



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**

---

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ÁREA ACADÉMICA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**“Optimización de un Producto Cárnico Tipo Salchicha  
Elaborado con carne de Carpa”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ALIMENTOS

PRESENTA:

P. DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS  
ELIBETH VALERA QUEZADA

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

M en C. SERGIO SOTO SIMENTAL

Tulancingo de Bravo, Hidalgo. Septiembre de 2010.





UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**Dr. Otilio A. Acevedo Sandoval**  
**Director ICAP**  
**Presentes**

A través de este conducto le informamos atentamente que después de haber revisado el trabajo de investigación titulado **“OPTIMIZACIÓN DE UN PRODUCTO CÁRNICO TIPO SALCHICHA ELABORADO CON CARNE DE CARPA”** presentado por la pasante de Ingeniería en Alimentos **Elibeth Valera Quezada**, No. de cuenta 156857 consideramos que cumple con los elementos suficientes de contenido y forma para su réplica oral en el Examen Recepcional correspondiente. Por las razones anteriores otorgamos nuestra aprobación para la impresión del trabajo.

“AMOR, ORDEN Y PROGRESO”

Tulancingo de bravo, Hidalgo, a 13 de Septiembre del 2010

Atentamente

H. Comité Revisor

M. en C. Sergio Soto Simental  
Dr. Martin Meza Nieto  
Dra. Rosa Hayde Alfaro Rodríguez  
Dr. Apolonio Vargas Torres  
Dr. Guillermo Arlando López Huape  
M en A. José Jesús Espino García  
Ing. Javier Álvarez Gayosso

---

La presente tesis fue elaborada gracias al apoyo financiero de **FOMIX CONACYT-Gobierno del Estado de Hidalgo**, en el marco del proyecto **“Propuesta de activación de la granja de policultivos (frutas-hortalizas-cultivos básicos) de Tezontepec de Aldama, Hidalgo, para la activación y transferencia de tecnología sustentable”**, clave 073875. Que se encuentra en ejecución bajo responsabilidad de la Dra. Alma Delia Hernández Fuentes.

---

## D E D I C A T O R I A

*Dedico este trabajo a los seres más importantes en mi vida...A mis padres Cristina Quezada García y Baldomero Valera Oloarte<sup>†</sup>, que por su esfuerzo y preocupación por mi futuro hoy logré una meta en mi vida...Gracias por todo.*

---

## A G R A D E C I M I E N T O S

*A mis padres Cristina Quezada García y Baldomero Valera Oloarte<sup>†</sup>, a mis hermanos Haydeé, Osvaldo y Elizabeth<sup>†</sup> y mis pequeños sobrinos Jeniffer, Ángel Baruch y Frida Sofía, por todo el apoyo, cariño y comprensión incondicional que me han brindado siempre a lo largo de mi vida.*

*A mi director de Trabajo de Investigación M. en C. Sergio Soto Simental y todos y cada uno de los profesores que contribuyeron a mi formación durante mi estancia en el Instituto de Ciencias Agropecuarias.*

---

## RESUMEN

En la industria alimentaria un proceso fundamental es identificar las cantidades exactas de materia prima que se deben utilizar para obtener el resultado esperado en cuanto a calidad y estabilidad del producto, en el caso de los productos cárnicos emulsionados cocidos es importante conocer el tiempo exacto de cocción para evitar pérdidas económicas. Debido a ello se planteó como objetivo de éste trabajo optimizar un producto cárnico tipo salchicha a partir de carne de carpa por medio de la inclusión de grasa, agua, fosfatos y carragenina que contribuyen a la calidad, estabilidad y transferencia de calor del producto terminado. La materia prima que se utilizó en éste estudio fue carne de pescado (*Cyprinus carpio*) fresca, grasa dorsal de cerdo (lardo), agua filtrada en forma de hielo, sal de grano, carragenina y fosfatos, la fase experimental se dividió en dos experimentos: en el experimento 1, se optimizó la proporción de carne (100, 95 y 90%) y grasa (0, 5, 10%); el experimento 2, consistió en tomar del experimento 1 tres tratamientos, esta elección se hizo de acuerdo a los datos obtenidos eligiendo los tratamientos con los valores altos, medios y bajos, una vez seleccionados, se realizaron otros 12 tratamientos a los cuales se adicionó fosfatos (0.1 y 1.0 %/100 g) y carragenina (0.2, y 1.0 %/100 g) en la formulación. Se determinó contenido de humedad, cenizas, proteína cruda y grasa a la carne; al producto terminado para ambos experimentos se determinó color, análisis de perfil de textura, fuerza al corte con la Navaja Warner-Bratzler, fuerza máxima detecta con la celda de Kramer y penetración de calor. Los resultados obtenidos de acuerdo a las pruebas realizadas sobre el efecto de la grasa y agua añadida sobre la textura y color, se puede concluir que el tratamiento uno (12.5 g de grasa, 237.5 g de carne y 75 g de agua) fue el que mejores resultados mostró. En cuanto a la penetración de calor los efectos que la grasa y el agua añadida se observa que los tratamientos seis (25 g de grasa, 225 g de carne y 22 g de agua) y diez (50 g de grasa, 200 g de carne y 75 g de agua) llegaron a la temperatura esperada en menor tiempo. Con relación al efecto de la adición de carragenina y fosfatos sobre la textura y color se concluye que el tratamiento 12 (50 g de grasa, 200 g de carne, 150 g de agua, 2.5 g de fosfatos y 2.5 g de carragenina) obtuvo mejores resultados con respecto a los demás tratamientos. Se determinó que el tiempo de proceso requerido para la cocción de un producto cárnico cocido tipo salchicha elaborado con carne de carpa fue en promedio de 22.6 minutos.

---

## ABSTRACT

A fundamental process in food industry is to identify the exact amounts of ingredients used to obtain the results on quality and stability of the product, in emulsified and cooked meat products is important to know cooking time to avoid economic losses. The objective of this work to optimize a meat product type sausage from meat of carp by including backfat, water added, phosphates and carrageenan to affect quality, stability and heat transference of the finished product. Ingredients used in this study was carp fish meat (*Cyprinus carpio*), backfat, water in ice, salt, carrageenan and phosphates, the study was divided in two experiments: in experiment 1, it was optimized meat quantity (100, 95 and 90%) and fat (0, 5, 10%); in experiment 2, it was selected three treatments, this election was done according to all data collected choosing a treatment with more high, average values and low, once selected, 12 treatments adding added phosphates (0,1 and 1,0% /100 g) and carrageenan (0,2, and 1,0% /100 g) in the formulation. It was determined moisture, ash, crude protein and fat to carp meat; final product for both experiments color, texture profile analysis, Warner-Bratzler Knife force, Kramer force and heat penetration. The results obtained according to the tests made on the effect of the fat and water added on the texture and color, can be concluded that the treatment one (12.5 g of fat, 237.5 g of meat and 75 g of water) was the one that better results showed. As far as the heat penetration the effects that the fat and the added water are observed that treatments six (25 g of fat, 225 g of meat y 22 g of water) and ten (50 g of fat, 200 g of meat and 75 g of water) arrived at the temperature waited for in smaller time. In relation to the effect of the addition of carrageenan and phosphates on the texture and color one concludes that treatment 12 (50 g of fat, 200 g of meat, 150 g of water, 2.5 g of phosphates and 2.5 g of carrageenan) obtained better results with respect to the other treatments. It was determined that the processing time required for cooking a meat product cooked sausage made with minced carp averaged 22.6 minutes.

---

---

## ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL .....	vii
NOMENCLATURA .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II.OBJETIVO GENERAL .....	2
2.1 Objetivos particulares.....	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA. ....	3
3.1. Producción de carpa. ....	3
3.2. Especies de carpas. ....	4
3.2.1 <i>Carpa negra</i> .....	4
3.2.2 <i>Carpa herbívora</i> . ....	5
3.2.3 <i>Carpa brema</i> .....	5
3.2.4 <i>Carpa dorada</i> .....	5
3.2.5 <i>Carpa plateada</i> . ....	5
3.2.6 <i>Carpa cabezona</i> . ....	5
3.2.7 <i>Carpa común (Cyprinus carpio)</i> .....	6
3.3 Composición del músculo del pescado.....	7
3.4 Macroestructura del músculo.....	8
3.5 Microestructura del músculo.....	8
3.5.1 <i>Sarcoplasma</i> . ....	8
3.5.2 <i>Núcleo</i> .....	8
3.5.3 <i>Mitocondrias</i> . ....	8
3.5.4 <i>Miofibrillas</i> .....	9
3.5.5 <i>Sarcómero</i> .....	9

---

---



---

3.5.6	<i>Miofilamentos</i> .....	9
3.5.7	<i>Línea Z</i> .....	10
3.6	Proteínas de los miofilamentos.....	10
3.7	Propiedades funcionales de las proteínas. ....	12
3.7.1	Propiedades de hidratación o de la interacción proteína-agua. ....	12
3.7.2	Propiedades de interacciones entre proteínas.....	16
3.7.3	Propiedades de superficie o de la interacción proteína-grasa o proteína- ....	19
3.8	Composición química del músculo de pescado. ....	21
3.8.1	<i>Agua</i> .....	21
3.8.2	<i>Proteínas</i> . ....	22
3.8.3	<i>Grasas</i> . ....	23
3.9	Productos cárnicos cocidos.....	24
3.10	Principales ingredientes de los productos cárnicos curado-cocidos.....	25
3.10.1	<i>Agua añadida</i> . ....	25
3.10.2	<i>Sal común</i> .....	26
3.10.3	<i>Agentes curantes</i> .....	27
3.10.4	<i>Ácido ascórbico y eritorbato de sodio</i> . ....	28
3.10.5	<i>Acidulantes</i> . ....	29
3.10.6	<i>Fosfatos</i> .....	29
3.10.7	<i>Carragenina</i> .....	33
3.11	Propiedades térmicas de la carne y productos cárnicos. ....	37
3.12	Transferencia de calor. ....	38
3.13	Textura. ....	39
3.13.1	Textura de productos cárnicos.....	40
3.13.2	Fuerza al corte.....	41
3.13.3	Análisis de perfil de textura en productos cárnicos.....	42

---

---

3.14	Color.....	47
<b>IV.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>48</b>
4.1	Materia Prima.....	48
4.2	Establecimiento del Experimento. ....	48
4.3	Variables de Estudio. ....	51
4.3.1	<i>Determinación de Humedad.....</i>	<i>51</i>
4.3.2	<i>Determinación de Cenizas.....</i>	<i>51</i>
4.3.3	<i>Determinación de Grasa.....</i>	<i>52</i>
4.3.4	<i>Determinación de Proteína Cruda.....</i>	<i>52</i>
4.3.5	<i>Determinación de Color.....</i>	<i>53</i>
4.3.6	<i>Análisis de Perfil de Textura. ....</i>	<i>53</i>
4.3.7	<i>Fuerza al corte con la Navaja Warner-Bratzler.....</i>	<i>54</i>
4.3.8	<i>Fuerza Máxima detectada con la Celda de Kramer.....</i>	<i>55</i>
4.3.9	<i>Penetración de Calor. ....</i>	<i>56</i>
4.4	Análisis Estadístico.....	58
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>59</b>
5.1	Composición químico proximal de la carne de pescado de la especie.....	59
5.2	Efecto de la grasa y del agua añadida sobre la textura. ....	60
5.3	Efecto de la grasa y del agua añadida sobre el color. ....	63
5.4	Efecto de la grasa y del agua añadida sobre la penetración de calor. ....	64
5.5	Efecto de la adición de fosfatos y carragenina sobre la textura.....	68
5.6	Efecto de la adición de fosfatos y carragenina sobre el color. ....	71
5.7	Efecto de la adición de fosfatos y carragenina sobre la difusividad térmica. ....	72
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>80</b>

---

---

## NOMENCLATURA

<b>g</b>	gramo	
<b>Kg</b>	Kilogramo	
<b>mL</b>	Miliitro	
<b>L</b>	Litros	
<b>s</b>	Segundo	
<b>s<sup>2</sup></b>	Segundo al cuadrado	
<b>m</b>	Metro	
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro al cuadrado	
<b>cm</b>	Centímetro	
<b>cm<sup>2</sup></b>	Centímetro al cuadrado	
<b>mm</b>	Milímetros	
<b>µm</b>	Micrómetros	
<b>nm</b>	Nanómetros	
<b>Mol</b>	Cantidad de sustancia	6.023x10 <sup>23</sup> átomos
<b>ppm</b>	Partes por millón	mg/L ó g/m <sup>3</sup>
<b>pH</b>	Concentración de iones hidrónio (H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> )	
<b>p/v</b>	Relación peso/volumen (gramos de soluto disueltos en litros de solución)	
<b>h</b>	hora	
<b>° C</b>	Grados Centígrados o Celsius	
<b>W</b>	Watt	
<b>α</b>	Difusividad térmica	m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
<b>K</b>	Conductividad térmica	W / m ° C
<b>ρ</b>	Densidad	Kg / m <sup>3</sup>
<b>Cp</b>	Calor específico o capacidad calorífica	W / Kg ° C
<b>T</b>	Temperatura	° C
<b>T<sub>i</sub></b>	Temperatura inicial	° C
<b>T<sub>a</sub></b>	Temperatura alimento	° C
<b>t</b>	Tiempo	s
<b>L*</b>	Luminosidad (brillo)	
<b>a*</b>	color rojo al verde	
<b>b*</b>	color amarillo al azul	

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Carpa común ( <i>Cyprinus carpio</i> ).....	6
2	Microestructura del músculo de pescado. ....	11
3	Cambios químicos que le ocurren a la mioglobina durante el desarrollo del color final de la carne. ....	28
4	Curva típica de la prueba de análisis de perfil de textura.....	44
5	Diagrama de flujo para la elaboración de un producto cárnico tipo salchicha.....	50
6	Prueba de Análisis de Perfil de Textura. ....	54
7	Prueba de Fuerza al corte con la Navaja Warner-Bratzler. ....	55
8	Prueba Fuerza Máxima con la Celda Kramer. ....	56
9	Monitoreo de la temperatura en la masa cárnica durante el escaldado....	57
10	Esquema experimental de la cocción de salchichas en el baño con agua.....	65
11	Temperaturas monitoreadas en el seno de la masa cárnica, durante la cocción, experimento 1. ....	66-67
12	Temperaturas monitoreadas en el seno de las masas cárnicas teóricas y experimentales. T1-T6 en el experimento 2. ....	73
12a	Temperaturas monitoreadas en el seno de las masas cárnicas teóricas y experimentales. T7-T12 en el experimento 2. ....	74
13	Diferencias de temperatura entre la superficie y el centro de las muestras a través del tiempo (escala logarítmica) en los T1-T6 del experimento 2. ....	75
13a	Diferencias de temperatura entre la superficie y el centro de las muestras a través del tiempo (escala logarítmica) en los T7-T12 del experimento 2. ....	76
14	Difusividad Térmica. ....	78

---

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Principales especies de pescado cultivadas en el Estado de Hidalgo....	3
2	Principales fosfatos usados en la industria cárnica. ....	31
3	Fuentes y tipos de carrageninas. ....	34
4	Unidades repetidas de las carrageninas. ....	34
5	Definiciones y análisis dimensional de los parámetros de la prueba de Warner-Bratzler. ....	42
6	Definiciones y análisis dimensional de los parámetros de la prueba de Análisis de Perfil de Textura (ATP). ....	46
7	Diseño de Tratamientos experimento 1.....	48
8	Diseño de Tratamientos experimento 2. ....	49
9	Composición química proximal de la carne de pescado ( <i>Cyprinus carpio</i> ).....	60
10	Parámetros del Análisis de Perfil de Textura en el experimento 1.....	61
11	Fuerza máxima detectada con la celda Kramer (K) y Fuerza al corte con la navaja Warner-Bratzler (W) en el experimento 1.....	62
12	Datos experimentales de la medición de color en mezclas cárnicas de pescado, $L^*$ , $a^*$ y $b^*$ obtenidos en el experimento 1.....	63
13	Parámetros de Análisis de Perfil de Textura en el experimento 2. ....	69
14	Fuerza máxima detectada con la celda Kramer (K) y Fuerza al corte con la navaja Warner-Bratzler (W) en el experimento 2. ....	70
15	Datos experimentales de la medición de color en mezclas cárnicas de pescado, $L^*$ , $a^*$ , y $b^*$ obtenidos en el experimento 2. ....	72
16	Resultados del cálculo de difusividad térmica.....	78

---

## I. INTRODUCCIÓN

La conservación de los productos alimentarios perecederos, sobre todo aquellos de alto valor nutricional como las carnes, aves, pescados y mariscos, ha sido tema de estudio desde tiempos remotos. Inicialmente ésta conservación se llevó a cabo a través de pruebas, errores y éxitos, alcanzando métodos tan eficientes como el salado y secado. En los últimos años el desarrollo de productos cárnicos de conveniencia, fáciles de preparar o para el consumo directo y altamente apetecible, ha sido el principal objetivo en las grandes empresas alimentarias. A este objetivo primario se ha sumado el desarrollo de alimentos funcionales o nutracéuticos, entre los cuales tienen un lugar predominante los pescados (Guerrero *et al.*, 2002).

En la actualidad, los seres humanos han empezado a preocuparse más por su salud y haciéndolo conciencia que la carne de pescado y los productos del pescado son muy importantes para el buen desarrollo del organismo, ya que estos productos ofrecen un alto valor nutricional en proteína, considerado el componente mayoritario (Bud *et al.*, 2008). La fabricación de productos cárnicos y derivados de pescados y mariscos, así como la conservación de las características de calidad de la carne y el pescado en fresco, han sido objeto de inversión de sumas elevadas tanto en investigación aplicada como en desarrollo tecnológico (Guerrero *et al.*, 2002).

Con el presente trabajo se tratará de impulsar el desarrollo tecnológico para el procesado y conservación de pescado, además que se coadyuvará el desarrollo económico de la producción de carpa siendo esta una especie que en la mayor parte del año se puede adquirir a un precio bajo por kilogramo (\$15.00 a pie de estanque). Se motivará al sector pesquero a darle valor agregado a la carne de pescado para utilizarse en productos novedosos.

---

## II. OBJETIVO GENERAL

Optimizar un producto cárnico emulsionado utilizando carne de carpa (*Cyprinus carpio*) e ingredientes (fosfatos y carragenina) para establecer el efecto sobre la calidad y estabilidad del producto terminado.

### 2.1 Objetivos particulares

Estandarizar la cantidad de grasa, agua añadida, carragenina y fosfatos en un producto cárnico elaborado con carne de carpa, para determinar el efecto en el color y textura del producto terminado.

Determinar el efecto de la grasa, carragenina y fosfatos sobre la penetración de calor y difusividad térmica de un producto cárnico elaborado con carne de carpa.

---

---

### III. REVISIÓN DE LITERATURA.

#### 3.1. Producción de carpa.

La industria pesquera en México, se basa principalmente en pesquerías y el desarrollo de la acuicultura, además de realizarse en zonas con litoral y en aquellos estados que no tienen litoral, donde se están utilizando presas, represas, embalses de agua, lagunas, etc., para la producción principalmente de peces de agua dulce (SAGARPA, 2007).

Hidalgo es uno de los principales productores de pescado de los estados sin litoral, cuenta con una producción anual de 3, 906 toneladas de carpa lo que significa un 14 % en el total de la producción nacional ocupando el segundo lugar nacional de veintitrés estados productores, hasta el año 2008 (INEGI, 2010).

**Tabla 1.** Principales especies de pescado cultivadas en el Estado de Hidalgo.

<b>Principales especies</b>	<b>Producción (Ton)</b>	<b>Lugar nacional</b>
<b>Total</b>	6 354	18 de 31
<b>Carpa</b>	3 906	2 de 23
<b>Mojarra</b>	2 240	28 de 31
<b>Trucha</b>	141	8 de 16
<b>Bagre</b>	38	14 de 28
<b>Charal</b>	5	7 de 8
<b>Camarón</b>	1	18 de 18
<b>Lobina</b>	NS	19 de 19
<b>Otras</b>	25	NA

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010.



---

Son varias las especies de peces que se cultivan o se localizan en los cuerpos de agua del Estado de Hidalgo. Sin embargo, la producción de carpa es una de las actividades principales de la pesca de agua dulce en el estado de Hidalgo contribuyendo con más del 50% del pescado producido en la entidad (INEGI, 2010), sin embargo, esta especie de pescado tiene bajo valor económico, lo cual puede significar una ventaja cuando se busca dar valor agregado a un producto cárnico con base a carne de pescado.

Una proporción considerable de los productos frescos se consumen en el ámbito local. Los productos elaborados se distribuyen ampliamente, si bien los congelados se destinan sólo a lugares con las instalaciones adecuadas. La ciudad de México sigue siendo un centro importante de la red de distribución. El sistema de distribución de pescado de México se caracteriza por una larga cadena de intermediarios, sin embargo, se carece de datos fiables sobre su estructura (SAGARPA, 2007).

### **3.2. Especies de carpas.**

La familia de los ciprínidos tiene un gran número de géneros y especies, de los cuales algunas de las más reconocidas son de origen asiático, que de acuerdo a FONDEPESCA (1986) tienen las siguientes características:

#### **3.2.1 *Carpa negra.***

Su cuerpo es alargado, cubierto de escamas grandes y de coloración oscura. Esta carpa es considerada carnívora; se alimenta de moluscos, crustáceos e insectos; llega a alcanzar 1.8 metros, habita a media agua y en el fondo, alcanzando las hembras su madurez al llegar a una talla de 88 cm, y un peso de 10 kg a los cuatro o cinco años de vida. Es de fácil adaptación en estanques de cultivo.

---

### **3.2.2 *Carpa herbívora.***

Tiene un cuerpo alargado y delgado con una cabeza bastante plana y boca subinterior, de color negro-café y abdomen blanco. Esta especie consume grandes cantidades de plantas, vive en la parte media y alta de las aguas. En estado adulto se puede alimentar de frijol, soya y arroz. Por su voracidad, en un día, puede ingerir malezas de dos veces el peso de su cuerpo, llegando a pesar 500 g en cinco meses. Alcanza la madurez sexual a los cuatro años en promedio.

### **3.2.3 *Carpa brema.***

Esta especie se adapta al cultivo en estanques, se alimenta de cualquier tipo de vegetal y es resistente a enfermedades y parásitos. Además, tienen un alto grado de supervivencia y rápido crecimiento, se parece físicamente a la mojarra. El cuerpo es de color amarillo metálico, brillante en el dorso y gris en el abdomen.

### **3.2.4 *Carpa dorada.***

Es utilizada para ornato por tener formas y coloraciones vistosas; su cuerpo es alargado, robusto y grueso con longitud de 25 cm.

### **3.2.5 *Carpa plateada.***

Tiene un color gris-verdoso en el cuerpo, y blanco en el abdomen, de hábitos filófagos, se desplaza en la capa media y superficial del agua. En un período llega a pesar 500 g.

### **3.2.6 *Carpa cabezona.***

La cabeza de esta especie cubre un tercio del tamaño de su cuerpo, tiene una coloración oscura en el dorso, aletas gris oscuro y abdomen amarillento o blanco, se alimenta de zooplancton y fitoplancton.

---

### 3.2.7 *Carpa común (Cyprinus carpio)*.

Es un pescado magro que presenta una carne blanca, de agradable sabor y de alto valor nutricional; pudiendo alcanzar una longitud de aproximadamente 130 cm y un peso total de hasta 60 Kg. El pez de cuerpo robusto, pesado y comprimido lateralmente, con una boca pequeña, protractil, presenta un par de barbillas cortas. Los dientes faríngeos molariformes están acomodados en tres filas. La aleta dorsal es larga y cóncava, como la anal, con espina aserrada. La aleta caudal tiene los lóbulos redondeados. Las escamas son grandes y su coloración es pardo verdoso con reflejos dorados y azulados con un vientre blancuzco. Es una especie que por su rusticidad y hábitos alimentarios proporciona buenos resultados en la acuicultura. Sin embargo, la especie proviene de China y es una especie exótica e inducida en México. Por ser muy prolífica requiere para su cultivo ambientes cerrados sin conexión con cuerpos de agua naturales a fin que no se disperse en medio natural (Lozada, 2007).

La carpa *Cyprinus carpio*, es una de las especies de agua dulce que ha sido ampliamente cultivadas en todo el mundo debido a su rápida tasa de crecimiento y fácil cultivo (Guler *et al.*, 2007).



**Figura 1.** Carpa común (*Cyprinus carpio*).

---

### 3.3 Composición del músculo del pescado.

Los peces de mayor valor comercial son aquellos que presentan un color blanco o rosáceo muy pálido, y sabor *sui generis*, fresco y atractivo para el consumidor. En general, cuando se tiene un músculo muy pigmentado se presentan sabores intensos y poco apetecibles. La abundancia del tejido conectivo, fácilmente gelatinizable en especies acuáticas, así como el exceso de hueso o “espinas” determina también la calidad y en consecuencia el precio del pescado (Guerrero *et al.*, 2002).

La musculatura de un pez no es uniforme, sino que contiene proporciones variables de los tres tejidos principales: blanco (de contracción lenta), oscuro (de contracción rápida) y tejido conectivo, además de poseer numerosos componentes menores (nitrógeno no proteico, vitaminas, minerales, etc.). El músculo oscuro presenta una mayor concentración de metabolitos intermediarios, debido a que es metabólicamente más activo que el blanco. Algunos de estos metabolitos contribuyen al sabor, en cambio otros, como la histidina, provocan una velocidad mayor de producción de compuestos relacionados con la descomposición (Guerrero *et al.*, 2002).

La diferencia entre los tejidos de un pez la da el porcentaje de fibras rojas y blancas. Las fibras blancas son de mayor diámetro y tienen un mecanismo fundamentalmente glucolítico, necesario para movimientos rápidos y precisos. Las fibras rojas son de menor diámetro y tienen un mecanismo principalmente oxidativo, estas fibras están presentes en mayor cantidad en músculos que realizan ejercicio vigoroso, en consecuencia contienen mayor cantidad de mioglobina (Guler *et al.*, 2008). El tejido conectivo está constituido en su mayor parte de colágeno, que se convierte en gelatina soluble durante la cocción y es fácil de masticarse y deglutirse. Aunque la masa principal de tejido conectivo se encuentra en la piel, de mayor importancia es el que se distribuye a través de la musculatura, ya que contribuye a las propiedades mecánicas de la carne. El tejido conectivo mantiene a los músculos estructurados (Guerrero *et al.*, 2002).

---

### **3.4 Macroestructura del músculo.**

La arquitectura típica del tejido muscular de los peces óseos en forma de “W”, se denominan miotomos y tienen una flexura hacia delante y dos hacia atrás. Los miotomos no son perpendiculares a la vertical del plano medio del pez, sino que interceptan este plano en ángulos agudos. Los miotomos tienen un espesor de una célula, están conectados entre sí por finas capas de tejido conjuntivo colagenoso llamado mioceptos (Fennema, 2000).

### **3.5 Microestructura del músculo.**

#### **3.5.1 Sarcoplasma.**

El citoplasma de las fibras musculares es llamado sarcoplasma. Es una sustancia intracelular en el cual contiene todos los organelos suspendidos. El agua constituye un porcentaje del sarcoplasma, pero, además el sarcoplasma del músculo esquelético contiene gotas de lípidos, gránulos de glucógeno, ribosomas, proteínas, componentes nitrogenados no proteicos y componentes inorgánicos (Judge *et al.*, 1988).

#### **3.5.2 Núcleo.**

Las fibras del músculo esquelético son multinucleadas pero, debido a la variación de su longitud, el número de núcleos por fibra no es constante. Una fibra mide varios centímetros de longitud podría tener varios cientos de miles de núcleos con una distribución regular muy cerca de 5  $\mu\text{m}$  a lo largo de su longitud, excepto en los tendones donde los núcleos son concentrados y distribuidos de manera irregular (Judge *et al.*, 1988).

#### **3.5.3 Mitocondrias.**

Funcionan como transductores primarios de energía de la célula muscular; estos orgánulos se localizan por toda la célula. En algunos casos se presenta una concentración de mitocondrias próximas a la línea “Z” o próximas a la membrana plasmática (Fennema, 2000).

---

#### **3.5.4 Miofibrillas.**

Las miofibrillas son un organelo único en los tejidos del músculo, son largas, delgadas, cilíndricas, usualmente de 1-2  $\mu\text{m}$  de diámetro. En la mayoría de los músculos y en todas las especies animales, su eje longitudinal es paralelo al eje longitudinal de las fibras. Las miofibrillas son rodeadas por el sarcoplasma y se extienden a lo largo de la fibra muscular (Judge *et al.*, 1988).

Las bandas oscuras de las miofibrillas son anisótropas o birrefringentes con la luz polarizada por ello se denominan bandas A (Fennema, 2000), más densa que la banda (Judge *et al.*, 1988), las bandas que aparecen más claras son isótropas y por lo tanto se denominan bandas "I" (Fennema, 2000). La banda "I" es dividida por una banda delgada y oscura llamada disco "Z" o línea "Z", la unidad de la miofibrilla entre dos líneas "Z" adyacentes es llamada sarcómero (Judge *et al.*, 1988).

#### **3.5.5 Sarcómero.**

Incluye una banda "A" y dos medias bandas "I" localizadas en ambos lados de la banda "A", el sarcómero es la unidad estructural repetida de la miofibrilla, y es la unidad básica en la cual se llevan a cabo los procesos de contracción y relajación del músculo. La longitud del sarcómero no es constante en sus dimensiones, así como las de la banda "I", dependen del estado de contracción del momento que es examinado el músculo. Existen otras zonas características de las miofibrillas, líneas y bandas con diferentes densidades. La zona "H" y la línea "M", son estructuras que cambian con el estado de contracción (Judge *et al.*, 1988).

#### **3.5.6 Miofilamentos.**

Los filamentos gruesos y delgados de la miofibrilla son diferentes no solo en dimensiones, sino también en la composición química, propiedades y posición dentro del sarcómero. Los filamentos gruesos constituyen la banda "A" del sarcómero, la proteína predominante de los filamentos gruesos es la miosina, se conocen como filamentosos de miosina. Los filamentos de miosina se mantienen en posición por otras proteínas, algunas son localizadas en la línea "M" (Judge *et al.*, 1988).

---

Los filamentos delgados miden de 6-8 nm de diámetro y se extienden aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  por toda la línea “Z” estos filamentos constituyen la banda “I” del sarcómero y se extienden por toda la banda “I”, extendiéndose junto a la banda gruesa, filamentos de miosina. La proteína más abundante en los filamentos delgados es la actina, estos son llamados filamentos de actina (Judge *et al.*, 1988).

La distribución de los miofilamentos en la sección transversal muestra el arreglo ordenado de los filamentos gruesos (miosina) y los filamentos delgados (actina) en el sarcómero, solo los filamentos gruesos se encuentran en la zona “H”, pero la sección transversal a través de la banda “A” donde los filamentos de actina y miosina se traslapan, se observan seis filamentos delgados alrededor de cada filamento grueso. La banda “I” solo contiene filamentos delgados (Judge *et al.*, 1988).

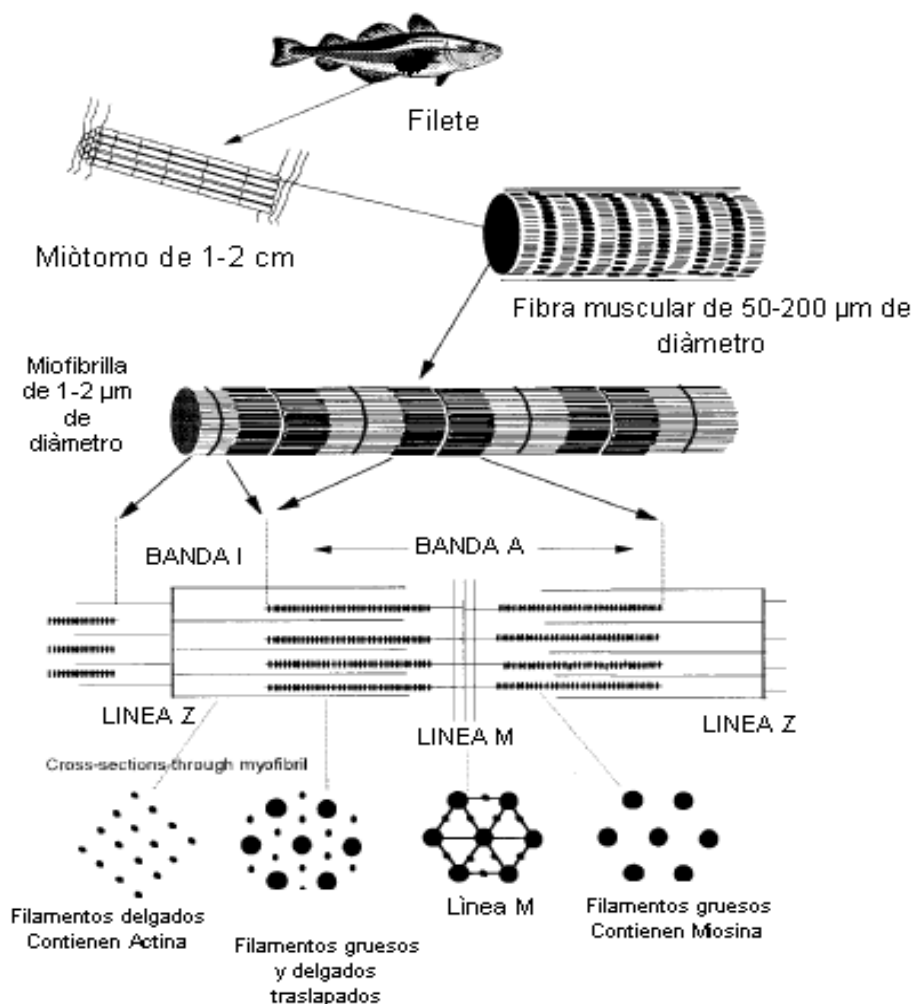
### **3.5.7 Línea Z.**

Es una sección longitudinal, un filamento de actina a un lado de la línea “Z” entre dos filamentos de actina en el lado opuesto de la línea “Z”, ésta disposición indica que los filamentos de actina *per se* no pasan por la línea “Z” son llamados filamentos “Z”, constituyen el material de la línea “Z” y se conectan con los filamentos de actina a cada lado de la misma (Judge *et al.*, 1988).

## **3.6 Proteínas de los miofilamentos.**

Las proteínas de origen animal que tienen importancia funcional, son principalmente las del complejo contráctil, es decir, miosina, actina y actomiosina, llamadas proteínas miofibrilares por ser constituyentes de las miofibrillas o células musculares. Este complejo contráctil es el mayor contribuyente a la terneza de la carne (Totosaus, 2002). Las proteínas actina y miosina constituyen aproximadamente el 65 por ciento de las proteínas en la miofibrilla. El resto lo constituyen las proteínas reguladoras y/o cito esquelética. Estas últimas proteínas son llamadas así por que directa o indirectamente tienen la función de regular las interacciones actina-miosina y mantener integra la fibra muscular. Las proteínas troponina y tropomiosina son nombradas porque regulan la disponibilidad de los

sitios de unión de la miosina en los filamentos de actina (Judge *et al.*, 1988). La actina constituye el 20 por ciento de las proteínas miofibrilares. Es una molécula con forma globular (esfera) aproximadamente 5.5 nm de diámetro. La miosina constituye aproximadamente el 45 por ciento de las proteínas miofibrilares, la estructura de la molécula de miosina es alargada con forma redonda con una parte gruesa en un extremo (Judge *et al.*, 1988). La actomiosina está formada por la unión reversible entre actina y actomiosina durante la contracción muscular. En productos emulsionados éstas proteínas cárnicas actúan como emulsificantes y están disueltas en la fase acuosa, cubriendo la superficie de las partículas de grasa en el sistema (Totosaus, 2002).



**Figura 2.** Microestructura del músculo de pescado.

Fuente: Adaptado de Hedges y Nielsen (2007).



---

### **3.7 Propiedades funcionales de las proteínas.**

Para Borderías y Montero (1998) y Totosaus (2006) la funcionalidad de las proteínas es definida como las propiedades no nutricionales que determinan la utilidad de estas en alimentos procesados, participando en atributos como la textura y el color, mientras que para Baduí (2006) y Garrido (2006) definen a la propiedad funcional (o funcionalidad) de una sustancia alimenticia, como toda propiedad nutricional o no que intervenga en su uso alimentario.

En el organismo vivo, la función de las proteínas es dinámica, por ejemplo: la concentración de las proteínas miofibrilares o bien la acción catalítica de las enzimas que intervienen en el funcionamiento de la célula (Borderías y Montero, 1998). Las propiedades funcionales normalmente asociadas con proteínas como ingredientes de alimentos son: color, sabor, textura, suavidad, turbidez, solubilidad, hinchamiento, gelificación, retención de agua, sinéresis, viscosidad, emulsificación, estabilización, arenosidad, masticabilidad, adhesión y formación de fibra (Garrido, 2006).

La calidad de los productos cárnicos está definida por las propiedades funcionales de las proteínas musculares. Estas propiedades relacionadas a la tecnología del procesado dependen de las características moleculares de las proteínas y pueden estar influenciadas por los parámetros de proceso y condiciones del ambiente (Totosaus, 2006).

Cuando la proteína se transforma en alimento, su papel es percibido desde el punto de vista nutricional. Sin embargo, estas proteínas son cada vez menos consumidas en su forma original, ya que son incorporadas en mezclas complejas donde la apetencia resulta de más importancia para el consumidor que el valor nutricional (Bourgeois y Roux, 1986).

#### **3.7.1 Propiedades de hidratación o de la interacción proteína-agua.**

La textura de los alimentos depende de las interacciones del agua con otros componentes, especialmente con macromoléculas, como proteínas y polisacáridos (Fennema, 1997).

---

La conformación de las proteínas depende mucho de su interacción con el agua. Esta interacción depende de la cantidad de los grupos polares de la proteína y de la actividad de agua. Entre las propiedades funcionales relacionadas con la hidratación, la humectabilidad, la capacidad de retención de agua (Garrido, 2006), gelificación, floculación, capacidad de emulsión y capacidad espumante, dependen de las interacciones agua-proteína. A nivel macroscópico, el agua se une a las proteínas cuando grupos iónicos de alta afinidad son solvatados a actividad de agua baja (Fennema, 1997).

La temperatura también interviene en la variación de las propiedades de hidratación, decreciendo generalmente cuando la temperatura se eleva a partir de un punto, a causa de la disminución de los enlaces de hidrógeno. Además, a determinada temperatura la proteína se desnaturaliza, disminuyendo los grupos polares capaces de interactuar con el agua (Bourgeois y Roux, 1986).

### **3.7.1.1 Capacidad de retención de agua (CRA).**

De acuerdo con Ávila (2008) la Capacidad de Retención de Agua (CRA) se define como la capacidad de la carne para retener el agua que ella misma confiere cuando se aplican fuerzas externas como cortes, calentamiento, trituración y prensado lo cual presenta un gran interés durante su conservación, fileteado, cocinado y transformación, mientras que para Garrido (2006) y Guerrero *et al* (2002), es la capacidad que tiene la carne para retener el agua libre durante la aplicación de fuerzas externas, tales como el corte, la trituración y el prensado. Es una de las propiedades funcionales más utilizadas en la tecnología de los alimentos. Existen dos conceptos relacionados con la retención de agua; la absorción del agua por polvos proteicos y la capacidad de ligar el agua, que indica el agua retenida por una proteína después de filtrar y aplicar presión o centrifugar (Garrido, 2006).

La CRA contribuye a la calidad de la carne y de sus productos derivados, estando relacionada con la textura, terneza, y color de la carne cruda, con la jugosidad y firmeza de la carne cocinada. Este parámetro es de gran importancia tanto económico como visual. En primer lugar se toma en cuenta la jugosidad que

---

---

esta presente al inicio de la masticación, debido a una rápida liberación de jugo, y que depende básicamente de la capacidad de retención de agua de la carne (Ávila, 2008).

La capacidad de ligar agua varía dependiendo del tipo de proteína y su concentración, presencia de carbohidratos, lípidos, pH y sales. También puede estar influida por las condiciones del proceso previo, como el calor. Normalmente, esta propiedad funcional se incrementa con la concentración proteica (Garrido, 2006).

La Capacidad de Retención de Agua (CRA) es particularmente importante en productos picados o molidos, en los cuales se ha perdido la integridad de la fibra muscular y por lo tanto, no existe una retención física del agua libre (Guerrero, 2002). En los productos procesados es importante tener una proporción adecuada de proteína-agua, tanto para fines de aceptación organoléptica como para obtener un rendimiento suficiente en el peso del producto terminado (Guerrero y Arteaga, 1996).

La CRA de las proteínas generalmente disminuye a una temperatura dada debido a la disminución de puentes de hidrógeno y a la disminución de hidratación de grupos iónicos, la CRA de una proteína desnaturalizada es generalmente de 10% mayor que una proteína nativa, lo cual es debido a un incremento en la proporción masa : área de superficie (Fennema, 1997).

El pH de la solución proteica tiene una influencia desigual en la capacidad de retención de agua, ya que se encuentra buena correlación entre los grupos hidrofílicos (hidroxilos y carboxilos) y dicha propiedad funcional. Sin embargo, los grupos amida disminuyen la capacidad ligante. El pH en el cual la CRA está en su mínimo valor (5.5) corresponde al punto isoeléctrico (cuando las cargas se encuentran iguales) de la actomiosina, que constituye el mayor porcentaje de las proteínas estructurales del músculo (Guerrero, 2002).

La fuerza iónica de la solución proteica también tiene importancia en la capacidad de ligar agua, dado que esta propiedad funcional se facilita por los puentes de hidrógeno que se forman entre grupos polares no ionizados y el agua,

---

---

todo factor disociante de los puentes iónicos o covalentes interrelacionados facilitarán la retención de agua (Borderías y Montero, 1998).

### **3.7.1.2 Solubilidad.**

La solubilidad es la propiedad más importante ya que si la proteína no esta soluble, no es funcional dentro del alimento, esto es, no puede emulsionar grasa o formar un gel (Totosaus, 2006). La solubilidad depende de los grupos hidrófobos (localizados en el centro de la molécula) que son impermeables al agua. En las moléculas, a medida que son mayores, existe una tendencia a que disminuya la proporción entre residuos hidrófilos e hidrófobos, por lo que se disuelven menos. Además, cuando el volumen de las moléculas se incrementa hasta el cubo de su radio, la superficie solo crece al cuadrado, lo que aumenta ligeramente la posibilidad de que los grupos polares se sitúen en la superficie, por lo que la solubilidad decrece inversamente a su volumen (Garrido, 2006).

En sistemas cárnicos, donde las proteínas tienen el doble papel de servir como emulsificantes y gelificantes, las propiedades de textura dependen de su funcionalidad (Totosaus, 2006). Los valores de pH modifican la ionización y la carga neta de la molécula proteica, alterando las fuerzas atractivas y repulsivas entre las proteínas y la aptitud de estas últimas al asociarse con el agua. En el punto isoeléctrico las interacciones con el agua son mínimas al disminuir la carga; sin embargo, las interacciones proteína-proteína son máximas (Garrido, 2006). La mayoría de las proteínas alimentarias son proteínas ácidas, debido a que la suma de los residuos del ácido aspártico y glutámico es mayor a la suma de los residuos de lisina, arginina e histidina (Fennema, 1997).

El tipo de iones presentes y su concentración tienen un efecto significativo sobre la absorción de agua, hinchamiento y solubilidad de las proteínas, ya que se pueden crear enlaces competitivos. A concentraciones bajas de iones, la hidratación puede incrementarse, ya que los iones reaccionan con las cargas de las proteínas y reducen la atracción electrostática entre las cargas opuestas de grupos cercanos. Si la concentración de sales es superior a 1 molar, la solubilidad de las proteínas

---

---

disminuye y se puede llegar a la precipitación, ya que se establece una competencia entre la proteína y los iones salinos respecto a las moléculas de agua necesarias para su solubilización. A muy alta molaridad, no queda agua suficiente para interaccionar con las moléculas proteicas y predominan los enlaces proteína-proteína, por lo que se forman agregaciones y la proteína se precipita (Borderías y Montero, 1998).

### **3.7.1.3 Viscosidad.**

La viscosidad es el coeficiente entre la fuerza de cizalla y la velocidad relativa de cizallamiento. Da una idea de la resistencia al flujo. Los principales factores que influyen en el comportamiento viscoso de una solución proteica son el diámetro y el número de las moléculas dispersas (Borderías y Montero, 1998).

La viscosidad varía con una serie de factores como la concentración, el pH y la fuerza iónica. Con la concentración varía exponencialmente o de forma lineal, debido al aumento de interacciones proteína-proteína y al número de moléculas, por lo que estas adquieren mayor longitud. Las variaciones de la fuerza iónica, temperatura, adición de iones y agentes oxidantes, etc. pueden originar la ruptura de los enlaces de hidrógeno, pudiéndose modificar la viscosidad de las soluciones o dispersiones proteicas. En general, el aumento de la fuerza iónica hasta un punto, indica un aumento de la viscosidad (Borderías y Montero, 1998).

## **3.7.2 Propiedades de interacciones entre proteínas.**

### **3.7.2.1 Gelificación.**

Un gel puede ser descrito como un estado intermedio entre una solución y un precipitado con solamente el balance correcto entre las interacciones proteína-proteína y proteína solamente, o como una red continua de dimensiones macroscópicas inmersa en un sistema líquido que exhibe un flujo no estacionario, o como una forma de materia intermedia entre un sólido y un líquido, consistente de cadenas o listones entrecruzados para crear una red continua inmersa en un medio líquido (Totousaus, 2006). Para Garrido (2006), los geles de proteína pueden ser

---

---

definidos como una matriz tridimensional o redes, los cuales son interacciones entre polímero-polímero y polímero-solvente que se encuentran de una manera ordenada. Mientras que para Fennema (1997) y Baduí (2006), un gel es la fase intermedia entre un sólido y un líquido, técnicamente es definido como un sistema diluido el cual no muestra flujo en estado estacionario, formado por la unión de varios polímeros mediante enlaces covalentes y no covalentes que forman una red capaz de atrapar agua y sustancias de bajo peso molecular.

Se entiende por gelificación a la agregación de las moléculas desnaturalizadas para dar forma a una red proteica ordenada. En la mayoría de los casos se necesita un tratamiento térmico como paso previo a la gelificación, aunque en muchos casos, esta se da sin calentamiento, gracias a una hidrólisis enzimática moderada, a la adición de iones de calcio, a la alcalinización seguida de una neutralización o pH isoeléctrico. No siempre es necesaria la solubilización en un medio para que se produzca la gelificación (Garrido, 2006).

Para Baduí (2006), la gelificación de proteínas se refiere a la transformación de una proteína en el estado “sol” a un estado “gel”, que se facilita por calor, enzimas o cationes divalentes bajo condiciones apropiadas y que inducen la formación de una estructura de red, cuyos mecanismos de formación difieren.

Los cambios en la textura y jugosidad de la carne son debidos a la desnaturalización térmica y la subsiguiente asociación de las proteínas, lo cual enfatiza la importancia crítica de éstas reacciones químicas de los alimentos. Para que el gel sea formado es necesario que la microestructura del músculo intacto sea desintegrada, operación que sucede durante el picado en la formación de embutidos, a fin de liberar la proteína miofibrilar. La gelificación de las proteínas miofibrilares es quizá la propiedad funcional más importante que ocurre en productos reestructurados y es también responsable de la textura, viscoelasticidad del sistema, jugosidad y estabilización de la emulsión de grasa en productos procesados ya que la gelificación de proteínas es crítica en la formación de la textura deseada en algunos alimentos (Totosaus, 2006).

---

La red proteica formada se considera como la resultante de un equilibrio entre las interacciones proteína-proteína y proteína-solvente y las fuerzas atractivas y repulsivas entre cadenas próximas. Entre las fuerzas atractivas se encuentran fundamentalmente las interacciones hidrófobas (maximizadas por temperaturas elevadas), electrostáticas (puentes de calcio y otros iones disolventes), puentes de hidrógeno (maximizados por las temperaturas de refrigeración) y/o los puentes disulfuro. El grado de contribución de todas estas fuerzas varía, dependiendo de la naturaleza de la proteína, del medio y de las diversas etapas del proceso de gelificación. En general, las repulsiones electrostáticas y las interacciones agua-proteína tienden a separar las cadenas polipeptídicas, por esta razón, a pH alejados del punto isoeléctrico, la formación del gel será menor. Por otro lado, las interacciones proteína-proteína tenderán a mantener la malla que determina el gel (Garrido, 2006).

La carga neta elevada (a pH lejos del punto isoeléctrico) ocasiona que las moléculas se repelen y no se forme el gel ordenadamente, aunque el efecto de la concentración puede compensar las fuerzas de repulsión electrostáticas, sin embargo en el punto isoeléctrico, las cadenas proteicas se atraen, de manera que las redes de proteína se compactan, por lo que el gel formado es elástico (Garrido, 2006). El resultado final de la agregación y desplegamiento inducido por calor de las proteínas musculares es una matriz con propiedades de textura, capacidad de retención de agua, solubilidad de proteínas, pH y fuerza iónica. La gelificación de proteínas musculares contribuye a una textura deseable y a la estabilidad de grasa y agua, en productos cárnicos procesados (Totosaus, 2006). Las propiedades gelificantes de las proteínas alimentarias son una posibilidad interesante para la tecnología de alimentos. Tanto la gelificación de las proteínas miofibrilares como la del colágeno, son la fuente de una serie de productos que van desde los productos cárnicos hasta los dulces (Garrido, 2006).

---

### **3.7.3 Propiedades de superficie o de la interacción proteína-grasa o proteína-aire.**

Las propiedades funcionales de superficie más importantes son la capacidad emulsionante y la capacidad espumante. Estas propiedades están relacionadas con la capacidad que tienen las proteínas para disminuir las tensiones entre la fase hidrofílica e hidrofóbica de un alimento (Garrido, 2006).

#### **3.7.3.1 Capacidad emulsionante.**

Una emulsión se define como la mezcla de dos líquidos inmiscibles, uno de los cuales se dispersa en forma de pequeñas gotitas (fase dispersa), en tanto que el otro constituye el medio en que las gotitas se dispersan (fase continua). Las emulsiones cárnicas constituyen un sistema de dos fases (Guerrero *et al.*, 2002 y Garrido, 2006). El papel de las proteínas en estas emulsiones es el de formar una película entre las fase acuosa (polar) y la grasa (apolar), la capacidad de interaccionar estas dos fases, será determinante en la formación de la emulsión (Garrido, 2006).

La capacidad de emulsificación se define como la cantidad de grasa que puede emulsificarse en una pasta de carne, ésta es la característica básica de las salchichas y otros embutidos emulsificados (Garrido, 2006; Guerrero *et al.*, 2002). Para Totosaus (2006), la capacidad de emulsión es una metodología utilizada para denotar la máxima cantidad de aceite que puede ser emulsificada bajo condiciones específicas por una cantidad determinada de proteína, por unidad de peso, antes de la inversión o colapso de la emulsión.

El sistema de una emulsión de carne es muy complejo, ya que la matriz de la emulsión (fase continua) está fundamentalmente compuesta de agua y proteínas solubilizadas por efecto de la adición de sal. Se forma así una solución salina de baja fuerza iónica, que extrae fácilmente a las proteínas miofibrilares (las cuales sirven como emulsificantes) y a las proteínas sarcoplasmicas, por otra parte la fase dispersa está constituida por grasa (Gurrero *et al.*, 2002).



---

---

La inestabilidad de las emulsiones depende principalmente de tres fenómenos:

1. De la gravedad, las fases de distinta densidad tienden a separarse.
2. De la floculación (coagulación de un precipitado) de las partículas de la fase dispersa, cuando existen cambios de pH o de fuerza iónica aglomerándose el fenómeno de separación por densidades.
3. De la coalescencia o fusión de partículas, que es un fenómeno espontáneo, cuando se rompe la fase acuosa intermedia de las partículas de aceite.

Si se estudia la capacidad de emulsión por unidad de proteína soluble, se observa que dicha propiedad disminuye a medida que la concentración proteica aumenta y viceversa, hasta un punto en que la capacidad de emulsión permanece constante. Éste fenómeno se explica por que cuando la concentración proteica se hace menor, existe un desplazamiento de las cadenas de polipéptidos que se traduce en una mayor disposición de las moléculas para actuar como interfase en la emulsión (Bonderías y Montero, 1998).

El pH tiene influencia sobre las propiedades emulsionantes de las proteínas entre otras causas porque cerca del punto isoeléctrico la solubilidad disminuye notablemente, por lo que disminuye la aptitud para la formación de emulsiones. En realidad, existe una relación crítica entre pH y la fuerza iónica en la formación de emulsiones, ya que los aniones mejoran la capacidad de emulsión debido a que favorecen el desplazamiento de las moléculas, incrementándose de esta forma el área efectiva como membrana de interfase. Existen otros factores como la velocidad de adición de aceite, volumen de aceite, tipo de equipo utilizado en la fabricación de la emulsión, etc., que tienen un papel decisivo en el poder emulsionante (Bonderías y Montero, 1998).

En una emulsión cárnica, el total de las proteínas disponibles no son generalmente utilizadas, ya que durante la emulsificación aproximadamente sólo el 84% de la proteína original en solución participa en éste proceso. Una emulsión

---

---

cárnica puede ser considerada además como una emulsión tipo gel en la cual la grasa es dispersada uniformemente en una matriz continua de proteína que forman después del tratamiento térmico (Totosaus, 2006).

### **3.7.3.2 Capacidad espumante.**

Las espumas alimenticias son dispersiones de burbujas de gas en una fase continua líquida o semisólida. Entre las burbujas se sitúa una fase continua y forman barreras protectoras elásticas que evitan la coalescencia de las burbujas de aire. Las proteínas ejercen esta acción formando una película protectora que se absorbe a la interfase gas-líquido y que se compone de dos capas de proteínas y en medio una fina capa de fase continua (Garrido, 2006).

En la capacidad espumante hay que tener en cuenta tres factores: el poder espumante, la estabilidad de la espuma y la consistencia de la espuma. El primero se mide por la cantidad de espuma formada en un tiempo dado, y esta muy relacionada con la concentración proteica. La estabilidad se mide por el volumen de espuma en reposo en un tiempo dado, y la consistencia se mide por la densidad de la espuma; estos dos índices están muy relacionados con la calidad de la proteína (Bonderías y Montero, 1998).

## **3.8 Composición química del músculo de pescado.**

### **3.8.1 Agua.**

El principal constituyente de la carne de pescado es el agua, que normalmente representa alrededor del 80 por ciento del peso de un filete de pescado blanco fresco. Considerando que el contenido medio de agua de la carne del pescado graso es aproximadamente el 70 por ciento. El agua en el músculo del pescado fresco se liga a las proteínas, después de un enfriamiento prolongado o almacenamiento en congelación las proteínas son incapaces de retener el agua y las sustancias disueltas son expulsadas por medio de un goteo (FAO, 2009).

---

### 3.8.2 *Proteínas.*

Las proteínas son macromoléculas complejas que pueden constituir el 50% o más del peso seco de las células vivas, jugando un papel fundamental en la estructura y función de éstas (Totosaus, 2006), son los instrumentos moleculares mediante los que se expresa la información genética, constituyen, junto con los ácidos nucleicos, las moléculas de información en los seres vivos (Baduí, 2006). Todas las proteínas están constituidas por 20 aminoácidos, unidos de forma covalente en secuencias lineales características denominados enlaces peptídicos (Lehninger, 2003).

Las proteínas juegan un papel central en los sistemas biológicos, poseen propiedades nutricionales, y de sus componentes se obtienen compuestos nitrogenados que permiten conservar la estructura y crecimiento de quien las consume; pueden ser ingredientes de productos alimenticios y, por sus propiedades funcionales, ayudan a establecer la estructura y propiedades finales del alimento (Baduí, 2006).

Cada proteína está caracterizada por su conformación, es decir, por su estructura tridimensional. Así, las proteínas fibrosas están compuestas por cadenas polipeptídicas ensambladas a lo largo de un eje lineal común formando una fibra, como colágeno, queratina, elastina y fibrina. Las proteínas globulares están compuestas por una o varias cadenas polipeptídicas enrolladas sobre si mismas para formar una estructura tridimensional de formas esféricas o globulares, como globulinas y albúminas (Totosaus, 2006).

La estructura primaria corresponde al orden secuencial de aminoácidos en una proteína unidos vía el enlace peptídico. Generalmente entre 50 y 3000 aminoácidos se unen para formar una cadena polipeptídica lineal. La estructura secundaria es considerada como la conformación local de la cadena polipeptídica, este arreglo tridimensional puede adquirir varias conformaciones regulares dependiendo del largo y composición de la cadena. La estructura más conocida y más fácilmente reconocible es la  $\alpha$ -hélice. La geometría detallada de ésta estructura

---

varía con el plegamiento de las proteínas, dependiendo del medio ambiente, después de la  $\alpha$ -hélice, la segunda estructura adoptada por homopolipéptidos es la hoja plegada- $\beta$ . La estructura plegada es la topología global de la cadena polipeptídica plegada, mientras la estructura cuaternaria vendría a ser el agrupamiento de varias proteínas o dominios en una sola proteína (Totosaus, 2006).

La cantidad de proteína en el músculo de pescado suele oscilar entre los 15 y 20 por ciento, pero los valores inferiores al 15 por ciento o tan alto como 28 por ciento se relacionan con la especie. Todas las proteínas, incluyendo las del pescado son cadenas largas formadas por aminoácidos, algunos de ellos son esenciales para el organismo y estos no pueden ser sintetizados por el organismo, los aminoácidos esenciales como la lisina y metionina se encuentran en concentraciones más altas en las proteínas del pescado (FAO, 2009).

En la carpa (*Cyprinus carpio*) se encontró que el ácido glutámico tiene un rango de 14.2 a 14.5 % mol, altas cantidades de ácido aspártico (10.7-10.8 % mol), lisina (9.37-9.44 % mol), leucina (8.61-8.66 % mol) y alanina (8.48-8.60 % mol) (Mahmound *et al.*, 2006).

### **3.8.3 Grasas.**

Los lípidos son biomoléculas orgánicas insolubles en el agua, pueden extraerse de las células y de los tejidos mediante disolventes no polares, por ejemplo, cloroformo, éter o benceno. Existen diferentes familias o clases de lípidos, pero las propiedades distintivas de todos ellos derivan de la naturaleza hidrocarbonada de la porción principal de su estructura. Los lípidos desempeñan diversas funciones biológicas importantes actuando, como componentes estructurales de las membranas, como formas de transporte y almacenamiento del combustible catabólico, como cubierta protectora sobre la superficie de muchos organismos, y como componentes de la superficie celular relacionados con el reconocimiento de las células, la especificidad de especie y la inmunidad de los tejidos (Lehninger, 2003).

---

Las grasas son una fuente de energía muy concentrada, presentando casi el doble del valor energético que los carbohidratos o las proteínas. Los animales que pueden acumular grandes cantidades de grasa pueden sobrevivir largos periodos de tiempo sin grandes aportes de alimentos. Las formas más comunes de lípidos son las grasas y aceites (de ahí el uso del término grasa). Ambas son fundamentalmente triglicéridos en los que tres moléculas de ácidos grasos están unidas por enlaces tipo éster al glicerol (típicamente), por lo que se dice que los ácidos grasos están esterificados. La naturaleza individual de los ácidos grasos que descomponen el triglicérido determina su punto de fusión, su susceptibilidad a la oxidación y, su valor nutricional (Warris, 2003).

Un ácido graso es una molécula orgánica de naturaleza lipídica formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal, de número par de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo. Cada átomo de carbono se une al siguiente y al precedente por medio de un enlace covalente sencillo o doble. Al átomo de su extremo le quedan libres tres enlaces que son ocupados por átomos de hidrógeno ( $H_3C-$ ). Los demás átomos tienen libres dos enlaces, que son ocupados igualmente por átomos de hidrógeno (...  $-CH_2-CH_2-CH_2-$ ) (Lehninger, 2003).

En los peces magros, la grasa se almacena en el hígado, pues el músculo de los peces magros contiene menos del 1% de lípidos, principalmente fosfolípidos, localizados en las membranas. En los peces grasos, los depósitos grasos aparecen como gotas extracelulares en el tejido muscular. En el músculo blanco, la grasa está dispersa en el exterior de la célula muscular; en el músculo rojo existen gotitas grasas bien definidas en el interior de la célula (Fennema, 2000).

### **3.9 Productos cárnicos cocidos.**

Los productos cárnicos son aquellos donde las propiedades de la carne fresca se han modificado por el uso de uno o varios procedimientos, como el molido o picado, adición de condimentos, alteración de color, o tratamiento térmico. Algunos de los productos cárnicos típicos son: el jamón curado, tocino, cecina, filetes y una variedad de salchichas. La mayoría de estos productos son sometidos a la

---

combinación de varios procesos básicos antes de llegar a su forma definitiva. Ya que hay cientos de procesos diferentes para la elaboración de productos cárnicos, cada uno con sus propias características, es difícil discutir todos los procedimientos (Judge *et al.*, 1988).

Muchos productos procesados son preparados a partir de piezas grandes de carne o incluso toda la pieza, cortes intactos (sin hueso en algunos casos). En la industria cárnica, muchos de estos productos son comúnmente conocidos como carnes ahumadas. Estos productos usualmente son curados, condimentados, cocidos y ahumados y después son moldeados (Judge *et al.*, 1988). Los productos molidos hechos con carne, pueden ser cortados en piezas pequeñas, trozos u hojuelas. Algunos de estos productos como las salchichas, las cuales son molidas, condimentadas y pueden ser curadas, ahumadas y/o cocidas; por ejemplo el salami, salchicha de cerdo y otros tipos de salchicha. En otros embutidos, la carne es finamente mezclada en una masa viscosa con características de una emulsión, por ejemplo salchichas frankfurters y bologna (Judge *et al.*, 1988).

Estos son algunos sistemas para clasificar a los embutidos pero la mayoría pueden ser clasificados en seis categorías, dependiendo del método de procesamiento usado en su elaboración, las seis clases son: Frescos (salchichas de carne de cerdo frescas), crudos-ahumados (salchichas de cerdo ahumadas, salchichas de cerdo Italianas), cocidos-ahumados (belogna, mortadela), cocidos (salchicha de hígado, salami), secos, semisecos o fermentados (salchichas Verona, salami seco, pepperoni) y especialidades de carne cocida (Judge *et al.*, 1988).

### **3.10 Principales ingredientes de los productos cárnicos curado-cocidos.**

#### **3.10.1 Agua añadida.**

El agua es el componente mayoritario de la carne fresca, comprende entre 60-70 % de la carne magra. El agua es llamada el solvente universal porque puede disolver un gran número de sustancias, incluyendo los ingredientes utilizados en los embutidos, sirve como un solvente, portador y agente dispersante de la sal, nitratos,

---

nitritos, azúcar, fosfatos y otros ingredientes típicamente utilizados en los embutidos (Sebranek, 2009). Sin agua para disolver y dispersar los ingredientes sería muy difícil lograr una distribución uniforme de los nitratos durante el mezclado. La propiedad del agua como solvente es esencial para la extracción de proteínas de la carne, un punto crítico para la estabilidad de la emulsión y para las propiedades de textura de los productos cocinados. La sal (NaCl) es importante para la solubilización de las proteínas miofibrilares ya que éstas son solubles en soluciones salinas, sin embargo la adición de agua (de un 10-20 % del peso de la carne) juega un papel muy importante en la solubilización de las proteínas (Judge *et al.*, 1988).

La solubilización de las proteínas de la carne con sal y adicionando agua facilita la formación de una capa interfacial de proteínas alrededor de los glóbulos de grasa y en los productos cárnicos finamente picados como las frankfurters o bologna. Una vez formadas estas capas de proteínas, estabilizan los glóbulos de grasa durante el cocinado y evitan la separación de la grasa de la mezcla cárnica. La solubilización de las proteínas de la carne también es fundamental para el entrecruzamiento tridimensional y gelificación que se produce durante el calentamiento de la mezcla cárnica (Sebranek, 2009).

La gelificación de las proteínas de la carne es importante para atrapar el agua y la grasa y para las propiedades de textura de los productos semisólidos, las propiedades de gelificación también determinan el grado de retención de agua y grasa durante el cocinado y consecuentemente afecta el rendimiento del producto (Lawrie, 1998).

### **3.10.2 Sal común.**

La sal (NaCl) es uno de los ingredientes más antiguos usados para la conservación de la carne. La sal común, es una sustancia generalmente reconocida como segura (GRAS), es un sólido blanco y cristalino, con una pureza de 99.8 a 99.9 % en sales comerciales. La sal común es un ingrediente multifuncional, es una sustancia soluble en agua, formando iones de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> en solución, ésta disociación determina sus funciones en el producto cárnico. La fuerza iónica es crítica en la

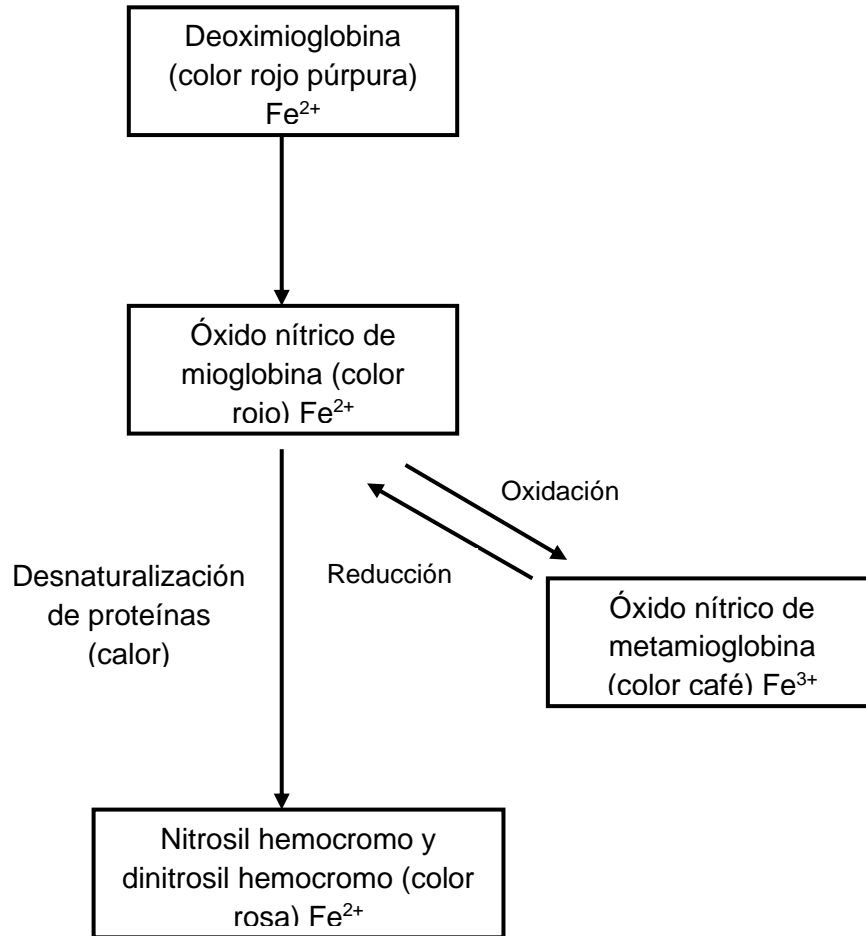
---

solubilización y la extracción de las proteínas solubles en sal y son necesarias para la estabilización de la grasa en productos emulsionados y determina la textura del producto. Una concentración de sal de 2% en el producto es necesario para mantener la fuerza iónica de 0.5, lo cual causa que la desintegración de los filamentos de miosina y la solubilización de las proteínas miofibrilares (Sebranek, 2009). La sal común actúa ante todo como una sustancia generadora de sabor, ya que la carne y el tocino, carentes de sal son insípidos. Por adición, la sal común influye sobre los procesos físico-químicos y microbianos de maduración que se desarrollan durante el curado y desecado. La carne cede agua y con ella proteínas solubles, que entre otras cosas desempeñan un papel importante en la textura y consistencia de la masa embutida. Además, al adicionar sal se reduce la actividad de agua ( $A_w$ ) de la masa embutida, con lo cual varios microorganismos, en especial ciertas bacterias patógenas se ven perjudicadas en su vitalidad y capacidad de multiplicación (Judge *et al.*, 1988).

### **3.10.3 Agentes curantes.**

Los agentes curantes (nitratos y nitritos) son ingredientes esenciales para el curado de la carne ya que son responsables de las propiedades únicas y distintivas que caracterizan a los productos curados. El nitrito como sal, es un ingrediente multifuncional en la carne curada pero estas funciones se logran con concentraciones de 50-100 ppm de nitrito. Los nitritos son llamados ingredientes “mágicos”, ya que crea efectos únicos y potentes cuando son agregados a la carne proporcionándole el color rosado, el sabor a curado característico y la inhibición bacteriana. Gracias al nitrito se llevan a cabo una serie de de reacciones complejas en la carne, este no actúa directamente como agente nitrosamulado sino que forma óxido nítrico, el cual es un paso necesario para el color rojo de la carne curada, posteriormente éste óxido nítrico reacciona con la mioglobina para producir el pigmento típico rojo/rosado de la carne curada (Sebranek, 2009).





**Figura 3.** Cambios químicos que le ocurren a la mioglobina durante el desarrollo del color final en la carne curada.

Fuente: Modificada de Judge *et al* (1988).

#### **3.10.4 Ácido ascórbico y eritorbato de sodio.**

Son ácidos orgánicos solubles en agua con propiedades antioxidantes. El ácido ascórbico es conocido como vitamina C. El ácido eritórbico es un esteroisómero del ácido ascórbico, sus propiedades químicas son las mismas que las del ácido ascórbico, pero no es considerado una vitamina. El ascorbato de sodio y el eritorbato de sodio son sales de sodio y son las formas más comunes en las cuales son usados en carnes curadas comerciales. Sin embargo, una solución acuosa de ascorbato de sodio y eritorbato tendrá un pH 5.5-8.0, al contacto con los

---

nitritos se producirá óxido nítrico, la reacción puede ser lenta por lo que son usadas las formas de ácido para acelerar la reacción (Sebranek, 2009).

Los reductores aceleran la producción del óxido nítrico a partir de nitritos, son muy efectivos para oxidar la mioglobina a metamioglobina. El ascorbato y el eritorbato son extremadamente efectivos para mantener el color rojo brillante de la carne fresca (oximioglobina). Los reductores son permitidos para ser usados en una solución al 10% para rociar las superficies de los productos cárnicos curados antes del empaqueo para mejorar la estabilidad del color (Judge *et al.*, 1988).

### **3.10.5 Acidulantes.**

Los acidulantes (ácido fumárico, pirofosfato ácido de sodio y glucono-delta-lactona) son utilizados para proporcionar un ambiente ácido y apresurar la conversión de nitrito a óxido nítrico. Mientras el pH se reduce, se aceleran las reacciones del curado, las uniones del agua de la mezcla cárnica y se reduce el rendimiento del producto. Los acidulantes generalmente reducen el pH de la carne de 0.2-0.3 unidades de pH cuando son adicionados a la máxima concentración permitida (0.5%) (Sebranek, 2009).

### **3.10.6 Fosfatos.**

La fórmula química para el fosfato es  $PO_4$ , la cual indica que existen una molécula de fósforo y cuatro moléculas de oxígeno en cada molécula de fosfato. Las moléculas de fosfato pueden estar unidas para formar varios tipos de fosfatos usados en el procesamiento de la carne (McGuire, 2008). Los fosfatos son incluidos en muchas soluciones de curado y formulaciones para carnes curadas ya que ofrecen numerosos efectos benéficos a los productos cárnicos curados. Sin embargo, los fosfatos son ingredientes distintivos que caracterizan a las carnes curadas, como es el caso de los nitratos y nitritos. Las carnes curadas pueden ser elaboradas sin la adición de fosfatos, al mismo tiempo las ventajas de incluir fosfatos son tales que estos compuestos se han convertido en un ingrediente común en el curado de la carne, excepto para productos secos y semisecos (Sebranek, 2009).

---

Los fosfatos difieren de muchos otros ingredientes alimentarios y por tales propiedades se pueden utilizar en sus diferentes formas, además varían mucho en sus propiedades y consecuentemente, en su aplicación. Generalmente, los fosfatos alcalinos son comúnmente usados en carnes procesadas con el objeto de incrementar la capacidad de retención de agua. Los fosfatos comúnmente usados son de limitada solubilidad, de tal forma que cuando son adicionados en la salmuera donde la concentración de otros componentes (cloruro de sodio, azúcar, etc.) se espera que sea alta, es indispensable que los fosfatos se disuelvan primero o puede que no se disuelvan completamente (Judge *et al.*, 1988).

Los fosfatos pueden ser divididos en cuatro grupos de acuerdo a su estructura. Los ortofosfatos son los más simples y tienen como componente un solo fosfato ( $\text{PO}_4$ ). Ambas sales de sodio y potasio pueden ser usadas en el procesamiento de carnes. La mayoría de los ortofosfatos son alcalinos a excepción del fosfato monosódico y fosfato monopotásico, que son ácidos. Las unidades de los fosfato simples pueden ser consideradas en la cadena larga de fosfatos con combinaciones de dos unidades de fosfatos (di-fosfatos), normalmente llamados pirofosfatos. Los pirofosfatos pueden ser usados en el procesamiento de carne, ya sea como sales de sodio o potasio, la mayoría son alcalinos, este grupo incluye pirofosfato ácido de sodio, que puede ser usado como acidulante para acelerar la reacción de curado (Sebranek, 2009). En la Tabla 2 se observan los principales fosfatos usados en la industria cárnica.

Las cadenas largas de pirofosfatos incluyen tripolifosfatos, que son considerados cadenas de tres fosfatos. Ambas sales de sodio y potasio de tripolifosfatos son básicas pero son significativamente diferentes en cuanto a su solubilidad. Finalmente, largas cadenas condensadas de fosfatos son llamadas simplemente polifosfatos porque el número de unidades de fosfatos varía de 10 a 25. Los metafosfatos son múltiples unidades de fosfatos ordenados en forma de anillo y no son usados en alimentos. Un nombre usado para uno de los polifosfatos ha sido hexametafosfato de sodio, que es técnicamente incorrecto y ha causado confusión.

El hexametáfosfato de sodio no es un verdadero metafosfato, sino más bien es una cadena lineal de polifosfatos de 10 a 15 unidades de fosfatos (Sebránek, 2009).

**Tabla 2 .Principales fosfatos usados en la industria cárnica.**

<u>Fosfato Monosódico</u> $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ MSP Ortofosfato Monosódico dihidrogenado Fosfato de Sodio monobásico Bifosfato de Sodio	<u>Fosfato Disódico</u> $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ DSP Ortofosfato Disódico Monohidrogenado Fosfato de Sodio Dibásico
<u>Pirofosfato de Tetrasodio</u> $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ TSP Tripolifosfato de Pentasodio Pirofosfato de Sodio Difosfato de Tetrasodio Difosfato de Sodio	<u>Tripolifosfato de Sodio</u> $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ STPP, STP Tripolifosfato de Pentasodio Trifosfato de Sodio
<u>Hexametáfosfato de Sodio</u> $(\text{NaPO}_3)_{13}$ HMP Polifosfato de Sodio Sal de Graham	<u>Pirofosfato Acido de Sodio</u> $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ SAPP Pirofosfato Disódico dihidrogenado Pirofosfato de sodio ácido
<u>Fosfato de Monopotasio</u> $\text{KH}_2\text{PO}_4$ MKP Ortofosfato de Potasio dihidrogenado Fosfato de Potasio Monobásico	<u>Fosfato Dipotásico</u> $\text{K}_2\text{HPO}_4$ DKP Ortofosfato de Potasio monohidrogenado Fosfato de Potasio dibásico
<u>Pirofosfato de Tetrapotasio</u> $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ TKPP Pirofosfato de potasio Difosfato de Tetrapotasio	<u>Tripolifosfato de Potasio</u> $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ KTPP Trifosfato de Pentapotasio

Fuente: Knipe (2006).

---

Dentro de los fosfatos de mayor uso en el procesamiento de carne están: tripolifosfato de sodio (TPFS), hexametáfosfato de sodio (HMFS), pirofosfato tetrasódico (PFTS) y pirofosfato ácido de sodio (PFAS). La elección del fosfato va a depender de un número de factores en cada producto, como lo es el pH del sistema en donde se va a usar, el pH del mismo fosfato, el nivel de grasa del sistema, el tipo de proteína, la dureza del agua y el nivel de NaCl en la formulación. El TPFS es el "caballo de fuerza" de la industria cárnica, mientras que el PFTS se usa para incrementar el rendimiento porque es muy alcalino (McGuire, 2009).

Tanto el hexametáfosfato de sodio (HMFS) y el pirofosfato tetrasódico (PFAS) se usan especialmente en mezclas de carne (emulsiones) por su pH (de ácido a neutro) y su capacidad quelante (secuestran minerales como el calcio, que se puede ligar a las proteínas reduciendo su capacidad de retención de agua). El HMFS funciona mejor en agua de alta dureza, permitiendo una mejor interacción de proteínas y moléculas de agua (McGuire, 2008).

Aunque el NaCl es neutro y no afecta el pH del sistema cárnico, si incrementa la fuerza iónica lo que baja el punto isoeléctrico de las proteínas de la carne. El punto isoeléctrico es el pH en el cual la proteína tiene un igual número de cargas positivas y negativas, y por lo tanto no liga las moléculas de agua. El punto isoeléctrico de las proteínas de la carne es alrededor de pH 5.1. Como la sal, los fosfatos aumentan la fuerza iónica de las proteínas. Los fosfatos alcalinos incrementan además el pH y alejan a las proteínas de su punto isoeléctrico. Estos cambios a nivel molecular aumentan la capacidad de retención de la carne y reducen la pérdida de humedad durante las distintas etapas de su procesamiento (Knipe, 2006).

En los productos emulsionados, como salchichas y mortadelas, los fosfatos interactúan con las proteínas para permitirles actuar como emulsificantes, creando una emulsión estable de agua, grasa y proteínas. A niveles permitidos (0.5% máximo en el producto final), los fosfatos ayudan también a prevenir la rancidez, solubilizar las proteínas de la carne, mejorar la suavidad y la jugosidad de la carne y/o sus productos (McGuire, 2008).

---

El efecto de los fosfatos sobre la solubilidad de las proteínas de la carne es una importante contribución para las propiedades de unión de las piezas de carne en productos reestructurados, estabilidad de emulsión y varias propiedades funcionales de carnes procesadas que son afectadas por las proteínas miofibrilares solubles. Aumentando la solubilidad de las proteína miofibrilares proporcionando una mayor concentración de proteínas que mejoran sus propiedades funcionales en el procesamiento de productos cárnicos (Sebranek, 2009).

### **3.10.7 Carragenina.**

La carragenina es un polisacárido extraído de las algas marinas que tiene la capacidad de formar un gel termorreversible. Existen tres tipos o fracciones principales de carrageninas: iota, lambda y kappa, todas ellas usadas en la industria de alimentos. En cuanto al tipo de carragenina, la solubilidad depende de su estructura química. En este caso específico, de la presencia de los grupos sulfato e hidroxilo (los cuales tienen un comportamiento hidrofílico) y de la presencia de los anillos de 3,6 anhidro-D-galactosa (los cuales tienen un comportamiento hidrofóbico) (McGuire, 2009)

Por tanto, si se considera la carragenina lambda en la cual el contenido de 3,6 anhidro-D-galactosa es cero y cuyo contenido de grupos sulfato es el máximo número posible, entenderemos que esta será la carragenina de mayor solubilidad. La carragenina kappa en la cual existe una relación de 1 grupo sulfato por 2 unidades de 3,6 anhidro-D-galactosa, tendrá una solubilidad baja mientras que la carragenina iota con presencia de 2 grupos sulfato por 2 unidades de 3,6 anhidro-D-galactosa tendrá una solubilidad intermedia (Blanno, 2005).

En contraste con la facilidad de individualizar los gránulos y las moléculas, puede decirse que a menor solubilidad de la carragenina, más fácilmente se individualizarán los gránulos y las moléculas. De hecho, los factores que afectan negativamente la solubilidad de la carragenina son los factores que facilitan la individualización (Anónimo, 2008). En la Tabla 3 y 4 se muestran los tipos de carrageninas y las unidades repetidas en las carrageninas, respectivamente.

La solubilidad de las carrageninas también está afectada por la presencia del catión unido al grupo sulfato, particularmente en el caso de la carragenina kappa, que es la de menor capacidad de dispersión. La forma sódica de la carragenina kappa se dispersa con mayor facilidad mientras que otras formas, por ejemplo, la forma potásica, se solubiliza con mayor dificultad (Blanno, 2005).

**Tabla 3.** Fuentes y tipos de carragenina.

<b>Alga Marina</b>	<b>Carragenina</b>
<b>Chondrus crispus</b>	Kappa/lambda
<b>Euchemia cottonnii Filipinas</b>	Kappa
<b>Euchemia spinosum</b>	iota
<b>Gigartina acicularia</b>	Lambda
<b>Gigartina radula</b>	Kappa

Fuente: Anónimo (2008).

**Tabla 4.** Unidades repetidas en las carrageninas.

<b>Carragenina</b>	<b>Unidades repetidas</b>
<b>Kappa</b>	D-galactosa-4-sulfato 3,6 anhidro-D-galactosa
<b>Iota</b>	D-galactosa-4-sulfato 3,6 anhidro D-galactosa-2-sulfato
<b>Lambda</b>	D-galactosa-2-sulfato D-galactosa 2,6-disulfato

Fuente: Anónimo, 2008.

---

La forma potásica de la kappa carragenina, por razones prácticas, se considera prácticamente insoluble en agua fría; requerirá de calentamiento para su dispersión y solución, mientras que, la forma sódica, se dispersa en agua fría más fácilmente. La sal potásica de la carragenina iota también es prácticamente insoluble en agua fría aunque se observa su hinchamiento claramente en contraste con la kappa carragenina potásica. La carragenina lambda es soluble en agua fría y en cualquier forma salina en que se encuentre (Blanno, 2005).

La solubilidad de las carrageninas también depende de la presencia de otros solutos. Esto debe de ser visto como una situación de «competencia», en la cual, tanto las carrageninas como los otros solutos compiten por el agua disponible en el medio. Cuando observamos ésta relación de competencia se debe entender, que se logran mejores resultados cuando se propone un orden de adición de ingredientes que permita a la carragenina ganar esa competencia por el agua. La regla básica es agregar los ingredientes de alta solubilidad después de la carragenina y hasta el final. Esto es válido para todos los hidrocoloides (Blanno, 2005).

La carragenina más sensible a la presencia de otros solutos es la carragenina kappa. La sensibilidad aumenta, cuando la sal inorgánica presente en el medio tiene el mismo catión que la carragenina, por ejemplo, si se habla de kappa carragenina potásica, ésta prácticamente será insoluble si nosotros agregamos entre 1.5 a 2.0% de cloruro de potasio. El mismo efecto se puede tener con cloruro de sodio, pero la concentración de esta sal tendrá que ser más elevada de 4.0 a 4.6% (Anónimo, 2008).

La presencia del azúcar sacarosa tiene un efecto mucho menor en la solubilidad de la carragenina kappa. Se requiere de un 50% de sacarosa para inhibir la solubilización de esta carragenina. Por otra parte, es importante mencionar aquí, que la carragenina iota en comparación con la carragenina kappa, puede solubilizarse con calentamiento en presencia de concentraciones elevadas de sales y por tanto, es capaz de formar geles cuando se enfría la dispersión. Por ello, este tipo



---

---

de carragenina es el adecuado cuando la fórmula de un producto alimenticio es de muy alto contenido en cloruro de sodio y/u otras sales (Blanno, 2005).

En el caso particular de una salmuera que se va a aplicar a un producto cárnico, los anteriores factores explican el hecho de que la carragenina kappa se encuentre como una partícula suspendida, la cual no se hincha ni desarrolla viscosidad en frío. Lograr la suspensión de la carragenina kappa es importante, ya que sólo así se puede garantizar que la carragenina esté repartida homogéneamente en toda la salmuera y se distribuya uniformemente en toda la carne (Anónimo, 2008).

En relación a la temperatura, puede decirse que la carragenina kappa logra su solubilización total a temperatura de superior a los 60° C mientras que la carragenina tipo iota lo hace a partir de los 55° C. Una vez que se ha solubilizado la carragenina, el asegurar un tiempo de sostenimiento en el intervalo de temperatura ya mencionado es importante ya que de esta manera se garantiza el que la carragenina no sólo se hidrate, sino que pase de una conformación aleatoria a una conformación lineal abierta. Cuando esto ocurre, durante el enfriamiento, la carragenina formará una estructura de doble hélice y estas dobles hélices que se forman serán los sitios de unión para la formación del gel (Blanno, 2005).

El pH tiene un efecto sobre la estabilidad de las dispersiones de carragenina. Las dispersiones de carragenina son estables a pH neutro o ligeramente ácido. La combinación de alta temperatura y bajo pH (valores inferiores a 3.7) produce hidrólisis de la carragenina, provocando una pérdida de la viscosidad y de la fuerza de gel. En sistemas de pH muy ácido y alta temperatura, lo recomendable es dispersar y solubilizar primero la carragenina y agregar el ácido prácticamente hasta el último momento, procurando tener el enfriamiento lo más rápido posible. Una vez que el gel se ha formado éste no es afectado por el pH del producto (Blanno, 2005).

Carragenina kappa, esta fracción se emplea ampliamente en la industria de procesado de carne bovina y de ave, especialmente en la manufactura de productos emulsionados y de músculo entero. La carragenina da a los productos cárnicos mayor firmeza, por lo que mejora la calidad y el rendimiento de rebanado. La

---

carragenina es un ingrediente caro. Sin embargo, los niveles de adición tienden a ser bajos, y los rendimientos obtenidos con su uso hacen que valga la pena pagar por que sea parte de la formulación (McGuire, 2009).

En la industria cárnica, la carragenina se utiliza como agente gelificante en las carnes enlatadas y alimentos para animales domésticos y permite la reducción en el contenido de grasa en los productos cárnicos como salchichas. En los productos cárnicos cocidos consumidos en rodajas, la carragenina se utiliza para mejorar la retención de humedad, los rendimientos de cocción, las propiedades al corte en rodajas, la sensación en la boca y la jugosidad (Ayadi *et al.*, 2009).

### **3.11 Propiedades térmicas de la carne y productos cárnicos.**

La transferencia de calor es uno de los más importantes fenómenos que ocurren durante la producción y procesamiento de alimentos. La cocción, blanqueado, freído así como el enfriado, son procesos que no solo son usados para modificar las características sino también para eliminar o retardar el crecimiento de microorganismos (Glavina *et al.*, 2005).

La transferencia de energía calorífica es uno de los fenómenos de transporte primordiales en los procesos agroalimentarios. En prácticamente todos los procesos existen etapas en los que alimentos se enfrían o calientan (Bon *et al.*, 2006). Las propiedades termofísicas (calor específico, conductividad térmica, difusividad térmica y densidad) (Erdogdu, 2007 y Marcotte *et al.*, 2008) de los alimentos son parámetros importantes que describen varios procesos térmicos, optimizando el proceso y las operación de calentamiento, cocinado, enfriamiento y sistemas de enfriamiento.

Las propiedades térmicas son esenciales para la evaluación y modelado de operaciones de procesamiento de alimentos involucrando la transferencia de calor, especialmente los costos de energía, la calidad y seguridad de los alimentos, estas propiedades son muy importantes para asegurar la inocuidad de los alimentos, por consiguiente hay una necesidad de evaluar las características de calentamiento de los productos, conociendo sus propiedades termofísicas. Muchos cambios en los

---

productos cárnicos ocurren durante el calentamiento, encogimiento, endurecimiento del tejido, pérdida de humedad, pérdida de grasas y decoloración que son causados por los cambios en la desnaturalización de las proteínas musculares, todos estos cambios en la carne pueden afectar las propiedades termofísicas (Marcotte *et al.*, 2008).

### 3.12 Transferencia de calor.

La transferencia de calor trata de predecir el intercambio de energía que tiene lugar entre materiales, como resultado de una diferencia de temperatura. La termodinámica enseña que esta transferencia de energía se define como calor. El calor es la energía en tránsito desde un sistema con alta temperatura a otro sistema con baja temperatura. El calor se asocia con la energía cinética y potencial de un sistema (movimiento molecular aparente desorganizado). Se ha observado que el mecanismo físico de la convección está relacionado con la conducción de calor a través de una capa delgada de fluido adyacente a la superficie de transferencia de calor. Tanto en la conducción como en la convección se puede aplicar la ley de Fourier, aunque en el problema de convección se tienen que poner en juego la mecánica de fluidos a fin de establecer el gradiente de temperatura (Holman, 1999).

Difusividad térmica ( $\alpha$ ), es una medida de la cantidad de calor difundida a través de un material en calentamiento o enfriamiento. Esta propiedad determina el comportamiento que tiene la Temperatura al propagarse en el material a través del tiempo, caracteriza la rapidez con la que varía la temperatura del fluido ante una variación de temperatura, se obtiene con la siguiente expresión (Geankoplis, 1998; Holman, 1999 y Glavina *et al.*, 2005):

$$\alpha = \frac{K}{\rho * C_p}$$

El numerador de la expresión está relacionado con la capacidad de un material para transmitir el calor, mientras que el denominador está relacionado con su capacidad para acumularlo, se expresa en m<sup>2</sup>/s. Los alimentos que tienen alta

---

difusividad son más aptos para transmitir energía por conducción que para almacenarlo.

El coeficiente conductivo de transferencia de calor ( $K$ ), indica que tan rápido se mueve la cantidad de calor, la dificultad o facilidad que tendrá un flujo de calor en pasar de una superficie a otra o de un medio a otro, para alimentos depende principalmente de su composición, se expresa en  $W/m^{\circ}C$  (Geankoplis, 1998).

Densidad ( $\rho$ ), es la relación entre la masa de una muestra dada y su volumen, ésta propiedad característica de cada sólido o fluido se utiliza para determinar la cantidad de masa contenida en un volumen, se expresa en  $Kg/m^3$  (Holman, 1999).

Calor específico ( $C_p$ ), se define como la energía necesaria para elevar un grado la temperatura 1 Kg de masa, indica la mayor o menos dificultad que presenta un fluido para experimentar cambios de temperatura bajo el suministro de calor, se expresa en  $W/Kg^{\circ}C$  (Barbosa-Canovas *et al.*, 2005).

### **3.13 Textura.**

Se consumen alimentos básicamente por la necesidad que tiene el organismo de obtener nutrientes, pero el comer también es entendido por el hombre como un placer. En este sentido, el hombre juzga sensorialmente la calidad de los alimentos que consume con base en atributos, que percibe por medio de los sentidos, los cuales son procesados en el cerebro como una impresión global de calidad. Debido a la importancia de la textura en la calidad de los alimentos, se han hecho importantes esfuerzos por sistematizar su evaluación ya sea desde el punto de vista sensorial, así como por métodos instrumentales (Baños, 2007).

Las propiedades o características de textura han sido clasificadas en función de las propiedades físicas del material en: atributos mecánicos, geométricos y de composición. Además se pueden clasificar también por el orden en que se perciben durante el consumo en: atributos de percepción inicial en el paladar, de masticación y residual (Baños, 2007).

---

La textura puede ser definida como el conjunto de atributos que tiene un alimento resultado de la combinación de las propiedades físicas y las percibidas por los órganos sensoriales. La textura es muy importante en la selección y preferencia de los alimentos y, además, siendo reconocida como uno de los principales parámetros de calidad (Bautista, 2008), aún más importante que el color y sabor (John, 1999).

Para Totosaus (2006), la textura es un atributo resultado de la combinación de las propiedades físicas y químicas, estas incluyen el tamaño, la forma, el número, la naturaleza y el arreglo de los elementos estructurales constituyentes. Estas propiedades son el reflejo de la estructura macroscópica del material. El cambio de textura ha sido descrito como una tendencia a expresar el líquido inicial de compresión en la boca, con el resto de material a menudo duro, seco y fibroso (Hedges y Nielsen, 2007).

### **3.13.1 Textura de productos cárnicos**

La textura de la carne suele describirse en términos de la ternura o la falta de suavidad. Esto está relacionado con la facilidad con la que un trozo de carne se puede cortar con un cuchillo o con los dientes (John, 1999). La terneza determina no solo el precio de la carne, sino que además la clasifica en categorías comerciales (Ávila, 2008).

Los seres humanos emplean diferentes fuerzas de masticación dependiendo de las características de textura del alimento evaluado por lo que son necesarios diversos métodos de análisis de textura. La textura de los productos cárnicos puede ser detectada sensorialmente. Instrumentalmente la textura se ha determinado por la dureza de corte medida por una navaja Warner-Bratzler, que indica los kilos de fuerza requeridos para cortar un centímetro cuadrado del músculo, realizando el corte en orientación perpendicular a las fibras musculares (Garrido, 2006).

---

### **3.13.2 Fuerza al corte.**

#### **3.13.2.1 *Uso de la navaja Warner-Bratzler.***

La fuerza al corte en los músculos crudos es a veces mayor que en los músculos cocidos. En el caso de los músculos que son más suaves cocidos que crudos, es probable que contengan una cantidad substancial de tejido conectivo, el cual al calentarse a 68° C en presencia de humedad, gelatiniza y se hace más suave. En los casos donde el cocimiento no haya tenido éste efecto, el tejido predominante es el miofibrilar (contráctil) y el aumento de fuerza se debe claramente al acortamiento de la proteína por efecto del calor (Garrido, 2006).

Esta prueba es definida como el deslizamiento de 2 partes contiguas de un cuerpo en una dirección paralela al plano de contacto, bajo la influencia de una fuerza tangencial a la sección en la cual actúa, esta denominación puede describir la acción de “corte”, causando la división del producto en dos piezas (Garrido, 2006).

La fuerza de corte es una variable ampliamente utilizada para evaluar la textura de los productos cárnicos. La navaja Warner-Bratzler grafica la fuerza de corte para comparar las diferentes muestras. Se debe indicar la velocidad de compresión del mismo. Luego se obtienen una curva en la pantalla con las mediciones de textura calculadas por los picos de la curva y el área bajo la curva (Garrido, 2006).

El ensayo de Warner-Bratzler es una prueba empírica utilizada para medir ternura en productos cárnicos. En éste ensayo intervienen fuerzas de tensión, corte y compresión. En términos de estructura su interpretación es compleja, ya que refleja la suma de todas las fuerzas aplicadas, pero éstas no se distribuyen de manera uniforme entre todos los componentes de los productos cárnicos (Garrido, 2006). En el Tabla 5 se describen los parámetros mecánicos y las dimensiones en las que generalmente se expresan los resultados de la prueba de Warner-Bratzler, proporcionando información sobre las propiedades de textura.

---

---

### 3.13.2.2 Uso de la celda de Kramer.

La Fuerza Máxima detectada con la Celda Kramer, en esta prueba se produce una combinación de compresión, extrusión y cizallamiento, nos da una idea muy general de la homogeneidad o heterogeneidad de nuestro producto (Garrido, 2006)

### 3.13.3 Análisis de perfil de textura en productos cárnicos.

El análisis de perfil de textura (ATP) es un excelente procedimiento instrumental para medir, cuantificar y desarrollar nuevos parámetros relacionados con la textura, aunque la magnitud de estos parámetros será influenciada por las variables introducidas en las mediciones como la tasa de deformación y para que ellas puedan proveer información objetiva y que se pueda comparar es necesario ejecutar las mediciones bajo unas condiciones estandarizadas (Garrido, 2006).

**Tabla 5.** Definiciones y análisis dimensional de los parámetros de la prueba de Warner-Bratzler.

<b>Parámetro mecánico</b>	<b>Descripción</b>	<b>Variable</b>	<b>Unidades</b>
<b>Fuerza Máxima</b>	Fuerza máxima alcanzada para el corte completo de la muestra (también relacionado con la resistencia debida a los componentes del tejido conectivo).	Presión	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Fuerza de Ruptura</b>	Primer punto de la ruptura de la gráfica de medición de textura, relacionado con los componentes miofibrilares.	Presión	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Pendiente Firmeza al corte</b>	Es la inclinación de la parte recta de la curva que se en la prueba de Warner-Bratzler, trazada desde el origen hasta el punto de fuerza máxima.	Velocidad	Kg/s
<b>Área</b>	Trabajo total necesario para el corte completo de la muestra	Trabajo	Kg* s

*Kg=kilogramo; cm=centímetro; s=segundo*

Fuente: Modificada por Bourne (1982).

La evaluación de dicho parámetro empleada en el desarrollo de nuevos alimentos, en el mejoramientos de los existentes, en el control de los procesos de elaboración y en el control de la calidad, ya que muchas propiedades de textura de

---

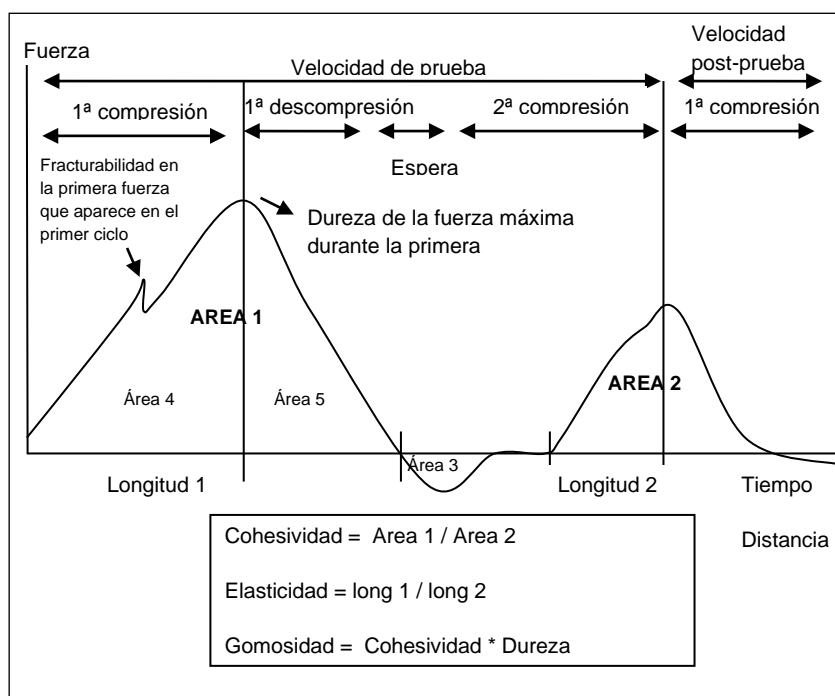
los alimentos como la firmeza, dureza, terneza, etc., están directamente relacionadas con las propiedades mecánicas de los alimentos, es por ello que se imparte su estudio y conocimiento para el control de la calidad (Garrido, 2006).

Para determinar las propiedades de textura de los alimentos se usa una prueba empírica denominada ATP, que consiste en una prueba de doble compresión en las cuales se someten muestras del producto a una compresión del 20 a 90% de su altura inicial, lo cual resulta casi siempre en la ruptura del alimento. El ATP es uno de los ensayos de compresión más usados para alimentos. Con este análisis se obtiene la fuerza que debe aplicarse para masticar un alimento, sometiendo una muestra, en dos ocasiones consecutivas, a una fuerza, simulando el esfuerzo de la mandíbula al morder. Empleando valores bajo las tasas de compresión (20%) de las muestras de carne, es posible determinar el comportamiento de la estructura miofibrilar sin la intervención de tejido conectivo, debido a que las fibras se despliegan pero no han sufrido deformación y empleando tasas de deformación altas (90%), se determina la resistencia correspondiente al tejido conectivo (Garrido, 2006).

Los principales parámetros de textura aplicados instrumentalmente en el pescado pueden ser divididos en punzado, compresión, cortado y estirado. La doble compresión o punzado permite un análisis del perfil de textura (ATP), dando graficas de fuerza contra distancia o tiempo. La composición química y estructura física varía a lo largo del filete que determinan las propiedades de textura, así la localización de donde la muestra es tomada es de importancia y debe ser considerada cuando se miden las propiedades de textura en el filete (Jonsson *et al.*, 2000). Una curva típica de ATP, se muestra en la Figura.4. La prueba consiste básicamente en lo siguiente: Es una prueba que mide la fuerza en compresión. Se le indica al instrumento que la punta o sensor comprima el alimento cierta distancia (dada en mm o en % con respecto a la altura de la muestra) a una de la muestra y esta será el punto de referencia. En esta operación la punta viaja hacia abajo hasta llegar a la distancia indicada. La punta sube y se retira de la muestra, regresa a la posición de inicio de la prueba (distancia de referencia). En esta posición espera el tiempo indicado. Efectúa



el segundo ciclo de compresión, bajando nuevamente la distancia indicada. Regresa a la posición original antes de iniciar la prueba (Texture Technologies, 2002). Durante todo este proceso, la punta de prueba detecta la fuerza y se obtiene la curva fuerza-tiempo. La fuerza de la curva puede variar de la presentada como típica. Básicamente en las alturas de picos positivos y negativos, las áreas bajo estos picos, la presencia de picos secundarios, altura y áreas negativas. Las fuerzas positivas indican la resistencia que ofrece la muestra a la penetración o compresión por parte de la punta en el proceso de bajada. Las fuerzas negativas indican la fuerza debido a la muestra que se adhiere al retirarse el sensor (Garrido, 2006).



**Figura 4.** Curva típica para prueba de ATP.

Fuente: Texture Technologies (2002).

De la curva se calculan los siete parámetros de textura característicos que se mencionan a continuación (Szczesniak, 1963).

**Dureza:** La fuerza máxima en el primer ciclo de compresión (H).

**Fracturabilidad:** El primer pico significativo en la curva del primer ciclo de compresión (F).

---

**Cohesividad:** La relación entre el área positiva durante el segundo ciclo de compresión y el primero ( $A_4 / A_1 + A_2$ ).

**Adhesividad:** El área negativa del primer ciclo de compresión ( $A_3$ ). Representa el trabajo necesario para retirar el sensor de la muestra.

**Elasticidad:** (Springiness, Resorteo): La altura que la muestra recupera entre término del primer ciclo de compresión y el inicio del segundo (c). Otros autores la refieren como la relación c/a. Cabe aclarar que aún cuando la elasticidad es una relación de distancias sus valores se pueden obtener de la curva fuerza-tiempo, si se considera la velocidad a que se efectúa la prueba.

**Gomosidad:** El producto de la dureza y la cohesividad.

Por su parte, Bourne (1982), reporta otros parámetros como:

**Módulo:** También conocido como **FIRMEZA**, se refiere a que tan firme se siente un producto cuando se comprime ligeramente, y es la pendiente inicial de la curva fuerza-distancia en el primer ciclo de compresión.

**Fragilidad:** Es la distancia a la que ocurre la fractura, puede reportarse en mm o en % en relación a la deformación máxima en el primer ciclo de compresión. Entre mayor sea el valor, menos frágil es el material.

**Extensibilidad:** La distancia que el producto se extiende durante la descompresión antes romperse (b). También se puede considerar la del segundo ciclo (d).

**Resistencia:** (Elasticidad): Relación entre el área positiva de bajada del primer ciclo de compresión y el área de subida del mismo  $A_2 / A_1$ .

**Fuerza negativa máxima:** Relación entre la primera y la segunda áreas de adhesión  $A_3 / A_5$ . La recuperación en la porción de adhesión entre el segundo y el primer ciclo de compresión  $A_3 - A_5$ .

**Índice de aplastabilidad:** Relación entre la diferencia de área de compresión y descompresión del primer ciclo el área de descompresión  $(A_1 - A_2) / A_2$ .

Los parámetros antes mencionados se calculan a partir de la curva de fuerza-tiempo con ayuda de los programas computacionales que cada equipo proporciona. Los parámetros de textura, definidos de acuerdo a Bourne (1978) y Szczesniak (1963) se observan en el Tabla 6.

**Tabla 6.** Definiciones y análisis dimensional de los parámetros de la prueba de Análisis de Perfil de Textura (ATP).

<b>Parámetro mecánico</b>	<b>Descripción</b>	<b>Variable</b>	<b>Unidades</b>
<b>Dureza</b>	Fuerza requerida para comprimir un alimentos entre los molares, altura Máxima del primer pico (primer ciclo de compresión y primera mordida)	Fuerza	$\text{Kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$
<b>Cohesividad</b>	La fuerza que los enlaces internos hacen sobre el alimento.	Relación	Adimensional
<b>Elasticidad</b>	La extensión a la que un alimento comprimido retorna a su tamaño original cuando se retira la fuerza.	Distancia	m
<b>Adhesividad</b>	El trabajo requerido para retirar el alimento de la superficie.	Trabajo	$\text{Kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$
<b>Fracturabilidad</b>	La fuerza a la que el material se fractura (los alimentos frágiles nunca son adhesivos)	Fuerza	$\text{Kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$
<b>Masticabilidad</b>	La energía requerida para masticar un alimento sólido hasta que está listo para ser ingerido.	Trabajo	$\text{Kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$
<b>Gomosidad</b>	La energía requerida para desintegrar un alimento semisólido de modo que esté listo para ser ingerido.	Fuerza	$\text{Kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$

*Kg=kilogramo; m=metro; s=segundo.*

Fuente: Garrido (2006).

---

### 3.14 Color.

Desde un punto de vista físico el color de la carne es el resultado de la distribución espectral de la luz que incide sobre ella y de la intensidad de la luz reflejada por su superficie. El color de la carne depende de la concentración de pigmentos hemínicos, del estado químico de la mioglobina en la superficie, de la estructura y estado físico de las proteínas musculares y de la porción de grasa de infiltración. La mioglobina es una proteína sarcoplasmática, relativamente pequeña, portadora de oxígeno que tiene un peso molecular de 16,700 Daltons, cuya función es la de almacenar oxígeno y facilitar su transporte a las mitocondrias. La hemoglobina, los citocromos y los flavonoides pueden influir también en el color de la carne, así como indirectamente, su contenido en humedad y grasa intramuscular (Ávila 2008). El color es uno de los parámetros más importantes usados en la evaluación de la calidad de productos de pescado (Ocaño-Higareda *et al.*, 2009), es considerado como un fenómeno de superficie de un objeto opaco, las superficies de la carne reflejan la luz en muchos ángulos creando una reflectancia difusa de longitudes de onda, las cuales son una función directa del color del objeto. Debido a esta reflectancia difusa de la luz que incide, el color puede describirse por métodos colorimétricos (Guerrero *et al.*, 2002).

El sistema Hunter Lab es el más usado en la industria alimentaria. Se basa en la teoría del color de Hering, que señala la existencia de una escala circular en la cual se combinan los colores: el rojo con el amarillo; el rojo con el azul, el verde con el amarillo o el verde con el azul. Hay dos pares de colores opuestos que pueden coexistir: rojo y verde, amarillo y azul. Los receptores del color del colorímetro Hunter Lab perciben la presencia del color rojo o verde (coordenada *a*) y del color amarillo o azul (coordenada *b*). Una tercera dimensión es la luminosidad (*L*), la cual es perpendicular a las otras dos. Un punto en el espacio de color está dado por *L*= Luminosidad, ángulo *hue*= tonalidad y *C*= cromaticidad; el ángulo indica que tan rojo, amarillo, verde o azul será, mientras que la cromaticidad indicará que tan intensa o saturada será el color y el valor *L* muestra que tanto hay de un componente blanco o negro; *L*=0 (negro) y *L*=100 (blanco) (Guerrero *et al.*, 2002).

---

---

## IV. MATERIALES Y METODOS.

### 4.1 Materia Prima.

La materia prima que se utilizó en éste estudio fue carne de pescado (*Cyprinus carpio*) fresca obtenida de la Granja de Policultivo de Tezontepec de Aldama, Hidalgo. Se utilizó grasa dorsal de cerdo (lardo), carragenina (Fabpsa) fosfatos (Fabpsa), sal de grano (2%) y agua filtrada en forma de hielo.

### 4.2 Establecimiento del Experimento.

La fase experimental se dividió en dos experimentos:

#### *Experimento 1.*

Con la carne obtenida se realizó la optimización del producto cárnico tipo salchicha. Se optimizó la proporción de carne (100, 95 y 90%), grasa (0, 5, 10%) (Tabla 7).

#### Tratamientos.

**Tabla 7.** Diseño de Tratamientos experimento 1.

Tratamiento	Grasa (g)	Carne (g)	Agua (g)
1	12.5	237.5	75
2	12.5	237.5	150
3	12.5	237.5	225
4	25	225	75
5	25	225	150
6	25	225	225
7	37.5	212.5	75
8	37.5	212.5	150
9	37.5	212.5	225
10	50	200	75
11	50	200	150
12	50	200	225

---

---

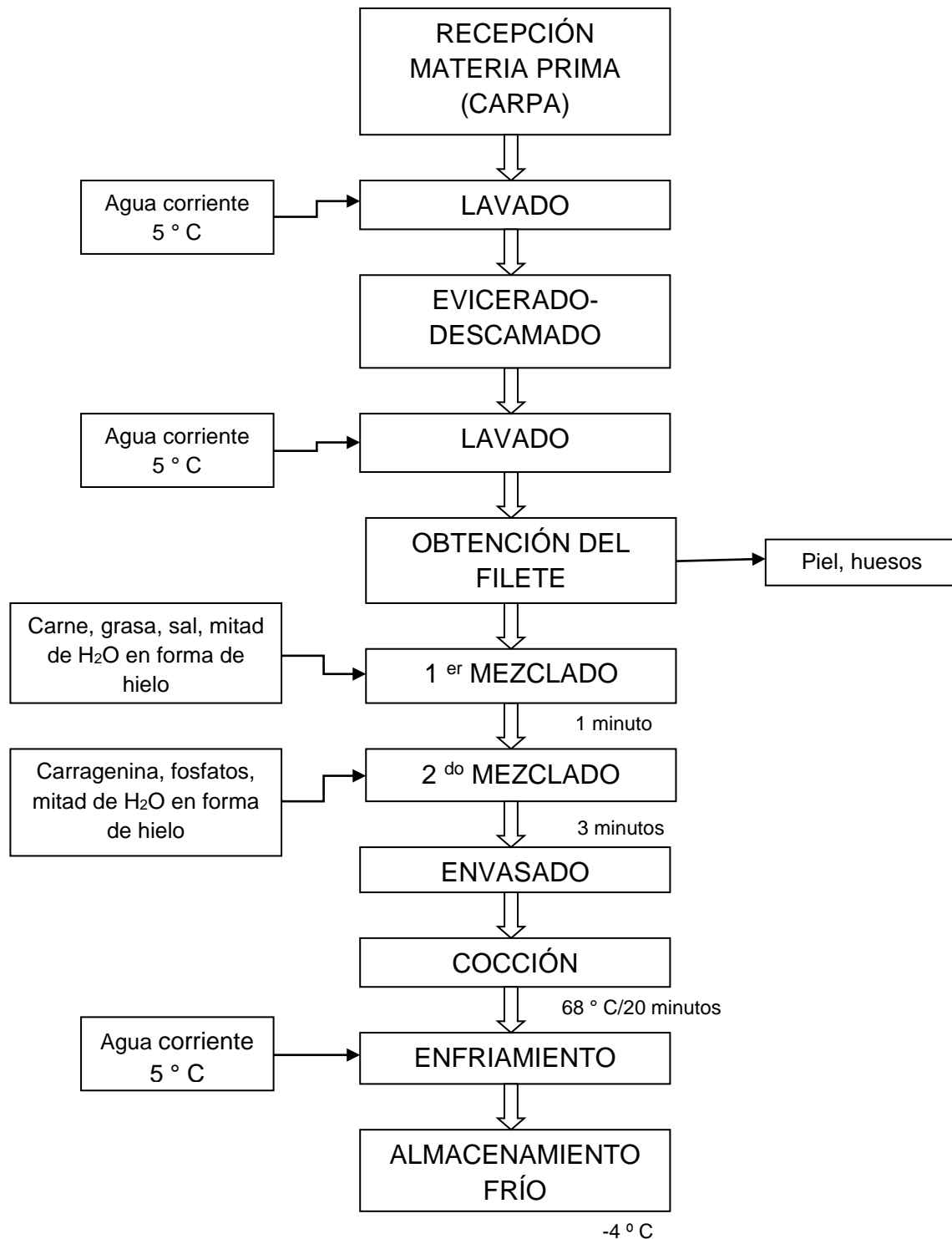
### **Experimento 2:**

Una vez obtenidos los resultados del experimento 1 se procedió a realizar el experimento 2 el cual consistió en tomar del experimento 1 tres tratamientos, esta elección se hizo de acuerdo a todos los datos obtenidos eligiendo un tratamiento con más valores altos, medios y bajos, una vez seleccionados, se realizaron otros 12 tratamientos con dos repeticiones cada uno pero ahora se les adicionó fosfatos (0.1 y 1.0 %/ 100 g) y carragenina (0.2, y 1.0 %/100 g) en la formulación, como se muestra en la Tabla 8.

### **Tratamientos.**

**Tabla 8.** Diseño de Tratamientos experimento 2.

<b>Tratamiento</b>	<b>Grasa (g)</b>	<b>Carne (g)</b>	<b>Agua (g)</b>	<b>Fosfatos (g)</b>	<b>Carragenina (g)</b>
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	2.5	0.5
4	12.5	237.5	225	2.5	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	2.5	0.5
8	37.5	212.5	225	2.5	2.5
9	50	200	150	0.25	0.5
10	50	200	150	0.25	2.5
11	50	200	150	2.5	0.5
12	50	200	150	2.5	2.5



**Figura 5.** Diagrama del flujo para la elaboración de un producto cárnico tipo salchicha.

---

### 4.3 Variables de Estudio.

#### 4.3.1 *Determinación de Humedad.*

La humedad de la carne de pescado fue determinada de acuerdo a la metodología descrita en a la AOAC (1999) bajo el método con número 934.01, con las siguientes condiciones: se pesó 1 g de muestra para cada crisol de porcelana a peso constante, se colocaron los crisoles en una horno de convección (Shel-Lab, 11380FX) a una temperatura de 100° C por 24 horas aproximadamente. Después del tiempo dado se sacaron los crisoles del horno y se pusieron en un desecador para dejar enfriar las muestras, a temperatura ambiente, y continuando con el procedimiento se pesaron los crisoles con la muestra seca, el análisis se realizó por triplicado.

El porcentaje de humedad se calculó de acuerdo a:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Peso del crisol con muestra seca} - \text{Peso del crisol}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

#### 4.3.2 *Determinación de Cenizas.*

Para la determinación de cenizas se siguió la metodología descrita por la AOAC (1999), bajo el método con número 938.08, para ello se utilizaron crisoles a peso constante, se pesó 1 g de muestra de carne para cada crisol, posteriormente las muestras fueron calcinadas en una mufla (Lundberg/Blue) haciendo incrementos de temperatura desde 180° C cada hora durante tres horas hasta llegar a 550° C por dos horas y dejarla hasta obtener un color grisáceo blanquecino en 5 horas. Se dejaron enfriar las muestras en el desecador y se registró el peso final, el análisis se realizó por triplicado.

El porcentaje de cenizas se calculó de acuerdo a:

$$\% \text{ de Cenizas} = \frac{\text{Peso del crisol con cenizas} - \text{Peso del crisol}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$



---

#### **4.3.3 Determinación de Grasa.**

Para la determinación de grasa se utilizó el método de hidrólisis ácida descrito en la AOAC (1999), bajo el método con número 948.15, para ello se pesaron 5 g de muestra de carne a los que se les agregó 2 mL de ácido clorhídrico concentrado con agitación lenta, posteriormente se adicionaron 6 mL de de ácido clorhídrico. Las muestras se sometieron a baño María durante 90 minutos a 80° C y se dejaron enfriar, después se adicionaron 7 mL de alcohol etílico. A continuación se llevó a cabo la extracción de grasa mediante tres lavados con 25 mL de éter dietílico en cada ocasión, para ello se agitó vigorosamente la mezcla, posteriormente se repitió la misma operación con 25 mL de éter de petróleo, los extractos se combinaron y se colocaron en frascos previamente colocados a peso constante, y se procedió a la eliminación de los solventes en una campana de extracción, una vez eliminado la mayor cantidad de solventes en la campana se procedió a colocar los frascos con grasa en el horno de convección durante 2 h, se colocaron los frascos en un desecador a temperatura ambiente para finalmente pesar el residuo, el análisis se realizó por triplicado.

Para calcular el porcentaje de grasa por diferencia de se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Grasa} = \frac{\text{Peso frasco con grasa} - \text{Peso frasco}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

#### **4.3.4 Determinación de Proteína Cruda.**

Para este análisis se utilizó la técnica descrita por la AOAC (1999), bajo el método con número 981.10, para lo cual se pesaron de 0.3 g de muestra que se colocaron en los matraces del microkjeldahl, a los cuales se añadió 3.7 g de la mezcla digestora compuesta por 27.3 g de sulfato de sodio y 2.7 g de sulfato de cobre más 10 mL de ácido sulfúrico concentrado.

La muestra fue digerida en un digestor microkjeldahl BUCHI Digestion Unit modelo 426 (BUCHI labortechnik AG, Flawil, Suiza), incrementándose la temperatura

---

lentamente. Llevada a cabo la digestión, se dejaron enfriar los matraces kjeldahl. Posteriormente se colocaron en un digestor BUCHI Digestion Unit B-316 (BUCHI labortechnik AG, Flawil, Suiza), donde se añadió 50 mL de NaOH al 40% (p/v) y se procedió a la destilación, recibiendo en un matraz erlenmeyer que contenía una solución de ácido bórico al 4% (p/v) con 4 gotas de rojo de metilo como indicador. La destilación se llevó a cabo durante 5 minutos. Se tituló con una solución de ácido clorhídrico valorado 0.1 N, el análisis se realizó por triplicado.

La determinación de la proteína se estimó de la siguiente forma:

$$\% \text{ de Proteína} = \frac{\text{mL de HCl gastados} \times 0.1 \times 0.014 \times 100}{\text{Peso de la muestra}} \times 6.25$$

#### **4.3.5 Determinación de Color.**

El color en las muestras se determinó a través de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , utilizando un colorímetro Minolta modelo 508d, con iluminante D65 y un ángulo del observador de  $10^\circ$ . Se realizaron 3 mediciones de color sobre la superficie de cada porción de masa. Se registraron los valores de Cie  $L^*a^*b^*$ , con los cuales se calcularon la cromaticidad ( $C^*$ ) y el ángulo de tono ( $h^\circ$ ), el análisis se realizó por triplicado. La misma técnica fue utilizada para evaluar éste parámetro en el experimento 1 y 2.

#### **4.3.6 Análisis de Perfil de Textura.**

Para realizar el análisis de perfil de textura en las salchichas se cortó en trozos 2.5 x 2.5 cm de diámetro y alto, suficiente para cubrir la superficie de la sonda P25/L cilíndrica de perspex 25 mm DIA, 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 un 50%, con una velocidad del cabezal de 1 mm/s (Figura 6).

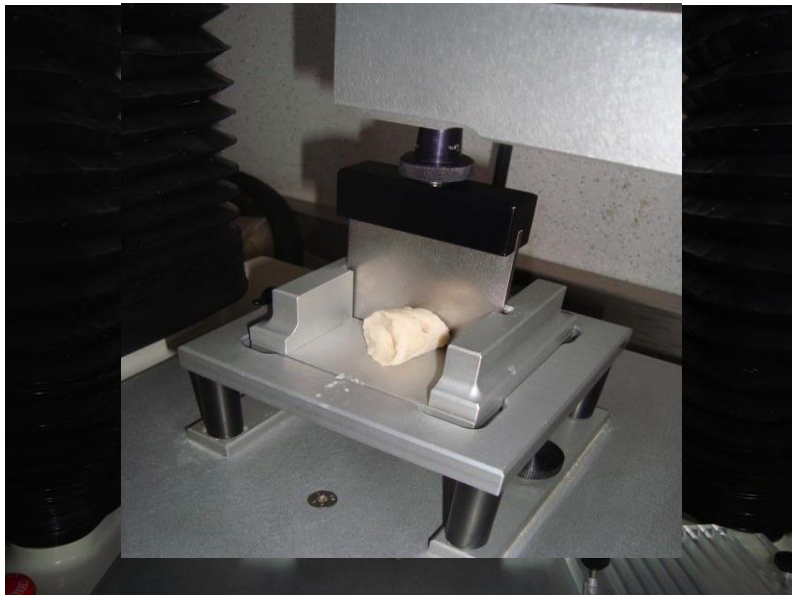
Para posteriormente obtener los siguientes parámetros de APT: dureza, elasticidad, resiliencia y cohesividad, el análisis se realizó por triplicado. La misma técnica fue utilizada para evaluar éste parámetro en el experimento 1 y 2.



**Figura 6.** Prueba de Análisis de Perfil de Textura (ATP).

#### **4.3.7 Fuerza al corte con la Navaja Warner-Bratzler.**

Para esta prueba se utilizó una navaja Warner-Bratzler (HDP/BSW) adaptada al equipo analizador de textura TA-HDi. La muestra de 9 cm de longitud se colocó horizontalmente entre la base de la celda y la navaja que efectuó el corte, la navaja baja verticalmente hasta cortar la salchicha en dos partes. Se evaluó la resistencia al corte empleando una velocidad de prueba de 1 mm/s y velocidad de retroceso de 2 mm/s con una celda de carga de 5 Kg, se realizaron tres cortes por cada salchicha (Figura 7). Se reportó la fuerza máxima detectada durante la prueba además del esfuerzo de corte. La misma técnica fue utilizada para evaluar éste parámetro en el experimento 1 y 2.



**Figura 7.** Prueba de Fuerza al corte con la Navaja Warner-Bratzler.

#### **4.3.8 Fuerza Máxima detectada con la Celda de Kramer.**

Para esta prueba se utilizó una celda Kramer (TA-91) de 10 navajas adaptada al analizador de textura TA-HDi, con una celda de carga de 50 Kg a una velocidad de 1 mm/s. 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 (Figura 8), la celda bajo verticalmente hasta lograr la penetración completa de las cuchillas a lo largo de la estructura del producto. Se reportó la fuerza máxima detectada durante la compresión-extrusión por gramo de muestra. La misma técnica fue utilizada para evaluar éste parámetro en el experimento 1 y 2.

---

**Figura 8.** Prueba Fuerza Máxima con la Celda Kramer.

#### **4.3.9 Penetración de Calor.**

Se monitoreo para cada tratamiento del experimento 1 y 2, la temperatura por cada minuto que transcurría a partir que las salchichas se sometieron al escaldado con una temperatura constante del baño de agua de 85° C durante 20 minutos. El escaldado se llevó a cabo en una olla con capacidad de 20 Litros en la cual se añadió agua filtrada y posteriormente se introdujo un vaso de precipitado con capacidad de 1 L lleno con agua filtrada. Para tomar la lectura de la temperatura interna de la masa cárnica se utilizó un termopar digital Hanna Instruments, modelo HI98609, el cual se introdujo en el centro de la salchicha aproximadamente a la mitad de esta. Posteriormente se tomó la lectura a cada minuto durante 20 minutos (Figura 9). Enseguida se enfriaron con agua fría (5° C).



**Figura 9.** Monitoreo de la temperatura en la masa cárnica durante el escaldado.

Para la determinación de la difusividad térmica en la masa cárnica se utilizó la ecuación (1) propuesta por Markowski *et al* (2004), la cual utilizaron para determinar la difusividad térmica en un producto cárnico tipo salchicha. Ecuación 1:

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

Donde:

$\alpha$  = difusividad térmica de la masa cárnica  $m^2 * s^{-1}$

$B$  = pendiente de cada tratamiento

$R$  = radio de la salchicha  $m$

$L$  = largo de la salchicha  $m$

$\pi$  = valor constante

Para evaluar los cambios entre la temperatura en el centro de la muestra y la temperatura en la superficie de la muestra contra el tiempo se utilizó la ecuación (2) determinada por Markowski *et al* (2004). Para determinar la pendiente a cada tratamiento fue necesario graficar los valores de  $\ln [T_s - T_c]$  contra cada minuto al cual se realizó el monitoreo de la temperatura.

---

---

$$\ln[T_s - T_c] = A - Bt$$

Donde:

$T_s$  = Temperatura en la superficie de la muestra ° C

$T_c$  = Temperatura en el centro de la masa cárnica ° C

A = Intersección

B = Pendiente de cada tratamiento

t = Tiempo min

Los datos reportados de la ecuación 1 y 2, son los experimentales y los teóricos solo para el experimento 2.

El cálculo de las temperaturas experimentales y teóricas en el experimento 2 se calculó mediante la obtención de la ecuación de segundo grado de los puntos graficados y por medio de ésta ecuación se pudo obtener el tiempo de cocción:

$$Y = a + bx + cx^2$$

#### 4.4 Análisis Estadístico.

Se utilizaron diversas herramientas estadísticas para el análisis de los resultados, las variables de color se realizaron bajo un diseño experimental completamente al azar, posterior al análisis de varianza, se utilizó una prueba de comparación de medias de Tukey; para la penetración de calor se usó un análisis de regresión no lineal, una vez obtenidos los parámetros de regresión y con el fin de saber si existía diferencia entre ellos se empleó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey. Todos los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS (SAS, 1999).

---

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 5.1 Composición químico proximal de la carne de pescado de la especie carpa.

En la industria cárnica se entiende por componentes principales a la proteína, grasa, agua, cenizas, y en ocasiones, a los carbohidratos. Estos componentes son determinados por el análisis químico proximal, en donde la suma de estos debe dar un resultado del 100% (+/- 0.5%) (Sánchez *et al.*, 2004). Los resultados que se obtuvieron experimentalmente se muestran en la Tabla 9, en la cual se puede ver que los valores obtenidos en la carne de carpa (*Cyprinus carpio*). Cabe mencionar que la variación en la composición química de la carne de carpa es debida a factores como la edad, sexo, medio ambiente, estación del año y alimentación, la carne de las carpas de éste estudio provenían de estanques de cultivo de una misma edad y misma alimentación (Guler *et al.*, 2007).

La cantidad de grasa de la carne utilizada en éste trabajo fue más baja que en el trabajo presentado por Guler *et al* (2007), quienes analizaron tejidos de carne de carpa y encontraron que el contenido de lípidos en el músculo fresco contienen un nivel bajo (0.91%) durante la temporada calurosa y un nivel alto (1.73%) durante la temporada fría; Ganesh *et al* (2005) reportaron 2.8% de grasa en carne de carpa. En el caso de la humedad se encontraron valores similares reportados por Mahmoud *et al* (2006), reportando que los filetes de carpa tienen un contenido de humedad del 76%; Ganesh *et al* (2005) encontraron 78.3% de humedad, mientras Mahmoud *et al* (2006), reportaron valores de grasa de 3.90%, en cuanto al contenido de proteína los filetes presentaron un intervalo de 17.6 a 18.1 % Ganesh *et al* (2005) obtuvieron 17.8% de proteína, los cuales fueron más bajos a los reportados en éste estudio. El contenido de cenizas de la carne aquí analizada fue de 1.0%, mientras que Ganesh *et al* (2005), encontraron en carne de carpa (*Cyprinus carpio*) un contenido de cenizas 0.95%.



---

---

**Tabla 9.** Composición química proximal de la carne de pescado (*Cyprinus carpio*).

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

---

\*Valor obtenido por diferencia [%Carbohidratos=100% -(%Humedad+%Cenizas+%Grasa+%Proteína)]

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

La forma, método y condiciones de cocinado son importantes en la calidad de un producto cárnico, cuando el cocinado se hace por escalde se optimiza tiempo y temperatura para mejorar reacciones químicas y características físicas del producto que son deseables para el consumidor (Lund, 2003). La pérdida de la textura durante el almacenamiento de productos de pescado ha sido asociada al bajo pH del músculo con una textura dura y pérdida alta de agua por escurrimiento y a la actividad enzimática. El músculo de pescado usualmente puede ser más complejo cuando pierde constantemente fluidos y se reduce la capacidad de retención de agua, ésta se ha reportado como un buen indicador de calidad para el pescado y se demuestran con la pérdida de la textura (Ocaña-Higareda *et al.*, 2009).

Los resultados obtenidos en el experimento 1, muestran que hubo una tendencia a la pérdida de textura como se observa en la Tabla 10, posiblemente debido a la composición de la mezcla cárnica del producto, ya que no se utilizó ningún retensor de agua y las proteínas de la carne no retuvieron el agua añadida ya que no se utilizó sal común para solubilizarlas. En esa misma Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos del análisis de perfil de textura, en los que se observa que el valor más alto de dureza y elasticidad lo obtuvo el tratamiento uno, el tratamiento tres fue el más alto en resiliencia y el tratamiento cuatro en cohesividad.

Braeckman *et al* (2008), elaboraron hamburguesas con carne de res con el objeto de medir el efecto de las condiciones del cocinado sobre su textura para lo cual realizaron una prueba de doble compresión con una sonda cilíndrica de 50 mm y una celda de carga de 500 N, en los datos aquí reportados fueron diferentes a este trabajo, debido al tipo de carne, sonda utilizada y celda de carga. Así mismo, Ayadi *et al* (2009), fabricaron productos cárnicos con carne de pavo para evaluar la influencia del tiempo de cocinado sobre las características de textura, realizaron un análisis de perfil de textura sobre muestras de 2 cm de diámetro y 2 cm de alto aplicando una doble compresión del 50% con una sonda cilíndrica de 1 cm de diámetro, los datos reportados también fueron distintos a los obtenidos en éste trabajo. Los valores de elasticidad mayor y menor fueron de 0.890 mm y 0.555mm para los tratamientos uno y once, respectivamente; sin embargo no se tiene una tendencia clara por lo cual es probable que la grasa y el agua añadida no influyen sobre éste parámetro. Ayadi *et al* (2009), 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.

**Tabla 10.** Parámetros del Análisis de Perfil de Textura en el experimento 1.

<b>Tratamiento</b>	<b>Dureza (g)</b>	<b>Elasticidad (mm)</b>	<b>Resilencia (g*s)</b>	<b>Cohesividad (g*s)</b>
1	1310.9 <sup>a</sup>	0.890 <sup>a</sup>	0.916 <sup>ab</sup>	0.031 <sup>d</sup>
2	1127.6 <sup>ab</sup>	0.792 <sup>abcd</sup>	0.191 <sup>c</sup>	0.379 <sup>ab</sup>
3	807.4 <sup>abc</sup>	0.627 <sup>bbcd</sup>	1.222 <sup>a</sup>	0.079 <sup>d</sup>
4	1427.7 <sup>d</sup>	0.842 <sup>ab</sup>	0.216 <sup>c</sup>	0.405 <sup>ab</sup>
5	976.0 <sup>abc</sup>	0.790 <sup>abcd</sup>	0.212 <sup>c</sup>	0.437 <sup>d</sup>
6	403.5 <sup>c</sup>	0.675 <sup>abcd</sup>	0.170 <sup>c</sup>	0.327 <sup>abc</sup>
7	1200.2 <sup>ab</sup>	0.751 <sup>abcd</sup>	0.206 <sup>c</sup>	0.402 <sup>ab</sup>
8	752.3 <sup>abc</sup>	0.808 <sup>abc</sup>	0.458 <sup>bc</sup>	0.335 <sup>abc</sup>
9	384.8 <sup>c</sup>	0.677 <sup>abcd</sup>	0.232 <sup>c</sup>	0.313 <sup>bc</sup>
10	1050.3 <sup>abc</sup>	0.862 <sup>ab</sup>	0.930 <sup>ab</sup>	0.242 <sup>c</sup>
11	577.3 <sup>bc</sup>	0.555 <sup>d</sup>	0.241 <sup>c</sup>	0.236 <sup>c</sup>
12	517.2 <sup>bc</sup>	0.587 <sup>cd</sup>	0.307 <sup>c</sup>	0.259 <sup>c</sup>

Medias en la misma columna con distinta letra son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey (P<0.05)

En la Tabla 11 se muestran los resultados obtenidos a partir del uso de la celda de Kramer y navaja de Warner-Bratzler, en la cual se observa que los resultados obtenidos con la celda de Kramer los tratamientos que se les adicionó 75 g de agua mostraron valores más altos en cuanto a dureza y esfuerzo al corte con respecto a los que se les adicionó 150 g y 225 g de agua. Garrido (2006) encontró valores de fuerza máxima con la celda de Kramer de 10377-29809 g y de esfuerzo al corte entre 83794-121354 g\*s en salchichas elaboradas con carne de cerdo adicionadas con colágeno. En el caso de los valores más altos obtenidos con la navaja de Warner-Bratzler para la dureza y esfuerzo fueron de 2239.9 g y 21843 g\*s, respectivamente, mientras que Garrido (2006) obtuvo valores entre 522.37-776.49 g de fuerza máxima al corte y valores entre 7589-9604 g\*s de esfuerzo al corte.

**Tabla 11.** Fuerza máxima detectada con la celda Kramer (K) y Fuerza al corte con la Navaja Warner- Bratzler (W) en el experimento 1.

Tratamiento	Dureza K (g)	Esfuerzo K (g*s)	Dureza W (g)	Esfuerzo W (g*s)
1	9465 <sup>a</sup>	155472 <sup>ab</sup>	2220.5 <sup>a</sup>	4493 <sup>b</sup>
2	10710 <sup>a</sup>	110242 <sup>ab</sup>	383 <sup>b</sup>	6861 <sup>b</sup>
3	4475 <sup>a</sup>	48445 <sup>b</sup>	2239.9 <sup>a</sup>	21843 <sup>a</sup>
4	12558 <sup>a</sup>	156066 <sup>ab</sup>	826.4 <sup>b</sup>	14662 <sup>ab</sup>
5	10203 <sup>a</sup>	122977 <sup>ab</sup>	626.1 <sup>b</sup>	9798 <sup>ab</sup>
6	6761 <sup>a</sup>	83287 <sup>ab</sup>	288.2 <sup>b</sup>	5890 <sup>b</sup>
7	11794 <sup>a</sup>	168224 <sup>ab</sup>	537.5 <sup>b</sup>	10761 <sup>ab</sup>
8	9567 <sup>a</sup>	125127 <sup>ab</sup>	327.8 <sup>b</sup>	5815 <sup>b</sup>
9	7523 <sup>a</sup>	89379 <sup>ab</sup>	272.2 <sup>b</sup>	5304 <sup>b</sup>
10	30797 <sup>a</sup>	294178 <sup>a</sup>	751.7 <sup>b</sup>	11516 <sup>ab</sup>
11	5399 <sup>a</sup>	71028 <sup>b</sup>	202.3 <sup>b</sup>	4413 <sup>b</sup>
12	6458 <sup>a</sup>	77308 <sup>b</sup>	140.5 <sup>b</sup>	2741 <sup>b</sup>

Medias en la misma columna con distinta letra son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey (P<0.05)

---

### 5.3 Efecto de la grasa y del agua añadida sobre el color.

El color juega un papel muy importante en el procesado de alimentos y en su aceptación, los pigmentos naturales en los alimentos son muy susceptibles a cambios y a la degradación por medio del calor (Awuah *et al.*, 2006). El color es el parámetro más importante usado para la evaluación de calidad del pescado, se ha reportado que el color inicial de los productos de pescado cambia durante el almacenamiento en congelación (Ocaña-Higareda *et al.*, 2009).

En la Tabla 12 se puede observar que el valor más alto en el parámetro  $L^*$  lo obtuvieron los tratamientos 1 y 3 el valor más bajo el tratamiento 5. En cuanto al parámetro  $a^*$  el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento 3 y el más alto el 8, para  $b^*$  el valor más alto lo obtuvo el tratamiento 7. Mientras que Ocaña-Higareda *et al* (2009), mencionan que valores bajos en los parámetros  $a$  y  $b$  el producto puede considerarse como opaco.

**Tabla 12.** Datos experimentales de la medición de color en mezclas cárnicas de pescado,  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  obtenidos en el experimento 1.

Tratamiento	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1	71.482 <sup>a</sup>	1.161 <sup>abcd</sup>	12.091 <sup>b</sup>
2	63.158 <sup>def</sup>	1.127 <sup>abcd</sup>	12.440 <sup>ab</sup>
3	71.253 <sup>a</sup>	-0.028 <sup>d</sup>	11.920 <sup>b</sup>
4	65.525 <sup>bcde</sup>	2.006 <sup>abc</sup>	13.256 <sup>ab</sup>
5	60.540 <sup>f</sup>	2.210 <sup>ab</sup>	13.391 <sup>ab</sup>
6	62.107 <sup>ef</sup>	1.856 <sup>abc</sup>	13.868 <sup>a</sup>
7	63.703 <sup>cdef</sup>	2.060 <sup>abc</sup>	13.966 <sup>a</sup>
8	61.452 <sup>ef</sup>	2.360 <sup>a</sup>	13.173 <sup>ab</sup>
9	64.948 <sup>cdef</sup>	1.386 <sup>abc</sup>	12.783 <sup>ab</sup>
10	67.665 <sup>abcd</sup>	1.641 <sup>abc</sup>	13.110 <sup>ab</sup>
11	70.013 <sup>ab</sup>	0.798 <sup>cd</sup>	12.683 <sup>ab</sup>
12	68.157 <sup>abc</sup>	1.030 <sup>bcd</sup>	13.221 <sup>ab</sup>

Medias en la misma columna con distinta letra son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ).

---

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

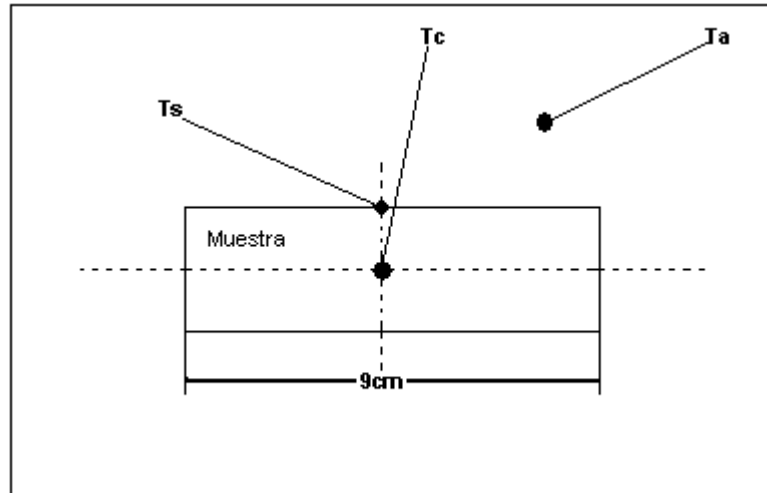
Las propiedades termofísicas son importantes debido a su influencia sobre el intercambio térmico al cual se debe someter la carne y emulsiones cárnicas al ser cocinadas, ya que el proceso de cocción-enfriamiento depende en gran medida del movimiento de calor a través del producto, ya que los ciclos que van desde la cocción hasta el enfriamiento se establecen generalmente mediante medición de la temperatura al final del proceso (Marcotte *et al.*, 2007).

Por su parte, 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, en donde utilizaron termopares para medir el aumento de la temperatura durante la cocción, un termopar lo sumergieron en el baño de agua caliente, un segundo termopar lo colocaron en el centro del producto cárnico y una punta en la superficie, emplearon un baño con agua a una temperatura constante de 95° C, una vez que las muestras alcanzaron una temperatura en el centro de 75° C, las muestras fueron retiradas del baño y se enfriaron con agua fría. Mientras que 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, también utilizaron un sistema de termopares en el cual 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 los datos experimentales durante la cocción de la masa cárnica (Figura 10). Las temperaturas obtenidas del monitoreo durante 20 minutos se muestran en la Figura 11, en la cual se observa la penetración de calor en las salchichas, también se puede observar que todas las curvas de los diferentes tratamientos siguen un patrón similar, lo cual indica que no existe diferencia entre el tiempo de cocción entre tratamientos.

---

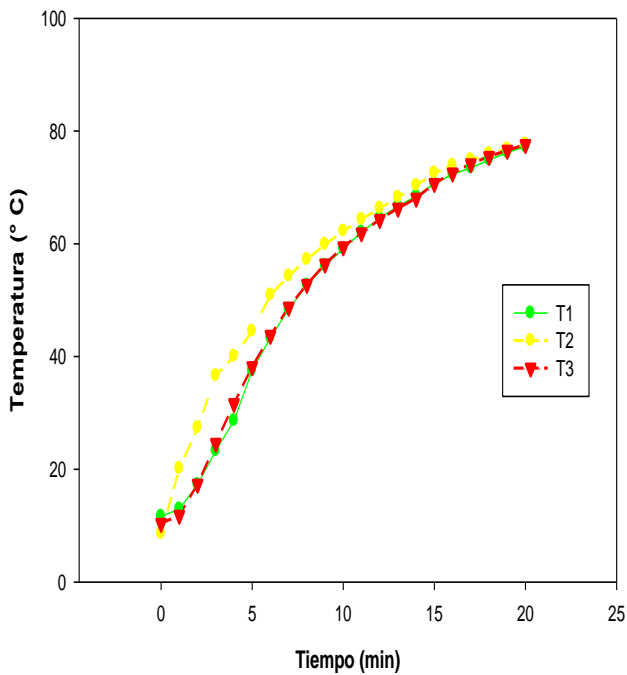
La temperatura del baño de agua fue constante para todos los tratamientos durante el tiempo. Los resultados obtenidos en este trabajo fueron diferentes a los de Markowski *et al* (2004) y Ayadi *et al* (2009) debido a que utilizaron productos cárnicos con diferente diámetro y tipo de carne.



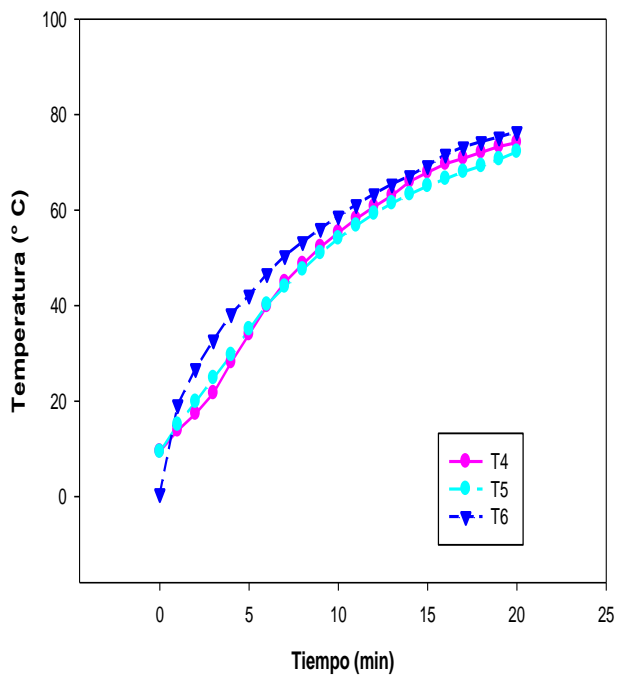
**Figura 10.** Esquema experimental de la cocción de salchichas en el baño con agua.  $T_s$ =Temperatura de la superficie de las salchichas= $T_a$ ;  $T_c$ =Temperatura en el centro de las salchichas y  $T_a$ = temperatura del agua.

La cocción de la carne promueve la coagulación y desnaturalización de las proteínas, estos cambios tienen una función importante en emulsiones tipo salchichas y mortadelas. La coagulación de las proteínas estabilizan la grasa manteniéndola en la emulsión (Carciofi *et al.*, 2002). Ayadi *et al* (2009), mencionan que la variación en la penetración de calor es atribuida a las características de la materia prima y a las diferentes formulaciones utilizadas en la elaboración de productos emulsionados.

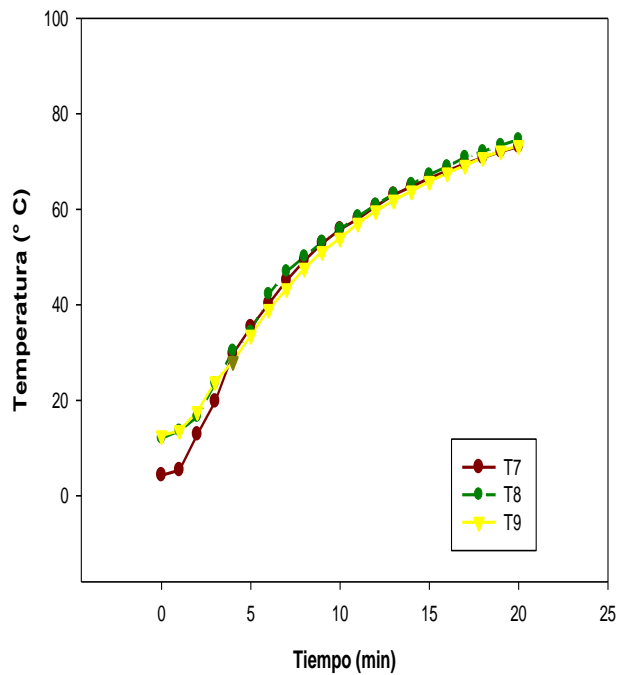
Los tratamientos térmicos involucran cambios físicos y químicos modificando la estructura de la materia prima. Cuando una solución de proteínas es gradualmente calentada sobre su temperatura crítica, sufre una modificación de su estado nativo al desnaturalizado. (Markowski, 2004).



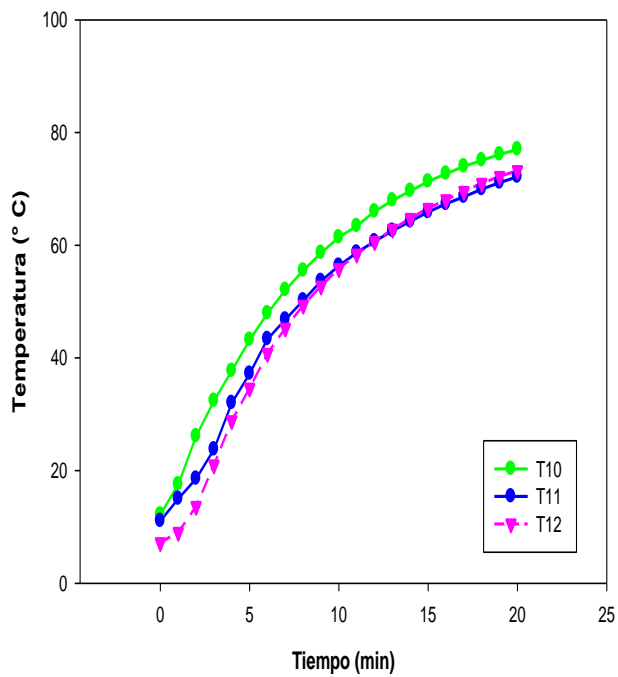
Tratamiento	Grasa (g)	Carne (g)	Agua (g)
1	12.5	237.5	75
2	12.5	237.5	150
3	12.5	237.5	225



Tratamiento	Grasa (g)	Carne (g)	Agua (g)
4	25	225	75
5	25	225	150
6	25	225	225



Tratamiento	Grasa (g)	Carne (g)	Agua (g)
7	37.5	212.5	75
8	37.5	212.5	150
9	37.5	212.5	225



Tratamiento	Grasa (g)	Carne (g)	Agua (g)
10	50	200	75
11	50	200	150
12	50	200	225

**Figura 11.** Temperaturas monitoreadas en el seno de la masa cárnica durante la cocción, experimento 1



---

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

Las interacciones polisacáridos-proteínas juegan un papel muy importante en la estructura y estabilidad de varios alimentos procesados. Las propiedades funcionales de las proteínas en los alimentos, como la solubilidad, formación de gel y capacidad de emulsificación son afectados por la interacción con polisacáridos. En el caso de productos cárnicos cocidos, las proteínas miofibrilares desempeñan un papel clave durante el proceso debido a su capacidad para producir geles tridimensionales durante el calentamiento y la refrigeración posterior, que tiene una influencia significativa sobre las propiedades sensoriales y de textura de los productos procesados (Ayadi *et al.*, 2009).

En la Tabla 13 se muestran los resultados obtenidos después de que se le adicionó a la mezcla cárnica la carragenina, en la cual se observa que el valor más alto de dureza lo obtuvo el tratamiento 12 (1077.70 g), lo que nos dice que el agua añadida no se liberó como jugo de cocción durante este proceso, sino que permaneció dentro del producto como lo menciona McGuire (2009).

En la elasticidad el valor más alto fue el tratamiento 11 (0.87 mm), este valor indica que el producto recupera parte de su forma inicial después de la primera compresión, en cuanto a resiliencia se observa que no hubo una diferencia significativa entre tratamientos y en cohesividad los tratamientos 3 y 8 fueron los más altos, el tratamiento 11 fue el que obtuvo el valor más bajo. Ayadi *et al* (2009), estudiaron la influencia de la adición de la carragenina sobre las propiedades de salchichas elaboradas con carne de pavo, mencionan que la carragenina provoca una disminución de la estabilidad de la emulsión y un incremento en la capacidad de retención de agua, además produce salchichas más duras, más cohesivas y disminuye su elasticidad. Así mismo Hsu y Chung (2001) observaron un incremento en el rendimiento y dureza de albóndigas bajas en grasa adicionadas con 2% de carragenina.

**Tabla 13.** Parámetros del Análisis de Perfil de Textura en el experimento 2.

<b>Tratamiento</b>	<b>Dureza (g)</b>	<b>Elasticidad (mm)</b>	<b>Resiliencia (g*s)</b>	<b>Cohesividad (g*s)</b>
1	581.11 <sup>bcd</sup>	0.706 <sup>c</sup>	0.251 <sup>a</sup>	0.409 <sup>ab</sup>
2	433.87 <sup>cde</sup>	0.769 <sup>abc</sup>	0.282 <sup>a</sup>	0.472 <sup>ab</sup>
3	277.77 <sup>de</sup>	0.807 <sup>abc</sup>	0.316 <sup>a</sup>	0.552 <sup>a</sup>
4	525.45 <sup>bcd</sup>	0.790 <sup>abc</sup>	0.286 <sup>a</sup>	0.524 <sup>ab</sup>
5	378.09 <sup>cde</sup>	0.749 <sup>bc</sup>	0.295 <sup>a</sup>	0.526 <sup>ab</sup>
6	334.03 <sup>de</sup>	0.752 <sup>bc</sup>	0.279 <sup>a</sup>	0.480 <sup>ab</sup>
7	184.92 <sup>e</sup>	0.760 <sup>bc</sup>	0.270 <sup>a</sup>	0.470 <sup>ab</sup>
8	442.00 <sup>cde</sup>	0.838 <sup>ab</sup>	0.328 <sup>a</sup>	0.552 <sup>a</sup>
9	381.15 <sup>cde</sup>	0.812 <sup>abc</sup>	0.339 <sup>a</sup>	0.485 <sup>ab</sup>
10	822.49 <sup>ab</sup>	0.788 <sup>abc</sup>	0.339 <sup>a</sup>	0.513 <sup>ab</sup>
11	693.02 <sup>bc</sup>	0.877 <sup>a</sup>	0.400 <sup>a</sup>	0.404 <sup>b</sup>
12	1077.70 <sup>a</sup>	0.857 <sup>ab</sup>	0.404 <sup>a</sup>	0.429 <sup>ab</sup>

Medias en la misma columna con distinta letra son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey (P<0.05)

Totosaus y Pérez-Chabela (2009) reportan que la combinación de goma gelana y MgCl<sub>2</sub> en masas cárnicas bajas en grasa mejoran la textura produciendo valores de dureza entre 3365.28-3773.20 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 último representa una de las grandes ventajas 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 (McGuire, 2009).

Los resultados obtenidos en éste trabajo (Tabla 14) utilizando la celda de Kramer se encontró diferencia en dureza entre los tratamientos observándose valores de 1366 y 7262 g para los tratamiento 7 y 12, respectivamente, se mostró de igual forma para el esfuerzo al corte obteniendo valores de 17467-96820 g\*s.

Totosaus y Pérez-Chabela (2009) cuando utilizaron la celda de Kramer indican que la goma gelana en combinación  $MgCl_2$  producen estructuras más fuertes lo que da lugar a valores de fuerza máxima más grandes.

Con relación a los datos generados con el uso de la navaja de Warner-Bratzler (Tabla 14) no se encontró diferencia entre los tratamientos presentando valores desde 144.91-316.89 g para dureza y 3012-5406 g\*s para esfuerzo al corte. Totosaus y Pérez-Chabela (2009) indican que 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 utiliza la prueba con navaja de Warner-Bratzler.

**Tabla 14.** Fuerza máxima detectada con la celda Kramer (K) y Fuerza al corte con la Navaja Warner-Bratzler (W) en el experimento 2.

Tratamiento	Dureza K (g)	Esfuerzo K (g*s)	Dureza W (g)	Esfuerzo W (g*s)
1	3617 <sup>ab</sup>	37550 <sup>bc</sup>	263.57 <sup>a</sup>	4831 <sup>a</sup>
2	3626 <sup>ab</sup>	46971 <sup>abc</sup>	208.07 <sup>a</sup>	3711 <sup>a</sup>
3	4241 <sup>ab</sup>	51517 <sup>abc</sup>	148.88 <sup>a</sup>	2687 <sup>a</sup>
4	4194 <sup>ab</sup>	57311 <sup>abc</sup>	234.46 <sup>a</sup>	4015 <sup>a</sup>
5	2820 <sup>ab</sup>	36430 <sup>bc</sup>	181.06 <sup>a</sup>	3209 <sup>a</sup>
6	2944 <sup>ab</sup>	33593 <sup>bc</sup>	144.91 <sup>a</sup>	3012 <sup>a</sup>
7	1366 <sup>b</sup>	17465 <sup>c</sup>	175.53 <sup>a</sup>	3325 <sup>a</sup>
8	3440 <sup>ab</sup>	44397 <sup>bc</sup>	209.86 <sup>a</sup>	3645 <sup>a</sup>
9	4002 <sup>ab</sup>	52156 <sup>abc</sup>	261.99 <sup>a</sup>	4750 <sup>a</sup>
10	5767 <sup>ab</sup>	80854 <sup>ab</sup>	260.02 <sup>a</sup>	4888 <sup>a</sup>
11	4518 <sup>ab</sup>	66841 <sup>abc</sup>	316.89 <sup>a</sup>	5406 <sup>a</sup>
12	7292 <sup>a</sup>	96820 <sup>a</sup>	209.65 <sup>a</sup>	4034 <sup>a</sup>

Medias en la misma columna con distinta letra son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ )

---

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

El color de los productos cárnicos cocidos se genera principalmente del pigmento de la carne el cual puede variar dependiendo del contenido de mioglobina, sin embargo cuando se mantiene constante, el color de éste tipo de productos es influenciado principalmente por el contenido de grasa y agua añadida (Pietrasik y Duda, 2000).

Los resultados obtenidos en éste trabajo (Tabla 15) muestran que hubo una diferencia significativa entre tratamientos para  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , en cuanto al parámetro  $L^*$  el valor más alto fue de 75.630 del tratamiento 12 y el más bajo del tratamiento 1 con 61.007, el valor más alto para el parámetro  $a^*$  lo obtuvo el tratamiento 2 con 6.616 y el más bajo el tratamiento 6 con -0.255, mientras que en el valor de  $b^*$  el valor más bajo resulto del tratamiento 11 con 10.850 y el más alto el tratamiento 4 con 14.410.

El tratamiento 12 se utilizó 0.6% de carragenina lo cual implico tener el valor más alto para  $L^*$ , éste resultado difiere con Pietrasik y Duda (2000) quienes reportan que no hay un efecto de la adición de carragenina y de concentrado proteico de soya sobre los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en salchichas elaboradas con carne de cerdo y res.

Sin embargo, Hsu y Chung (2000) estudiaron el efecto de la k-carragenina, sal, fosfatos y grasa sobre la calidad de albóndigas bajas en grasa, encontraron que los polifosfatos afectaron significativamente los valores de  $a$  y encontraron una interacción de los fosfatos con la sal para el valor de  $b$ .

**Tabla 15.** Datos experimentales de la medición de color en mezclas cárnicas de pescado,  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , obtenidos en el experimento 2.

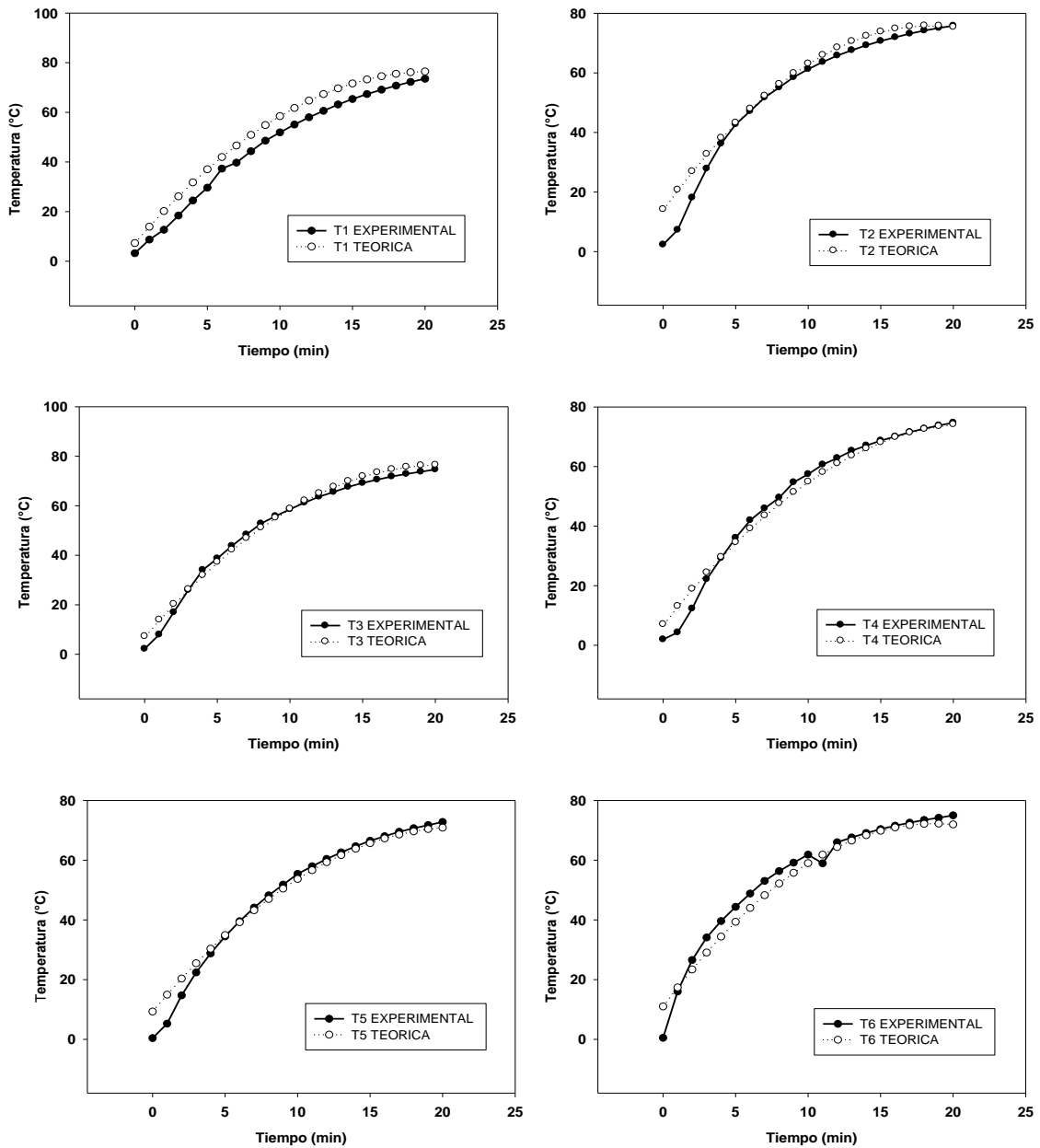
Tratamiento	$L^*$	$a^*$	$b^*$
1	61.133 <sup>e</sup>	0.615 <sup>a</sup>	12.155 <sup>abc</sup>
2	61.007 <sup>e</sup>	0.616 <sup>a</sup>	12.956 <sup>abc</sup>
3	62.668 <sup>de</sup>	0.121 <sup>abc</sup>	13.088 <sup>abc</sup>
4	66.202 <sup>cde</sup>	0.101 <sup>abc</sup>	14.410 <sup>a</sup>
5	66.492 <sup>cde</sup>	-0.398 <sup>abc</sup>	13.756 <sup>a</sup>
6	67.478 <sup>cd</sup>	-0.255 <sup>abc</sup>	12.410 <sup>abc</sup>
7	67.400 <sup>cd</sup>	-0.686 <sup>bc</sup>	13.281 <sup>ab</sup>
8	69.637 <sup>bc</sup>	-0.873 <sup>bc</sup>	13.201 <sup>ab</sup>
9	68.787 <sup>c</sup>	-0.725 <sup>bc</sup>	13.210 <sup>ab</sup>
10	67.187 <sup>cd</sup>	0.285 <sup>ab</sup>	12.538 <sup>abc</sup>
11	74.615 <sup>ab</sup>	-0.966 <sup>c</sup>	10.850 <sup>c</sup>
12	75.630 <sup>a</sup>	-0.798 <sup>bc</sup>	11.420 <sup>bc</sup>

Medias en la misma columna con distinta letra son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ )

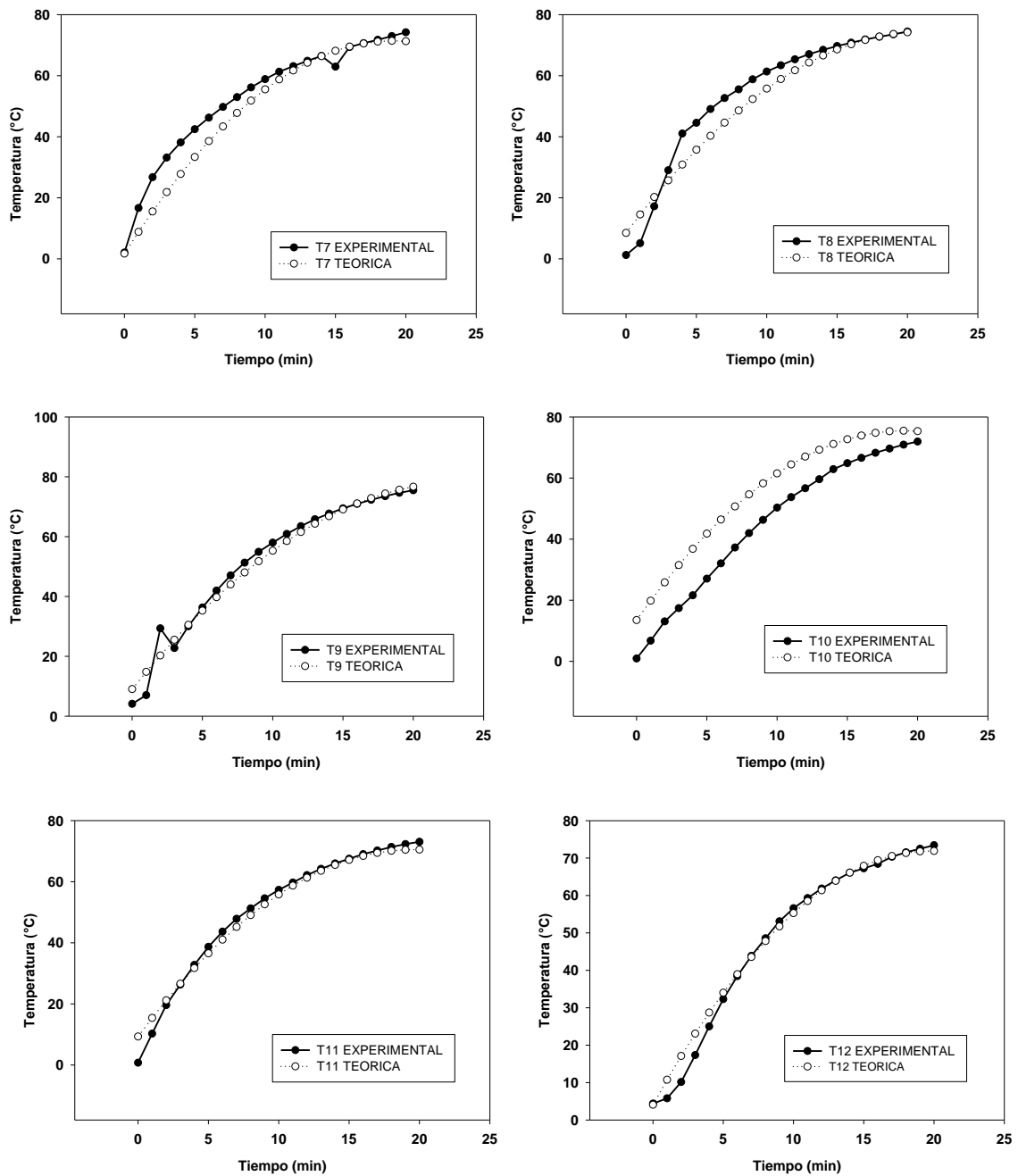
### 5.7 Efecto de la adición de fosfatos y carragenina sobre la difusividad térmica.

La difusividad térmica no solo depende de las propiedades termodinámicas de la materia prima, sino también de su estructura. Durante la cocción de productos cárnicos, la difusividad térmica puede verse afectada por diferentes mecanismos de transferencia de calor y masa (Markowski *et al.*, 2004 y Marcotte *et al.*, 2007). Ésta propiedad cambia con la temperatura y relaciona las tres propiedades termofísicas que son: conductividad térmica, calor específico y densidad (Marcotte *et al.*, 2008).

En la Figura 12 y 12a se muestran las temperaturas obtenidas del monitoreo durante 20 minutos en el centro de las muestras, los datos experimentales se comparan con los teóricos.

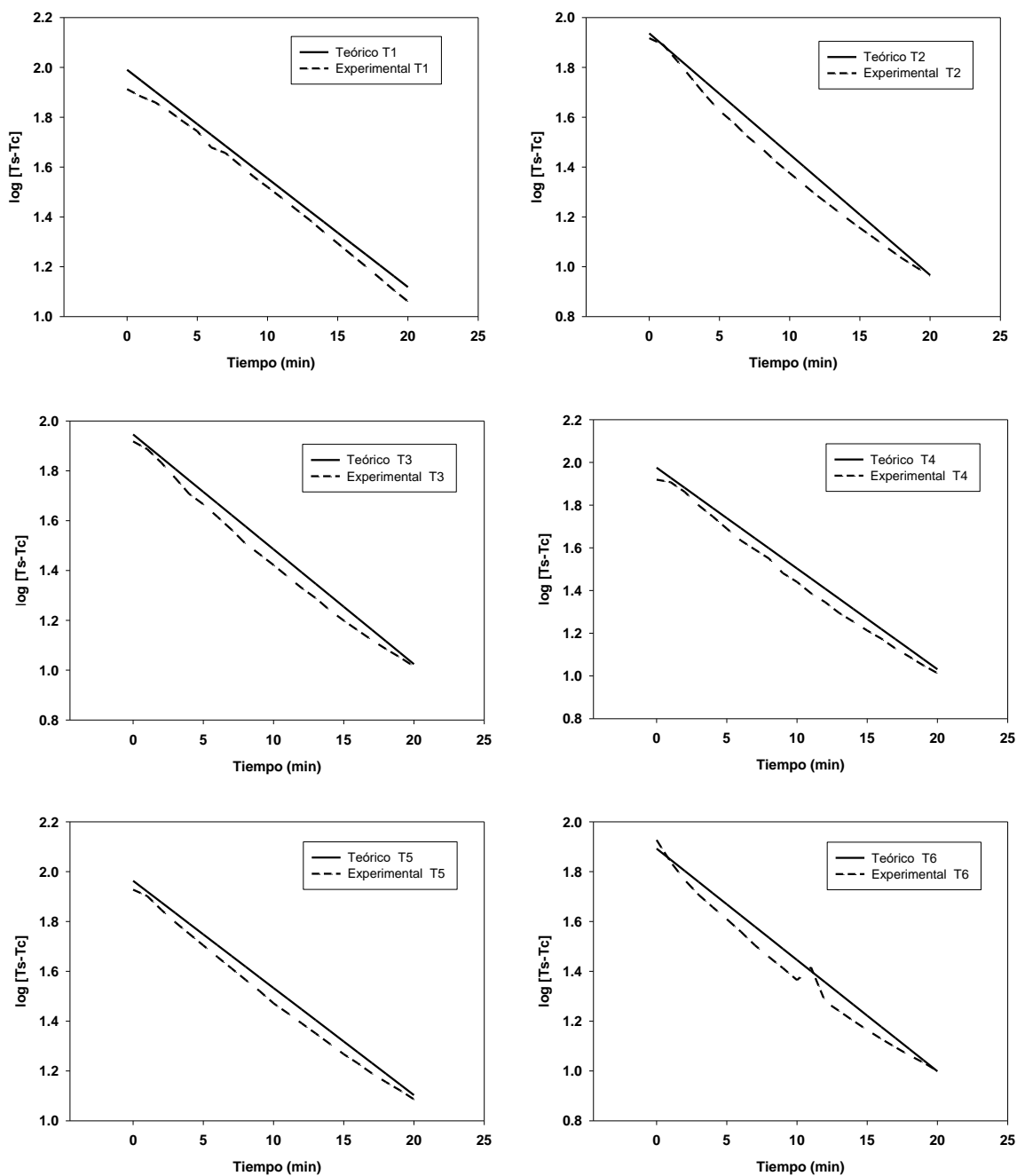


**Figura 12.** Temperaturas monitoreadas en el seno de las masas cárnicas teóricas y experimentales en los T1-T6 del experimento 2.



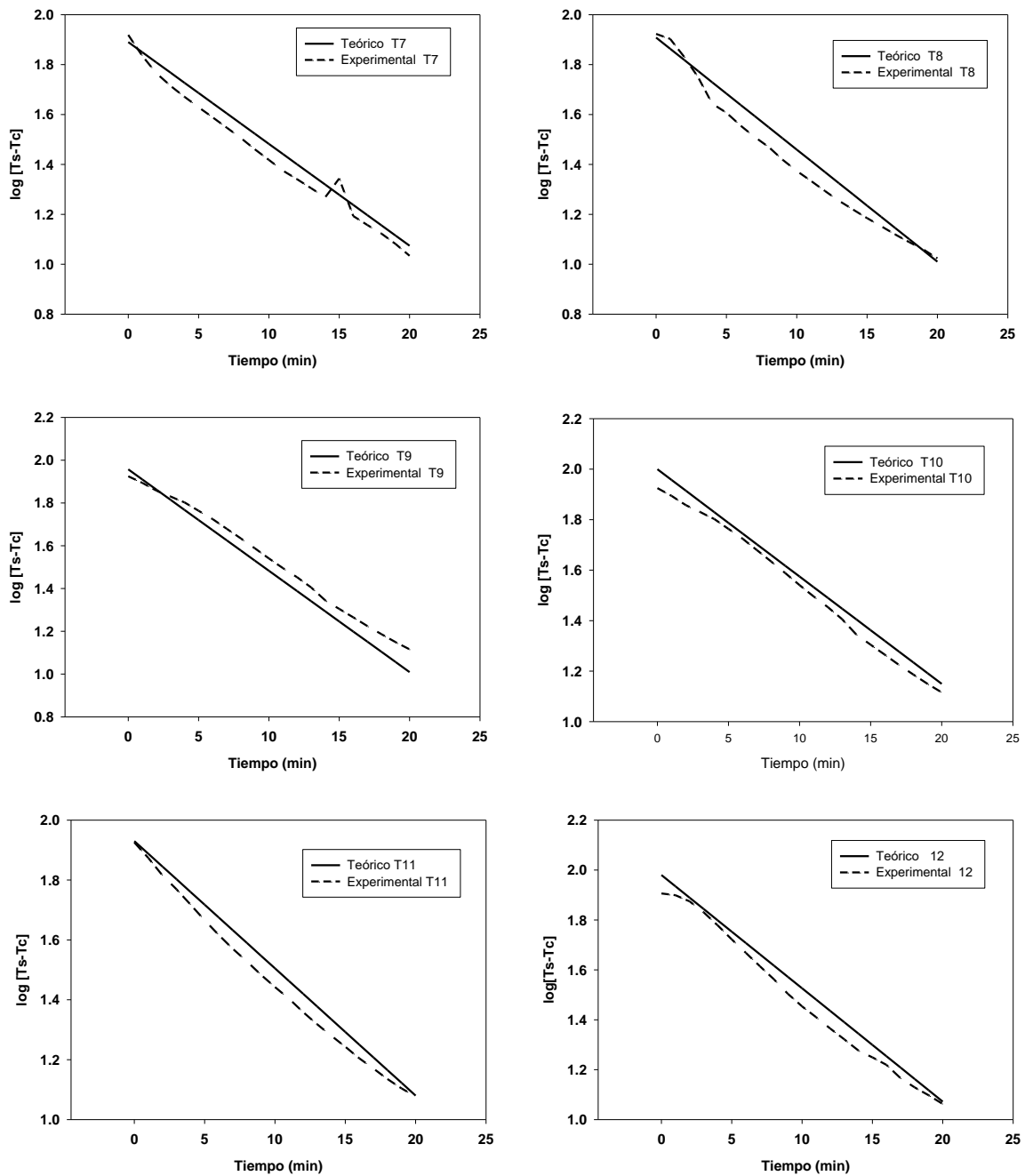
**Figura 12a.** Temperaturas monitoreadas en el seno de las masas cárnicas teóricas y experimentales en los T7-T12 del experimento 2.

En la Figura 13 y 13a se observan las diferencias de temperatura entre la superficie y el centro de las muestras a través del tiempo en escala logarítmica, los datos experimentales se cotejan con los teóricos.



**Figura 13.** Diferencias de temperatura entre la superficie y el centro de las muestras a través del tiempo (escala logarítmica) en los T1-T6 del experimento 2.





**Figura 13a.** Diferencias de temperatura entre la superficie y el centro de las muestras a través del tiempo (escala logarítmica) en los T7-T12 del experimento 2.

---

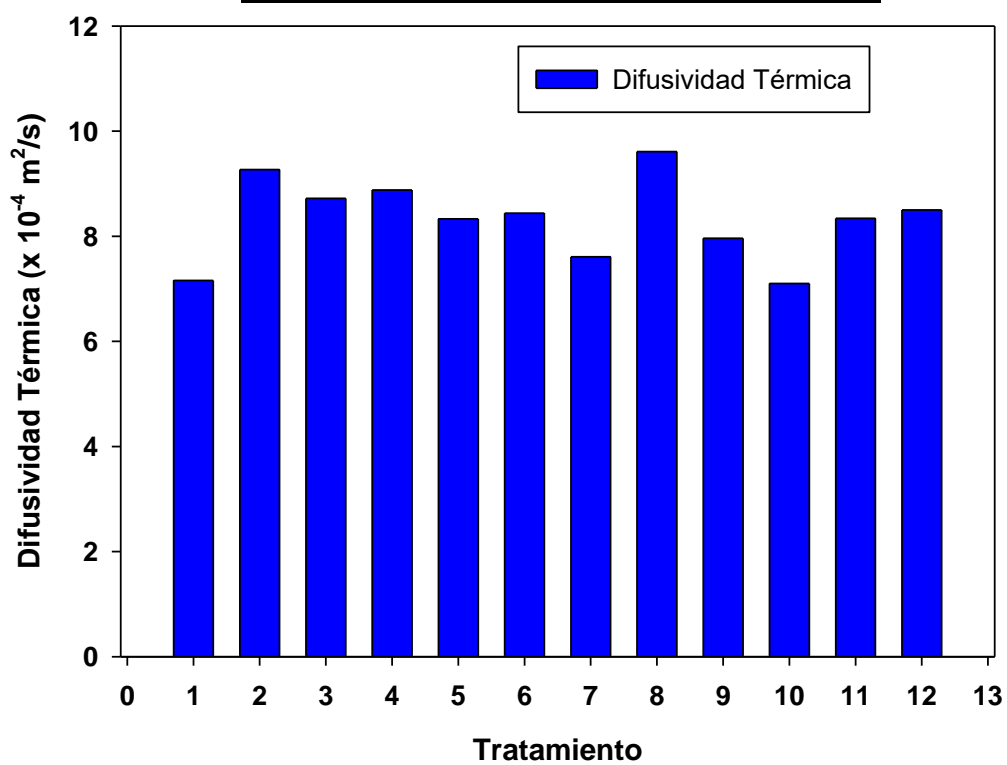
Marcotte *et al*, (2007) estudiaron las propiedades termofísicas de productos procesados elaborados con carne de ave, mencionan que la difusividad térmica es una propiedad que cambia respecto a la temperatura; reportando que a medida que la humedad aumenta, la conductividad y difusividad aumentan. Esto se debe probablemente a la cantidad adicionada de sal (2%) en la emulsión. La proporción de proteínas no influye significativamente en éstas propiedades. Los resultados que obtuvieron del cálculo de la difusividad térmica fueron entre  $8.30 \times 10^{-8} \text{ m}^2\text{s}^{-2}$  y  $1.36 \times 10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ .

Mientras que Ayadi *et al* (2009) utilizaron la misma ecuación para el cálculo de la difusividad en salami y jamón con carne de pavo que la citada en la bibliografía, obteniendo valores entre  $5.11 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$  y  $7.02 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$  para el salami y para el jamón de  $1.98 \times 10^{-8} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ . Por otra parte Markowski *et al* (2004) determinaron la difusividad térmica en salchichas tipo Lyoner durante la cocción y enfriamiento en un baño de agua, obtuvieron resultados entre  $3.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$  y  $4.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ , respectivamente. Estos mismos autores mencionan que las variaciones en la difusividad térmica se deben al contenido en grasa y agua del producto. Ambos autores determinaron la difusividad térmica con los datos de temperatura del centro y superficie de la muestra.

Los resultados del cálculo de la difusividad térmica para el producto cárnico tipo salchicha elaborado con carne de carpa se muestran en la Figura 14, en la cual se observa que el tratamiento 8 fue el que obtuvo el valor más alto de  $9.61 \times 10^{-4} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$  y el más bajo lo obtuvo el tratamiento 10 con  $7.10 \times 10^{-4} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ .

**Tabla 16.** Resultados del cálculo de difusividad térmica.

Tratamiento	Difusividad Térmica ( $\alpha$ ) ( $\times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ )
1	7.16
2	9.27
3	8.72
4	8.88
5	8.33
6	8.44
7	7.61
8	9.61
9	7.96
10	7.10
11	8.34
12	8.50



**Figura 14.** Difusividad Térmica.

---

## VI. CONCLUSIONES.

De acuerdo a las pruebas realizadas, los resultados obtenidos sobre el efecto de la grasa y agua añadida sobre la textura y color, se puede concluir que el tratamiento con 12.5 g de grasa, 237.5 g de carne y 75 g de agua fue el que mejores resultados mostró.

En cuanto a la penetración de calor los efectos que la grasa y el agua añadida tienen sobre ésta, se observa que los tratamientos seis (25g de grasa, 225g carne y 225 g agua) y diez (50 g de grasa, 200 g de carne y 75 g de agua) llegaron a la temperatura esperada en menor tiempo.

Con relación al efecto de la adición de carragenina y fosfatos sobre la textura y color se concluye que el tratamiento doce (50 g de grasa, 200 g de carne, 150 g de agua, 2.5 g de fosfatos y 2.5 g de carragenina) obtuvo mejores resultados con respecto a los demás tratamientos.

Se ha demostrado que la difusividad térmica no solo puede ser calculada a partir de las propiedades termofísicas como se citan en la literatura, sino también a partir de los datos monitoreados de las temperaturas superficial y en el seno del producto. Se encontró una forma de conocer el tiempo de proceso requerido para la cocción de un producto cárnico cocido tipo salchicha elaborado con carne de carpa. Los resultados obtenidos mostraron que el tratamiento ocho (37.5 g de grasa, 212.5 g de carne, 225 g de agua, 2.5 g de fosfatos y 2.5 g de carragenina) fue el que obtuvo un mejor resultado debido a la composición de la emulsión cárnica.

---

## VII. BIBLIOGRAFÍA.

ANÓNIMO. 2008. Hidrocoloides de uso en procesamiento de carnes. Mundo Lácteo y Cárnico. Enero/Febrero: 26-31.

AVILA R.M.C. 2008. Efecto de las cruas terminales de ganado ovino sobre la calidad de la carne. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Pachuca, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Pp. 19-20.

AWUAH,G.B., RAMASWAMY H.S. y ECONOMIDES A. 2006. Thermal processing and quality; Principles and overview. Chemical Engineering and Processing. 46: 584-602.

AYADI M.A., KECHAOU A., MAKNI I. y ATTIA H. 2009. Influence of carrageenan addition on turkey meat sausages properties. Journal of Food Engineering 93: 278-283.

AYADI M.A., MAKNI I., ATTIA H. 2009. Thermal diffusivities and influence of cooking time on textural, microbiological and sensory characteristics of turkey meat prepared products. Journal of Food and Bioproducts Processing. 87: 327-333.

BADUI D.S. 2006. Química de los alimentos. Cuarta edición. Editorial Pearson. Pp. 119, 187, 203-205.

BAÑOS E.B. 2007. Caracterización reológica de masas de harina de trigo adicionadas con fibra soluble. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Pachuca, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Pp. 21, 38-40.

BARBOSA-CANOVAS G.V. e IBARZ R.A. 2005. Tecnología de alimentos. Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Cuarta edición. Editorial Mundi-Prensa. Pp. 340-356, 395-398, 423-478.

---

BAUTISTA S.G. 2008. Efecto del contenido de material grasa y sólidos no grasos de la leche sobre las propiedades funcionales del fundido del queso tipo Oaxaca. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Pachuca, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Pp. 13.

BLANNO M.L. 2005. Funcionalidad de las carrageninas en productos cárnicos: Factores que afectan la solubilidad. Ingredientes para alimentos. Mundo Lácteo y Cárnico. Noviembre/Diciembre. 18-21.

BON J.C., CARCEL C.J.A., MULET P.A. y CLEMENTE P.G. 2006. Transferencia de calor en ingeniería de alimentos. Formulación y resolución de casos prácticos. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Pp. 3.

BOURGEOIS C.M. y ROUX. 1986. Proteínas animales. Editorial Technique Documentation. Paris, Francia

BOURNE M.C. 1982. Food Texture and Viscosity; Concept and Measurement, Ed. Academic Press, New York.

BOURNE M.C. 1978. Texture profile analysis. Food Technology. 32: 62-72.

BORDERIAS A.J. y P. MONTERO. 1998. Fundamentos de la funcionalidad de las proteínas en alimentos. Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos 28(2): 159-169.

BRAECKMAN L., RONSSE F., CUEVA H.P., PIETERS J. 2009. Influence of combined IR-grilling and hot air cooking conditions on moisture and fat content, texture and color attributes of meat patties. Journal of Food Engineering. 93: 437-443.

BUD I., LADOSI D., REKA S.T., NEGREA O. 2008. Study concerning chemical composition of fish meat depending on the considered fish species. Revist Cientific Zootecnie y Biotecnology. 41: 201-206.

---

CARCIOFI B.A.M., FAISTEL J., GLAUSINA M.F., ARAGAO y LAURINDO J.B. 2002. Determination of thermal diffusivity of mortadella using actual cooking process data. *Journal of Food Engineering*. 55: 89-94.

CHUNG H.Y. y HSU S.Y. 2000. Effects of k-carrageenan, salt, phosphates and fat on qualities of low fat emulsified meatballs. *Journal of Food Engineering*. 47: 115-121.

ERDOGDU F. 2007. A review on simultaneous determination of thermal diffusivity and heat transfer coefficient. *Journal of Food Engineering*. 86: 453-459.

FAO. 2009. Organización para la Agricultura y la Alimentación. [www.fao.org/docrep/v7180s/v7180s05.htm](http://www.fao.org/docrep/v7180s/v7180s05.htm) .Fecha de consulta: 12/julio/2010.

FENNEMA O.R. 1997. Food chemistry. Third edition. Marcel Dekker editorial, NY. USA. Pp. 366-367, 373-374, 376, 291.

FENNEMA O.R. 2000. Química de los Alimentos. Segunda Edición. Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España. Pp. 1035-1040.

FONDEPESCA. 1986. El cultivo de la carpa en México. Fondo Nacional para el Desarrollo Pesquero. 9: 2-40.

GANESH A., DILEEP A.O., SHAMASUNDAR B.A., y SINGH U. 2005. Gel-forming ability of Common carp fish (*Cyprinus carpio*) meat: effect of freezing and frozen storage. *Journal of Food Biochemistry*. 30: 342-361.

GARRIDO E.C. 2006. Efecto de las proteínas de la piel de cerdo sobre la textura de salchichas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Pachuca, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Pp. 12-15, 17-22, 24-25, 28-29, 36.

GEANKOPLIS C.J. 1998. Procesos de transporte y operaciones unitarias. Tercera edición. Editorial CECSA. Pp. 241, 249-250, 279, 285-286, 290, 368-371.

---

GLAVINA M.Y., DI SCALA K.C., ANSORENA R. y DEL VALLE C.E. 2005. Estimation of thermal diffusivity of foods using transfer functions. *Swiss Society of Food Science and Technology* 39: 455-459.

GUERRERO L.I., PONCE A.E., PEREZ C. M.L. 2002. Curso Práctico de Tecnología de carnes y pescado. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, DF. México. Pp. 12-14, 46-47, 107-108.

GUERRERO L.I. y ARTEAGA M.M. 1996. Tecnología de carnes. Editorial Trillas. Pp. 54-55.

GULER G.O., KIZTANIR B., AKTUMSEK A., CITIL O.B. y OZPARLAK H. 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 Chemistry*. 105: 689-694.

HEDGES N., NIELSEN J. 2007. The Selection and Pre-treatment of Fish. Danish Institute for Fisheries Research, Bygning. Pp. 15-20.

HOLMAN J.P. 1999. Transferencia de calor. Décima reimpresión. Editorial Continental, S.A. de C.V. Pp. 35-36, 42-48, 50-68.

INEGI. 2010. Perspectiva Estadística Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

JOHN M.M. 1999. Principles of Food Chemistry. Third Edition. Aspen Publishers editorial, USA. Pp. 205, 231.

JONSSON A., SIGURGISLADOTTIR S., HAFSTEINSSON H. y KRISTBERGSSON K. 2000. Textural Properties of raw Atlantic salmon (*Salmon salar*) fillets measured by different methods in comparison to expressible moisture. *Aquaculture Nutrition*. 20017: 81-89.



---

JUDGE D.M., ABERLE D.E., FORREST C.J., HEDRICK B.H. y MERKED A. 1988. Principles of Meat Science. Second Edition. Pp. 11-12, 15, 17-19, 21-22 y 135.

KNIPE L. 2006. Uso de fosfatos en productos cárnicos. Mundo Lácteo y Cárnico. Noviembre/Diciembre: 6-11.

LEHNINGER A.L. 2003. Principios de Bioquímica. Segunda edición. Ediciones Omega, USA. Pp. 1042-1047, 1091-1098.

LOZADA Z.J.E. 2007. Determinación de la concentración de metales en *Cyprinus carpio Linnaeus* 1758 (carpa común) de la Laguna de Mezquitlan, Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básicas. Pachuca, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Pp. 35.

LUND D. 2003, Predicting the impact of food processing on food constituents. Journal Food Engineering. 56: 113–117.

MARCOTTE M., TAHERIAN R.A. y KARIMI Y. 2008. Thermophysical properties of processed meat and poultry products. Journal of Food Engineering. 88: 315-322.

MARKOWSKI M., BIALOBRZEWSKI I., CIERACH M., y PAULO A. 2004. Determination of thermal diffusivity of Lyoner type sausages during water bath cooking and cooling. Journal of Food Engineering. 65: 591-598.

MACGUIRE R.A.E. 2008. Tecnología de ingredientes para retener la humedad. Tecnologías de Procesamiento. Carnetec. <http://www.carnetec.com>. Fecha de acceso: 15/junio/2010

MCGUIRE R.A.E. 2009. Como obtener los mejores rendimientos y textura en las carnes procesadas mediante el uso de carrageninas. Tecnologías de Procesamiento. Carnetec.<http://www.carnetec.com>. Fecha de acceso: 15/junio/2010.

---

MAHMOUND B.S.M., KAWAI Y., YAMAZAKI K., MIYASHITA K., y SUSUKI T. 2006. Effect of treatment with electrolyzed NaCl solutions and essential oil compounds on the proximate composition, amino acid and fatty acid composition or carp fillets. Food Chemistry. 101: 1492-1498.

OCAÑO-HIGAREDA V.M., MARQUEZ R.E., CANIZALES D.M., CASTILLO Y.F.J., PACHECO A.R., LUGO S.E.M., GARCIA O.K.D., y GRACIANO V.A.Z. 2009. Postmortem changes in cazon fish muscle stored on ice. Food Chemistry. 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 Science. 70: 161-166.

SAGARPA. 2007. Secretaría de Ganadería, Agricultura y Pesca

SANCHEZ R.L., ZAVALA R.C., RUIZ O.A. y VALDES M.S.E. 2004. Guía para los Análisis Químico Proximal, Microbiológicos, Físicos y Sensoriales de la Carne y Productos Cárnicos. Tecnología de Alimentos. Marzo/Abril. 39 (2): 5-33.

SEBRANEK J.G. 2009. Ingredients in Meat Products. Chapter I. Basic Curing Ingredients. Editorial Springer. Pp. 2-4, 6-9, 11-12, 16-20.

SZCZESNIAK A.S. 1963. Classification or Textural Characteristics, Journal Food Science. 28: 324-327.

SZCZESNIAK A.S. 1963. Objective measurements of food texture. Journal of Food Science. 28: 410-420.

Texture Technologies. 2002. The Texture report. A newsletter for the academic clients of Texture Tecnology Corp.

---

TOTOSAUS A. 2006. Funcionalidad de las proteínas musculares. División de Ingeniería Química y Bioquímica. Tecnológico de Estudios Superiores Ecatepec. Ecatepec de Morelos, México. Pp. 1-9, 13-15, 37-48.

TOTOSAUS A. y PÉREZ-CHABELA M.L. 2009. Textural properties and microstructure of low-fat and sodium-reduced meat batters formulated with gellan gum and dicationic salts. Food Science and Technology. 42: 563-569.

WARRIS P.D. 2003. Ciencia de la Carne. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. Pp. 89.