



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Efecto de la adición de carragenina y aislado  
proteico de soya en la estabilidad de un  
producto reestructurado de pollo

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERA EN ALIMENTOS**

PRESENTA:

**YARELY SAHARAY MONTIEL LÓPEZ**

ASESORAS:

Dra. Adriana Llorente Bousquets  
I.A. María Guadalupe López Franco



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN



**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO  
Jefe del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis**

**Efecto de la adición de carragenina y aislado proteico de soya en la estabilidad de un producto reestructurado de pollo.**

Que presenta la pasante: **Yarely Saharay Montiel López**

Con número de cuenta: **307275189** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**

**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de Agosto de 2016.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Dra. Adriana Llorente Bousquets	
<b>VOCAL</b>	I.B.Q. Leticia Figueroa Villarreal	
<b>SECRETARIO</b>	M. en C. Taís Nopal Guerrero	
<b>1er. SUPLENTE</b>	I.A. Verónica Romero Arreola	
<b>2do. SUPLENTE</b>	M. en C. Jonathan Coria Hernández	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

## AGRADECIDIMIENTOS

A la máxima casa de estudios la **Universidad Nacional Autónoma de México**, por permitirme ser parte de esta gran familia estudiantil, en especial a la **Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán**, donde me forme como una persona profesional y humana. Gracias por las aulas donde obtuve diversos conocimientos, por los laboratorios experimentales que me hicieron explotar todas mis habilidades, por las diversas actividades que esta facultad nos brindaba y que nos ayuda a ser mejores personas.

**A todos los profesores** que fueron participes de mi formación profesional, gracias a aquellos que me brindaron sus conocimientos, aquellos que fueron pacientes cuando lo necesite, aquellos que más que profesores fueron compañeros de experiencias y nos enseñaron a apreciar el arte de enseñar.

A la **Dra. Adriana Llorente** que más que ser una profesora fue un apoyo tanto profesional como personal en esta etapa de mi vida. Gracias por dedicarme parte de su tiempo y ayudarme a concluir este gran pasó que doy. Por su paciencia, su dedicación, por todos los conocimientos brindados.

A la profesora **María Guadalupe López** y al **M. en C. Jonathan Coria**, por ser parte de mi aprendizaje durante la realización de la tesis.

Y a todos los profesores que formaron parte del **Jurado** de este proceso de titulación.

Esta tesis forma parte de los proyectos del **Taller Multidisciplinario de Ingeniería en Alimentos: Procesos Tecnológicos de Productos Cárnicos Laboratorio 7 de Bioconservación en la Unidad Multidisciplinaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán**.

Se agradece al proyecto DGAPA-PAPIIT IT202312 “ESTRATEGÍAS DE BIOCONSERVACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA CARNE Y SUS PRODUCTOS” y PIAPI 1635 “PROCESOS TECNOLÓGICOS DE PRODUCTOS CÁRNICOS”, por el apoyo recibido para este proyecto de tesis.

## DEDICATORIAS

### ***A mis padres***

No acabaría jamás de agradecer todo lo que ustedes siempre han hecho por mí, todo lo que me han dado y me han enseñado, gracias por su apoyo, comprensión, dedicación y sobre todo el amor tan grande que me tienen. Mami a ti por el amor que me das todos los días, por el esfuerzo que has hecho para que yo llegue a este punto, por siempre ser un gran apoyo en los buenos y los malos momentos, por ser mi ejemplo a seguir por ese gran corazón que tienes y ser siempre la más cariñosa, por ser la mejor maestra de mi vida, gracias a la vida por ser tu mi madre. Te amo. Papi el mejor hombre de mi vida, mi otro ejemplo a seguir de lo que se llama salir adelante, gracias por siempre darme las mejores palabras de aliento, por creer en mí, por siempre hacer todo por hacernos felices, gracias por nunca dejarme sola, por todo lo que has hecho para que esto se hiciera realidad, gracias por ser mi padre. Te amo.

### ***A mi hermana Jess***

La única y la mejor de todo el mundo, gracias porque aunque lejos siempre caminas a mi lado, por siempre como hermana mayor preocuparte y querer lo mejor para mí, por alentarme a subir siempre más alto, por ser un ejemplo y demostrarme que cuando se quiere los sueños se pueden cumplir. Tú a mi lado mil años más, te amo.

### ***A mi novio Carlos***

El segundo hombre de mi vida, podría sonar cursi pero lo eres, porque me has enseñado tanto que tal vez ni te das cuenta, eres un ejemplo de lucha y fortaleza para mí, gracias por ser siempre mi apoyo cuando estoy bien y sobre todo cuando estoy mal, por alentarme a concluir esta etapa de mi vida, y comenzar nuevos retos en los que estoy segura tu estarás a mi lado para lograrlos, Gracias por tantos momentos compartidos durante y después de nuestra etapa escolar. Pero sobre todo gracias porque a pesar de los años sigues haciéndome feliz. Te amo tanto.

### ***A mi familia y amigos***

Gracias a todos ustedes por de alguna forma ser parte de esta etapa de mi vida que aquí concluye, por alentarme con sus palabras, por brindarme amor, amistad. Sé que sin muchos de ustedes el camino hubiera sido difícil. Gracias.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
CAPITULO 1 MARCO TEÓRICO .....	12
1.1    Macro y microestructuras del músculo.....	13
1.1.1    Músculo esquelético.....	13
1.1.2    Proteínas musculares de importancia .....	17
1.2    Carne de pollo.....	18
1.2.1    Composición química.....	18
1.2.2    Consumo en México .....	19
1.3    Canal de pollo .....	20
1.3.1    Despiece y deshuesado de aves .....	20
1.3.2    Rendimientos .....	21
1.3.3    Cambios químicos.....	21
1.4    Reestructurados cárnicos.....	22
1.4.1    Ventajas de la reestructuración.....	22
1.4.2    Clasificación de los productos reestructurados .....	23
1.5    Factores que afectan a los reestructurados .....	24
1.5.1    Relacionados con la composición.....	24
1.5.2    Tecnológicos .....	25
1.6    Ingredientes no cárnicos en reestructurados .....	27
1.6.1    Huevo .....	27
1.6.2    Sal.....	27
1.6.3    Carragenina.....	28
1.6.4    Aislado de proteína de soya (APS).....	31
1.6.5    Otros componentes .....	34
1.7    Métodos de análisis.....	34
1.7.1    Capacidad de retención de agua .....	35
1.7.2    Dureza.....	37
1.7.3    Rendimiento .....	37
JUSTIFICACIÓN.....	39
CAPITULO 2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	40
2.1    Cuadro metodológico .....	41

2.2 Objetivos .....	42
Objetivo general.....	42
Objetivos particulares .....	42
Hipótesis .....	42
2.3 Diseño experimental.....	43
2.4 Actividades preliminares.....	44
2.5 Diagrama de bloques .....	51
2.6 Descripción del proceso.....	52
CAPITULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	57
3.1 Análisis estadísticos y discusión de resultados .....	58
3.1.1 Capacidad de retención de agua .....	59
3.1.2 Dureza.....	65
3.1.3 Disminución de tamaño del producto final.....	69
3.1.4 Tratamiento térmico .....	74
CONTRASTACION DE HIPOTESIS .....	79
CONCLUSIONES.....	80
BIBLIOGRAFÍA.....	82

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía del músculo estriado esquelético (Bachle and Earle, 2007) .	14
Figura 2. Diagrama de la organización celular (Wilmore and Costill, 2007) .....	15
Figura 3. Organización celular (Wilmore and Costill, 2007) .....	16
Figura 4. Estructura de kappa, iota y lambda carragenina. (Liners, et al, 2005) ...	30
Figura 5. Canal de pollo, retiro de piel y grasa .....	44
Figura 6. Retiro de alas .....	45
Figura 7. Retiro de piernas y muslos.....	45
Figura 8. Retiro de pechuga.....	46
Figura 9. Obtención de pulpa de pollo.....	47
Figura 10. Medición de pH en carne de pollo .....	48
Figura 11. Determinación de actividad de agua en carne de pollo.....	48
Figura 12. Medición de capacidad de retención de agua en carne de pollo.....	49
Figura 13. Cedazos de acero inoxidable .....	50
Figura 14. Elaboración de reestructurados de carne de pollo .....	51
Figura 15. Deshuesado de canal de pollo .....	52
Figura 16. Molienda de carne de pollo .....	53
Figura 17. Adición de ingredientes y mezcla de CK-ASP, mezclado .....	54
Figura 18. Moldeado, rebozado y empanizado de muestras.....	54
Figura 19. Medición de dureza en muestras .....	55
Figura 20. Medición del rendimiento .....	56
Figura 21. Gráfica de efectos principales en capacidad de retención de agua (1= [ ] 25-75%, 2= [ ] 50-50%, 3= [ ] 75-25% Y 4= Control, TP1= tamaño partícula 6 mm y TP2= tamaño partícula 10 mm).....	61
Figura 22. Grafica de caja, valores promedio de capacidad de retención de agua de las muestras. (1= [ ] 25-75%, 2= [ ] 50-50%, 3= [ ] 75-25% Y 4= Control, TP1= tamaño partícula 6 mm y TP2= tamaño partícula 10 mm).....	62
Figura 23. Gráfico de efectos principales en dureza. (1= [ ] 25-75%, 2= [ ] 50-50%, 3= [ ] 75-25% Y 4= Control, TP1= tamaño partícula 6 mm y TP2= tamaño partícula 10 mm).....	66



Figura 24. Grafica de caja, valores promedio de dureza de las muestras. (1= [ ] 25-75%, 2= [ ] 50-50%, 3= [ ] 75-25% Y 4= Control, TP1= tamaño partícula 6 mm y TP2= tamaño partícula 10 mm).....	67
Figura 25. Gráfica de efectos principales en disminución de tamaño .....	71
Figura 26. Gráfica de caja, valores promedios de disminución de tamaño del producto final.....	73
Figura 27. Gráfico de efectos principales de tratamiento, concentración de mezcla y tamaño de partícula en la dureza .....	76
Figura 28. Gráfico de interacción de tratamiento, concentración de mezcla y tamaño de partícula en la dureza.....	77

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro.- 1 Composición de la carne de pollo.....	19
Cuadro.- 2 Resultados globales de capacidad de retención de agua del producto final.....	60
Cuadro.- 3 Resultados globales de dureza del producto final .....	65
Cuadro.- 4 Resultados globales obtenidos de rendimiento en el producto final ...	70
Cuadro.- 5 Resultados globales de disminución de dimensiones en las muestras reestructuradas refrigeradas y freídas.....	75

## RESUMEN

México ha tenido una participación de 3.418 millones en consumo de carne de pollo, ya que se trata de un alimento de precio accesible, sin embargo la falta de opciones de comercialización de carne de pollo de bajo valor comercial es un problema para la industria cárnica. Por lo que ha sido necesario proponer nuevas alternativas, como la tecnología de reestructuración que apareció como un nuevo concepto para mejorar la utilización de la carne, ésta tecnología permite la posibilidad de modificar la composición mediante la adición de ingredientes funcionales que brindan al producto características que cumplen con las exigencias del mercado. El objetivo de este proyecto fue determinar el efecto del uso de ingredientes funcionales como la carragenina *kappa* y el aislado de proteína de soya (APS) en la elaboración de un producto reestructurado de carne de pollo. Se elaboró un producto tipo nugget al cual se adicionaron 3 distintas mezclas de carragenina *kappa*-aislado de proteína de soya (25-75, 50-50 y 75-25) y dos diferentes diámetros de partícula cárnica (6 y 10 mm). Con el fin de obtener un producto reestructurado estable, para lo cual se determinaron algunos parámetros de calidad (capacidad de retención de agua, dureza y rendimiento). Se realizó un análisis de varianza de dos vías a los datos obtenidos de la experimentación con la ayuda del software Minitab 16.0.1. Se obtuvo que la concentración de mezcla más efectiva en la estabilidad del sistema era aquella con mayor contenido de carragenina *kappa* y que tamaños menores de partícula otorgan mejores valores en variables como la dureza y el rendimiento.

## INTRODUCCIÓN

La carne de pollo es la más consumida a nivel mundial, México ha tenido una gran participación en consumo de carne de pollo, sin embargo existe poco consumo de una canal completa (Sagarpa, 2015).

La falta de opciones de comercialización de algunas partes del pollo, considerados de bajo valor comercial por su bajo consumo, ha llevado a la industria cárnica a proponer nuevas alternativas (Sams, 2001). En algunas especies el rendimiento de músculo puede ser del 50%, por lo que con estos restos se podrían elaborar productos de mayor valor añadido. La tecnología de reestructuración apareció como un nuevo concepto para mejorar la utilización de la carne (Mandigo, 1988) además de ser un buen método de comercialización de partes de la canal de bajo valor comercial, que permite obtener productos cárnicos prácticamente de cualquier forma o tamaño (Cambero *et Al.*, 1991). Adicionalmente, la posibilidad de modificar la composición de productos cárnicos reestructurados mediante la adición de ingredientes funcionales, favorecen el desarrollo de mejores características, que cumplen con las exigencias del mercado, el cual demanda porciones regulares, con mayor rendimiento, estables, de calidad, de preparación sencilla y rápida (Sun, 2010).

Son considerados reestructurados aquellos productos elaborados a partir de materias primas cárnicas que tras un proceso de desintegración estructural (troceado, picado, etc.), son sometidos a un proceso de reestructuración a fin de impartirles las características propias de los productos que pretendan imitar: filetes, porciones magras, etc. Suelen ser comercializados como productos crudos y precocinados o cocinados (Mandigo 1988; Cambero *et al.*, 1991).

Cuando el producto reestructurado es crudo, éste es ofrecido principalmente congelado, debido a su inestabilidad a temperaturas de refrigeración, lo que ocasiona una serie de inconvenientes tanto para la industria como para

consumidor, por lo cual se han diseñado alternativas para mejorar la estabilidad de los productos reestructurados, mediante el uso de ingredientes funcionales.

Los ingredientes funcionales además de poseer uno o más componentes nutrimentales que benefician diversas funciones del organismo, enriquecen o fortalecen las propiedades sensoriales y físicas de los alimentos (Ramírez, 2015).

Las proteínas y polisacáridos son las dos clases de biopolímeros más utilizados como ingredientes funcionales en la industria de los alimentos. Como ambos son a menudo, usados simultáneamente, sus interacciones permiten controlar la estructura, textura y estabilidad de los alimentos manufacturados (Schmidtt *et al.*, 1999).

La carragenina *kappa* es utilizada ampliamente en la industria alimentaria debido a su capacidad de formar geles termorreversibles a temperatura ambiente, transparentes, de texturas rígidas a elásticas y con distintos grados de retención de agua (Fennema, 2000), mientras que el aislado de proteína de soya (APS) contiene numerosas cadenas polares laterales con lo cual se vuelve hidrofílica tal proteína, por lo tanto, las proteínas tienden a absorber y retener agua cuando están presentes en sistemas de alimentos confiriendo propiedades emulsificantes y gelificantes (Hoogenkamp, 2008).

Éste proyecto tiene como objetivo elaborar un producto cárnico reestructurado que cumpla con dichas características, para ello fue necesario evaluar el efecto de la adición de diferentes mezclas de carragenina *kappa* - aislado de proteína de soya (APS), en su interacción con las proteínas cárnicas del pollo y el grado de obtención de estas mediante la disminución del tamaño de partícula de la carne de pollo, para la formación de un gel que brinde mayor estabilidad al sistema.

# CAPITULO 1

# MARCO TEÓRICO

## 1.1 Macro y microestructuras del músculo

Los organismos multicelulares han desarrollado células muy especializadas llamadas “*células musculares*” cuya función es la de salvaguardar las necesidades de movilidad interna y externa que tiene el organismo, son alargadas, con el eje longitudinal orientado en dirección del movimiento, a menudo en forma tan evidente que se le denominó: “fibras”. En el organismo de los vertebrados existen tres tipos de musculatura: liso, esquelético y cardíaco. El liso se encuentra en las vísceras, el cardíaco en el corazón y el esquelético en el exterior para funciones de movilidad (Geneser, 2000).

### 1.1.1 Músculo esquelético

En la estructura, tienen lugar, las características organolépticas que determinan los índices de la calidad comercial de la carne y aspectos relacionados con la maduración y los métodos de conservación, cada especie tiene diferente composición y porcentaje de dichos componentes que la conforman y esto determina su comportamiento ante diferentes factores y procesos.

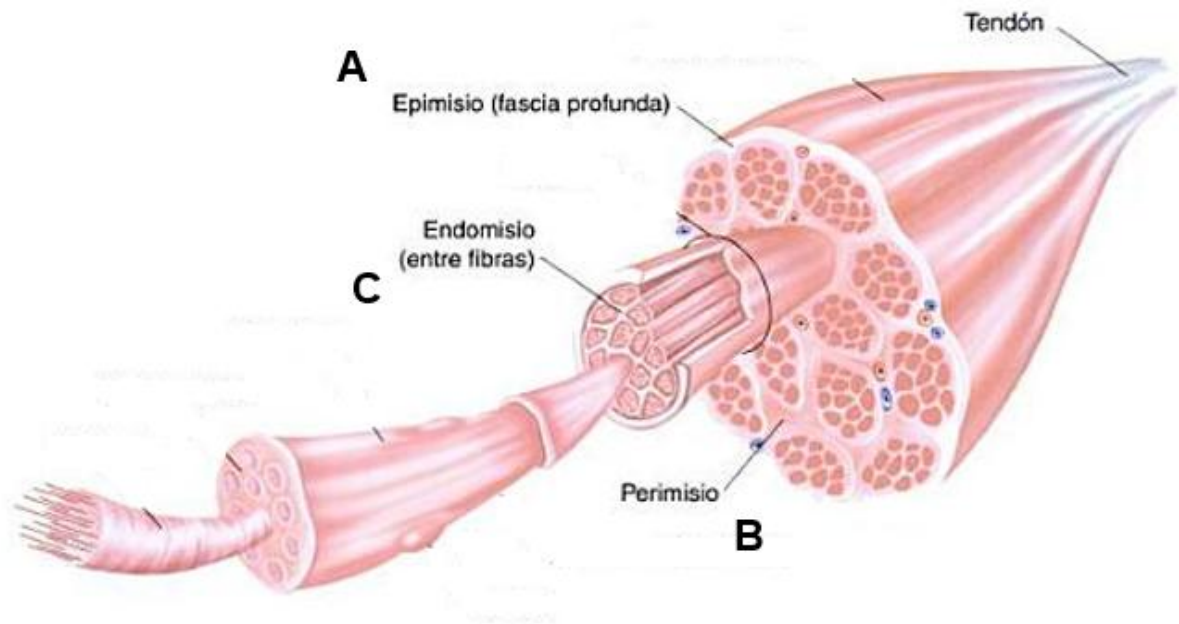
El tejido muscular esquelético es el principal componente del organismo, en el cual las células exhiben estriaciones transversales, se fija al hueso por medio de los tendones y tiene a su cargo el movimiento de los esqueletos (Geneser, 2000).

Un músculo esquelético se compone de fibras de músculo estriado unidas por tejido conectivo, éste es designado con nombres específicos, que describen su relación con las fibras musculares:

- El *epimisio* (Figura 1A) es la vaina de tejido conectivo denso que rodea todo el conjunto de fascículos que forman el músculo.
- El *perimisio* es una capa más gruesa del tejido conectivo que rodea un grupo de fibras para formar un “haz” o fascículo. Los *fascículos* son

unidades funcionales de fibras musculares que actúan en conjunto para desempeñar una función específica (Figura 1B).

- El *endomisio* (Figura 1C) es la delicada capa de fibras reticulares que rodea inmediatamente las musculares individuales (Ross, 2008).

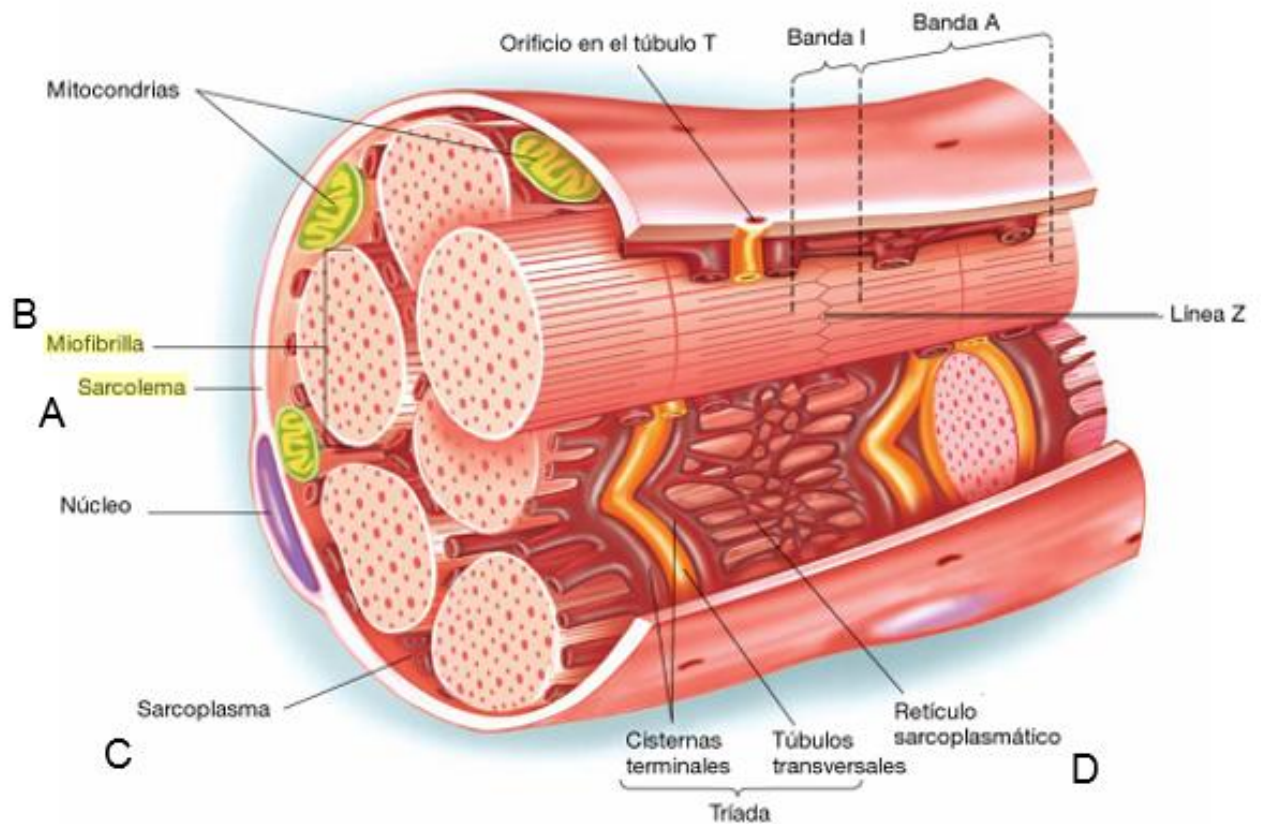


**Figura 1. Anatomía del músculo estriado esquelético (Bachle and Earle, 2007)**

*Organización celular.* Las células musculares, que se organizan en fascículos, se unifican por medio de envolturas de tejido conectivo. Cada fascículo está formado por un conjunto de fibras musculares. La fibra muscular es una célula alargada cuya longitud alcanza varios centímetros (Figura 2).

- *Sarcolema:* Rodea a la fibra muscular. Presenta finas invaginaciones tubulares (tubos transversos o tubos T) distribuidas regularmente a lo largo de la fibra muscular (Figura 2A).
- *Miofibrillas.* Son elementos contráctiles de las células de los músculos esqueléticos, cada una está formada por una cadena de unidades contráctiles repetitivas, los sarcómeros (Figura 2B).

- *Sarcoplasma*. Contiene los organelos responsables de su funcionamiento (retículo endoplásmico, mitocondrias...) y el citoesqueleto (Figura 2C). En este se encuentran reservas importantes de glucógeno, así como la mioglobina (Mekrami y Brignol, 2003).
- *Retículo endoplásmico liso y túbulo T*. Este forma extensiones de modo que dos bolsas del retículo sarcoplásmico rodean cada túbulo T para formar una triada, la cual permite el paso de la señal nerviosa durante la liberación de calcio, es decir el acoplamiento de la excitación a la contracción (Figura 2D).



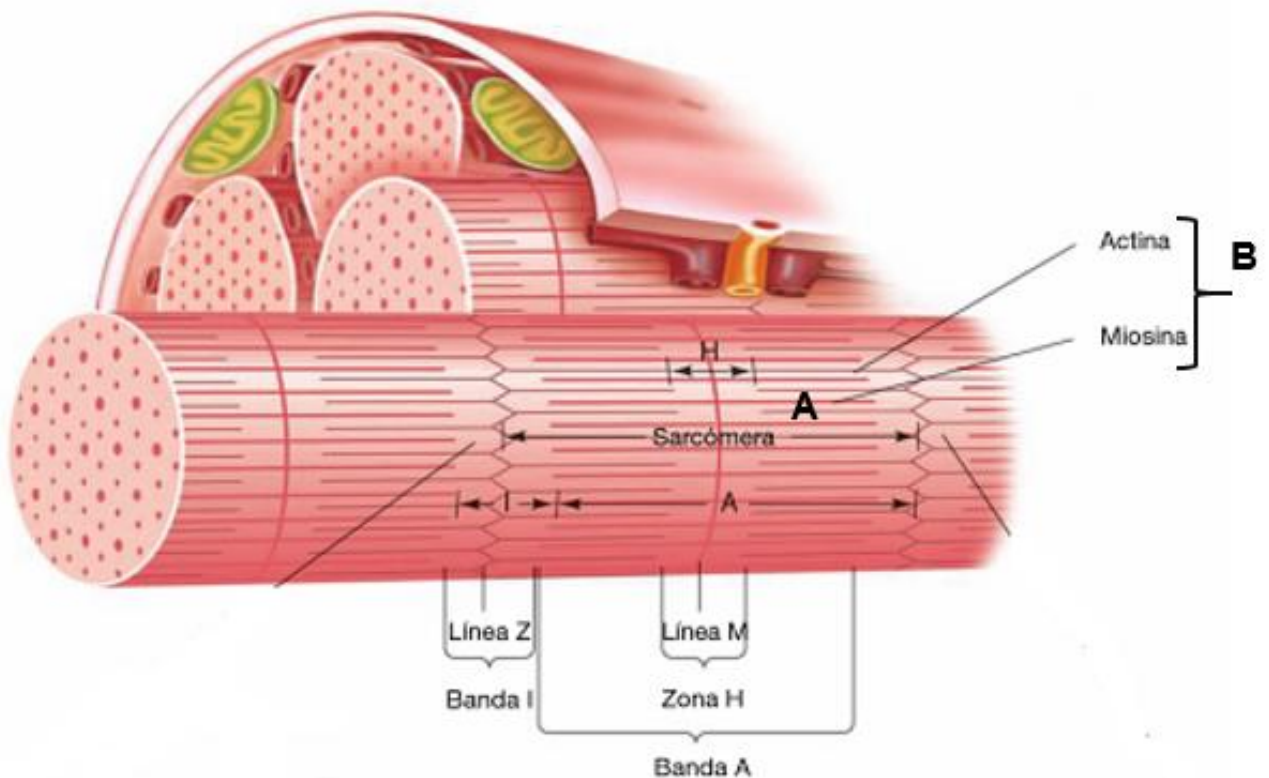
**Figura 2. Diagrama de la organización celular (Wilmore and Costill, 2007)**

- *Sarcómeros*. A lo largo de cada miofibrilla hay una alternancia de bandas oscuras (Banda A) y claras (Banda I), cada banda A esta cortada en medio



por una raya clara (Banda H), en medio de la banda I se encuentra una zona más oscura (Estría Z), la región de una miofibrilla incluida entre dos estrías Z sucesivas representa un sarcómero (Figura 3A).

- *Miofilamentos* (Figura 3B). Las miofibrillas están formadas por dos tipos de filamentos de proteína o miofilamentos, la filamentos gruesos formados por miosina y los filamentos finos formados de actina (Mekrami y Brignol, 2003).



**Figura 3. Organización celular (Wilmore and Costill, 2007)**

La mayor parte del músculo esquelético está compuesto por un tipo de células filamentosas que contiene estructuras miofibrilares dispuestas longitudinalmente. A dichas estructuras se les denomina miofibrillas, constituidas por finas fibras de proteínas (Flores y Bernell, 1983; Hui, 2006).

### 1.1.2 Proteínas musculares de importancia

Representan el componente más abundante de la materia seca del músculo y desempeñan un papel fundamental en las funciones fisiológicas *in vivo*, en los cambios que se originan después de la muerte del animal y en las propiedades de la carne para su consumo, tanto fresco como industrializado (Yufer, 1979).

De acuerdo con la procedencia, las proteínas musculares se pueden clasificar en miofibrilares, sarcoplásmicas y del tejido conectivo.

- Proteínas del aparato contráctil (miofibrilares), extraíbles en su mayor parte con disoluciones salinas concentradas (miosina, actina, tropomiosina, troponina, etc.).
- Proteínas solubles (sarcoplásmicas), extraíbles con agua o soluciones salinas diluidas (mioglobina, enzimas).
- Proteínas insolubles (del tejido conectivo).

*Proteínas miofibrilares o contráctiles:* Constituyen alrededor del 60% del total del músculo esquelético (Kauffman, 2001), Son las responsables de la contracción muscular aunque no todas las proteínas de esta fracción se encuentran directamente relacionadas con la contracción. Por tanto, según su función las dividen en 3 grupos (Person y Young, 1989).

- 1.- Proteínas contráctiles mayoritarias, actina y miosina.
- 2.- Proteínas reguladoras, juegan un importante papel en la iniciación y control de la contracción y relajación muscular.
- 3.- Proteínas del citoesqueleto o estroma, aportan soporte estructural y mantienen las miofibrillas alineadas.

*Proteínas sarcoplásmicas:* Constituyen alrededor del 29% del total de las proteínas del músculo esquelético (Kauffman, 2001).

La mioglobina es la proteína más abundante de esta fracción y está formada por una porción proteica (Globina) y una no proteica (Grupo Hemo) que es responsable del color (Young y West, 2001).

*Proteínas del tejido conjuntivo:* Representan la fracción insoluble proteica, suponen el 10-15% del total de las proteínas del músculo (Morrissey et al, 1987). Están constituidas principalmente por proteínas del tejido conjuntivo y se distribuyen por todo el organismo animal, formando parte del esqueleto y de la estructura de órganos, tendones, nervios, y la porción insoluble del aparato contráctil. Sus principales componentes son el colágeno, la elastina y la reticulina. Son proteínas de valor nutritivo, capacidad de retención de agua y poder emulsionante menores que las demás proteínas (Ordoñez, 1998).

## 1.2 Carne de pollo

La carne es la estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conjuntivo elástico, grasa, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos, de las especies animales autorizadas para el consumo humano (NOM-009-ZOO-1994).

El pollo se puede considerar como carne magra, sobre todo cuando se consume sin piel donde reside una parte importante de la grasa. Se distingue de la de vacuno o porcino en que su contenido en colesterol es elevado, prácticamente el doble.

### 1.2.1 Composición química

La carne de pollo constituye uno de los alimentos más ricos en proteínas con alto valor biológico ya que constituye alrededor del 20% del total y contiene todos los aminoácidos esenciales para el hombre. Como se observa en el Cuadro 1 tiene como componente mayoritario en un 70% aproximadamente al agua.

**Cuadro.- 1 Composición de la carne de pollo**

	<b>Por 100 g de porción</b>
Agua (g)	70.3
Proteínas (g)	20
Lípidos totales (g)	9.7
Ácidos grasos saturados (g)	2.63
Ácidos grasos mono insaturados (g)	4.37
Ácidos grasos polinsaturados (g)	1.82

Fuente: *(Moreiras et al, 2013)*

Es buena en vitaminas del complejo B y vitamina A y es también rica en hierro y fósforo. Es considerada como un alimento bajo en grasa, debido a que la mayor parte de esta se localiza en la piel y no el tejido muscular. La composición de la carne de pollo está influenciada no solo por el tipo de alimentación y otros factores de producción, sino también por la edad, el sexo y la raza (Bonilla y Díaz, 2003, Sagarpa, 2014).

#### 1.2.2 Consumo en México

México es el país que ocupa el sexto lugar en consumo de carne de pollo a nivel mundial. La industria avícola es de gran importancia en el sector de alimentos en México, ya que 6 de cada 10 personas, incluyen en su dieta productos avícolas (huevo, pollo, pavo, etc.). De acuerdo a la Unión Nacional de Avicultores (UNA), la carne de pollo es la carne de mayor consumo en México y representa el 35% del total de la producción pecuaria. La carne de pollo y el huevo son las dos proteínas animales de mayor consumo en el país, esto se debe, en parte, a que sus precios se han reducido en términos reales en la última década, y también a que ambos son alimentos nutritivos y versátiles en su preparación (Sagarpa 2014).

La carne de pollo se comercializa en canal completa, de las cuales las partes preferidas son la pechuga, muslos y piernas, de este modo las porciones restantes se utilizan principalmente para la elaboración de caldo o consomé. Una alternativa ha sido el deshuesado completo de la canal para la obtención de pulpa de pollo, aumentando con esto los rendimientos.

### 1.3 Canal de pollo

El pollo en canal es aquel pollo sacrificado, desangrado y desplumado al cual se le ha quitado la cabeza, el pescuezo, el buche, las patas y las vísceras abdominales y torácicas, a excepción de los riñones (NMX-FF-080-SCFI-2006).

#### 1.3.1 Despiece y deshuesado de aves

El despiece de aves hace referencia a las canales de pollo, gallina, pavo, que por circunstancias de su peso y facilidad de manejo, suele no presentar tratamiento previo o despiece primario para su mejor manipulación. Al contrario, se suelen agregar en unidades de transporte para su mayor eficacia en sus desplazamientos; o en su defecto, dado el breve periodo de maduración necesaria para su consumo, se transforman directamente con deshuesado en las cadenas de producción (Aragones, 2011).

La etapa del deshuesado puede llevarse a cabo manualmente o de forma mecánica. En el primer caso se requiere que el operario posea conocimientos del cuerpo del animal y de las técnicas del deshuese. En lo referente a deshuesado mecánico, hoy en día existen maquinas que pueden separar la carne de los huesos, las cuales están provistas de moldes cuyas formas van a depender de cuál es la parte del animal que se va a deshuesar, por ejemplo aquellas que separan los huesos del músculo de pollo y paleta de cerdo, por presión en los moldes plásticos.

Cualquiera que sea la forma en que se haga el deshuesado se deben asegurar los mayores rendimientos, con la mayor recuperación de carne a partir de los huesos, y en el caso del deshuesado mecánico, cuidar que la presencia de huesos en la carne no sea mayor de 1 a 1.5% (Barreiro y Sandoval, 2006).

### 1.3.2 Rendimientos

Es realmente importante evaluar el rendimiento obtenido de carne deshuesada, ya que este parámetro también será indicativo de un mejor aprovechamiento de la porción comestible de la especie en estudio.

Los rendimientos obtenidos de la canal completa es de alrededor del 55% y de las diferentes porciones de pollo alcanzan el 70%, dependiendo de que parte es deshuesada (Froning, 1981).

### 1.3.3 Cambios químicos

Entre los cambios químicos más importantes que pueden ocurrir durante la elaboración de productos cárnicos a base de pulpa de carne, se deben considerar las condiciones y tiempo en que se realiza el deshuesado, ya sea mecánico o manual. Según Froning y McKee (2001) el proceso de deshuesado produce un considerable daño a nivel celular con la exposición de lípidos y compuestos hemo del músculo, situación que favorece las reacciones de oxidación, con la producción de compuestos responsables de la rancidez oxidativa, este hecho puede dar origen a problemas de tipo organoléptico que provoquen un rechazo del consumo de estas carnes, como por ejemplo reducir su valor nutritivo e impartir olores y sabores desagradables (Badui, 2006).

## 1.4 Reestructurados cárnicos

La tecnología de reestructuración apareció como un nuevo concepto para mejorar la utilización de la carne (Mandigo, 1988), sin embargo además de ser un buen método de comercialización de algunas partes de la canal, permite obtener productos cárnicos prácticamente de cualquier forma o tamaño, la posibilidad de modificar la composición permite la adición de ingredientes que brindan al producto características que cumplen con las exigencias del mercado, que demanda porciones regulares, con mayor rendimiento, estables, de calidad, de preparación sencilla y rápida (Sun, 2010).

La mayoría de los métodos para reestructurar carne se basan en la extracción de proteínas usando sal, fosfatos o manipulación mecánica. Las proteínas miofibrilares, mayoritarias en la carne, poseen características de solubilidad en soluciones salinas que favorecen dicha extracción. La elaboración de los reestructurados se fundamenta en procesos tecnológicos que permiten obtener productos con otra composición química, tamaño de partícula e ingredientes no cárnicos, dando lugar a productos diferentes de la carne de la que proceden. Posteriormente se aplica calor para formar una matriz de proteínas gelificadas. Estos productos deben ser comercializados precocidos, refrigerados o congelados porque las partículas de carne no se mantienen unidas cuando están crudas. La oxidación de lípidos, decoloración y baja aceptación de los consumidores son los principales problemas de los productos congelados (Ruiz, 1993).

### 1.4.1 Ventajas de la reestructuración

Entre las ventajas y posibilidades que ofrecen los productos reestructurados se encuentran las siguientes:

*Revalorización de las materias primas cárnicas.* Al permitir el empleo de subproductos o partes de la canal de bajo valor comercial para su transformación, que proporcionan al consumidor productos de calidad a mejores precios.

*Posibilidad de ampliar la gama de productos cárnicos ofertados.* Esta tecnología permite obtener productos prácticamente de cualquier forma o tamaño, diversificando la oferta. La manera de comercialización más frecuente de los reestructurados cárnicos es congelada o precocinada. Se están comenzando a utilizar agentes que permiten ligazón en frío (sin procesos de calentamiento), que hacen posible la elaboración de reestructurados frescos refrigerados, semejantes a la mayoría de los derivados cárnicos de similar naturaleza comercializados en la actualidad.

*Control y reproducción del peso, atributos sensoriales y propiedades tecnológicas del producto.* Esto hace posible elaborar reestructurados con características uniformes convenientes en cuanto a tamaño, forma y textura, etc. Esto significa acercar sus características a las exigencias actuales del mercado, que demanda porciones regulares e individuales, de calidad constante, preparación sencilla y rápida, para una mayor comodidad de consumo.

*Formulación de productos de composición garantizada.* La posibilidad de condicionar la composición permitirá la elaboración de cárnicos con propiedades de alimento funcional, adecuando el producto a las recomendaciones nutricionales actuales (Schmidt *et al.*, 1987; Cambero *et al.*, 1991; Tarrant, 1998; Boles & Shand, 1999; Resurrección, 2003).

#### 1.4.2 Clasificación de los productos reestructurados

- *Congelados.* Estos productos tras el moldeado son congelados y conservados a baja temperatura (-20°C), hasta el momento en que son sometidos a un proceso de cocción (gelificación por calor) y consumidos. (Cambero *et al.*, 1991).



- *Precocinado*. Este tipo de producto sufre un tratamiento térmico (gelificación por calor) después del moldeado, que permite obtener auténticos productos terminados, listos para su consumo.
- *Refrigerados*. Este tipo de productos, suelen ser más frágiles y lábiles, y por tanto más difíciles de manejar, necesitan un envasado para su comercialización más elaborado que en los productos congelados, (Cambero, 2002).

## 1.5 Factores que afectan a los reestructurados

En la elaboración de los reestructurados cárnicos debe prestarse atención a ciertos factores que pueden afectar al correcto procesado y por tanto comprometer las características finales del producto.

### 1.5.1 Relacionados con la composición

La carne empleada para la reestructuración puede proceder de todas las especies de abasto, se ha probado la incorporación de determinadas vísceras, dada su mayor capacidad de retención de agua y poder de ligazón (Seideman *et al.*, 1982; Condray & Huffman, 1984).

El agua es añadida, con el fin de ajustar la composición del producto o compensar las pérdidas de peso durante la elaboración. También tiene un papel como disolvente de diversos componentes, y confiere jugosidad al producto (Trout & Schmidt, 1987).

La sal (NaCl) y fosfatos son adicionados para aumentar la fuerza iónica del medio y favorecer la solubilidad de las proteínas miofibrilares (Lamkey *et al.*, 1986; Huffman *et al.*, 1987).

Las sustancias ligantes y gelificantes como alginatos, carragenatos, almidones modificados, harinas de avena y diversas proteínas de origen animal no cárnicas (caseinato sódico, proteínas del plasma sanguíneo, albúmina de huevo, gelatina, etc.) y vegetal (las proteínas aisladas de soja, gluten de trigo, etc.), son utilizados por razones tecnológicas (gelificación, textura, etc.) y económicas del producto (Hand *et al.*, 1981; Miller *et al.*, 1980).

### 1.5.2 Tecnológicos

- *Solubilidad de proteínas.* La miosina es la proteína más abundante del músculo (Lawrie, 1998) y existe como filamentos gruesos discretos en la miofibrilla. Su solubilidad con respecto a fuerza iónica y pH se han investigado ampliamente y es bien conocido que la miosina es insoluble a fuerza iónica fisiológica (0,15 - 0,2 M) y las altas fuerzas iónicas, pero soluble a fuerzas iónicas intermedios 0.3 - 0,6 M a pH 5,5. Este comportamiento de la miosina produce una relación curvilínea con el aumento de la concentración de sal: con la extracción de 0% a fuerzas iónicas muy bajas y altas, y la máxima extracción en 5 y 10% de NaCl (Bard, 1965; Callow, 1935; Grabowska y Hamm, 1979),

Es decir, los niveles de sal más altos que los que se encuentran en las carnes reestructuradas. Por lo tanto parece razonable, cuestionar la suposición de que la miosina se solubiliza en carnes reestructurados donde la concentración de sal, 0.5-1 %, es mucho menor que el mínimo requerido para evidenciar cualquier extracción miosina.

- *Tamaño de partícula.* El tipo de partícula de carne (tamaño y forma) puede afectar a las características finales del producto (textura, color, propiedades ligantes, sensoriales, etc.) (Berry *et al.*, 1987; Hunt & Kropf, 1987; Mandingo, 1988; Boles & Shand, 1999; Berry *et al.*, 1999).

Esto es debido a que diferencias en el área superficial de las partículas cárnicas producen cambios en la extracción de proteínas e incrementa la exposición y el contacto de los constituyentes de la carne con los ingredientes no cárnicos incorporados, los cuales pueden influir también en las características finales del producto (Mandingo,1988).

- *Tiempo de mezclado.* El trabajo mecánico de mezclado no debe degradar demasiado la estructura de la carne. La reducción inicial del tamaño de la carne da lugar a cierta destrucción de la pared celular y liberación de agua, con la agitación adicional (mezclado) se intensifica la extractabilidad proteica, que van a favorecer la ligazón, cortos periodos de mezcla dan como resultado texturas blandas y friables, mientras que mezclas excesivas dan como resultado texturas muy elásticas (Weiner, 1987).
- *Temperatura.* La temperatura de la carne durante el proceso de elaboración de los reestructurados (picado de la carne y mezcla de los ingredientes, principalmente) es uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta (Sheard, 2002).

El proceso de fraccionamiento se debe llevar a cabo a temperaturas entre 5,6 y -4,4 °C (entre 0 y -2 °C para la grasa) (Mandingo, 1974). El proceso de fraccionamiento implica un aumento de la temperatura de la carne, lo cual es un descenso del pH, que afectara la capacidad de retención de agua de esta, es por eso que se recomienda moler la carne a temperaturas bajas.

## 1.6 Ingredientes no cárnicos en reestructurados

Existen numerosos componentes en los derivados cárnicos que se incorporan como ingredientes y aditivos durante su elaboración, por motivos tecnológicos, microbiológicos o sensoriales.

### 1.6.1 Huevo

El huevo contiene una amplia gama de proteínas que favorecen propiedades funcionales como emulsificante y gelificante, que son muy importantes cuando se utiliza como ingrediente en procesos de fabricación de productos cárnicos reestructurados. Gelificante: es una propiedad que comparten clara y yema. Consiste en el paso de líquido/ fluido a sólido/gelatinoso al desnaturalizarse (por la ruptura de los enlaces químicos) las proteínas del huevo. Puede ser por efecto del calor y/o del batido. Permite la unión de los diferentes componentes de un alimento gracias a la capacidad de los sistemas coloidales que son la clara y la yema, favorecen la formación de geles en los que interaccionan con otros constituyentes del sistema (Barroeta, 2013):

### 1.6.2 Sal

Inhibe el crecimiento bacteriano y mejora las propiedades sensoriales; adicionalmente solubiliza las proteínas contráctiles (miofibrilares) y con esto, aumenta significativamente la capacidad de retención de agua (CRA) del sistema, al desplazar el punto isoeléctrico a un pH de alrededor de 4.5. Esto se efectúa por medio de la contribución de las cargas negativas del ion cloruro, lo cual causa un desequilibrio en la carga de las proteínas, lo que puede promover cambios en la solubilidad de las proteínas al aumentar la repulsión entre ellas (Schut, 1976; Hughes, 1994).

La sal tiene un papel básico en el aumento de la capacidad de retención de agua, reduciendo el drenaje y las pérdidas por cocción. Interviene en el punto isoeléctrico de

las proteínas, aumenta la separación entre cadenas, permitiendo que los iones cloruro (carga negativa) se unan a las cadenas proteicas cargadas positivamente incrementando así las fuerzas repulsivas. De esta manera, la matriz tridimensional de la proteína se abre, dando lugar a que un mayor número de cargas queden expuestas para unirse a moléculas de agua (Xargayó, 2004).

### 1.6.3 Carragenina

Las carrageninas forman parte de un grupo de polisacáridos que constituyen la estructura principal de ciertas variedades de algas rojas. Son polímeros de gran tamaño y peso molecular. Estas características, le confieren la capacidad de reaccionar con otras moléculas a través de diversos mecanismos, para formar estructuras complejas que usualmente implican cambios en las propiedades físicas del sistema en que se aplican. Estas propiedades son aprovechadas en múltiples aplicaciones en la industria alimentaria (Glicksman, 1969).

Las carrageninas se usan como aditivo alimentario con el fin de espesar y suspender partículas insolubles o de gran tamaño, formar geles termorreversibles a temperatura ambiente, transparentes, de texturas rígidas a elásticas y con distintos grados de retención de agua y formar complejos con las proteínas para obtener geles, suspensión, floculación y estabilización (Fennema, 2000).

Para llevar a cabo estas funciones en los distintos alimentos en que se aplican, las carrageninas poseen diversas propiedades:

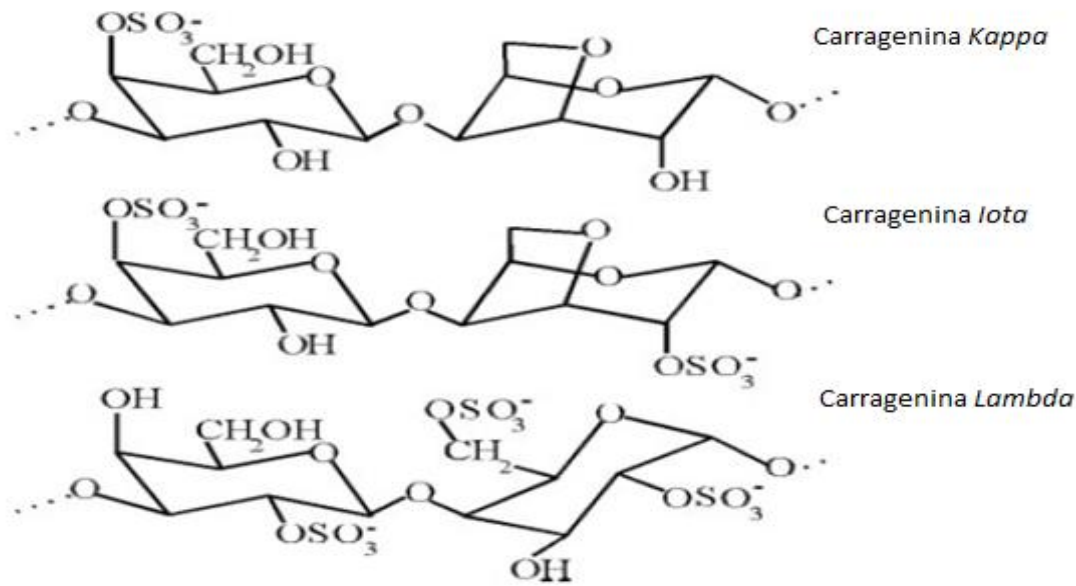
- Viscosidad: las carrageninas, cuando están sometidas a altas temperaturas, dan soluciones con bajas viscosidades y a medida que la temperatura del sistema disminuye la viscosidad aumenta, pudiendo pasar posteriormente a un estado de gel según el tipo de carragenina (Glicksman, 1969).

- pH: las soluciones en agua de carragenina están sujetas a rompimientos en la cadena molecular, en los enlaces glucosídicos. Tales divisiones ocurren bajo condiciones ácidas o de oxidación, viéndose el efecto aumentando con la temperatura y el tiempo de tratamiento. Para una mínima degradación durante un proceso, se preferirá usar altas temperaturas por cortos periodos de tiempo.
- Solubilidad: las carrageninas presentan un comportamiento hidrofílico, por lo que son solubles en agua e insolubles en solventes orgánicos. La solubilidad de las carrageninas depende de su estructura química (Gliksman, 1969).
- Reactividad con Proteínas: Esta dada principalmente por los grupos sulfatos cargados negativamente, los cuales de acuerdo al tipo de asociaciones que se produzcan con cationes determinara las propiedades físicas de la aplicación (Gliksman, 1969).

*Mecanismo de gelificación:* las carrageninas forman geles termorreversibles al ser sometidos a ciclos de calentamiento-enfriamiento.

Durante el proceso de calentamiento la solución presentará un aumento en su viscosidad debido al desdoblamiento de las moléculas de carragenina con la subsecuente unión del hidrogeno a las moléculas del agua en el medio, provocando que disminuya la cinética del sistema, lo que resulta en un aparente aumento de la viscosidad (Stanley, 1992).

Los tres principales tipos de moléculas de importancia industrial son *kappa*, *iota* y *lambda* carragenina (Figura 4). Las dos primeras actúan como agentes gelificantes mientras que la última se comporta como un espesante (Gliksman, 1983; Roberts, 1999).



**Figura 4. Estructura de kappa, iota y lambda carragenina. (Liners, et al, 2005)**

Las carrageninas son solubles en agua caliente, generalmente a 70°C, mientras que en agua fría solo se disuelve la *lambda* carragenina. La *kappa* y la *iota* carragenina forman geles térmicamente reversibles bajo calentamiento-enfriamiento de soluciones acuosas (Glicksman, 1983).

En la carragenina *kappa* la formación de la doble hélice se produce por una fuerte unión al hidrógeno de la molécula del agua, dando una estructura tipo red, que al enfriarse produce un aumento en la fuerza de gel y la sinéresis (Fennema, 2000; Nickerson *et al*, 2004).

Su naturaleza fuertemente aniónica se debe a la presencia de grupos sulfato, los cuales facilitan su interacción con moléculas catiónicas como las proteínas, a su vez se caracterizan por ser solubles en agua y formar dispersiones de alta viscosidad o geles, según la concentración empleada, por lo que son ampliamente utilizadas en diversos productos dentro de la industria alimentaria (Whistler y BeMiller, 1993).

La *kappa* carragenina es utilizada extensamente en la industria de los alimentos en un amplio espectro de aplicaciones a causa de sus propiedades de retención de líquidos,

espesante y gelificante. En la industria cárnica, la carragenina es utilizada como un agente de gelificación en carnes procesadas (Sabillon, 2008).

Según Castelli, 2006, algunas de las ventajas de la utilización de las carrageninas en los productos cárnicos son:

- Retienen humedad. Debido a su capacidad de retener agua pueden formar redes tridimensionales dando lugar a la formación de un gel que engloba moléculas de agua.
- Permite tener un amplio rango de texturas. Las carrageninas son agentes texturizantes que imparten características funcionales específicas a la producto final.
- Contribuyen a la formación de emulsiones agua-grasa-proteínas. Al absorber agua, las carrageninas dan soluciones viscosas que aportan estabilidad al sistema.
- Disminuyen la sinéresis. Por su habilidad de retener agua disminuye las pérdidas de líquidos durante el procesado o cocción del producto.
- Mejoran la resistencia a los cambios sufridos por el congelado y descongelado. Evitan el crecimiento de los cristales de hielo responsables de la ruptura del musculo.
- Se utilizan en productos de bajo contenido graso. Mejorando la textura.
- Reducción de costos. Aumenta el rendimiento, ya que permiten una mayor incorporación de agua a los productos.

#### 1.6.4 Aislado de proteína de soya (APS)

La soya es un producto de alto valor biológico que ha ganado reconocimiento por parte del consumidor por la asociación que se le hace con los beneficios para la salud (Russell *et al.*, 2006), esto ha generado un creciente mercado de productos alimenticios con proteína de soya.



Es la fuente más abundante y valiosa de proteínas vegetales, ya que además de ser de gran calidad, cuenta con un adecuado contenido de aminoácidos esenciales que representan beneficios importantes. El procesamiento del grano juega un papel importante en la mejora o modificación de las proteínas funcionales de su proteína y por lo tanto, puede ayudar a ampliar su aplicación prácticamente en todos los sistemas alimentarios.

Existen 3 clases principales de productos de soya:

1. La harina de soya mantiene la mayor parte de la composición original de la soya, excepto el aceite, contiene aproximadamente 50% de proteína; además, fibra y azúcares solubles.
2. Los concentrados de proteína de soya contienen del 65 al 80% de proteína, tienen un menor nivel de carbohidratos que las harinas. El componente de carbohidratos residual y la proteína de concentrados proporcionan una buena funcionalidad para extruidos y texturizados.
3. La proteína aislada de soya contiene 90% de proteína y no presenta azúcares o fibra dietética. Posee alta digestibilidad y se usa para mejorar la calidad y cantidad de proteína en numerosos alimentos y también por sus propiedades funcionales (Renkema. 2001).

El papel de la proteína de soya en diferentes sistemas alimentarios y su uso como ingrediente funcional, depende, principalmente de sus propiedades fisicoquímicas, que están gobernadas por sus atributos estructurales.

La funcionalidad de una proteína depende de la estructura de la molécula, en el caso de la soya, esta tiene presencia de grupos lipofílicos e hidrofílicos los cuales facilitan

su asociación con grasa y aceite, sus propiedades pueden variar según el método de obtención (Means y Feeney, 1998; L'hocine et al., 2006; Horneffer et al., 2007).

Una de las propiedades más importantes es la alta solubilidad de las proteínas, la cual es deseable para una funcionalidad óptima. La solubilidad de la proteína se afecta con el pH, el calor y otros factores.

En general la proteína de soya se caracteriza por su capacidad emulsificantes, capacidad de retención de agua, espumante, gelificante, proporciona a los sistemas alimenticios características de película, adhesividad, cohesividad, elasticidad y aumento de viscosidad (Singh et al., 2008).

La gelificación es la capacidad para formar geles bajo ciertas condiciones, el gel que forma es una red tridimensional que funciona como una matriz para retener agua, grasa y otros aditivos alimentarios.

La capacidad de retención de agua se refiere a la cantidad de agua que las moléculas de la proteína de soya pueden retener. El agua ligada incluye toda la de hidratación y parte de agua asociada a las moléculas de la proteína después de la centrifugación. La capacidad de retención de agua es una medida del agua "atrapada".

*Interacción proteína-polisacárido.* Las proteínas tienen interacciones con los polisacáridos, las cuales generalmente se dan en tres partes:

- Formación de enlaces covalentes entre dos polímeros
- Interacciones electrostáticas polianión- polication
- Formación de un gel dúo compuesto por mutual exclusión de cada componente (Doublier et al, 2000).

Las propiedades gelificantes y otras propiedades funcionales de las proteínas de soya, son modificadas en la presencia de hidrocoloides, los cuales también afectan

sus propiedades interfaciales. Estas interacciones permiten mejorar las características de textura de diversos sistemas alimenticios, por las sinergias que se presentan (Tolstoguzov, 1997; Martinez *et al*, 2007).

En la mezcla de aislado de proteína de soya y carragenina kappa, la fuerza del gel aumenta con la concentración de carragenina; por otro lado, se ha demostrado el efecto sinérgico entre carragenina kappa y proteína de soya (Hua *et al*, 2003; Baeza *et al*, 2002; Li *et al*, 1990).

Baeza *et al* (2002) investigaron los procesos de gelificación de la kappa carragenina con el aislado de proteína de soya y observaron un incremento en la temperatura y la velocidad de gelificación, así como en la dureza, cohesividad, gomosidad y elasticidad del gel formado por estos dos biopolímeros en solución acuosa, con relación al gel constituido solo por carragenina.

#### 1.6.5 Otros componentes

Los condimentos estimulan el apetito, ya que al aumentar el sabor y aroma de los platos

incitan a comer más, aumentan las secreciones digestivas necesarias para la digestión, favorecen la conservación de los alimentos.

*Pimienta*. Es una baya redonda, carnosa rojiza, que al secarse toma un color pardo o negruzco, es aromática, ardiente, de gusto picante.

*Ajo en polvo*. Es blanco y de olor intenso característico.

#### 1.7 Métodos de análisis

En los productos reestructurados la propiedad funcional más importantes es la gelificación de las proteínas miofibrilares ya que es la responsable de la textura. En

estos productos se espera que la gelificación de las proteínas miofibrilares produzca varios niveles de dureza (Cheftel *et al*, 1977).

#### 1.7.1 Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua (CRA) es definida como la capacidad o habilidad que presenta la carne para contener si propia agua a pesar de la aplicación de fuerzas externas, tales como: corte, calentamiento, trituración y prensado. Muchas características de la carne como: color, textura, firmeza, jugosidad y blandura se encuentran relacionadas o dependientes de la CRA (Offer y Knight, 1980).

Los productos de origen cárnico, son generalmente preparados con la adición de sal u otros aditivos. En algunos productos, la estructura muscular de la carne permanece casi completamente intacta, sin embargo, en la mayoría de los otros productos la estructura miofibrilar es destruida por el corte o molido, en estos casos la capacidad de mantener el agua en el producto adquiere gran importancia, debido a esto se han realizado estudios en busca de métodos capaces de reducir la perdida de agua (Durand *et al*, 1988).

- Adición de sal (NaCl)

La adición de sales aumentan la CRA esta capacidad se debe a que las sales están cargadas negativamente por lo que atraen moléculas de agua facilitando su retención, la adición de las sales puede cambiar el punto isoeléctrico cambiando el pH lo que da lugar a un incremento en la CRA (Schut, 1976).

- Adición de fosfatos

Con la finalidad de aumentar la CRA de algunos productos que contienen carne finamente picada tales como productos curados, además de reducir la expulsión en productos enlatados y cocinados, se adicionan algunas sales de ácidos débiles, especialmente fosfatos y polifosfatos. El mecanismo de acción de los fosfatos para mejorar la capacidad de retención de agua, parecen ser doble: a) aumento de pH

de la carne, y b) Solubilización de proteínas musculares. Sólo los fosfatos alcalinos son efectivos para aumentar la CRA dado que los fosfatos ácidos pueden disminuir el pH y causar por el contrario grandes mermas (Townsend y Olson, 1987).

- Adición de carragenatos

Según la composición variarán las propiedades de estas mezclas y, por tanto, sus aplicaciones. Algunas mezclas tienen una viscosidad potenciada a fin de poder usarse como espesantes de salmuera. En otras mezclas se busca el efecto contrario, es decir, que incrementen lo mínimo posible la viscosidad de la salmuera a fin de aprovechar la capacidad de retención de agua de los carragenatos (Efecto estabilizante) sin ocasionar daños a la estructura muscular. Los carragenatos gelifican reteniendo gran cantidad de agua en los geles que forman (Ellinger, 1983).

- Adición de proteínas

Las proteínas e hidrolizados son usados en la industria cárnica por dos razones: para incrementar el contenido proteico del producto terminado y por su capacidad para retener agua. Su uso está limitado legislativamente, por el sabor que pueden conferir al producto (Ellinger, 1983). Como proteínas funcionales, las más usadas en la fabricación de productos cocidos son:

- ✓ Proteínas de leche
  - Lactosuero
  - Lactoalbúminas
  - Caseinato
- ✓ Proteínas de sangre
  - Plasma
- ✓ Proteínas vegetales
  - Proteínas de soya

- Adición de féculas

En productos de alto rendimiento se usan para la retención de agua a los almidones y féculas. Estos productos, que suelen ser utilizados en jamón cocido sin modificaciones químicas, son polisacáridos que gelifican por acción del calor formando una trama tridimensional que retiene abundantes cantidades de agua.

### 1.7.2 Dureza

En los productos cárnicos la textura es uno de los criterios que más condiciona su aceptación. La unión entre partículas que forman el reestructurado condiciona los parámetros de textura, siendo por tanto uno de los factores más importantes en este tipo de productos (Field *et al.*, 1984).

Las propiedades mecánicas se definen por lo general como el comportamiento en cuanto a esfuerzo-deformación de un material en condiciones de carga estática o carga dinámica (Sharma y Rizvi, 2000).

La dureza es la fuerza máxima obtenida durante el primer ciclo de compresión, se refiere a la fuerza requerida para comprimir un producto entre los molares o entre la lengua y paladar. Es la resistencia a la penetración, donde varios procedimientos son utilizados para medir la dureza, y esos dependen del material con el que está hecha la sustancia, su espesor y la carga aplicada (Demonte, 1995).

La dureza es mucho más fácil de apreciar que de medir, se define como la resistencia a la deformación local; puede determinarse intentando introducir por presión, en el material que se pretende determinar una pirámide cuadrangular (Muller, 1973).

### 1.7.3 Rendimiento

Algunas mezclas comerciales de polisacáridos y proteínas son formuladas para retener el agua y comienzan a trabajar cuando son calentadas (60 a 70°C) ya que se solubilizan por completo en la matriz del alimento en el que fueron adicionadas.

Luego, cuando la temperatura baja (40 – 50°C), se comienza a formar el gel que resulta en una estructura tridimensional en los productos y mejorar la estabilidad de estos, incluso antes de que estos se cocinen; luego durante la cocción comienzan a actuar y el rendimiento puede verse modificado cambiando la figura, tamaño o peso del producto.

#### *1.7.3.1 Disminución de tamaño*

El cambio dimensional que experimentan los productos cárnicos, como los reestructurados, tras el tratamiento térmico, es un fenómeno muy común y que de ser inadecuado causa una mala imagen del producto. El principal cambio observado es la deformación que suele producirse en una dirección predominante es decir que puede reducirse o aumentarse el tamaño en un porcentaje inadecuado (Mounsdon & Jolley, 1987).

Asimismo, también puede producirse, aunque es menos frecuente, el incremento en la altura del producto y el desarrollo de orificios en el interior del mismo (Sheard, 2002).

## JUSTIFICACIÓN

La elaboración de productos cárnicos con menor contenido de grasa da respuesta a la demanda de los consumidores de una alimentación más sana. Sin embargo la grasa es uno de los constituyentes de los alimentos cárnicos de mayor importancia debido a que su presencia imparte ciertas características a los productos como texturales y sensoriales.

El uso de canales completas de pollo implica la utilización de partes de esta con mayor contenido de grasa lo cual podría significar un rechazo del consumidor, sin embargo la mayor parte de esta se encuentra en la piel, por lo tanto al retirarla, se reduce el consumo de grasa de origen animal, y dichas características se ven disminuidas en el producto ya que es uno de los principales componentes responsable del sabor, textura y retención de agua en productos reestructurados.

La adición de ingredientes funcionales como proteínas y polisacáridos permite la elaboración de un producto cárnico reestructurado más estable y con mayores rendimientos, permitiendo reducir el contenido de grasa y satisfacer las necesidades del cliente.



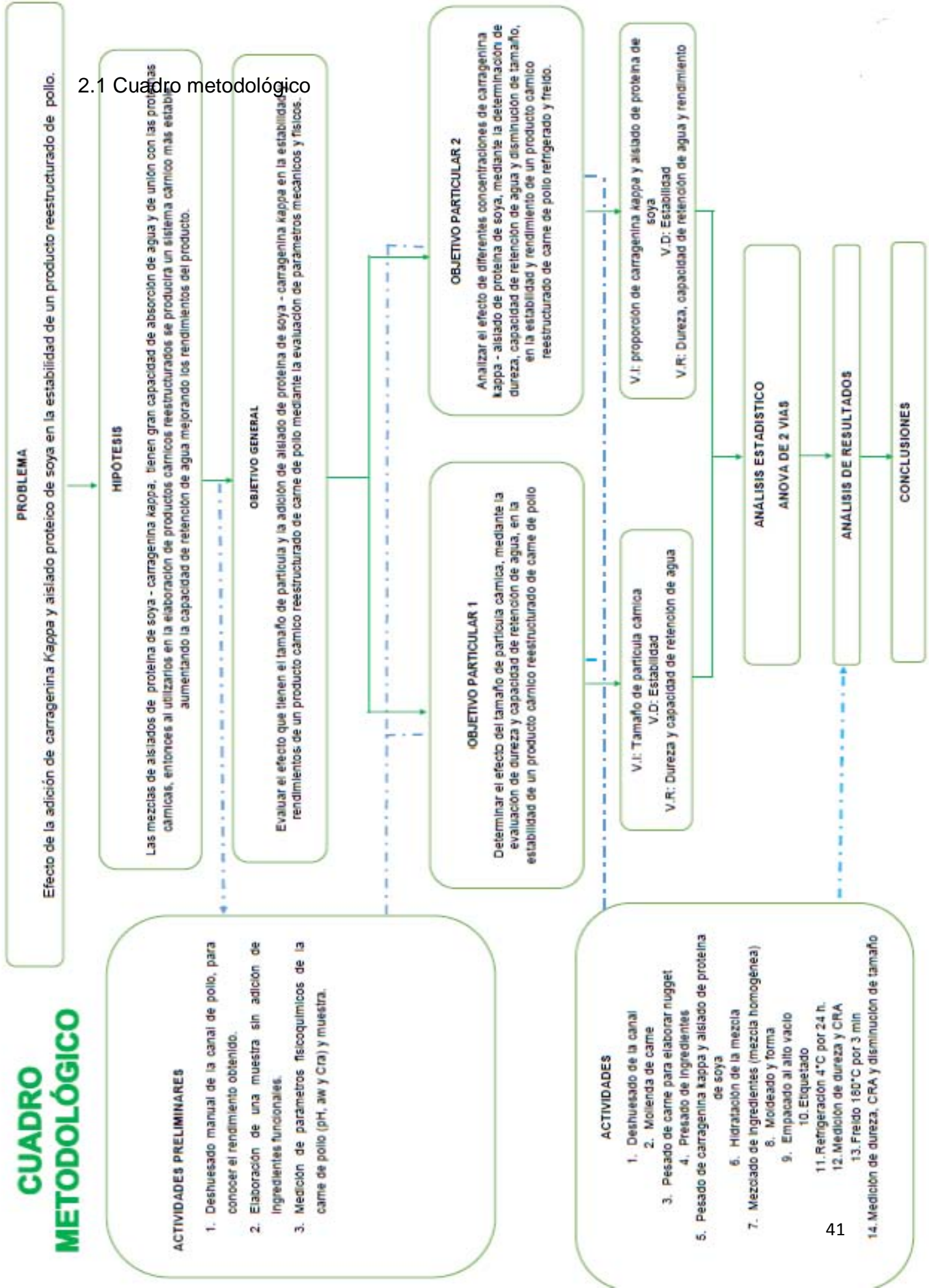
# CAPITULO 2

# METODOLOGÍA

# EXPERIMENTAL

# CUADRO METODOLÓGICO

## 2.1 Cuadro metodológico



## 2.2 Objetivos

### Objetivo general

Evaluar el efecto que tienen el tamaño de partícula cárnica y la adición de una mezcla de aislado de proteína de soya - carragenina *kappa* en la estabilidad y rendimientos de un producto cárnico reestructurado de carne de pollo mediante la evaluación de parámetros mecánicos y físicos.

### Objetivos particulares

- 1.- Determinar el efecto de la molienda de la carne de pollo con cedazos de 10 y 6 mm de diámetro en la estabilidad de un producto cárnico reestructurado de carne de pollo refrigerado y freído, mediante la evaluación de dureza y capacidad de retención de agua.
- 2.- Analizar el efecto de diferentes concentraciones de carragenina *kappa* - aislado de proteína de soya, mediante la determinación de dureza, capacidad de retención de agua y disminución de tamaño del producto final, en la estabilidad y rendimiento de un producto cárnico reestructurado de carne de pollo refrigerado y freído.

### Hipótesis

Las mezclas de aislados de proteína de soya - carragenina *kappa*, tienen gran capacidad de absorción de agua y de unión con las proteínas cárnicas, entonces al utilizarlos en la elaboración de productos cárnicos reestructurados se producirá un sistema cárnico más estable, aumentando la capacidad de retención de agua (CRA) y mejorando los rendimientos del producto.

## 2.3 Diseño experimental

El diseño empelado para el análisis de los datos, es un ANOVA de dos vías, que permite estudiar simultáneamente los efectos de la molienda con diferentes cedazos y la concentración de la mezcla de carragenina kappa-aislado de proteína de soya, en la CRA, dureza y rendimientos del producto reestructurado.

Mediante la utilización del software Minitab 16 se llevó a cabo el análisis, utilizando un nivel de confianza de 95% y  $\alpha=0.05$ .

La prueba de hipótesis utilizada fue:

### TRATAMIENTOS

$$H_0 = \mu_{C_1} = \mu_{C_2} = \mu_{C_3} = \mu_C$$

$$H_1 = \text{al menos una } \mu \text{ es diferente}$$

### BLOQUES

$$H_0 = \mu_{TP_1} = \mu_{TP_2}$$

$$H_0 = \mu_{TP_1} \neq \mu_{TP_2}$$

Donde:

$C_1$ = [ ] 75-25% mezcla de carragenina kappa-aislado de proteína de soya

$C_2$ = [ ] 50-50% mezcla de carragenina kappa-aislado de proteína de soya

$C_3$ = [ ] 25-75% mezcla de carragenina kappa-aislado de proteína de soya

C= Control

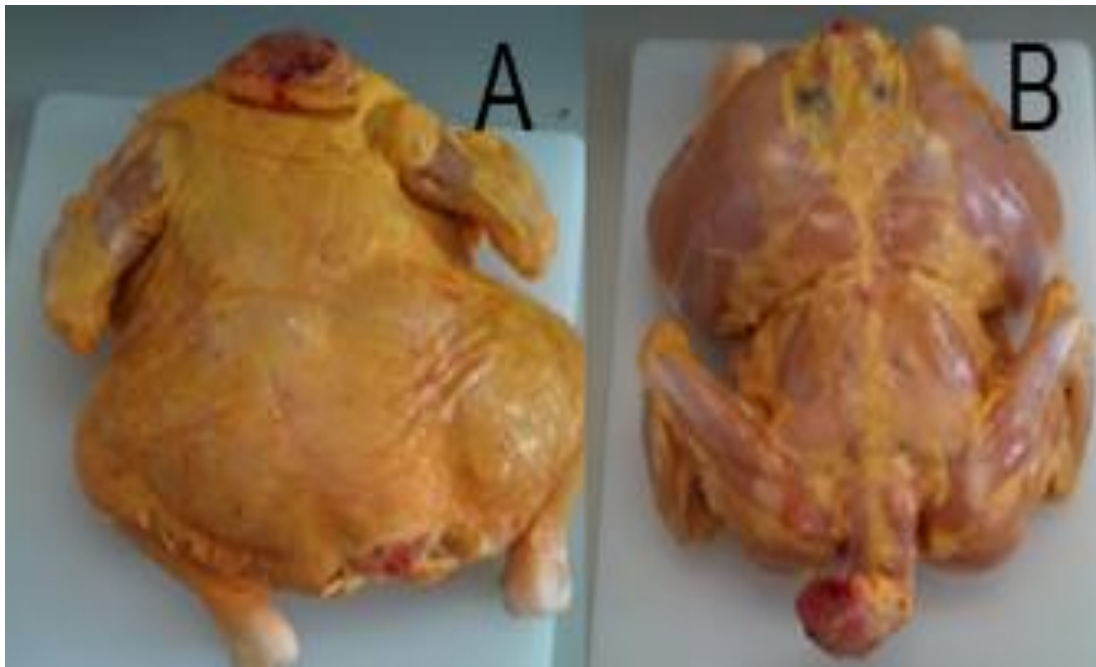
$TP_1$  = Tamaño de particula 6 mm

$TP_2$  = Tamaño de particula 10 mm

## 2.4 Actividades preliminares

Como actividades preliminares para el desarrollo de este proyecto se llevó a cabo el deshuesado de las canales para obtener la carne de pollo y conocer el rendimiento obtenido. Las canales fueron obtenidas de un distribuidor local de Tultepec, teniendo una edad de entre 2 meses con un peso aproximado de 2.5 kg, transportados en hielo para su almacenamiento en refrigeración a 4°C.

Se pesó la canal entera de pollo y se cortaron la cabeza y el hígado los cuales fueron pesados por separado (Figura 5A). La piel y la grasa más visible fueron retiradas, además de los coágulos de sangre y depósitos grasos que estaban de manera superficial (Figura 5B).



**Figura 5. Canal de pollo, retiro de piel y grasa**

Se retiraron las alas de la canal (Figura 6), una vez separados se procedió al retiro de la fascia que envolvía los músculos para posteriormente ir desprendiendo la carne del hueso, procurando que el corte fuera lo más pegado posible a éste y asegurar de esta forma la obtención de la carne.



**Figura 6. Retiro de alas**

Las piernas se retiraron haciendo un corte en la unión de la pechuga y la pierna, posteriormente se torció hacia afuera para liberarlas y se realizaron cortes de los músculos siguiendo el hueso y lo más pegado a éste para obtener la mayor pulpa posible y por último se le quitó la fascia, tendones y posible grasa (Figura 7).



**Figura 7. Retiro de piernas y muslos**

Luego se hicieron los cortes pertinentes para la obtención de la pechuga, desde el inicio del pescuezo hasta la última vértebra de la columna, se detectó una V en el cual se realizó una división, utilizando un cuchillo de deshuese, donde se realizaron nuevos cortes para poder separar la carne que aún quedaba unida al hueso (Figura 8).



**Figura 8. Retiro de pechuga**

Posterior a esto se realizó la recolección completa de pulpa que pudo quedar en el esqueleto de la canal, tratando de obtener la mayor cantidad de pulpa posible (Figura 9). Una vez terminado el deshuesado de la canal se pesa la grasa y los huesos para poder realizar el porcentaje de rendimiento, así como también la pulpa. Por último la carne fue refrigerada a  $4\pm 2^{\circ}\text{C}$  para evitar su descomposición.



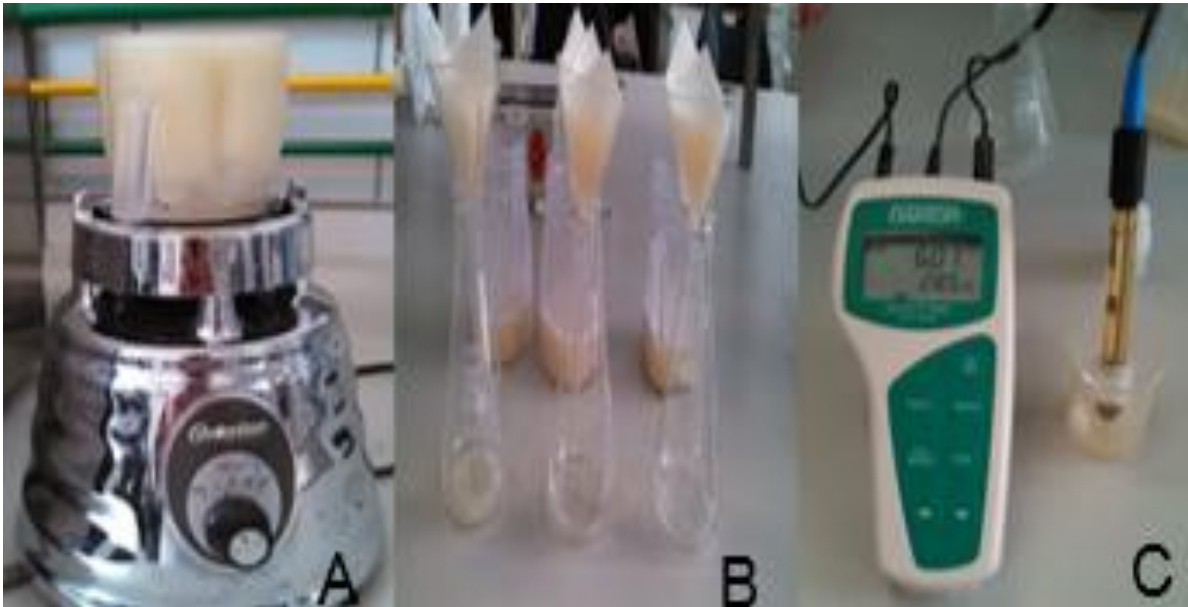
**Figura 9. Obtención de pulpa de pollo**

Obteniendo como resultado un 51% promedio de rendimiento en el deshuesado de las canales de pollo.

Después de la obtención de la carne de pollo se hizo la caracterización de ésta, mediante parámetros como pH,  $a_w$  y capacidad de retención de agua, los cuales tienen un rol importante sobre la calidad de la carne y de los productos reestructurados.

La medición de pH se llevó a cabo siguiendo la metodología 981.12 descrita en AOAC (2005), con un potenciómetro de inmersión Orion marca Oakton (USA), que consiste en pesar 10 g de muestra (carne de pollo), colocarla en un vaso de licuadora, agregar 90 mL de agua destilada y homogenizar por 30/s (Figura 10A) posteriormente la solución obtenida del licuado es filtrada (Figura 10B), el electrodo del potenciómetro es introducido en la solución filtrada (Figura 10C) hasta que éste muestra un valor de pH en la pantalla (AOAC, 2005).





**Figura 10. Medición de pH en carne de pollo**

La determinación de actividad de agua se llevó a cabo con higrómetro de punto de rocío Decagon Devices marca Pa<sub>w</sub>kit, siguiendo la metodología 32.004 – 32.009, descrita en AOAC (2005), consiste en colocar de manera homogénea la muestra en la celda, cubriendo por completo la superficie (Figura 11) y no sobrepasando la mitad de su altura, posteriormente se coloca el equipo y se obtiene la lectura directa (AOAC, 2005).



**Figura 11. Determinación de actividad de agua en carne de pollo**

Para la capacidad de retención de agua se siguió la metodología de Grau y Hamm, descrita por Honikel (1953), en una centrifuga Centurión Scientific Modelo K3 (USA), consiste en pesar 2.5 g de muestra, se coloca en cuadros (8x8) de papel filtro se envuelve y se introduce en un tubo Falcon, posteriormente se centrifuga a 6000 rpm, durante 21 minutos a 4°C (Figura 12).



**Figura 12. Medición de capacidad de retención de agua en carne de pollo**

El porcentaje de capacidad de retención de agua se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$\%CRA = \frac{\text{peso papel final} - \text{peso papel inicial}}{\text{peso muestra inicial}} \times 100$$

Una vez determinados dichos parámetros importantes en la calidad de la carne de pollo, se sometió a un molido utilizando 2 cedazos de acero inoxidable de 10 y 6 mm (Figura 13).



**Figura 13. Cedazos de acero inoxidable**

Después de la molienda se llevó a cabo la elaboración de las muestras de acuerdo al siguiente diagrama de bloques (Figura 14).

## 2.5 Diagrama de bloques

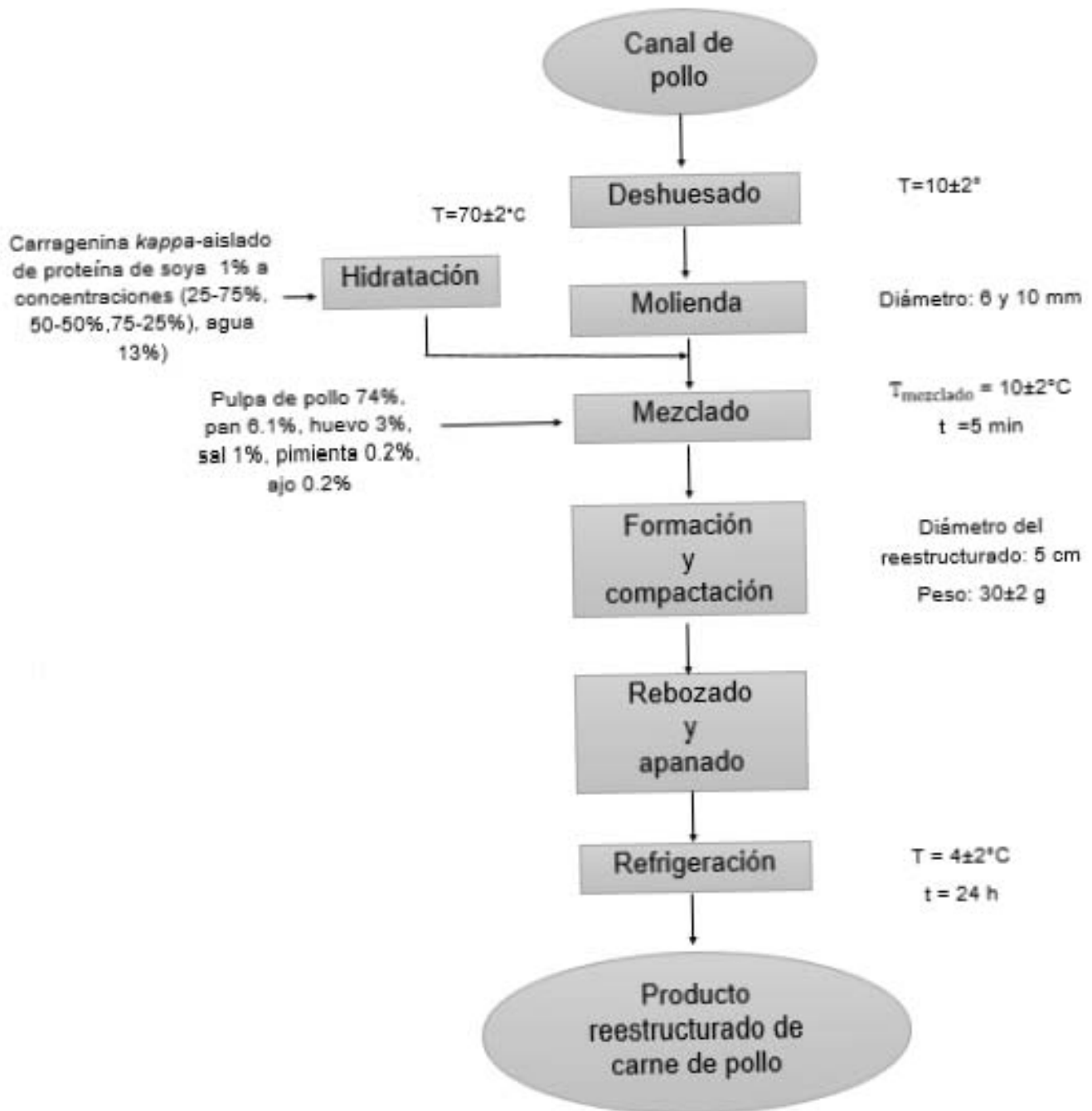


Figura 14. Elaboración de reestructurados de carne de pollo

## 2.6 Descripción del proceso

Los reestructurados de carne de pollo, se elaboraron a partir de 4 canales de pollo, el peso aproximado por canal fue de 2.5kg.

La canal de pollo fue sometida a un deshuesado manual a una temperatura de 10°C (Figura 15) para obtener la materia prima cárnica.



**Figura 15. Deshuesado de canal de pollo**

Posteriormente se sometió la carne a una molienda, la cual se realizó en un molino eléctrico marca TORREY, con cedazos (ACTOOL 10/10 y ACTOOL 10/6) de orificios de 10 y 6 mm respectivamente (Figura 16) con el fin de disminuir el tamaño de partícula, romper la estructura muscular y tener una masa cárnica homogénea.



**Figura 16. Molienda de carne de pollo**

Durante el mezclado, se incorporaron a cada lote de carne molida de pollo, los ingredientes en polvo (sal, ajo, pan y pimienta) los ingredientes líquidos (huevo) y la mezcla de carragenina *kappa*- asilado de proteína de soya (25-75%, 50-50% y 75-25%), la cual fue previamente hidratada con el agua de formulación, mismos que se mezclaron manualmente a homogeneidad por un tiempo de 5 minutos, a una temperatura de 70°C ya que es la temperatura a la cual la carragenina *kappa* se disuelve (Figura 17).



**Figura 17. Adición de ingredientes y mezcla de CK-ASP, mezclado**

Una vez obtenida la pasta cárnica, se procedió a la formación y compactación con un molde de acero inoxidable con un diámetro de 5 cm, para obtener cada reestructurado con un peso de aproximadamente de  $30 \pm 2$  g después se sometieron a un rebozado (mezcla de harina, huevo, sal y agua) para la mejor adhesión del empanizado (Figura 18).



**Figura 18. Moldeado, rebozado y empanizado de muestras**

Las muestras fueron almacenadas en refrigeración por 24 h a  $4 \pm 2^\circ\text{C}$ .

A las muestras se les determinaron capacidad de retención de agua, dureza y disminución de tamaño. La capacidad de retención de agua se llevó a cabo por el mismo método antes descrito. La dureza fue evaluada siguiendo la metodología descrita por Honikel (1996) usando un Dinamómetro digital Gauge SHIMPO modelo FG 2.5 (USA), se utilizó una punta plana del equipo y se siguieron las recomendaciones de uso del proveedor para obtener la lectura de cada muestra y sus repeticiones (Figura 19).



**Figura 19. Medición de dureza en muestras**

La dureza de la muestra es obtenida con la siguiente ecuación:

$$D = \frac{F}{A}$$

Dónde:

D = dureza

F = Fuerza ((*Kgf*))

A = área del dispositivo (*cm*<sup>2</sup>)



El rendimiento fue evaluado siguiendo la metodología descrita por Piñero, 2004 con un Vernier, se midió el diámetro de la muestra refrigerada, luego se sometió a un freído durante 5 minutos a 150°C, se dejó enfriar y se volvió a medir el diámetro de la muestra (Figura 20).



**Figura 20. Medición del rendimiento**

El cálculo del rendimiento obtenido se hizo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Reducción de diametro} = \frac{\text{Diámetro inicial} - \text{diámetro final}}{\text{diámetro inicial}} \times 100$$

# CAPITULO 3

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 3.1 Análisis estadísticos y discusión de resultados

La primer actividad realizada como ya se mencionó antes fue un deshuesado de la canal durante este se realizó un procedimiento de medición del rendimiento de la canal, obteniendo un 51% un valor favorable ya que el porcentaje reportado por Froning, 1981 fue de 55%.

Durante las actividades preliminares se llevó a cabo la determinación de algunos parámetros importantes para establecer la calidad de la carne. El pH es uno de los principales parámetros para verificar la calidad de la carne, porque afecta sus cualidades como color, capacidad de retención de agua, etc. El valor obtenido promedio de pH de la pulpa de pollo es de  $6.02 \pm 0.06$ , lo cual indica que hubo un aumento de este en relación con el pH que Qiao, 2001 reporto con un valor de 5.96, el proceso de deshuesado puede provocar un aumento del pH aproximadamente hasta 7, entonces al llevar a cabo el deshuese como actividad preliminar se produjo una elevación de este, sin embargo el pH obtenido aun es indicador de calidad en la pulpa de pollo.

El valor de actividad de agua promedio para la carne de pollo obtenido fue  $0.95 \pm 0.03$ , con este valor se observa la calidad de la pulpa de pollo, ya que estaba dentro de los reportados bibliográficamente por Price, 1876, de 0.98.

Mientras que el % de capacidad de retención de la carne de pollo, se encontró entre 21 y 22%, se sabe por Saguy, 2003 quien reporto que la capacidad de retención de agua de la carne sin ningún tipo de modificación química o física de la carne es de 33%, la aparente disminución de capacidad de retención de agua observada es atribuida a dos factores que se presentan durante el deshuesado uno de ellos es la muestra picada las cuales retienen significativamente menor humedad que las enteras, esta diferencia es esperada pues se produce un daño estructural, el otro factor que se le atribuye dicha disminución es la temperatura un incremento en esta provoca pérdidas de humedad (Bouton et al., 1971, Sanderson, 1963).

### 3.1.1 Capacidad de retención de agua

Los valores obtenidos de la capacidad de retención de agua de las muestras refrigeradas para cada tamaño de partícula y concentración de la mezcla de carragenina kappa- aislado de proteína de soya se muestran en el Cuadro 2.

En el cuadro se observa el comportamiento de la capacidad de retención de agua de las diferentes muestras, se puede notar que todas las muestras con adición de la mezcla de carragenina *kappa*- aislado de proteína de soya presentan un valor de capacidad de retención de agua menor en comparación de las muestras control, es decir que valores menores indican que el sistema ha logrado mantener el agua ligada y que no ha sido eliminada en el proceso de centrifugación realizado para determinar dicho parámetro por lo tanto la adición de ingredientes funcionales favorecen al sistema.

Las muestras con una predominancia de carragenina *kappa* en un 75% total de la mezcla presentan como antes se mencionó una mejor capacidad de retención de agua, en comparación al control, así también en esta mezcla existió una diferencia del valor obtenido en el parámetro entre el tamaño de partícula utilizado, aquellas muestras con un tamaño de 6 mm presentaron una capacidad de retención de agua mayor mostrando un  $11.55\% \pm 0.93$  contra un  $15.82 \pm 0.50$  de la muestra control con el mismo tamaño.

Sin embargo los sistemas con una mejor capacidad de retención de agua obtenida fueron registrados en aquellos productos con concentraciones de carragenina *kappa* igual o menor a un 50% del total de la mezcla. La mezcla de 50% carragenina *kappa* y 50% de aislado de proteína de soya presento la mejor capacidad de retención del agua en el sistema obteniendo un  $9.43\% \pm 0.81$  de agua liberada es decir que cerca de un 90% del agua en el sistema se queda en la red formada por la mezcla.

**Cuadro.- 2 Resultados globales de capacidad de retención de agua del producto final**

TAMAÑO DE PARTICULA	% CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA			
	CONTROL	25%-75%	50%-50%	75%-25%
6 mm	15.826±0.50	11.559±0.93	12.362±0.90	12.356±0.80
10 mm	17.767±0.87	14.805±0.96	9.438±0.81	10.506±0.83

Para la interpretación de los datos se realizó el análisis estadístico Anova de dos vías, para poder determinar cómo afectó el tamaño de partícula y la concentración de la mezcla de carragenina kappa- aislado de proteína de soya en la capacidad de retención de agua, dureza y rendimiento del producto reestructurado de pollo.

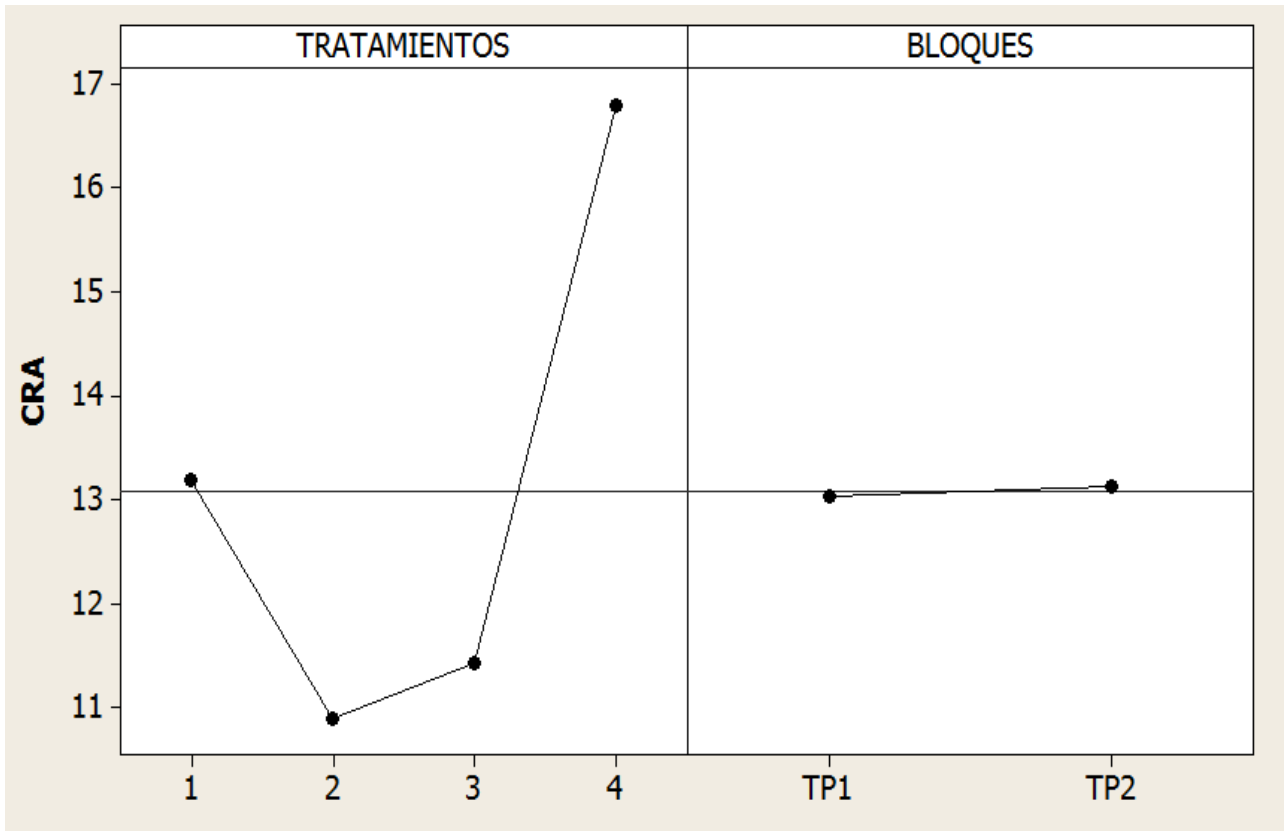
Se plantearon la hipótesis nula ( $H_0$ ) y alterna ( $H_1$ ), las cuales permiten afirmar si estadísticamente existe o no diferencia significativa en los parámetros y variables utilizadas.

Para llevar a cabo este análisis se utiliza el valor- P obtenido en el análisis de varianza y un  $\alpha=0.05$  para concluir si se rechaza o acepta la hipótesis. Si  $a>P$  se rechaza la hipótesis nula, es decir se puede aceptar que existe una diferencia significativa y se acepta hipótesis alterna.

La probabilidad de que la concentración de la mezcla de CK-ASP afecte la capacidad de retención de agua, resultó  $P= 0.0001$ , menor que  $\alpha=0.05$ , por lo tanto la hipótesis alterna es aceptada, lo que indica que si existe una diferencia significativa en la capacidad de retención de agua con respecto a la concentración de la mezcla.

Caso contrario sucede en el tamaño de partícula donde el valor  $P= 0.637$  obtenido es mayor que el valor de  $\alpha=0.05$ , aceptando entonces la hipótesis nula, no existiendo una diferencia significativa en la capacidad de retención de agua con respecto al tamaño de partícula.

Lo anterior se ve reflejado en la Figura 21 que muestra el efecto de la concentración de la mezcla y el tamaño de partícula en la capacidad de retención de agua de las muestras.

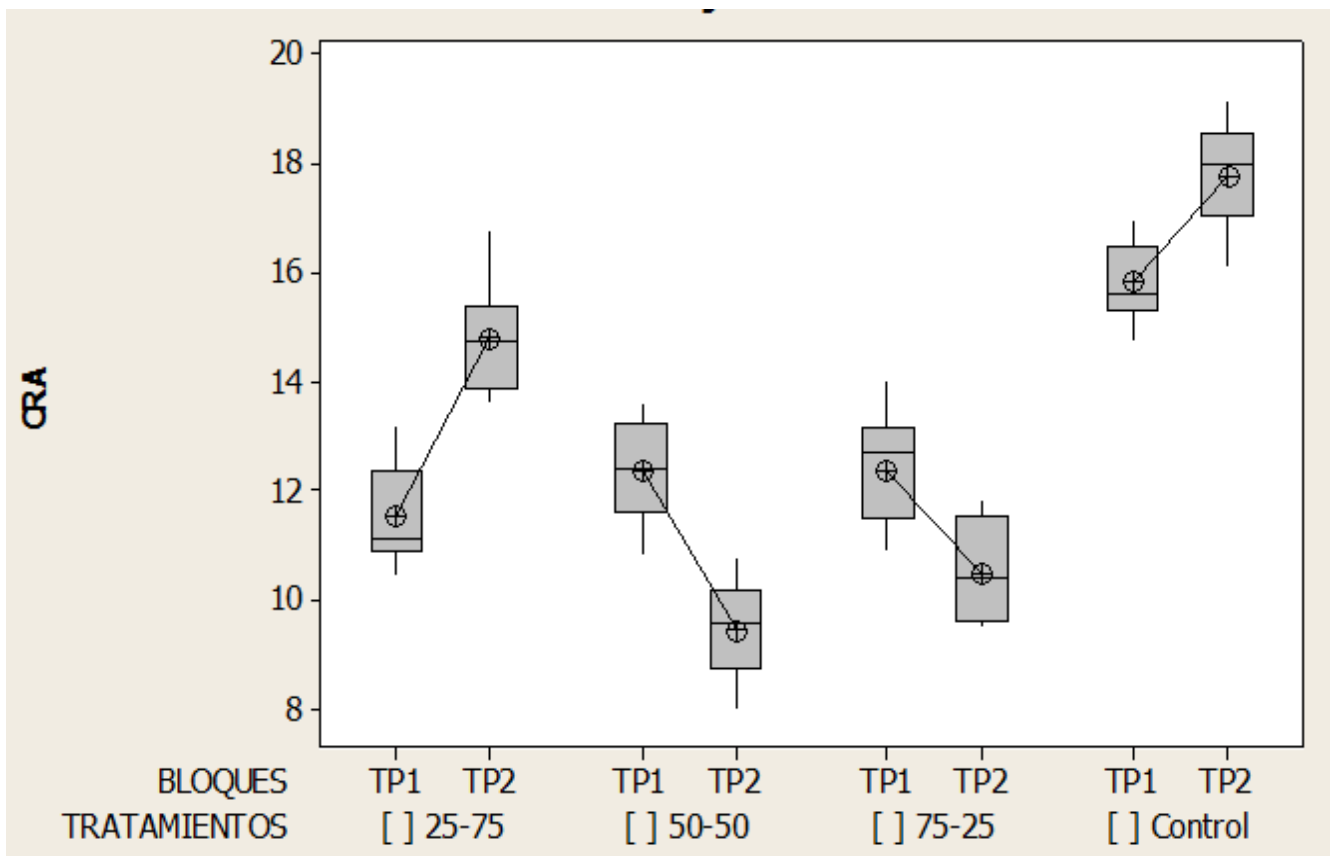


**Figura 21. Gráfica de efectos principales en capacidad de retención de agua (1= [ ] 25-75%, 2= [ ] 50-50%, 3= [ ] 75-25% Y 4= Control, TP1= tamaño partícula 6 mm y TP2= tamaño partícula 10 mm)**

El tratamiento tiene un efecto significativo sobre la capacidad de retención de agua, las muestras control presentan valores mayores en comparación de las muestras con mezclas de carragenina *kappa*-aislado de proteína de soya, es decir que las muestras con adición de la mezcla presentan mejor capacidad de

retención de agua frente a la muestra control. También podemos observar que la muestra que contiene una concentración de 50-50% de carragenina *kappa*-aislado de proteína de soya presenta mejor capacidad para retener el agua en su sistema dado que a mayor interacción entre la matriz proteica de la carne y los ingredientes funcionales el % de agua liberada en la capacidad de retención de agua debe ser menor pues el sistema se encuentra estabilizado.

En la Figura 22 se muestran los valores promedios obtenidos en la capacidad de retención de agua de las diferentes muestras.



**Figura 22. Grafica de caja, valores promedio de capacidad de retención de agua de las muestras. (1= [ ] 25-75%, 2= [ ] 50-50%, 3= [ ] 75-25% Y 4= Control, TP1= tamaño partícula 6 mm y TP2= tamaño partícula 10 mm)**

El valor promedio que se muestra en la figura anterior, en las muestras control es mayor a comparación de las muestras con mezcla de carragenina *kappa*-aislado de proteína de soya, se puede apreciar también que las muestras control no

presentan valores comunes con las muestras adicionadas de la mezcla, por lo que sí existe una diferencia significativa. Sin embargo para algunos casos como el tratamiento (concentración) se presentan valores comunes entre sí, como en las mezclas de 50-50% y 75-25%, es decir que no hay una diferencia significativa entre ellas en cuanto a la concentración pero no aplica para tamaño de partícula cárnica. Dicho lo anterior se puede decir que si existe un efecto en la capacidad de retención de agua al adicionar las mezclas de carragenina *kappa*-aislado de proteína de soya, pero el efecto de dichas concentraciones no será tan evidente de una a otra.

En cuanto a los bloques o tamaño de partícula se observa que no existen valores comunes en ningún tratamiento, es decir que el tamaño de partícula no presenta diferencias significativas en la capacidad de retención de agua.

Entonces la capacidad de retención de agua se vio afectada por la concentración de la mezcla de carragenina *kappa* – aislado de proteína de soya observándose que la mezcla confiere mejor capacidad de retención de agua al sistema en comparación de aquella que no la contenía.

Como se sabe en la industria de la carne el aislado de proteína de soya es utilizado ya que se caracteriza por su capacidad emulsificante, capacidad de retención de agua, espumante, gelificante, Singh *et al.*, 2008, mientras que la carragenina *kappa* es utilizada en productos cárnicos cocidos para mejorar la retención de humedad, formando redes tridimensionales que dan lugar a la formación de gel.

Sipos, 1995 señaló que la principal función del aislado de proteína de soya es mantener la estructura durante el procesamiento de productos cárnicos elaborados con carne molida y contribuir a la retención del agua de la carne.

Sin embargo las propiedades gelificantes y funcionales del aislado de proteína de soya, son modificadas en presencia de hidrocoloides como la carragenina (Tolstoguzov, 1997), estas interacciones permiten mejorar las características de textura de los sistemas en que son utilizados.



En los procesos de gelificación de la carragenina *kappa* con el aislado de proteína de soya se observó un incremento en la temperatura y la velocidad de gelificación, así como en la dureza, cohesividad, gomosidad y elasticidad del gel formado por estos dos biopolímeros en solución acuosa, con relación al gel constituido solo por carragenina aumentando así la fuerza del gel y por lo tanto aumentando la capacidad de retención de agua del sistema.

Así bien a pesar de que la mezcla favorece la capacidad de retención de agua del sistema pudimos observar que la mezcla de 75% carragenina *kappa* tenía menor % de dicho parámetro que aquellas en que la concentración era menor a 50%, esto es atribuido a que la carragenina a una baja concentración, aumenta la capacidad de retención de agua del gel de aislado de proteína de soya (Karim *et al*, 1999),

La incorporación de carragenina *kappa* a sistemas cárnicos mejora la fuerza de la matriz proteica afectando la temperatura de transición (Foegeding y Ramsey, 1986). El incremento en la capacidad de retención de agua y textura parece ser debido al entrapamiento mecánico del agua, dependiendo de la concentración de carragenina *kappa* debido a que a bajas concentración no hay cambios en las proteínas musculares (DeFreitas *et.al.*, 1997).

La utilización de carrageninas, para niveles de adición menores al 30% en productos cárnicos, es altamente necesaria para retener el agua en el producto y no hace esta capacidad exclusivamente dependiente de la calidad de las proteínas de la carne, disminuyendo notoriamente las pérdidas por exudación (Farouk, 2000).

También así las modificaciones en la capacidad de retención de agua se ven atribuidas al proceso de disminución de tamaño de partícula cárnica ya que existe un incremento del área superficial facilitando la disposición de proteínas miofibrilares, así se dan fuertes interacciones proteína-hidrocoloide que son principalmente electrostáticas; entre los grupos aniónicos en el hidrocoloide y los grupos cargados positivamente en la proteína, los cuales dependen de la concentración de hidrocoloide y la proporción de los hidrocoloides utilizados, por lo

que estas interacciones a mayores proporciones de carragenina kappa provocan la exclusión del agua, pues disminuye la interacción con el agua en el sistema (Torralba, 2013; Dondero, 2006).

### 3.1.2 Dureza

Los valores obtenidos de dureza de las muestras refrigeradas para cada tamaño de partícula y concentración de la mezcla de carragenina kappa- aislado de proteína de soya se muestran en el Cuadro 3.

**Cuadro.- 3 Resultados globales de dureza del producto final**

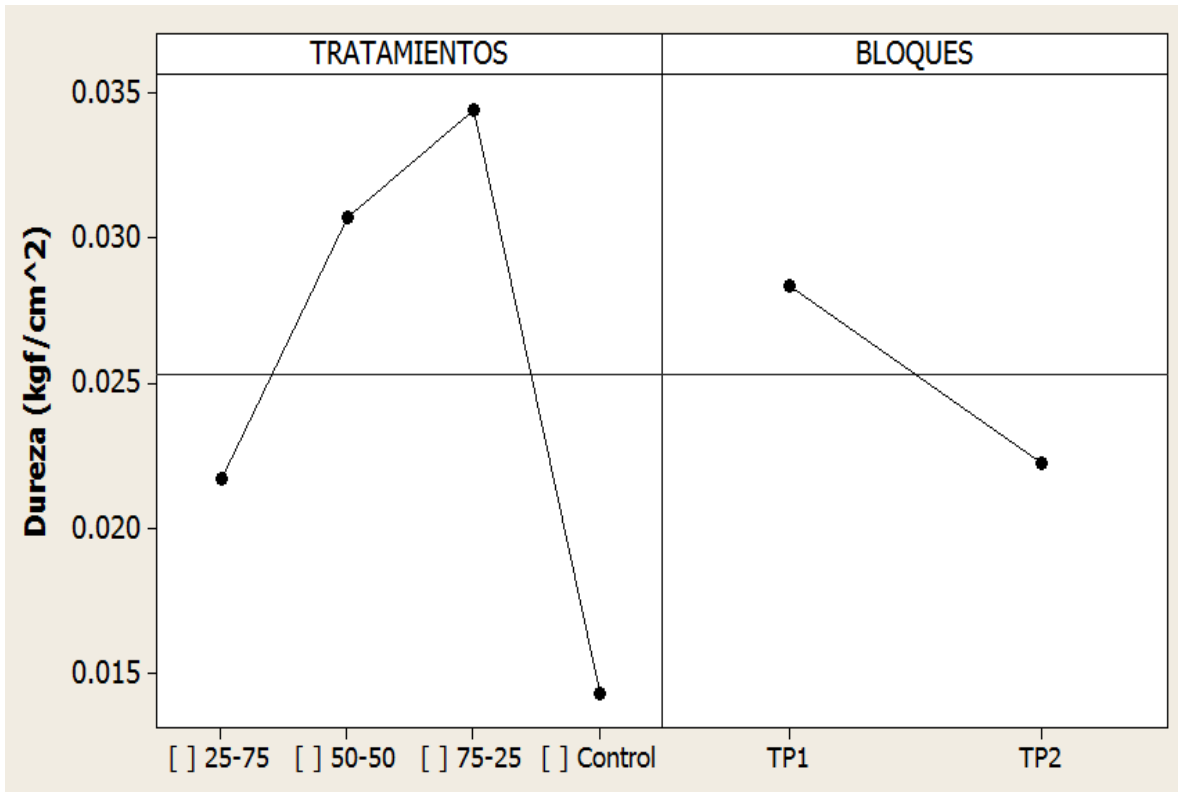
Tamaño de partícula	Dureza ( $kg\ f / cm^2$ )			
	CONTROL	25%-75%	50%-50%	75%-25%
6 mm	0.0155±0.0015	0.0213±0.0004	0.0363±0.0017	0.0401±0.0038
10 mm	0.0132±0.0007	0.0220±0.0009	0.0249±0.0024	0.0286±0.0004

En el cuadro anterior se puede observar claramente que conforme la concentración de carragenina *kappa* aumentaba en la mezcla el valor de la dureza era mayor a comparación de las muestras control. Las muestras con una concentración alta de carragenina *kappa* 75%, presentaron los valores de dureza más altos obtenidos  $0.0401 \pm 0.0038\ kg\ f / cm^2$  a diámetros de 6 mm y  $0.0286 \pm 0.0004\ kg\ f / cm^2$  para 10 mm, se podría decir que el gel formado con el mayor nivel de concentración de carragenina *kappa* es más firme haciendo que se comporte más fuerte a medida que el tiempo pasa. Para ambos diámetros de partícula cárnica, las mezclas con una concentración baja de carragenina *kappa* 25% presentaron un valor de dureza menor, pero muy cercano al de sus muestras

control donde el valor de dureza a 6mm obtenido fue  $0.0213 \pm 0.0004 \text{ kg f/cm}^2$  contra su control  $0.0155 \pm 0.0015 \text{ kg f/cm}^2$  y para 10 mm de  $0.0220 \pm 0.0009 \text{ kg f/cm}^2$  contra  $0.0132 \pm 0.0007 \text{ kg f/cm}^2$  del control.

Para el estudio de la dureza del producto la hipótesis nula es rechazada tanto para la concentración de la mezcla de CK-ASP como el tamaño de partícula ya que el valor de la probabilidad  $P=0.000$  en ambos casos, valor inferior a  $\alpha=0.05$ . Es decir que existe una diferencia significativa de la capacidad de retención de agua con respecto a la concentración y el tamaño de partícula, aceptando de esta manera la hipótesis alterna.

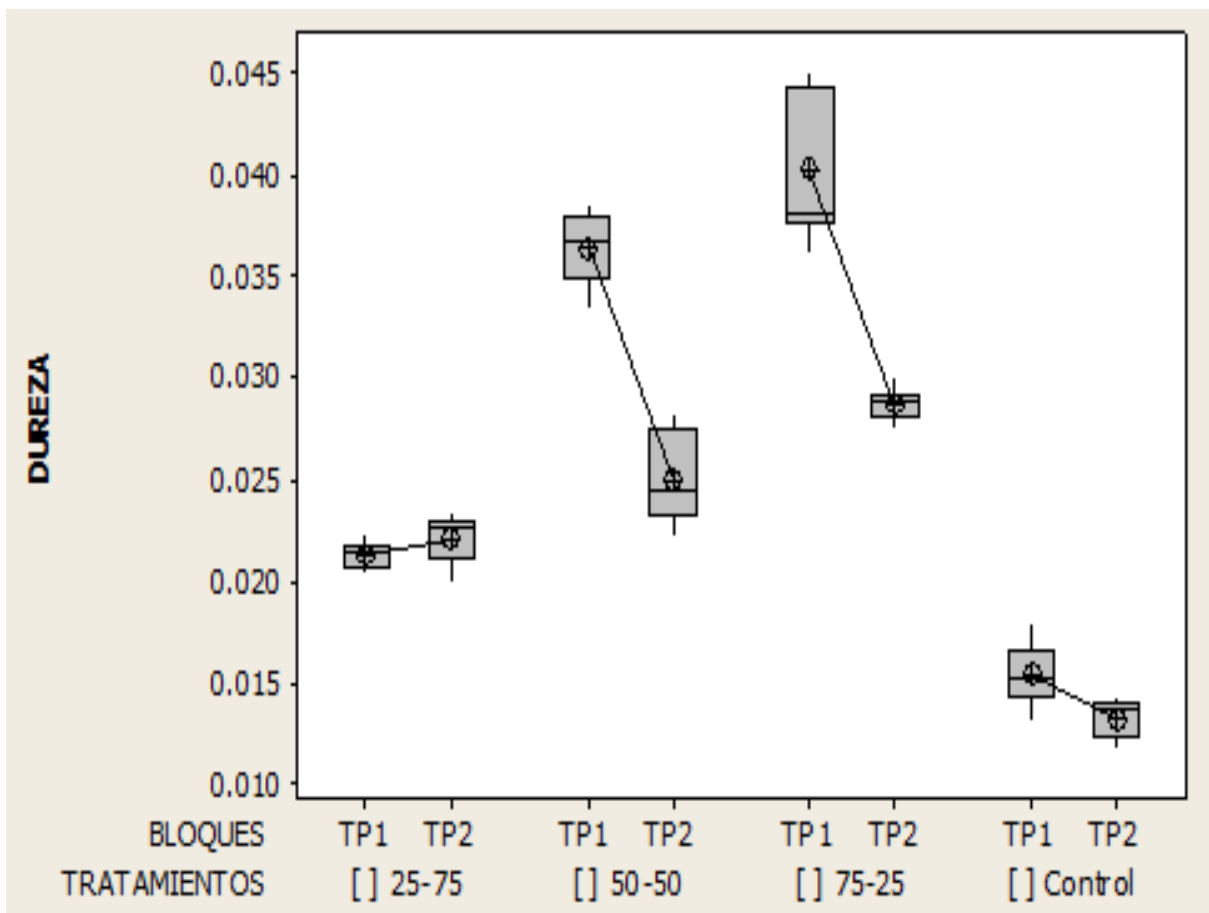
Lo cual podemos observar en la Figura 23 la cual muestra el efecto de la concentración de la mezcla de CK-ASP y el tamaño de partícula en la dureza de las muestras.



**Figura 23. Gráfico de efectos principales en dureza. (1= [ ] 25-75%, 2= [ ] 50-50%, 3= [ ] 75-25% Y 4= Control, TP1= tamaño partícula 6 mm y TP2= tamaño partícula 10 mm)**

Las mezclas de carragenina *kappa*-aislado de proteína de soya mostraron un efecto sobre la dureza de las muestras, aquellas muestras con un concentración alta 75% de carragenina *kappa* y baja de aislado de proteína de soya 25% presentaron mayor dureza, y las muestras con baja concentración de carragenina *kappa* una dureza menor, acercándose más al valor obtenido en las muestras control, es decir que a bajas concentraciones de carragenina *kappa* se pueden obtener geles estables pero menos rígidos, proporcionando mejor textura al producto final.

Los valores promedios obtenidos de dureza de las diferentes muestras se observa en la Figura 24.



**Figura 24. Grafica de caja, valores promedio de dureza de las muestras. (1= [ ] 25-75%, 2= [ ] 50-50%, 3= [ ] 75-25% Y 4= Control, TP1= tamaño partícula 6 mm y TP2= tamaño partícula 10 mm)**

Debido a que los valores promedio de las muestras control no son similares a las muestras con mezclas de carragenina *kappa* y aislado de proteína de soya se puede decir que la adición de estas, afecta significativamente la dureza del producto. Es decir que la adición de una de las mezclas aumentara la dureza de la muestra. El aumento de la dureza es proporcional al aumento de la concentración de carragenina *kappa* lo cual se observa en la figura anterior. Sin embargo para el caso de los tratamientos se observa que entre la mezcla de 50%-50% y 75%25 existen valores promedio similares, es decir que la dureza entre ambas mezclas no es radicalmente diferente a comparación de la mezcla de 25% carragenina *kappa* 75% aislado de proteína de soya.

En la misma figura se observa que para los bloques no existen valores comunes entre ellos, es decir que si existe una diferencia en la dureza del producto al someter el cárnico a una reducción de tamaño. Se obtuvo que en tamaños menores de partícula cárnica (6mm) la dureza del producto final es ligeramente mayor a las muestras con diámetros de 10 mm.

Entonces dicho lo anterior la dureza se verá afectada tanto por el tamaño de partícula cárnica como por la concentración de la mezcla de carragenina *kappa*-aislado de proteína de soya.

En cuanto al efecto de la concentración de la mezcla de carragenina *kappa*-aislado de proteína de soya se observó que hubo un aumento de la dureza conforme la concentración de carragenina *kappa* aumentó.

Hua *et al* (2003), evaluaron las interacciones entre proteína aislada de soya (ASP) y algunos hidrocoloides, encontrando que en la mezcla ASP- carragenina *kappa*, la fuerza de gel aumenta con el incremento de la concentración de carragenina.

La carragenina es ampliamente utilizada en la industria de los alimentos debido a sus propiedades como estabilizante, espesante o gelificante. Forma geles térmicamente reversibles, por lo tanto tiene la capacidad de formar geles en condiciones de cocción y en refrigeración (Dickinson & Pawlowsky, 1997; Trius & Sebranek, 1996).

A mayor proporción de carragenina existe mayor dureza, la carragenina en contraste con el APS permiten la formación de una matriz proteica más densa y continua que favorece la unión de las partículas, debido a su fuerte carga positiva y la formación de puentes bivalentes entre el grupo éster sulfato de la carragenina y un grupo carboxilo de la proteína (Vera, 2010).

También Baeza *et al* (2002) investigaron los procesos de gelificación de la kappa carragenina con el aislado de proteína de soya y observaron un incremento en la temperatura y la velocidad de gelificación, así como en la dureza, cohesividad, gomosidad y elasticidad del gel formado por estos dos biopolímeros en solución acuosa, con relación al gel constituido solo por carragenina.

El tamaño de partícula tiene un efecto en la dureza, según Campbell y Mandingo (1978) cuanto menor sea el tamaño de las partículas cárnicas (mayor grado de fraccionamiento), mayor será la superficie expuesta y accesibilidad de las proteínas miofibrilares, lo que proporcionará productos mejor ligados, es decir con mejores propiedades texturales.

Así también Serrano (2006) afirmó que los métodos mecánicos para reducir el tamaño de partícula permiten la ruptura de la fibra muscular, con el consiguiente incremento de la superficie expuesta a cualquier interacción y permite una mayor liberación de proteínas miofibrilares, permitiendo la obtención de productos de mejor textura.

Debido a esto es razonable que para este proyecto que con un tamaño de partícula de 6 mm se obtuvieran valores de dureza mayores, que los de diámetros más grandes.

### 3.1.3 Disminución de tamaño del producto final

En el Cuadro 4 se aprecia el comportamiento de la disminución de tamaño del producto final. Aquellas muestras con tamaños de partícula cárnica mayores en este caso 10 mm presentaron valores de reducción de tamaño mayores 5.019%

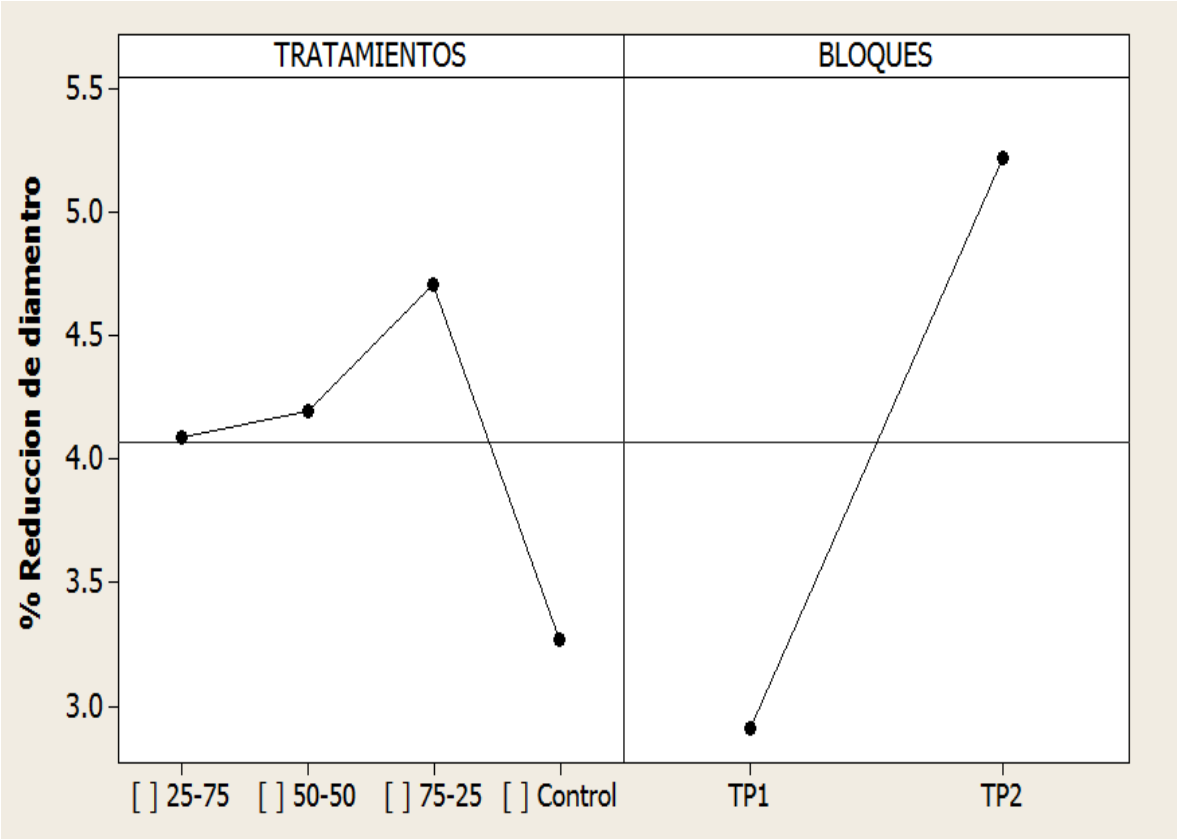
promedio de las diferentes muestras adicionadas con la mezcla de carragenina *kappa* y aislado de proteína de soya, mientras que en las muestras con tamaño de partícula cárnica de 6 mm se obtuvo un 2.91% promedio de reducción del diámetro de la muestra. Como se puede observar en la muestra control con un diámetro de 6mm se obtuvo un porcentaje de reducción de  $1.903\% \pm 0.007$ , dentro de las muestras con la adición de la mezcla, aquella con 25% de carragenina *kappa* y 75% de aislado de proteína de soya mostro un valor muy cercano al del control con un  $1.97\% \pm 0.007$  de reducción del diámetro del producto final, entonces diámetros menores con concentraciones de mezcla de carragenina *kappa* menores, proporcionan al sistema mayor estabilidad. Algo que también es notable en el cuadro es que tanto el diámetro de partícula cárnica (6 y 10 mm) y la variación de las concentraciones de la mezcla tienen un efecto sobre el porcentaje de disminución de diámetro del producto final, ya que como se observa tanto en diámetros de 6 y 10 mm los valores obtenidos son mayores que a los de las muestras control.

**Cuadro.- 4 Resultados globales obtenidos de rendimiento en el producto final**

Tamaño de partícula	Disminución de tamaño del producto final			
	CONTROL	25%-75%	50%-50%	75%-25%
6 mm	$1.903 \pm 0.007$	$1.970 \pm 0.007$	$3.880 \pm 0.015$	$3.897 \pm 0.044$
10 mm	$3.809 \pm 0.085$	$5.562 \pm 0.365$	$4.946 \pm 0.433$	$5.746 \pm 0.056$

En cuanto a disminución de tamaño de las muestras, las hipótesis nula es rechazada tanto para tratamientos como bloques, debido a que el valor  $P = 0.000$  obtenido es inferior al de  $\alpha=0.05$ , esto quiere decir que existe una diferencia significativa en la disminución de tamaño con respecto a la concentración de la mezcla y el tamaño de partícula.

Esto se observa en la Figura 25 que muestra el efecto de la concentración de la mezcla de CK-ASP y el tamaño de partícula en dicha variable.



**Figura 25. Gráfica de efectos principales en disminución de tamaño**

La concentración de la mezcla tuvo efecto sobre el porcentaje de disminución de tamaño de la muestras, el mayor % se obtuvo en aquellas muestras con 75%-25% de carragenina *kappa* y aislado de proteína de soya con un  $3.897 \pm 0.044$  para diámetros de 6mm y  $5.746\% \pm 0.056$  en 10 mm.



Ambos diámetros de partícula cárnica como se observa en la figura 28 tuvieron un efecto significativo en la disminución del tamaño del producto final sin embargo las muestras con 10 mm arrojaron los valores más alejados de las muestras control.

Y muestras con concentraciones bajas de carragenina *kappa* y altas de aislado de proteína de soya proporcionaran un producto final más estable en cuanto a el porcentaje de reducción de su tamaño.

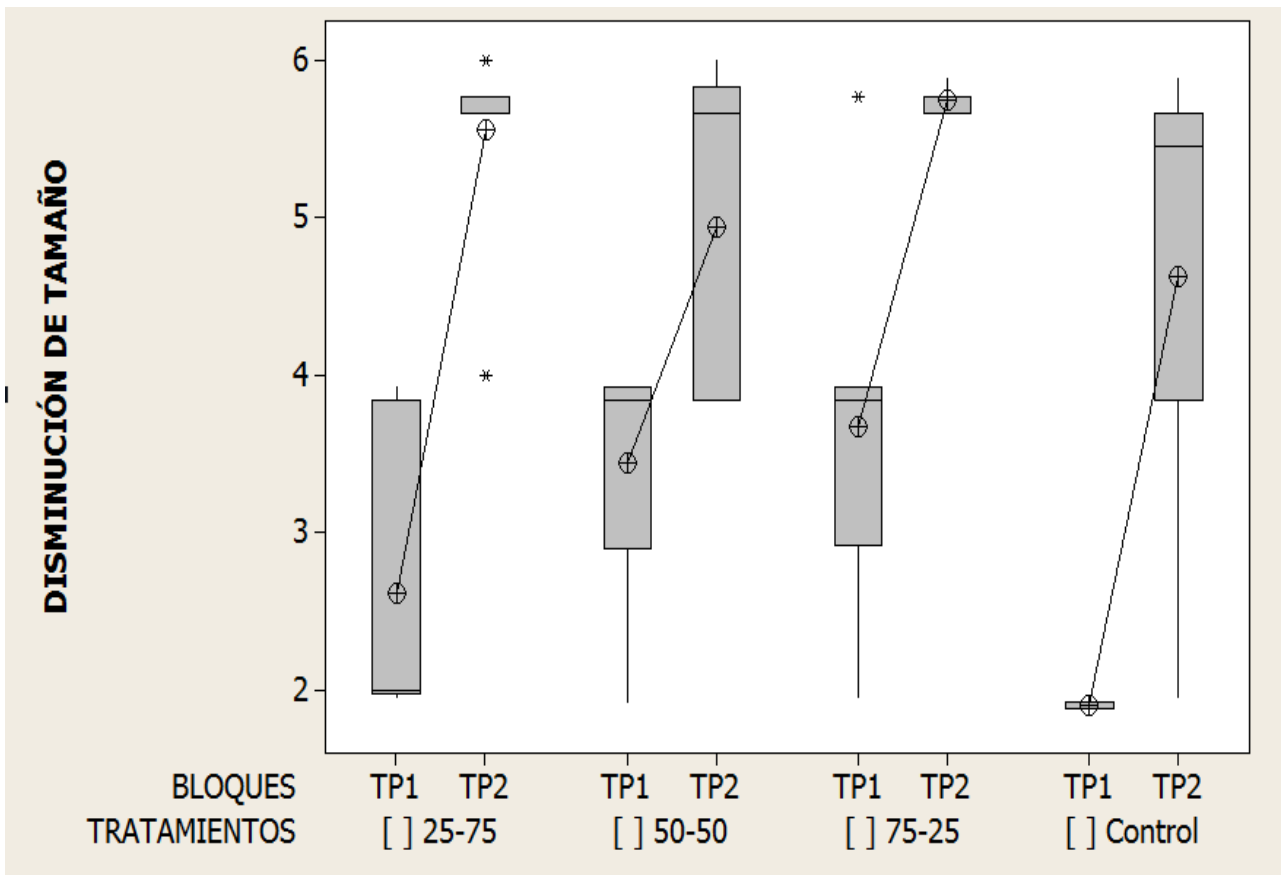
Es decir que se tendrá un mejor rendimiento a concentraciones de 25%-75% de carragenina *kappa*-aislado de proteína de soya y tamaños de partícula de 6 mm, debido a que presentaron menores porcentajes de disminución de diámetro en el producto final.

En la Figura 26 se presentan los valores promedios de disminución de tamaño obtenidos de las muestras.

Se puede observar que para los tratamientos existe una diferencia significativa entre el tamaño de partícula cárnica y el porcentaje de disminución de tamaño del producto final, los valores promedio de las muestras con un diámetro cárnico de 10 mm son mayores que los de 6 mm sin embargo son parecidos al valor promedio de la muestra control con el mismo diámetro. En las muestras con un diámetro de 6mm los valores de porcentaje obtenidos son menores es decir existe menor pérdida de tamaño en el producto final.

Para los tratamientos también existe una diferencia significativa es decir que la adición de la mezcla de carragenina *kappa* y aislado de proteína de soya tendrá un efecto sobre la reducción de tamaño del producto final.

Aquellas muestras con concentraciones bajas de aislado de proteína de soya tendrán una mayor reducción del diámetro del producto final, una muestra con 25% de carragenina *kappa* tendrá un gel más estable y 75% de aislado de proteína de soya proporcionara mayor captación del agua del sistema. Dicha muestra también nos arroja un valor promedio común con la muestra control con el mismo diámetro de partícula cárnica.



**Figura 26. Gráfica de caja, valores promedios de disminución de tamaño del producto final**

Pietrazik y Shand (2003), mencionan que el uso de aditivos aumenta la estabilidad en la gelificación de la proteína, este aumento se presentó por la capacidad que tiene el hidrocoloide y la proteína de retener agua en el sistema de redes tridimensionales formadas.

Así también al adicionar aditivos funcionales como la mezcla carragenina *kappa*-aislado de proteína de soya que actúan como retenedores de humedad se reducen las mermas por cocción (Restrepo, 2010), lo que se confirma ya que en ninguna de las muestras hubo un porcentaje de reducción del tamaño del producto final mayor a 10%.

Se observó que el mayor rendimiento se obtuvo en las muestras con mayor proporción de aislado de proteína de soya (75%), esto es debido a que el aislado

de proteína de soya con sus cadenas laterales de los aminoácidos permite que haya una interacción del agua con los grupos ionizados polares y no polares (Avila, 2011).

Las proteínas de soya se utilizan en las carnes procesadas a causa de las funcionalidades fisicoquímicas que son capaces de impartir, por ejemplo, como aglutinantes para mejorar el rendimiento y la textura del producto (Renkema & van Vliet, 2002).

Liu, *et al*, 1990 reportaron que, disminuyendo el tamaño de partícula de la carne, se obtiene menores pérdidas por la cocción, al igual que Sen y Karim, 2003

Entonces a tamaños de partícula de 6 mm se obtuvieron menores valores de porcentaje de disminución de tamaño es decir un mejor rendimiento en las muestras, y que a concentraciones altas de aislado de proteína de soya el% de disminución de tamaño es menor.

### 3.1.4 Tratamiento térmico

#### 3.1.4.1 Dureza

Durante la experimentación se aplicó una refrigeración de 24 horas como método de conservación del producto final y posteriormente un tratamiento térmico de freído para imitar las condiciones en que el mercado lo consume y así poder determinar la dureza que éstas muestran presentan después de dicho tratamiento, en el Cuadro 5 se muestran los resultados globales obtenidos de dureza de las muestras refrigeradas y freídas.

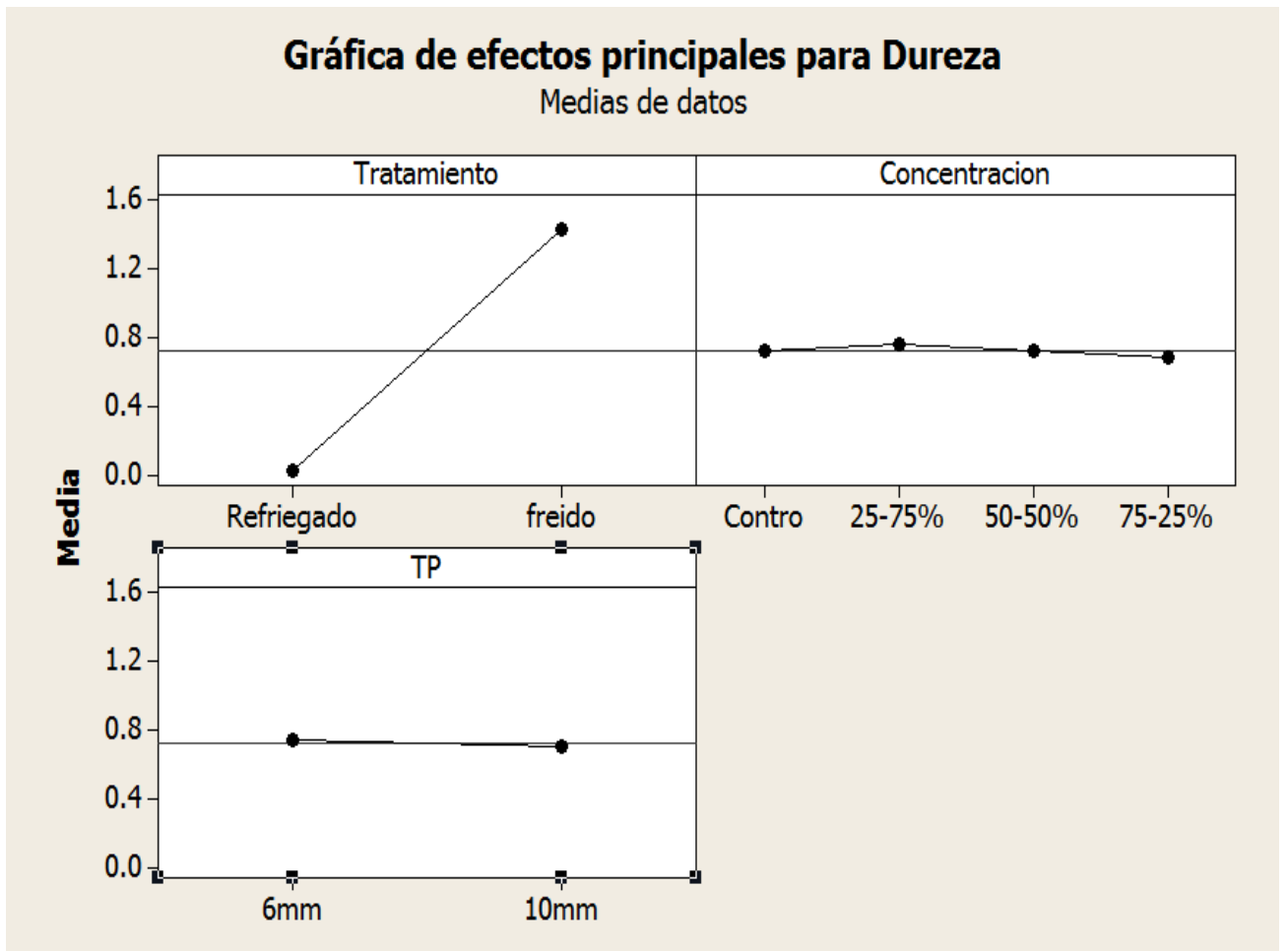
**Cuadro.- 5 Resultados globales de disminución de dimensiones en las muestras reestructuradas refrigeradas y freídas**

Dureza ( $kg\ f / cm^2$ )					
Tamaño de partícula		Control	25% -75%	50% – 50%	75% -25%
6 mm	Refrigeradas	0.015±0.0015	0.021±0.0004	0.036±0.0017	0.040±0.003
	Freídas	1.452	1.480	1.331	1.570
10 mm	Refrigeradas	0.013	0.022	0.024	0.028
	Freídas	1.417	1.535	1.509	1.101

Como antes se observó las muestras con un porcentaje alto de carragenina *kappa* (75%) en la mezcla, presentaron valores de dureza mayores tanto en el producto final refrigerado, como el freído. En ambos diámetros de partícula cárnica, es decir que conforme la concentración de carragenina *kappa* aumenta, la dureza aumenta igualmente.

Y que someter el producto aun tratamiento térmico aumentara la dureza del sistema, debido a que para que se lleve a cabo el proceso de gelificación del sistema se necesita un aumento en la temperatura.

La Figura 27 muestra los efectos principales del tratamiento, la concentración de la mezcla y el tamaño de partícula en la dureza de las muestras.

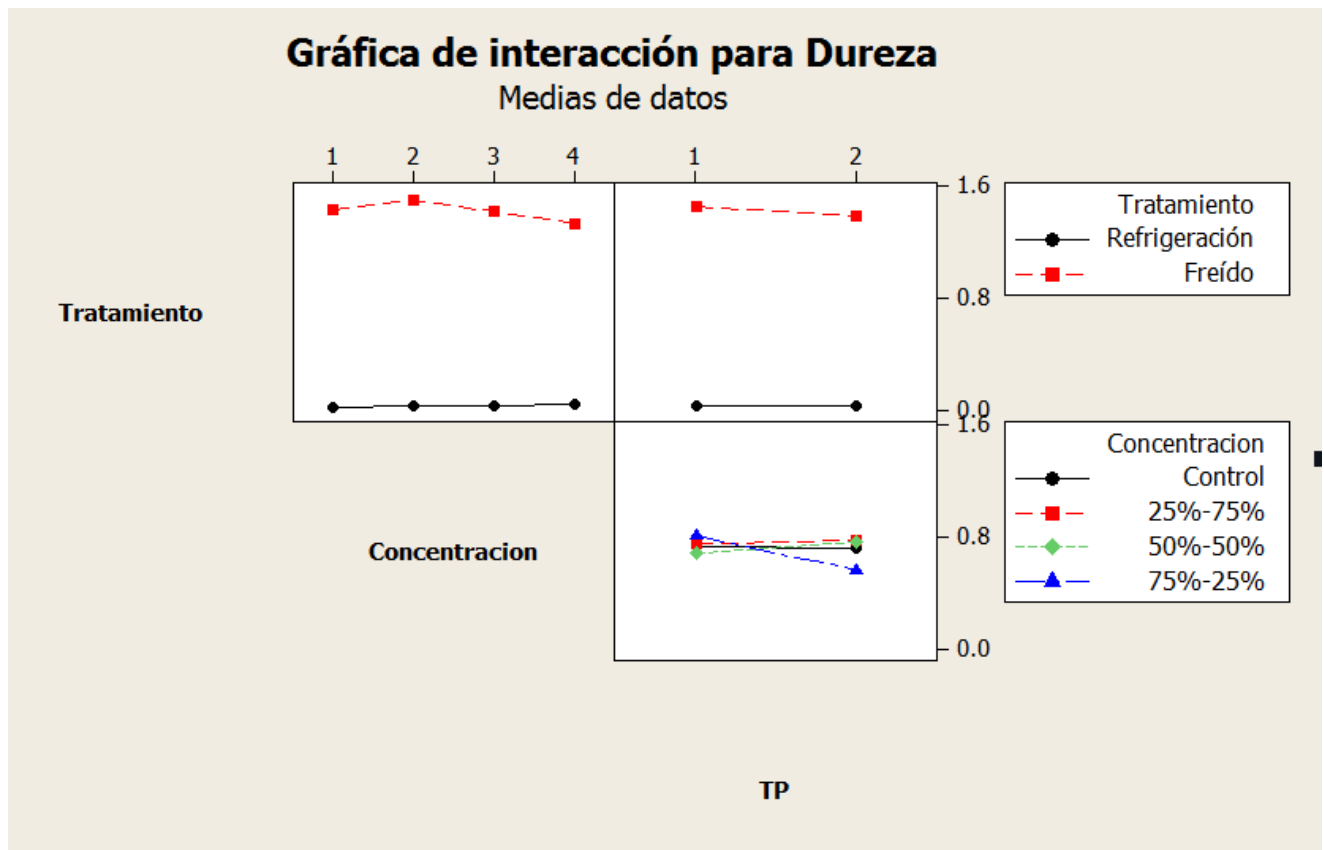


**Figura 27. Gráfico de efectos principales de tratamiento, concentración de mezcla y tamaño de partícula en la dureza**

El valor de P obtenido para el tratamiento  $P= 0.000$  es inferior a  $\alpha=0.05$ , lo cual demuestra que existe una diferencia significativa del tratamiento con respecto a la dureza de las muestras, es decir que la dureza si se verá afectada por el tipo de tratamiento que le es aplicado a la muestra, las muestras freídas presentan valores de dureza mayores que en las muestras refrigeradas. Tanto en los valores de la concentración de la mezcla de carragenina kappa-aislado de proteína de soya, como el tamaño de partícula se obtuvieron valores de P mayores que  $\alpha=0.05$ , esto quiere decir que no existe una diferencia significativa entre la dureza

de las muestras y dichas variables. No hay un efecto importante del tamaño de partícula y la concentración en la dureza durante el freído.

En la Figura 28 se muestra la interacción del tratamiento, tamaño de partícula y concentración de la mezcla de carragenina *kappa* – aislado de proteína de soya en la dureza de las muestras.



**Figura 28. Gráfico de interacción de tratamiento, concentración de mezcla y tamaño de partícula en la dureza.**

Para el tratamiento contra la concentración de mezcla se observa que se obtuvo una mayor dureza en un producto freído a una concentración de 25-75% de carragenina *kappa* – aislado de proteína de soya. Y que no existe una interacción entre el tratamiento aplicado y la concentración de la mezcla de carragenina *kappa* – aislado de proteína de soya. Para la combinación de tratamiento contra el tamaño de partícula se obtuvo mayor dureza en aquellas muestras freídas con ambos tamaños de partícula cárnica sin embargo los resultados de dureza fueron

mayores en diámetros de partícula cárnica de 6 mm, y de igual manera no existe interacción entre el tratamiento y el tamaño de partícula, con esto se corrobora lo anteriormente mencionado la concentración y el tamaño de partícula no tienen efecto sobre la dureza pero el freído sí afecta a dicha variable ya que en ambas interacciones las muestras freída presentan mayor dureza.

En cuanto a la interacción de la concentración de la mezcla de carragenina *kappa* – aislado de proteína de soya y el tamaño de partícula se observa que se obtuvo mayor dureza en las muestras con una concentración de 75-25% y un tamaño de partícula de 6 mm. En este caso sí existe una interacción entre el tamaño de partícula y la concentración de la mezcla aunque no es muy marcada.

Entonces podemos decir que el tratamiento térmico aplicado a las muestras tiene un efecto significativo en la dureza, lo cual se puede explicar ya que en reestructurados, al aplicar un tratamiento térmico se obtienen estructuras más fuertes. Esto debido a que como consecuencia del tratamiento térmico, las proteínas se despliegan haciendo posible una mayor interacción proteína-proteína en la formación de la red proteica, lo que constituye una estructura con más estabilidad (Heremans *et al*, 1995).

También como consecuencia de la aplicación de tratamiento térmico se observa que la firmeza de los reestructurados aumenta debido principalmente al establecimiento de enlaces covalentes entre las proteínas.

## CONTRASTACION DE HIPOTESIS

La mezcla de carragenina kappa-aislado de proteína de soya si tiene la capacidad de absorber el agua del medio, la inclusión de éstos y otros ingredientes no cárnicos provoca una reducción del agua disponible en el medio y esto significa un aumento en la capacidad de retención de agua en el sistema, es decir que la red proteica que se forma durante la gelificación es estable.

En variables como la dureza la adición de dicha mezcla es favorable debido a que en la mezcla de carragenina *kappa*-aislado de proteína de soya, la fuerza de gel aumenta con el incremento de la concentración de carragenina otorgando al producto una mayor estabilidad,

Mientras que el tamaño de partícula tiene un efecto en la estabilidad, cuanto menor sea el tamaño de las partículas cárnicas (mayor grado de fraccionamiento), mayor será la superficie expuesta y accesibilidad de las proteínas miofibrilares, lo que proporcionará productos mejor ligados, es decir con mejores propiedades texturales.



## CONCLUSIONES

La molienda de la carne de pollo afecta la textura, aumentando la dureza del producto reestructurado, diámetros menores proporcionan productos refrigerados y freídos, con mayor dureza. El tamaño de partícula cárnica, disminuye así también los porcentajes de pérdidas de tamaño del producto final sometido a un proceso térmico de freído.

La adición de la mezcla de carragenina *kappa* y aislado de proteína de soya produce un cambio en la textura del producto final, durante y al cabo de 24 horas de refrigeración. Dicha mezcla así mismo aumenta considerablemente la dureza del producto que es sometido a un proceso térmico de freído.

La mezcla reduce las pérdidas de tamaño que experimenta el producto final al ser sometido a altas temperaturas, al formar una matriz de gel estable a altas temperaturas

La capacidad de retención de agua del producto se ve afectada por la variación de la concentración de la mezcla de carragenina *kappa* y aislado de proteína de soya, muestras con concentraciones iguales o menores a 50% de carragenina *kappa*, son capaces de dar al producto mayor consistencia y estabilidad debido a la capacidad de gelificación de la carragenina con la carne.

La mejor retención de agua de las muestras proporcionada por la mezcla de carragenina *kappa* y aislado de proteína de soya en una concentración de 25%-75% respectivamente, afecta las características del producto, de tal manera que se obtuvo una dureza mayor frente a la de las muestras control, porcentajes de disminución de tamaño por cocción menores y un porcentaje de agua retenida mayor, haciéndolo un producto cárnico reestructurado más estable y con mejor textura.

Entonces la molienda de la carne afectara las características físicas y de textura del producto final, tanto refrigerado como freído, de forma que proporciona un producto con mayor textura sin llegar a ser duro, y estable ante condiciones de

altas temperaturas, evitando una pérdida en la disminución de tamaño del producto, lo cual ante el cliente es una característica favorable.

La adición de la mezcla de carragenina *kappa*-aislado de proteína de soya en diferentes concentraciones, afecta de manera positiva las características del producto final, refuerza la capacidad de retención de agua de las proteínas de la carne, evitando así la pérdida de agua del sistema, la formación del gel formado por ambos ingredientes funcionales aumenta la dureza del producto, y el tratamiento térmico aplicado a dicho gel evita la deformación o cambio dimensional del producto, es decir reduce el porcentaje de reducción de dimensiones del producto cárnico reestructurado.

Fue posible modificar la composición de un producto cárnico reestructurado mediante la adición de ingredientes funcionales como la carragenina *kappa* y el aislado de proteína de soya que permiten obtener un producto estable y con mayores rendimientos, mejorando características texturales y sensoriales que comúnmente imparte la grasa de la carne de pollo, dicha grasa que fue retirada en el proceso de deshuesado, permitiendo así obtener un producto con utilización de cortes de la canal de pollo de bajo valor comercial

## BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. (18 Ed). (2005). Official methods of analysis. Washington, D.C. USA: Associaton of Analytical Chemists.
- Aragones, M.J. (2011). *Acondicionamiento de la carne para su uso industrial*. Malaga: Editorial Inc.
- Ávila, Z.C. (2011). *Determinación de las propiedades físico químicas y funcionales del aislado e hidrolizado enzimático de la proteína de soya a escala piloto, para la aplicación de alimentos*. (Tesis de Licenciatura). Escuela Politecnica Nacional, Facultad de ingeniería química y agroindustrial. Quito, Ecuador.
- Badui, S.D. (2006). *Química de alimentos*. México: Pearson Educación.
- Baeza, R.I., Carp, D.J., Perez, O.E. y Pilosof, A.M.R. (2002). K-carregeenan-protein interactions: effect of proteins on polysaccharide gelling and textural properties. *Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie*, 35(8), pp. 741-747.
- Bard, J.C. (1965). Some factors influencing extractability of salt soluble proteins. *Proc Meat Industry Research Conference*, pp. 96-98.
- Barreiro, M.J. y Sandoval, B.A. (2006). *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. (1ª edición). Caracas, Venezuela: Editorial Equinoccio.
- Barroeta, A.C. (2013) *El huevo y sus componentes como alimento funcional*. Barcelona: Bellaterra.
- Beachle, R.T. y Earle, W.R. (2007). *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico*. Buenos Aires, Madrid: Editorial Panamericana.
- Berry, B.W. (1987), Texture in Restructured meats. *Advanced in meat research*, 3, pp. 271-305.

- Berry, B.W., Bigner-George, M.E. and Eastridge, J.D. (1999). Hot processing and gridding size affect properties of cooked beef patties. *Meat Science*, 53(1), PP. 37-43.
- Boles, J.A. and Shand, P.J. (199). Effects of raw binder system meat cut and prior freezing on Restructured beef. *Meat Science*, 53(4), pp.233-239.
- Bonilla, B.O. Y Diaz, S.O. (2003). *Elementos básicos para el manejo de animales de granja, aves (gallinas, gansos, codornices y pavos)*. Costa Rica: Editorial Universidad estatal a distancia.
- Bouton, P.E., Harris, P.V., Shorthose, W.R. (1971). Effect of ultimate pH upon the water holding capacity and tenderness of mutton. *Journal of Food Science* 36, pp. 435-440.
- Callow, E.H. (1935). The theory of curing. *Food investigation board for 1931*. pp. 144-147.
- Cambero, M.I., Lopez, M.O., Garcia de Fernando, G.D., de la Hoz, L. & Ordoñez, J.A. (1991). Restructured meat, II. Manufacture and marketing. *Revista de Agroquímica y tecnología de alimentos*, 31(4), pp. 447-458.
- Cambero, M.I. (2002). Carnes reestructuradas. *Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos*, 2, pp 1485-1508.
- Campbell, J.F., Mandingo, R.W. (1978). Effects of portion thickness and cooking temperatura on the dimensional properties and composition of restrucutres pork. *Journal of Food Science*, 48, pp. 1731-1734.
- Castelli, M. (2006). Carregeninas, Su aplicación en productos cárnicos, Investigacion y desarrollo. *División de alimentos, la industria cárnica latinoamericana*, 142.
- Cheftel, J.C., Cheftel, H. y Beasancon, P. (1977). *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Zaragoza: Acribia.
- Cordray, J.C. & Huffman, D.L. (1984). Restructuring of hot-processed meat. *Proceedings Reciprocal Meat Conference*, 36, pp. 74-81.

- DeFreitas, Z., Sebranek, J.G., Olson, D.G., Carr, J.M. (1997). Carrageenans effect on thermal stability of meat proteins. *Journal of food science*, 62, pp. 544-547.
- Demonte, P. (1995). Evaluacion sensorial de la textura y búsqueda de correlaciones con medidas instrumentales. *Seminario de textura y reologia de los alimentos*. pp. 8-20.
- Dickinson, E. y Pawlowsky, K. (1997). Effect of i-carrageenans on flocculation creaming and rheology of protein-stabilized emulsion. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 45, pp. 3799-3806.
- Dondero, M., Figueroa, V., Morales, X. and Curotto, E. (2006). Transglutaminase effects on gelation capacity of thermally induced beef proteins gels. *Food Chemistry*, 99, pp. 546-554.
- Doublier, J.L., Garnier, C., Renard, D., and Sanchez, C. (2000). Protein-polysaccharide interactions. *Current opinion in colloid and interface science*, 5(3-4), pp. 202-214.
- Durand, P., Rosset, R., y Vendeuvre, J.L. (1988). *Charcuteria industrial, salazones, platos cocidos y productos derivados de la carne, Zaragoza, España: Acribia*.
- Ellinger, R.H. (1983). Phosphates in food processing. In Furia E.T. (ed), *CRC Handbook of food additives*. Florida, USA: CRC Press, Inc.
- Farouk, M., Hall, W., Swan, J. (2000). Attributes of beef sausages, batters, patties and restructured roasts from two boning systems. *Journal of Muscle Foods*, 11, pp. 197-212.
- Fennema, O. (2000). *Quimica de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Field, R.A., Williams, J.C., Prasad, V.S., Cross, H.R., Secrit, J.L. & Bewer, M.S. (1984). An objective measurement for evaluation of bmf in Restructured lamb roast. *Journal of Texture Studies*, 15(2), pp. 173-178.
- Flores, J. y Bernell, S. (1983). El musculo esquelético: estructura y composición química. *Agroquimica y tecnología alimentaria*. pp. 99-104.

- Foegeding, E.A., Ramsey, S.R. (1986) Effect of gums on low-fat meat batter. *Journal of food science*, 51, pp. 22-36.
- Froning, G. (1981). Mechanical deboning of poultry and fish. *Food res*, 27, pp 109-147.
- Froning, G., Mckee, S. (2001). Mechanical separation of poultry meat and its use in products. In Sams, A.R, *Poultry meat processing*, pp. 243-256. Boca Raton, Florida: CRC Press Inc.
- Geneser, F. (2000). *Histologia*. Panamericana.
- Glicksman, M. (1969). *Gum technology in the food industry*. EUA: Academic, New York.
- Glicksman, M. (1983). *Food hydrocolloids*. New York: CRC Press Inc.
- Grabowska, J. and Hamm, R.(1979). Protein solubility and water binding under the conditions obtaining in Bruhwurst mixtures. *Fleischwirtschaft*, 59, pp. 1166-1172.
- Hand, J.W., Crenwelge, C.H. & Terrel, R.N. (1981). Effects og wheat gluten, soy isolate and flavoring on properties of restructured beef steaks. *Journal of food science*, 46, pp. 1004-1006.
- Heremans, K. (1995). High pressure effects on biomolecules. In Ledward, D.A., Jonhston, D.E., Earnshaw, R.G., and Hasting, A.P.M., (Ed). *High pressure processing of foods*, UK; Nottingham University press.
- Honikel, K. (1953). Capacidad de fijación de la carne. *Fleischwirtsch*, 1, pp.3-12.
- Honikel, K. (1996). Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. *Food Chemistry*, 5(4), pp. 573-582.
- Hoogenkamp, H.W. (2008). Proteína de soja y fórmulas para productos cárnicos. Zaragoza, España: Acribia.
- Horneffer, V., Foster, T.J. and Velikov, K.P. (2007). Fast caracterizacion of industrial soy protein isolates by direct analysis with matrix-assisted laser desorption

- ionisation time of-flight mass spectrometry. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(26), pp. 10505-10508.
- Hua, Y., Cui, S.W. and Wang, Q. (2003). Gelling property of soy protein-gum mixtures. *Food Hydrocolloids*, 17(6), pp. 889-894.
- Huffman, D.L., Ande, C.F., Cordray, J.C., Stanley, M.H. & Egbert, W.R. (1987). Influences of polyphosphate on storage satability of Restructured beef and pork nuggets. *Journal of Food Science*, 52, pp. 275-278.
- Hughes, C. (1994). Glosario de los principales aditivos y clase de aditivos. *Guia de aditivos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Hui, H., Guerrero, I. y Rosmini, M. (2006). *Ciencia y tecnología de carnes*. México: Limusa.
- Hunt, M.C. & Kroft, D.H. (1987). Color and appearance. *Restructured mead and poultry products, advance in meat research*, 3, pp. 125-159.
- Karim, A., Sulebele, G.A., Azhar, M.E. y Ping, C.Y. (1999). Effect of carrageenan on yield and properties of tofu. *Food Chemistry*, 66, pp. 159-165.
- Kauffman, R.G. (2001), Meat composition. In Hui, Y. H., Nip, W.I., Rogers, R.W., Young, O.A. (Ed) *Meat Science and applications*, pp. 1-19. New York; Marcel Dekker Inc.
- Kim, S., Carpenter, J., Lanair, T., Wicker, L. (1993). Polymerization of beef actomyosin induced by transglutaminase. *Journal of Food Science*, 58, pp. 473-474.
- L´hocine, L., Boye, J.I. and Arcand, Y. (2006). Composition and Fuctional properties of soy protein isolates preparad usisng alternative defatting and extraction procedures. *Journal of Food Science*, 71(3), pp. C137-C146.
- Lamkey, J.W., Mandingo, R.W. & Calkins, C.R. (1986). Effect of salt and phosphate on the tecture and color stability of Restructured beef steaks. *Journal of Food Science*, 51, pp. 873-875.

- Lawrie, R.A. (1998). Phase behavior and microstructure of reheated soy proteins and *k*-carrageenan mixtures. *Food Hydrocolloids. Meat Science*, 22(5), pp. 845-453.
- Liners, F., Helbert, W. and Van Cutsem, P. (2005). Production and characterization of a phage-display recombinant antibody against Carrageenan: evidence for the recognition of a secondary structure of Carrageenan chains present in red algae tissues. *Glycobiology*, 15, pp. 849-860.
- Liu, C.W., Huffman, D.L., Egbert, W.R., Liu, M.N. (1990). Effects of trimming and added connective tissue on compositional, physical and sensory properties of Restructured, pre-cooked beef roast. *Journal of Food Science*, 55, pp. 1258-1263.
- Mandingo, R.W. (1988). Restructured meats. *Meat Science*, 4, pp. 297-315.
- Mandingo, R.W. (1974) Restructured meat products. *Meat conference*, 27.
- Martinez, K.D., Carrera, C., Pizonez, R.H., Rodriguez, P.J. and Piloso, A.M. (2007). Soy proteins- polysaccharides interactions at the air-water interface. *Food Hydrocolloids*, 21(5-6), pp. 804-812.
- Means, G.E. and Feeney, R.E. (1998). Chemical modifications of proteins. *Journal of Food Biochemistry*, 22(5), pp. 399-426.
- Mekrami, S., Birgnol, T.N. (2003). El musculo esquelético. *Saber & entender*, pp. 1-7.
- Miller, A.J., Ackerman, S.A. & Palumbo, S.A. (1980). Effects of frozen storage on functionality of food processing. *Journal of Food Science*, 45, pp. 1466-1471.
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L. y Cuadrado, C. (2013). *Tablas de composición de alimentos*. Piramide.
- Morrissey, P.A., Muvihill, D.M., O'Neil, E.M. (1987). Functional properties of muscle proteins. In Hudson, B.J. (Ed). *Developments in food proteins*. London & New York; Elsevier Applied Science.



- Mounsdon, R.K., Jolley, P.D. (1987). The changing of Burger. *British Journal of Photography*, pp. 415-433.
- Muller, H.G. (1973). *Introducción a la reología de alimentos*. España; Acribia.
- Nickerson, M., Paulson, A. y Hallet, F. (2004). Dilute solution properties of *k*-carrageenan polysaccharides: effect of potassium and calcium ion on chain conformation. *Carbohydrate Polymers*, 58, pp. 25-33.
- NORMA Mexicana, NMX-FF-080-SCFI-2006 Productos avícolas- carne de pollo de engorda en canal y en piezas- Clasificación.
- NORMA Oficial Mexicana, NOM-009-ZOO-1994 Proceso sanitario de la carne.
- Offer, G. y Knight, P. (1980). The structural basis of water- holding in meat, part general principles and water uptake in meat processing. In Lawrie, R. (1998). *Developments in meat science*. New York, USA: Elsevier Applied Science.
- Ordoñez, P.J.A. (1998). *Tecnología de los alimentos*. Madrid: Síntesis.
- Pearson, A.M., Young R.B. (1989). *Muscle and meat biochemistry*. En Schweigert B.S and Taylor S.L. *Food Science and Technology*. Pp. 66-94. London: ; Academic Press, Inc.
- Pietrasik, Z. and Shand, F. (2003). The effect of quantity and timing of brine addition on water binding and textural characteristics of cooked beef rolls. *Meat science*, 65, pp. 771-778.
- Piñero, C.M., Ferrer, M.M., Arena, M.L., Huerta, L.N., Parra, Q. y Barboza, Y. (2004). Evaluación de las propiedades físicas de carne para hamburguesa de res bajas en grasa elaboradas con  $\beta$ - glucano. *Revista científica*, 16(6), pp. 0-11.
- Price, J.F. y Schweigert, B.S. (1876). *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. España: Acribia.
- Qiao, M., Fletcher, D., Northcutt, J. and Smith, D. (2002). The relationship between raw broiler breast meat color and composition. *Poultry Science*, 81: pp. 424-427.

- Ramirez, O.E. (2015). *Tendencias de innovación en la ingeniería en alimentos*. México: Omnia Science.
- Renkema, J.M.S. (2001). *Formation structure and rheological properties of soy protein gels*. Thesis Wageningen University. The Netherlands.
- Renkema, J.M.S. and Van Vliet, T. (2002). Heat- induced gel formation by soy proteins at neutral pH. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, pp. 1569-1573.
- Restrepo, M.D., Molina, C.F., Cabrera, T.K. (2010). Effect of the addition of kappa I.II Carregeenan and Tara Gum on Quañity Characteristics of Cooked and Chopped Pork Hams; Medellin.
- Resurrección, A.V.A. (2003). Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. *Meat Science*, 66, pp. 11-20.
- Roberts, M. y Quemener, B. (1999). Measurement of carrageenans in food: challenges progress and Trends in analysis. En *Trends in Food Science and Technology*, 10, pp. 169-181.
- Ross, M. (2008). Histología. *Texto y atlas color con biología celular y molecular*. Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana.
- Ruiz, C. Higginbotham, D. Carpenter, J. Lanier, T. (1993). Use of chuck muscles and theri acecptability in restrutred beef/surimi steaks. *Journal of Animal Science*, 71,pp.2654-2658.
- Russell, T.A., Drake, M.A. and Gerad, P.D. (2006) Sensory properties of whey and soy proteins. *Journal of Food Science*. 71(6), pp. S447-S455
- Sabillon, O. Nomberto, C. Acosta, R. y Reyna, W. (2008). *Efecto de la k-carragenina y lactato de sodio sobre las características químicas, físicas y sensoriales de un jamon picado de cerdo en anaquel iluminado y sin iluminar*. Proyecto de graduación del Programa de Ingenieria de Agroindustria Alimentaria, Escuela Agricola Panamericana, Honduras.

- Sagarpa. (2014). *Plan Rector Visión 2014-2014 "Sistema Producto, Carne de ave"*. Mexico, D.F: Imagen Editorial Yire.
- Saguy, I.S., Dana, D. (2003). Integrated approach to deep fat frying: Engineering, Nutrition, Health and Consumer Aspects. *Journal of Food Engineering* 56, pp. 143-152.
- Sams, A.R. (2001). *Poultry Meat Processing*. Boca Raton: CRC press.
- Sanderson, M., and Vail.G.E.(1963). Fluid content and tenderness of three muscles of beef cooked to three internal temperatures. *Journal of food Science*, 28, pp. 590-595.
- Schmidt, C. Sanchez, C. Thomas, F. and Hardy, J. (1999). Complex coacervation between B-lactoglobulina and acacia gum in aqueous médium. *Food Hydrocolloids*, 13, pp. 483-396.
- Schmidt, S. Canigoya, M. and Sevcova, J. (1987). *Properties of oils from pressed fruit*
- Schut, J. (1976). *Food emulsions*. New York and Basel: Stig Friberg.
- Seideman, S.C. Quenze, N.M. Dulan, R. and Costollo, W.J. (1982). Effects of hotboing and particle thickness on Restructured beef steaks. *Journal of Food Science*, 47, pp. 1008-1009.
- Sen. A.R. y Karim, S.A. (2003). Effect of meat particle size on quality attributes of structured mutton steaks. *Journal od Food Science and Technology*, 40, pp-423-425.
- Serrano, A.M. (2006). *Desarrollo de reestructurados cárnicos potencialmente funcionales mediante incorporación de nuez*. (Tesis inédita de doctorado). Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Farmacia, España.
- Sharma, S., Mulvaney, S. y Rizvi, S. (2000). Ingeniería de alimentos. *Operaciones unitarias y practicas de laboratorio*. México: Limusa.

- Sheard, P.R. (2002). Processing and quality control of restructured meat. In Kerry, J. and Ledward, D. *Meat processing. Improving quality*. England: Woodhead Publishing.
- Singh, P., Kumar, S.N., Sabapathy and Bawa, A.S. (2008). Functional and edible uses of soy protein products. *Food Science and Food Safety*, 7, pp. 14 – 28.
- Sipos, E. (1995). Proteínas de soya en sistemas cárnicos. *Proteína de soya en cárnicos*. México: Asociación Americana de soya.
- Stanley, N.F., (1992). Carrageenans. *Food Gels*: Elsevier Applied Science.
- Sun, X.D.(2010). Utilization of restructuring technology in the production of meat products. *CyTA- Journal of food*, 7,pp. 153-162.
- Tarrant, P. V. (1998). *Some research advance and future priorities in research for the meat*.
- Tolstoguzov, V.B. (1997). Protein–polysaccharide interactions. In Damodaran, S. and Paraf, A. *Food proteins and their applications*. pp. 171–256. New York.
- Torralba, G.H. (2013) *Efecto del uso de transglutaminasa de origen microbiano en la elaboración de medallones reestructurados de carne congelado de pavo*. (Tesis inédita de Licenciatura Ingeniería en Alimentos). Facultad de estudios superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Townsend, W.E. y Olson, D.G. (1987). Cured meats and cured meat product processing. En Price, F.J. y Scheweigert, S.B. *The Science of meat and meat products*. USA: Food and Nutrition Press Inc.
- Trius, A., Sebranek, J. (1996). Carrageenans and their use un meat products. *Food Science and Nutrition*, 36, pp.69-85.
- Trout, G.R. & Schmidt, G.R.(1987). Nonprotein additives. In advances in Meat Research. In Pearson, A.M. and Dutson, T.R. *Restructured meat and poultry products*. New York: Avi Publisher.

Vera, M.L., (2010). *Tipos y dosificación de estabilizantes en la vida útil del paté de langosta australiana*. (Tesis de Licenciatura).Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López. Ecuador.

Weiner, P. D. (1987). Formulations for Restructured Poultry Products. In Means, W. J. & Schmitdt, G. R. *Advances in Meat Research*, 3, pp. 405-431.

Whistle, R. y BeMiller, J. (1993). *Industrials Gums: Polysacharides and their derivates*. San Diego, USA: Academic Press.

Wilmore, H.J, Costill, L.D. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Badalona, España: Editorial Paidotribo.

[www.numerosdelcampo.sagarpa.gob.mx](http://www.numerosdelcampo.sagarpa.gob.mx) (Visitada 1 de septiembre de 2016).

Xargayo, M. Lagares, J., Fernandez, E., Borrell, D., Junca, G. (2004). Solution for Improving meat texture. Influence of spray injection on the organoleptica and sensory characteristics. *Fleis-chwirtschaft International*, 2, pp. 68-74.

Young, O.A., West, J. (2001). Meat color. En Hui, Y.H. Nip, W.I., Rogers, R.W., Young, O.A. *Meat Science and applications*. Pp. 39-69. New York: Marcel Dekker Inc.

Yufera, E.P. (1979). *Química agrícola III. Alimentos*. España: Editorial Alhambra.