado de Hidalgo”, por el apoyo para la publicación de este artículo.

### LITERATURA CITADA

Abdolgafour, B., and A. Saghier. 2014. Development in sausage production and practices-A review J. Meat Sci. Technol. 2: 40-50.  
 AMSA. 2012. Meat Color Measurement Guidelines American Meat Science Association, Illinois USA, 124 p.  
 AOAC. 1999. Official Methods of Analysis. AOAC Association of Official Analytical Chemists, 15 th ed. Washington, DC.

color. Also, the incorporation of pig fat and water improves the texture of the emulsified product.

—End of the English version—



Awuah, G., B., H. S. Ramaswamy, and A. Economides, 2007. Thermal processing and quality; Principles and overview. Chem. Eng. Process. 46: 584-602.  
 Ayadi M. A., A. Kechaou, I. Makni and H. Attia, 2009a. Influence of carragenan addition on turkey meat sausages properties. J. Food Eng. 93: 278-283.  
 Ayadi, M.A., I. Makni and H. Attia. 2009b. Thermal diffusivities and influence of cooking time on textural, microbiological and sensory characteristics of turkey meat prepared products. Food Bioprod. Process. 87: 327-333.  
 Cavestany, M., F. J. Colmenero, M. T. Solas, and J. Carballo, 1994. Incorporation of sardine surimi in bologna sausage containing different fat levels. Meat Sci. 38: 27-37.  
 Carciofi, B. A. M., J. Faistel, G. M. F. Aragao, and J. B. Laurindo. 2002. Determination of thermal diffusivity of mortadella using actual cooking process data. J. Food Eng. 55: 89-94.  
 De Huidobro, F. R., E. Miguel, B. Blázquez, and E. Onega. 2005. A comparison between two methods (Warner–Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. Meat Sci. 69: 527-536.  
 Fonseca, J. M. D. A. 2012. Acompanhamento das atividades do Laboratório de controle físico-químico de produtos de origem animal Facultad de Agronomia e Medicina Veterinária. Doctoral dissertation, Universidade de Brasília Brasília. 34 p.

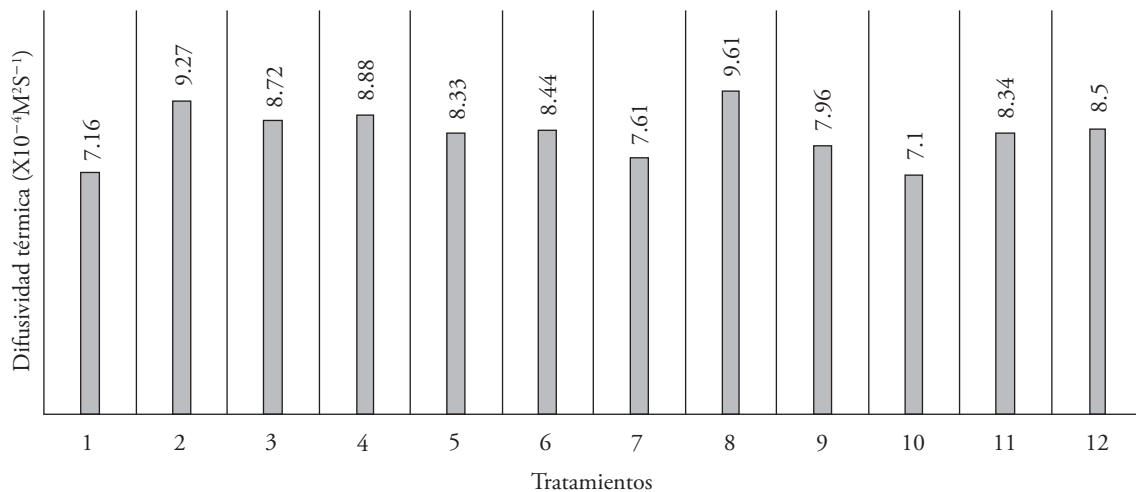


Figura 2. Difusividad térmica de salchichas de carpa, por efecto de la carragenina y fosfatos.  
 Figure 2. Thermal diffusivity on carp sausages by the effect of carrageenan and phosphates.

- Food & Agriculture Organization. 1999. Los carbohidratos en la nutrición humana. Informe de una consulta mixta. FAO/OMS. Roma. 14-18 abril 1997. ISSN 1014-2916. 152 p.
- Ganesh, A., A. O. Dileep, B. A. Shamasundar, and U. Singh. 2005. Gel-forming ability of Common carp fish (*Cyprinus carpio*) meat: effect of freezing and frozen storage. *J. Food Biochem.* 30: 342-361.
- Guerrero, L. I., A. E. Ponce, y C. M. L. Pérez. 2002. Curso Práctico de Tecnologías de Carnes y pescado. UAMI, D.F. Méx.
- Guler, G. O., B. Kiztanir, A. Aktumsek, O. B. Cital, and H. Ozparlak. 2007. Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and  $\omega 3/\omega 6$  ratios of carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle lipids in Beyseir Lake (Turkey). *Food Chem.* 108: 689-694.
- Hsu, S. Y., and H. Y. Chung. 2000. Interactions of konjac, agar, curdlan gum, k-carrageenan and reheating treatment in emulsified meatballs. *J. Food Eng.* 44:199-204.
- Huda, N., T. L. J. Alistair, H. W. Lim and R. Nopianti. 2012. Some Quality Characteristics of Malaysian Commercial Fish Sausage. *Pakistan J. Nutr.* 11: 700-705.
- Ibáñez, A.L., R. M. Pérez, and C. J. L. García. 2014. Institutional development of freshwater fish stocking in Mexico. *J. Fish Biol.* 85: 2003-2009.
- Intarapichet, K., W. Sihaboot, and P. Chungsirawat, 1995. Chemical and sensory characteristics of emulsion goat meat sausages containing pork fat or shortening. *ASEAN Food J.* 10: 57-61.
- Kašpar, L., and H. Buchtová. 2015. Sensory evaluation of sausages with various proportions of *Cyprinus carpio* meat. *Czech J. Food Sci.* 33: 45-51.
- Lin, K. W., and S. N. Lin, 2002. Effects of sodium lactate and trisodium phosphate on the physicochemical properties and shelf life of lowfat Chinese-style sausage. *Meat Sci.* 60:147-154.
- Lund, D. 2003. Predicting the impact of food processing on food constituents. *J. Food Eng.* 56,113-117.
- Mahmound, B. S. M., Y. Kawai, K. Yamazaki, K. Miyashita, and T. Susuki. 2006. Effect of treatment with electrilyzed NaCl solutions and essential oil compounds on the proximate composition, amino acid and fatty acids composition or carp filets. *Food Chem.*101: 1492-1498.
- Marcotte, M., R. A. Taherian, and Y. Karimi. 2008. Thermophysical properties of processed meat and poultry products. *J. Food Eng.* 88: 315-322.
- Markowski, M., I. Bialobrzewski, M. Cierach, and A. Paulo. 2004. Determination of thermal diffusivity of Lyoner type sausages during wáter bath cooking and cooling. *J. Food Eng.* 65: 592-596.
- Ocaña, H. V. M., R. E. Márquez, D. M. Canizales, Y. F. J. Castillo, A. R. Pacheco, S. E. M. Lugo, O. K. D. García, and V. A. Z. Graciano. 2009. Postmortem changes in cazon fish muscle stored on ice. *Food Chem.* 116: 933-938.
- Pietrasik, Z., and Z. Duda. 2000. Effect fat content and soy protein carrageenan mix on the quality characteristics of comminuter, scalded sausages. *Meat Sci.* 56: 181-188.
- Ramírez, J. A., Uresti, R. M., Velazquez, G., and M. Vázquez. 2011. Food hydrocolloids as additives to improve the mechanical and functional properties of fish products: A review. *Food Hydrocoll.* 25:1842-1852.
- SAS Institute Inc. 2002. SAS User's guide: Stat, version 6.03, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Son Long N, H. B., R. Gal, and F. Bunka. 2011. Use of phosphates in meat products. *Afr. J. Biotechnol.* 10: 19874-19882.
- Totosaus A., M., and C. M. L. Pérez. 2009. Textural properties and microstructure of low-fat and sodium-reduced meat batters formulated with gellan gum and dicationic salts. *LWT - Food Sci. Technol.* 42: 563-569.
- Yapar, A., S., Atay, A., Kayacier, and H. Yetim. 2006. Effects of different levels of salt and phosphate on some emulsion attributes of the common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758). *Food Hydrocoll.* 20: 825-830.
- Wang, M., and M. Lu. 2015. Tilapia polyculture: a global review *Aquac. Res.* 1-12.