



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTILÁN**

**EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS  
FISICOQUÍMICAS Y MECÁNICAS DE HAMBURGUESA  
DE OVINO ADICIONADA CON CARRAGENINA Y AISLADO  
PROTEICO DE SOYA**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

**P R E S E N T A:**

**ANA CRISTINA ANDRADE VÉLEZ**

Asesores: Dra. Adriana Llorente Bousquets

M. en C. Jonathan Coria Hernández



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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**

**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**

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

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa 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**

**Evaluación de propiedades físicas, fisicoquímicas y mecánicas de hamburguesa de ovino adicionada con Carragenina y aislado proteico de soya.**

Que presenta la pasante: **Ana Cristina Andrade Vélez**

Con número de cuenta: **307103132** 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 31 de Octubre de 2016.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Dra. Adriana Llorente Bousquets	
<b>VOCAL</b>	I.A. María Guadalupe López Franco	
<b>SECRETARIO</b>	I.A. Patricia Muñoz Aguilar	
<b>1er. SUPLENTE</b>	I.A. Miriam Alvarez Velasco	
<b>2do. SUPLENTE</b>	I.A. Miriam Edith Fuentes Romero	

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

## AGRADECIMIENTOS

A la **Dra. Adriana Llorente Bousquets**, por brindarme su apoyo en la realización de este trabajo, siempre guiándome por el camino del conocimiento con empeño y mucha paciencia; pero sobre todo por ser una gran persona, por motivarme a seguir adelante y creer en mí.

Al **Dr. Antonio Trejo Lugo**, por escucharme, aconsejarme, guiarme y apoyarme a lo largo de la carrera, siempre con palabras de aliento y sabiduría convirtiéndose en un ejemplo de vida.

A mis sinodales **Ma. Guadalupe López Franco**, **Patricia Muñoz Aguilar**, **Miriam Edith Fuentes Romero** y **Miriam Álvarez Velasco** y coasesor **Jonathan Coria Hernández** por dedicarme su tiempo, conocimiento y paciencia para la revisión de este trabajo.

Al **Dr. Andrés Cardona** y a la profesora **Zaira Guadarrama** por su disposición y apoyo para la realización de algunas actividades experimentales de este trabajo.

## **DEDICATORIAS**

### **A mis papás, Elena y Víctor,**

Con mucho cariño para ustedes, porque son mis grandes ejemplos y han estado siempre presentes en cada parte de mi vida, apoyándome en mis decisiones y guiándome de una manera sabia y cariñosa, creyendo todo el tiempo en mi e impulsándome a ir por más, estoy eternamente agradecida con ustedes por el esfuerzo que han hecho para que pudiera concluir esta etapa, este logro también es de ustedes.

### **A mis hermanas, Gaby y Gianelli,**

Mis compañeras de vida asignadas a fuerza, quienes han estado presentes en las buenas y en las malas, que con regaños y consejos me han apoyado incondicionalmente en este camino.

### **A mi familia,**

Por ser parte de mi vida y motivarme a seguir adelante.

### **A mis amigos, Karla y Diego,**

Por los momentos vividos y brindarme su amistad.

**Esta tesis forma parte del Taller Multidisciplinario de Ingeniería en Alimentos: Procesos Tecnológicos de Productos Cárnicos.**

**Se llevó a cabo en el Laboratorio 7 de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán con el apoyo del proyecto DGAPA-PAPIIT IT202312.**

---

<b>CONTENIDO</b>	
<b>CONTENIDO</b> .....	2
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	5
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	5
<b>ABREVIATURAS</b> .....	7
<b>RESUMEN</b> .....	8
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO</b> .....	11
<b>1.1 Carne de ovino</b> .....	12
<b>1.1.1 Estadísticas de producción y consumo</b> .....	12
<b>1.1.1.1 Internacional</b> .....	12
<b>1.1.1.2 Nacional</b> .....	13
<b>1.2 Factores que afectan la calidad de la carne</b> .....	15
<b>1.2.1 Raza, edad y alimentación</b> .....	15
<b>1.2.2 Manejo <i>ante mortem</i></b> .....	16
<b>1.2.3 Matanza</b> .....	17
<b>1.2.4 Manejo <i>post mortem</i></b> .....	18
<b>1.3 Macro y microestructuras del tejido muscular</b> .....	19
<b>1.3.1 Tejido muscular liso</b> .....	19
<b>1.3.2 Tejido muscular cardíaco</b> .....	19
<b>1.3.3 Tejido muscular esquelético</b> .....	20
<b>1.4 Composición química de carne de ovino</b> .....	21
<b>1.4.1 Agua</b> .....	21
<b>1.4.2 Lípidos</b> .....	22
<b>1.4.3 Proteínas de la carne</b> .....	22
<b>1.4.3.1 Proteínas Miofibrilares</b> .....	23
<b>1.4.3.2 Proteínas Solubles</b> .....	24
<b>1.4.3.3 Proteínas Insolubles</b> .....	25
<b>1.4.4 Vitaminas y minerales</b> .....	26
<b>1.5 Hamburguesa</b> .....	27
<b>1.5.1 Técnicas de procesado</b> .....	27
<b>1.5.2 Función de ingredientes no cárnicos</b> .....	28
<b>1.6 Aditivos funcionales usados en la hamburguesa de ovino</b> .....	29

---

---

1.6.1 Carragenina Kappa .....	30
1.6.2 Aislado proteico de soya.....	33
1.7 Aspectos fisicoquímicos de los sistemas polidispersos .....	34
1.8 Evaluación de las propiedades físicas, fisicoquímicas y mecánicas.....	37
1.8.1 Capacidad de retención de agua.....	37
1.8.2 Rendimiento por pérdida de cocción.....	37
1.8.3 Parámetros de perfil de color (PPC).....	38
1.8.4 Actividad de agua.....	39
1.8.5 Dureza .....	40
JUSTIFICACIÓN .....	41
CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	42
2.1 Metodología Experimental .....	43
2.2 Hipótesis .....	44
2.3 Objetivo General .....	44
2.4 Objetivos particulares .....	44
2.4.1 Objetivo Particular 1 .....	44
2.4.2 Objetivo Particular 2.....	44
2.5 Análisis estadístico .....	45
2.6 Metodología de la Investigación.....	45
2.6.1 Caracterización de equipo .....	45
2.6.2 Obtención de materia prima.....	45
2.6.3 Medición de parámetros de calidad de la materia prima.....	48
2.6.4 Determinación del peso de la muestra para la elaborar hamburguesa de ovino .....	48
2.6.5 Formulación de hamburguesa de ovino .....	49
2.7 Diagrama de proceso para la elaboración de hamburguesa de ovino.....	51
2.7.1 Descripción de proceso.....	51
2.8 Evaluación de parámetros .....	55
2.8.1 pH .....	55
2.8.2 Actividad de agua.....	55
2.8.3 Capacidad de retención de agua.....	56
2.8.4 Rendimiento por pérdida de cocción.....	56
2.8.5 Dureza .....	57

---

---

2.8.6 Parámetros de perfil de color.....	57
<b>CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>59</b>
3.1 Capacidad de retención de agua .....	60
3.2 Rendimiento por pérdida de cocción .....	63
3.3 Parámetros de perfil de color .....	65
3.3.1 Luminosidad ( $L^*$ ) .....	65
3.3.2 Coordenada $a^*$ .....	67
3.3.3 Coordenada $b^*$ .....	69
3.4 Actividad de agua .....	71
3.5 Dureza.....	74
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>77</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>86</b>

**ÍNDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro 1. Composición de carne de diferentes especies</b> .....	21
<b>Cuadro 2. Valores peso de muestra para elaborar hamburguesas</b> .....	49
<b>Cuadro 3. Formulación hamburguesa de ovino</b> .....	50
<b>Cuadro 4. Análisis de varianza para Capacidad de Retención de Agua de hamburguesas de ovino</b> .....	60
<b>Cuadro 5. Análisis de varianza para rendimiento por pérdida de cocción de hamburguesas de ovino</b> .....	63
<b>Cuadro 6. Análisis de varianza para aw de hamburguesas de ovino</b> .....	72
<b>Cuadro 7. Análisis de varianza para dureza de hamburguesas de ovino</b> .....	74

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1. Fuentes de suministro mundial de carne</b> .....	12
<b>Figura 2. Producción de carne de ovino en México por entidad</b> .....	14
<b>Figura 3. Estructura del músculo esquelético</b> .....	20
<b>Figura 4. Estado de la mioglobina en diferentes ambientes químicos</b> .....	25
<b>Figura 5. Estructura química general de la carragenina</b> .....	31
<b>Figura 6. Estructura química de las principales fracciones de la carragenina</b> .....	31
<b>Figura 7. Mecanismo de gelificación de la carragenina</b> .....	32
<b>Figura 8. Emulsión cárnica</b> .....	36
<b>Figura 9. Obtención de Longissimus dorsi a) canal de ovino entera, b) Canal con corte en columna y disección de Longissimus dorsi derecho y c) Disección de Longissimus dorsi izquierdo</b> .....	46
<b>Figura 10. Músculo Longissimus dorsi</b> .....	46
<b>Figura 11. Obtención de pierna a) Eliminación de chambarete, b) Corte para la separación de piernas de la canal y c) Separación de pierna izquierda y derecha</b> ..	47
<b>Figura 12. a) Pierna derecha y b) Deshuesado de pierna</b> .....	47
<b>Figura 13. Envasado al vacío de materia prima</b> .....	47
<b>Figura 14. Lotes experimentales</b> .....	48
<b>Figura 15. Determinación del peso muestra para elaboración de hamburguesa</b> .....	49
<b>Figura 16. Acondicionamiento de carne</b> .....	52
<b>Figura 17. Molienda de carne de ovino</b> .....	52
<b>Figura 18. Mezclado de ingredientes</b> .....	53
<b>Figura 19. Moldeado de hamburguesas</b> .....	53
<b>Figura 20. Envasado al vacío de hamburguesas</b> .....	54
<b>Figura 21. Refrigerado de hamburguesas envasadas al vacío</b> .....	54
<b>Figura 22. Determinación pH a) Homogenización, b) Filtración y c) Lectura</b> .....	55
<b>Figura 23. Determinación de actividad de agua</b> .....	55
<b>Figura 24. Determinación CRA a) Pesado muestra, b) Centrifugado y c) Pesado de papel filtro</b> .....	56
<b>Figura 25. Evaluación rendimiento por pérdida de cocción a) Pesado hamburguesa cruda, b) Cocción hamburguesa y c) Pesado hamburguesa cocida</b> .....	56

---

<b>Figura 26. Evaluación de dureza de hamburguesas</b> .....	57
<b>Figura 27. Evaluación parámetros de perfil de color a) Hamburguesas envasadas al vacío y b) Hamburguesas sin envase</b> .....	58
<b>Figura 28. ANOVA de 2 vías para CRA</b> .....	61
<b>Figura 29. ANOVA de 2 vías para rendimiento por pérdida de cocción</b> .....	64
<b>Figura 30. Factorial L* efectos principales</b> .....	66
<b>Figura 31. Factorial L* Interacciones</b> .....	67
<b>Figura 32. Factorial a*efectos principales</b> .....	68
<b>Figura 33. Factorial a* interacciones</b> .....	69
<b>Figura 34. Factorial b* efectos principales</b> .....	70
<b>Figura 35. Factorial b* interacciones</b> .....	71
<b>Figura 36. ANOVA de 2 vías para <math>a_w</math></b> .....	73
<b>Figura 37. ANOVA de 2 vías para dureza</b> .....	75

**ABREVIATURAS**

<b>cm</b>	Centímetros
<b>%</b>	Porcentual
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>a*</b>	Cromaticidad verde-rojo
<b>ADP</b>	Adenosín difosfato
<b>ANOVA</b>	Análisis de Varianza
<b>APS</b>	Aislado proteico de soya
<b>ATP</b>	Adenosín Trifosfato
<b>a<sub>w</sub></b>	Actividad de Agua
<b>b*</b>	Cromaticidad amarillo-azul
<b>cm<sup>2</sup></b>	Centímetro cuadrado
<b>C.V.</b>	Coefficiente de variación
<b>Ca<sup>+</sup></b>	Calcio
<b>CIE</b>	Comisión Internacional de Iluminación
<b>CRA</b>	Capacidad de retención de agua
<b>D.E.</b>	Desviación estándar
<b>DFD</b>	Oscura, firme y seca
<b>g</b>	Gramo
<b>h</b>	Horas
<b>H<sub>0</sub></b>	Hipótesis nula
<b>H<sub>1</sub></b>	Hipótesis alterna
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>K<sup>+</sup></b>	Potasio
<b>L*</b>	Luminosidad
<b>mdd</b>	Millones de dólares
<b>mdp</b>	Millones de pesos
<b>Mg<sup>+</sup></b>	Magnesio
<b>mL</b>	Mililitro
<b>NOM</b>	Norma Oficial Mexicana
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxígeno
<b>PPC</b>	Parámetros de perfil de color
<b>pH</b>	Potencial de Hidrógeno
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>T</b>	Temperatura
<b>t</b>	Tiempo
<b>α</b>	Nivel de significancia
<b>β</b>	Beta
<b>μm</b>	Micrómetros

**RESUMEN**

Existe una gran variedad de productos cárnicos con aditivos, estos aditivos se adicionan con el fin de mejorar sus propiedades, entre éstas se encuentran: la capacidad de retención de agua, dureza y rendimiento que son puntos clave en la aceptación del producto. Las proteínas y polisacáridos en la actualidad, son usados comúnmente para mejorar sus propiedades y con ellas dar estabilidad al producto; el tamaño de partícula utilizado en productos con carne molida también es un parámetro importante a considerar en la estabilidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la molienda (0.6 y 1 cm) y la adición al 2% de diferentes combinaciones de carragenina kappa-aislado proteico de soya (25/75, 50/50 y 75/25) en las algunas propiedades de la hamburguesa de ovino. Las propiedades evaluadas fueron, actividad de agua, utilizando un higrómetro de punto de rocío marca DECAGON DEVICES modelo Pawkit (USA) según método 32.004 AOAC (2000), capacidad de retención de agua (CRA) por centrifugación, con una centrífuga refrigerada marca Centurión, Mod. K2015 (Inglaterra) según método descrito por Honikel (1996), dureza con un dinamómetro digital Gauge SHIMPO modelo FG 2.5 (USA) y el método descrito por Honikel (1996), perfil de color mediante un espectrofotómetro de reflectancia KONICA MINOLTA CM 600 (USA), según la metodología descrita por AMSA (2012) y rendimiento por cambio de peso antes y después de la cocción, el cual se evaluó utilizando el método descrito por Piñero *et al.*, (2004). Se realizó un ANOVA 2 vías para determinar el efecto de las combinaciones y la molienda la en las propiedades ya mencionadas excepto en perfil de color donde también se evaluó el efecto del envase por lo que se realizó un modelo lineal general. Se encontró que todos los lotes mejoraron su rendimiento y dureza cuando se añadió carragenina kappa-aislado proteico de soya, la adición de la combinación presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en CRA, rendimiento y dureza. Los valores más altos para CRA fue en combinación 50/50 de 1 cm, para rendimiento 25/75 de 0.6 cm de molienda, dureza 75/25 de 0.6 cm, actividad de agua presentó valores menores en 50/50 con 0.6 cm y en perfil de color el envase y la adición de la combinación influyen sobre los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ .

## INTRODUCCIÓN

En México se estima que de la producción total de carne de ovino, básicamente el 90% se consume en forma de barbacoa y sólo el 10% se prepara de otra manera, como cordero al pastor, cordero al ataúd, mixiotes, birria de borrego, cordero lechal y cordero como sustituto de cabrito, así como en cortes finos de cordero (Partida, 2013).

En la industria cárnica, actualmente, existe una amplia variedad de productos cárnicos y es una práctica generalizada el empleo de aditivos, extensores cárnicos e ingredientes funcionales como proteínas y polisacáridos, mismos que se utilizan para mejorar sus propiedades de textura, color, propiedades ligantes, sensoriales, entre otras (Ospina, 2011).

El uso de ingredientes funcionales, solos o combinados busca promover el desarrollo y estabilidad de los sistemas cárnicos y en consecuencia una mejora de las propiedades funcionales. Estas propiedades engloban algunas propiedades físicas, fisicoquímicas y mecánicas. La aplicación de carrageninas en la industria cárnica principalmente es para mantener el agua en el sistema cárnico durante la operación de cocción, y por tanto la humedad y la textura suave de los productos a base de carne; Pacheco *et al.*, 2011 observó que la adición de carragenina aumentó la capacidad de retención de agua (por lo tanto los rendimientos) y la textura en albóndigas de carne reducidas en grasa (Martínez, 2010; Badui, 2006).

Los aislados proteicos de soya (APS) también han sido incorporados en estos productos por su capacidad de retención de agua, ligazón de grasa, incremento en la estabilidad de la emulsión y el incremento en los rendimientos de producto final; la capacidad que tiene de dar estabilidad a la emulsión cárnica es una de sus características mejor aprovechadas ya que se han reportado mejoras en la capacidad de retención de agua y textura en salchichas y jamones (García *et al.*, 2012; Pacheco *et al.*, 2011).

En el caso del desarrollo de una hamburguesa, el empleo de estos ingredientes, debe prestar atención a ciertos factores que buscan promover un correcto procesado como la molienda de la carne, que puede influir en el grado de extracción de las proteínas miofibrilares y por lo tanto en el desarrollo diferentes características en el producto final (García, 2013; Serrano, 2006).

En la búsqueda de nuevos productos para comercializar la carne de ovino y con base en los aportes reportados en la bibliografía de la carragenina kappa y el aislado proteico de soya, se elaborarán distintas formulaciones de hamburguesa, obtenida mediante la molienda con cedazos de distinto diámetro, adicionadas al 2% con diferentes combinaciones de carragenina kappa y aislado proteico de soya, para encontrar la mejor combinación, en términos de algunos parámetros físicos, fisicoquímicos y de rendimientos.

# **CAPÍTULO 1**

# **MARCO TEÓRICO**

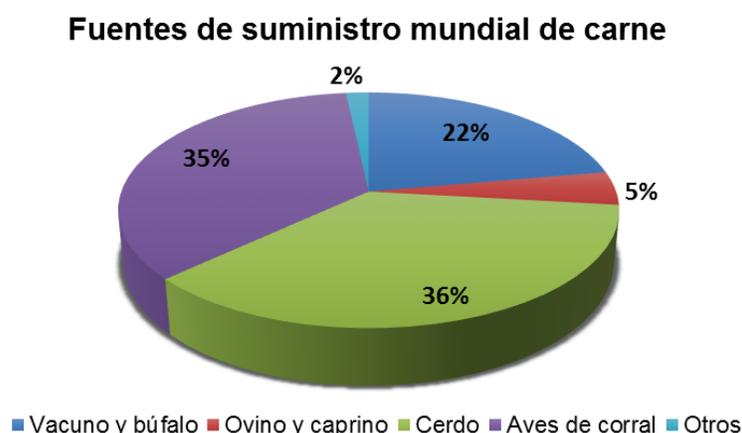
## 1.1 Carne de ovino

El ovino es uno de los animales que mayor porcentaje de grasa concentra en algunas de sus piezas, principalmente en forma de grasa saturada. En los ejemplares jóvenes, la mayor parte de grasa está alrededor de las vísceras y debajo de la piel, de forma que se puede retirar fácilmente. De esta forma, se reduce el aporte de grasa saturada, colesterol y calorías. Esto no ocurre en el caso del ovino mayor, porque gran parte de la grasa está dentro de las fibras musculares y no se puede eliminar. Sin embargo, existe una gran preferencia por la carne de animales jóvenes en nuestro país, en los que es posible retirar la grasa visible. En cuanto a las proteínas, la carne de ovino supone una fuente importante de ellas y además su calidad es muy buena. Por estas razones su consumo ha ido incrementándose y se ha buscado el desarrollo de nuevos productos para su aprovechamiento.

### 1.1.1 Estadísticas de producción y consumo

#### 1.1.1.1 Internacional

A nivel mundial, las fuentes más frecuentes de suministro de carne son las especies de animales domésticos como el ganado vacuno, los cerdos y las aves de corral y en menor medida, los búfalos, borregos y cabras. Hasta el 2012 el consumo de carne de ovino en conjunto con caprino era de 5% (Figura 1).



**Figura 1. Fuentes de suministro mundial de carne**

Fuente: FAO, 2014.

La producción mundial de carne en orden decreciente, lo ocupan Australia, Nueva Zelanda, Sudan, India, Reino Unido, Turquía, República Árabe, Siria, Argelia y China. A nivel mundial, México ocupa el lugar número 32 con una producción de 54 mil 966 toneladas, representando el 0.64% de la producción mundial total.

Nueva Zelanda y Australia como los mayores exportadores de carne de ovino, en conjunto representan casi el 90% de las exportaciones mundiales. El crecimiento del ingreso per cápita ha transformado algunos países asiáticos en los principales importadores de carne de ovino y otras carnes. Por ejemplo, China comprende aproximadamente una quinta parte de la población mundial, el consumo per cápita de cordero se ha incrementado en un 4% desde 1980 y ha recurrido a los mercados internacionales para complementar su producción. El consumo en muchos países se ha incrementado por el crecimiento de la población, aumento de los ingresos y la urbanización. Asia, por ejemplo, ha aumentado su consumo per cápita de ovino a más del doble desde 1960, debido principalmente al crecimiento de los ingresos y la urbanización.

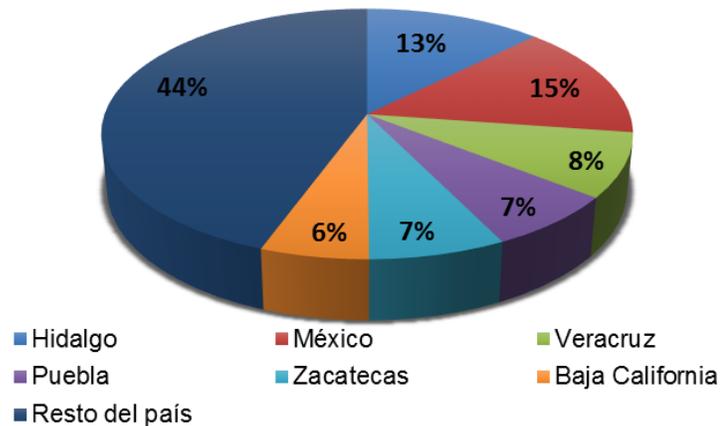
Los consumidores que compran ovino son minoritarios porque su penetración es escasa en muchos países como Alemania, Escandinavia, los Países Bajos, EUA y Canadá. Sin embargo, la base de consumidores en el Reino Unido, Irlanda, Francia, España, Grecia, Portugal e Italia es estable incluso si las compras son menores. Debido a su alto precio y la menor disponibilidad, la carne de ovino se consume cada vez más durante las festividades religiosas musulmanas y cristianas como el Ramadán, Eid, Semana Santa y Navidad.

#### **1.1.1.2 Nacional**

La producción de ovino (carne y lana) genera el 0.9% del valor total del subsector pecuario. En el año 2013 se obtuvieron por este concepto 3,000 mdp, de los que prácticamente el 99% correspondió a producción de carne en canal y el 1% a lana sucia. Para 2014 se estima que se obtuvieron poco más de 3,100 mdp. México produjo en 2014 alrededor de 58 mil toneladas de carne de ovino. Entre los años 2009 y 2014 el crecimiento promedio anual fue de 1.6% (FND, 2015).

Todas las entidades del país producen carne de ovino, sin embargo, las principales entidades productoras son Hidalgo, Estado de México, Veracruz, Puebla, Zacatecas y Baja California (Figura 2) de los cuales Hidalgo y el Estado de México son los de mayor importancia, ya que participan con el 28% del volumen y 32.2% del valor generados (SIAP, 2014).

### Producción carne de ovino por entidad



**Figura 2. Producción de carne de ovino en México por entidad**

**Fuente: SIAP, 2014**

La producción nacional de carne en canal durante el año 2011 fue de 56,546 toneladas que cubrieron el 70% del consumo nacional aparente, estimado en 80,780 toneladas de carne en canal y el 30% restante fue cubierto con carne importada principalmente de Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos (Partida *et al.*, 2013). Las exportaciones de carne de ovino no son significativas, mientras que las importaciones han descendido fuertemente en los últimos diez años, a un ritmo de casi 15% anual. Para 2014 llegaron a poco más de 11 mil toneladas con un valor de 52 mdd (FND, 2015).

Así mismo, se estima que, de la producción total, básicamente el 90 % se consume en forma de barbacoa y sólo el 10% se prepara de otra manera como cordero al pastor, cordero al ataúd, mixiotes, birria de borrego, cordero lechal y cordero como sustituto de cabrito, así como en cortes finos de cordero. El consumo de carne de ovino, tradicionalmente, se ha localizado en el centro del país (Distrito Federal,

Estado de México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Querétaro y Morelos), donde se concentra más o menos el 85% del total de carne consumida y el resto se aprovecha en los demás estados de la república (Partida *et al.*, 2013).

## **1.2 Factores que afectan la calidad de la carne**

Existen un gran número de factores que pueden afectar la calidad, unos son dependientes del animal conocidos como factores intrínsecos (raza, edad y alimentación) y otros como extrínsecos (transporte, sacrificio, eviscerado, despiece, almacenamiento y distribución) que dependen del manejo al que han sido sometidos en la crianza, en el proceso que sigue el animal desde su transporte al sacrificio y del tratamiento hasta su conversión en carne y maduración.

### **1.2.1 Raza, edad y alimentación**

La raza ejerce una influencia determinante en la composición, rendimiento y calidad de las canales, por lo que su estudio ha sido un campo atractivo para los científicos de la carne. Por ejemplo, las razas de maduración tardía producen canales con 50% menos grasa y más tiernas que las de maduración temprana (Wheeler *et al.*, 1988).

Al aumentar la edad aumentan casi todos los índices químicos a excepción del contenido de agua. El contenido de tejido conectivo en el músculo es mayor en animales jóvenes que en los adultos, de modo que la proporción muscular de colágeno y elastina disminuye al aumentar la edad de los animales. Por otra parte, la naturaleza del tejido conectivo varía con la edad, disminuyendo la solubilidad del colágeno al aumentar el número de entrecruzamientos moleculares y su estabilidad (Andújar *et al.*, 2009).

Por otro lado, animales alimentados bajo distintos sistemas de producción ofrecen carnes con diferentes características de calidad en relación principalmente al color de la grasa subcutánea, al grado de terminación y a los atributos sensoriales. También se producen cambios importantes en varios componentes nutricionales relacionados positiva o negativamente con la salud humana. Ellos se refieren

fundamentalmente a la composición en ácidos grasos, contenido de colesterol e isómeros del ácido linoleico conjugado (Teira *et al.*, 2006).

### **1.2.2 Manejo *ante mortem***

El manejo que se le da a los animales a producir carne en horas previas a su sacrificio, son de los más estresantes en su vida y pueden provocar, además, un serio deterioro de la calidad del producto. La energía requerida para la actividad muscular en un animal vivo se obtiene del glucógeno presente en el músculo. En un animal sano y descansado, el nivel de glucógeno de sus músculos es alto (FAO, 2014).

El estrés crónico previo al faenamiento provoca consumo excesivo de glucógeno muscular, minimizando la formación de ácido láctico en el músculo *postmortem* e impidiendo con ello la caída natural del pH en este período (que en lugar de alcanzar un pH de 5,4-5,7, permanece por sobre 5,8). La carne presenta una coloración oscura y un pH alto, anomalía que en el bovino se conoce como DFD (Dark, Firm and Dry) (Hood y Tarrant, 1980).

Principalmente hay tres factores el ayuno, el transporte y tiempo los cuales están relacionados entre ellos. El ayuno es un factor importante pues mientras más largos son los tiempos de la privación de alimento, sea por transporte o simplemente en espera, mayores probabilidades existen de que se presente estrés por hambre, sed y situaciones ambientales adversas, de que ocurran pérdidas de peso de la canal, contusiones por peleas y accidentes, así como efectos negativos en la calidad de la carne, debido a que el gasto energético hace a los animales más susceptibles a la presentación de pH elevado. Consecuentemente, tanto desde un punto de vista de bienestar animal como de calidad de carne, se deberían evitar las privaciones de alimento y/o agua prolongadas en los animales (Gallo, 2009).

El transporte puede influir sobre la cantidad y calidad de carne producida debido a que se puede generar la muerte del animal, pérdidas de peso y lesiones como, hematomas o daños físicos en diferentes grados; a través del estrés que el

ambiente extraño le puede producir al animal, también se afecta la calidad de la carne, reflejándose en cambios de pH y color de la misma. Por lo que se deben utilizar camiones con estructura adecuada (pisos antiderrapantes, techo, ventilación, rampas a altura adecuada al ovino, control de velocidad, entre otros) y disminuir la densidad de carga en transportes largos para permitir un transporte cómodo de los animales (Gallo et al., 2003).

Los intervalos de tiempo largos provocan mayor estrés, mayor disminución de glucógeno y mayores probabilidades de sufrir otros problemas como cambios de temperatura, falta de alimento, peleas, etc. Los corrales deben de ser cómodos y bien diseñados, buena disponibilidad de agua, no mezclar lotes, protección frente a cambios bruscos de temperatura. La NOM-051-ZOO-1995, Trato humanitario en la movilización de animales., los sistemas de movilización de animales que disminuyan su sufrimiento, evitándoles tensiones o reduciéndolas durante todo el proceso.

### **1.2.3 Matanza**

La matanza es una actividad clave en la calidad de la carne, en México la NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres, establece los métodos de insensibilización humanitaria que garanticen una muerte rápida, sin sufrimiento ni dolor para los animales, en conjunto con la NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne, establecen los procedimientos que deben cumplir los establecimientos destinados al sacrificio de animales y los que industrialicen, procesen, empaquen, refrigeren productos o subproductos cárnicos para consumo humano, con el propósito de obtener productos de óptima calidad higiénico-sanitaria.

El objetivo de la insensibilización es la pérdida del conocimiento para proceder al desangrado, los cuatro métodos de aturdimiento utilizados comercialmente son: eléctrico, mecánico penetrante, mecánico no penetrante y gas. Los principales problemas de bienestar con estos métodos son de carácter operativo, deficiencias en la capacitación del personal y falta de infraestructura. La incorrecta

insensibilización conlleva a un estado de estrés añadido sobre el animal, reflejado en un aumento de la adrenalina y noradrenalina liberadas al torrente sanguíneo, que repercuten negativamente en los parámetros de calidad de la carne (Miranda, 2013; Troeger and Woltersdorf, 1989).

La técnica de sacrificio utilizada normalmente consiste en el desangrado del animal, existen dos técnicas de desangrado: una consiste en la sección bilateral de las arterias carótidas y las venas yugulares por medio de un corte en la región de la garganta por detrás de la laringe; la otra se realiza practicando una incisión en la gotera o surco yugular en la base del cuello. El desangrado debe practicarse sólo en animales aturdidos con un intervalo menor a 30 segundos entre la insensibilización y el corte, este procedimiento evita el retorno a la sensibilidad, hace más eficiente el proceso de desangrado y garantiza la seguridad de los operarios (Miranda, 2013).

Deben tomarse las debidas precauciones para evitar que durante el corte queden intactos tanto la traquea como el esófago, con el fin de evitar por un lado la aspiración de sangre en los pulmones, y por otro lado que se ensucien la sangre y el punto de corte con el contenido estomacal (Prandl *et al.*, 1994).

#### **1.2.4 Manejo *post mortem***

El manejo *post mortem* debe darse en las condiciones de temperatura, luz e higiene que se establecen según la normatividad, pues en esta etapa es donde ocurren cambios bioquímicos que permiten la conversión del musculo en carne. La obtención de cortes y la conservación de igual manera deben de ser controladas.

Después de la muerte del animal, falla el sistema circulatorio y respiratorio, lo que causa que no haya más aporte de O<sub>2</sub> y nutrientes a las células, las cuales continúan demandando energía, iniciando los procesos metabólicos de glucogenólisis y glicólisis anaerobia; este último produce ácido láctico, responsable del descenso del pH. Una vez acabadas las reservas de glucógeno la glucogenólisis y la glicólisis anaerobia terminan, dando como resultado que no se

produzca más ATP, y es el punto conocido como *rigor mortis*. En este último hay una unión irreversible entre las moléculas de *actina* y *miosina*, que forman el complejo *actomiosina*, responsable del encogimiento del músculo y de la rigidez cadavérica. El *rigor mortis* puede coincidir con el pH mínimo alcanzado en el músculo, que en los ovinos se encuentra entre las 12 h a 24 h *post mortem*. Una vez completado *el rigor mortis*, se inician cambios en la carne que tienden a hacer que la misma se vuelva progresivamente más suave, a la vez que se mejora el sabor y el aroma. Estos cambios que ocurren naturalmente en los tejidos musculares almacenados en refrigeración, ya sean empacados al vacío o suspendidos en la canal, se denominan en conjunto maduración (Torres *et al.*, 2012; Chacón, 2004).

### **1.3 Macro y microestructuras del tejido muscular**

El músculo está formado por tres tipos de músculos: Músculo liso, cardíaco y esquelético. Además del músculo esquelético, la carne contiene una pequeña proporción de musculatura lisa que forma parte fundamentalmente de los vasos sanguíneos; otra forma especializada del tejido muscular, el llamado músculo cardíaco, se limita sólo al corazón.

#### **1.3.1 Tejido muscular liso**

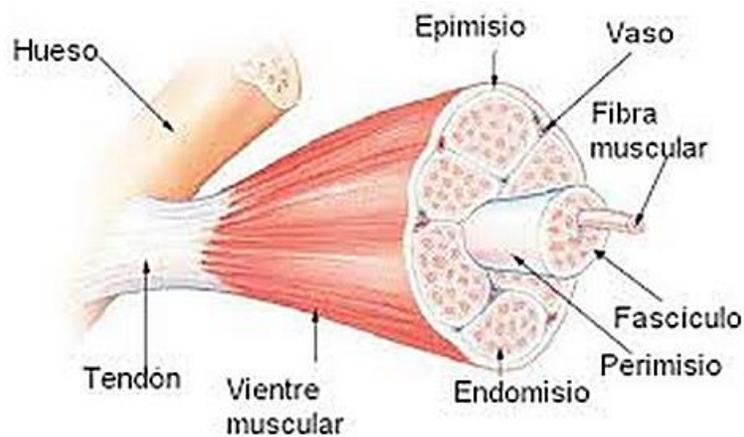
Aparece en numerosas localizaciones, como parte de las vísceras del aparato digestivo, respiratorio y genitourinario, paredes de arterias, venas y vasos linfáticos, etc. Sus fibras no presentan estriación transversal en su citoplasma a diferencia de las fibras musculares y cardíacas, está constituido por células fusiformes mononucleares de contracción involuntaria. (Pearson and Young, 1989).

#### **1.3.2 Tejido muscular cardíaco**

El músculo cardíaco se encuentra principalmente en el tejido muscular del corazón y en lagunas venas donde se requiere presión para el movimiento de la sangre. Las fibras musculares cardíacas son de diámetro más pequeño y más cortas que las fibras musculares. Estas fibras musculares son de contracción involuntaria y rítmica (Pearson and Young, 1989).

### 1.3.3 Tejido muscular esquelético

Más de 600 músculos esqueléticos distintos constituyen entre el 35 y 60 % del peso de la canal de los mamíferos por lo que este tipo de músculo es el principal componente de la carne. En su mayoría los músculos esqueléticos se unen directamente a los huesos, pero algunos lo hacen a ligamentos o fascias, cartílagos y piel y, por tanto, sólo indirectamente a los huesos. Todos se caracterizan porque están rodeadas de una serie de componentes del tejido conectivo que las protegen, sostienen y les dan la firmeza necesaria. Un músculo completo (Figura 3) está rodeado generalmente por una lámina de tejido conectivo denominado *epimisio*.



**Figura 3. Estructura del músculo esquelético**

**Fuente: UNAD, 2014**

Los músculos están formados por la unión de numerosas fibras musculares que están separadas en haces o fascículos, mediante tejido conectivo en forma de septos denominado *perimisio*. Estos septos parten de la superficie interna del *epimisio* y contienen los vasos sanguíneos y nervios de mayor tamaño. Una delicada extensión de tejido conectivo, denominada *endomisio*, rodea cada fibra individual (Lawrie, 1974; Andújar *et al.*, 2009).

La unidad estructural, esencial de los músculos es la fibra muscular, que es una célula muy especializada. Las fibras musculares constituyen del 75 al 92 % del volumen total del músculo. La membrana que rodea la fibra muscular se llama

*sarcolema* y está compuesta de material lipídico-proteico. El sarcolema es una delicada membrana que se encuentra inmediatamente debajo del endomisio. La apariencia estriada característica de la fibra es debida a la presencia de series de delgadas unidades estriadas transversalmente conocidas como *miofibrillas* formadas por proteínas, que están embebidas en el citoplasma de las células, denominado *sarcoplasma* (Andújar *et al.*, 2009).

#### 1.4 Composición química de carne de ovino

La carne en general tiene una composición de entre 71 a 76% de agua, 17 a 21% de proteínas, de 1 a 7% de grasa y 2.5 a 3% de otros componentes. La composición para la carne de ovino varía de otras especies (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Composición de carne de diferentes especies**

Carne	Agua	Proteínas	Grasas	Cenizas
Ovino	55	16	28	1
Bovino	60	17.5	22	0.5
Porcino	42	12	45	1
Pollo	66	20	13	1

**Fuente: Pardo, 1998**

##### 1.4.1 Agua

La presencia del agua influye poderosamente en los cambios que ocurren en la carne durante la refrigeración, almacenamiento y procesamiento (Hamm, 1960). Las proteínas de la carne desempeñan un papel crucial en el mecanismo que liga agua en el tejido muscular. En el músculo vivo las proteínas dan una estructura de gel al tejido. Cada molécula de agua actúa como un pequeño dipolo que interacciona de manera no covalente con gran número de moléculas cargadas. De estas interacciones grupo cargado dipolo, los puentes de hidrógeno y las interacciones hidrofóbicas son las de mayor importancia.

Andújar *et al.*, 2009 explica que la disposición espacial de las cargas positivas y negativas convierte a la molécula de agua en un dipolo que se orienta activamente en presencia de cargas eléctricas de ambos signos. Las moléculas proteicas tienden a replegarse de forma que los grupos eléctricamente cargados y los grupos polares queden expuestos en la superficie molecular, en contacto con el agua. La estructura primaria de la *miosina* y la *tropomiosina* se caracteriza por un alto contenido en aminoácidos ácidos y básicos, que confieren una carga eléctrica fuerte a las moléculas. La unión de moléculas de agua a estas proteínas está dominada por interacciones grupo dipolo.

#### **1.4.2 Lípidos**

En la carne, el tejido adiposo se presenta como grasa subcutánea, intermuscular e intramuscular. En la grasa intramuscular se diferencia la grasa intracelular situada dentro de las fibras musculares, y que forma parte de las estructuras celulares del sarcolema, retículo sarcoplásmico, etc., y constituida fundamentalmente por fosfolípidos y algunos triglicéridos de la grasa visible, situada entre las fibras musculares (grasa infiltrada), formada por triglicéridos y que aporta el aspecto veteado conocido como marmoleo.

Los lípidos intramusculares proporcionan jugosidad a la carne, de forma que en algunos sistemas de evaluación de calidad se considera la cantidad de grasa infiltrada como un factor importante por considerar que tiene un efecto benéfico sobre la jugosidad y el sabor, además de un efecto positivo en la ternura. La concentración y proporción de los lípidos de la carne pueden variar dependiendo de diversos factores como especie, dieta y genética (Ramírez, 2004).

#### **1.4.3 Proteínas de la carne**

La proteína es el componente más importante de la carne y en contenido ocupa el segundo lugar después del agua. Se dividen en dos grupos miofibrilares, solubles e insolubles.

### 1.4.3.1 Proteínas Miofibrilares

Estas proteínas imparten al músculo rigidez estructural y son decisivas en la transformación de energía química en mecánica durante la contracción. Constituyen alrededor del 10 % de la proteína de la carne y son solubles en soluciones salinas. Son responsables de conferir al producto cárnico características de calidad determinadas y de la formación de la matriz proteica en el proceso de elaboración de embutidos de pasta fina, actuando además como agentes estabilizadores de la "emulsión cárnica". Las principales son la *miosina* y la *actina*.

#### *Miosina*

Es la más abundante de las proteínas miofibrilares; representa cerca del 55 a 60% de las proteínas totales, y constituye el 35% de todas las proteínas del tejido muscular. La estructura de la *miosina* es de una varilla alargada, llamada región de la cola, con una porción gruesa al final, llamada región de la cabeza. En la molécula de la *miosina* se encuentran cerca de 500 restos de 20 aminoácidos, entre ellos todos los esenciales. Cerca del 30 % de todos los aminoácidos pertenecen a ácidos dicarboxílicos, lo cual le da un carácter ácido a la molécula y condiciona su capacidad específica de unión con los iones  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . (Yates y Greaser, 1983; Andújar *et al.*, 2009).

#### *Actina*

Esta proteína constituye aproximadamente el 22% del total de las proteínas musculares (Yates y Greaser, 1983) y es rica en el aminoácido prolina. La *actina* es el principal constituyente de los filamentos delgados. Es una proteína globular constituida por una cadena polipeptídica simple que une una molécula de nucleótido (ATP o ADP) y un catión divalente ( $\text{Ca}^{2+}$  o  $\text{Mg}^{2+}$ ) por monómero.

#### *Complejo actomiosina*

Es un complejo de dos proteínas: la *actina* y la *miosina*. Se forma cuando ocurre la contracción muscular en el músculo vivo o en *pre rigor* y, cuando ocurre el *rigor mortis*. Cada filamento de *actina* puede enlazar numerosas moléculas de *miosina*. El complejo actomiosínico se disocia en presencia de ATP y de  $\text{Mg}^{2+}$ . Constituye la

mayor parte de las proteínas fibrilares que se encuentran en el músculo *post mortem* y la rigidez que se origina después de la muerte del animal (*rigor mortis*) se debe en gran parte a este complejo (Andújar *et al.*, 2009).

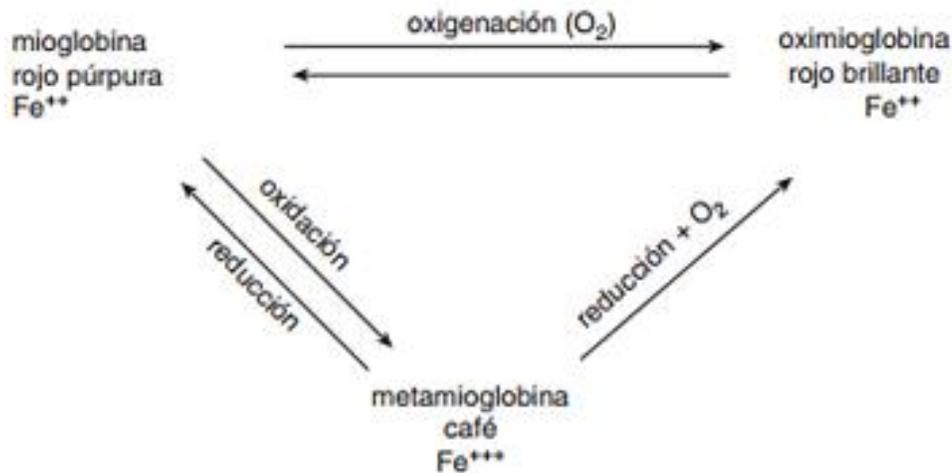
#### **1.4.3.2 Proteínas Solubles**

Este grupo de proteínas incluye muchas enzimas solubles involucradas en el metabolismo anaeróbico, las enzimas mitocondriales del ciclo de los ácidos tricarboxílicos y los de la cadena transportadora de electrones y juegan un papel muy importante en los cambios que se producen tras la muerte durante su transformación en carne. Las proteasas y pigmentos musculares influyen notablemente en la calidad de la carne durante la fase *post mortem* y su procesamiento ulterior.

La mioglobina y la hemoglobina son los compuestos que le proporcionan el color rojo a la carne. La mioglobina se encuentra en las células musculares y la hemoglobina es el pigmento de la sangre. La mioglobina es la principal responsable del color de la carne, ya que por lo general el contenido total de pigmentos de ésta se compone de aproximadamente un 95 % de mioglobina y 5 % de hemoglobina. Ambas hemoproteínas, mioglobina y hemoglobina, son responsables del transporte y almacenamiento del oxígeno en el organismo del animal y se diferencian poco en su estructura química. El oxígeno de los pulmones es transportado por la hemoglobina y es captado por la mioglobina para su ulterior utilización en el metabolismo aeróbico. La capacidad que tiene el músculo de almacenar el oxígeno depende del contenido de mioglobina. Los músculos sometidos a un gran esfuerzo presentan un metabolismo energético intenso, por lo que disponen de un alto contenido de mioglobina (Andújar *et al.*, 2009).

La mioglobina está químicamente compuesta por un átomo central de hierro, el cual es responsable de los cambios de color de la carne y está rodeado por un complejo molecular cíclico de tipo pirrólico (hem). Es una molécula altamente reactiva, con capacidad de producir compuestos iónicos; el estado de oxidación de la mioglobina varía con las condiciones de almacenamiento, y presenta tres pigmentos diferentes

derivados del grado de oxidación (Figura 4): la mioglobina con el hierro en estado reducido, que produce un color rojo púrpura, la oximioglobina con el hierro en estado reducido, que da un rojo brillante, y la metamioglobina con el hierro en estado oxidado, que da un color café-gris (Schmidt, 1984, Badui, 2006).



**Figura 4. Estado de la mioglobina en diferentes ambientes químicos**

Fuente: Badui, 2006

El estado de oxidación de la mioglobina es importante para la industria cárnica ya que el color es lo que determina qué tan apetecible es para el consumidor, por lo que se han buscado alternativas de envasado para mantener esta característica sin afectar la calidad. El empaque al vacío, si bien es el más eficiente para conservar la calidad microbiológica de la carne si se utiliza en conjunto con refrigeración, tiene la desventaja de que en ausencia de oxígeno no se desarrolla el color rojo brillante deseado por el consumidor; al abrir el paquete y exponer la carne al aire se da produce el llamado blooming, que es cuando se oxigena la mioglobina y se produce oximioglobina y el color de la carne a vuelve a ser brillante y más apetecible.

#### 1.4.3.3 Proteínas Insolubles

Las proteínas más importantes de este grupo, son el colágeno y la elastina. El colágeno está formado por pocas cadenas de polipéptidos, entrelazados en forma helicoidal y a través de puentes de hidrógeno. Es fácilmente susceptible a la

retracción o arrugamiento y a la hidrólisis por acción del calor y humedad, formando gelatina y en un estado más avanzado glicina e hidroxiprolina cuya valoración puede servir para determinar el porcentaje de tejido conjuntivo o cartílago en productos cárneos. La elastina, abundante en tendones y ligamentos. Forma largas cadenas de polipéptidos, ubicados unas al lado de otras y enlazadas por uniones covalentes de los aminoácidos integrantes, lo que le da mayor resistencia a la hidrólisis pero es desdoblada por las proteasas vegetales.

#### **1.4.4 Vitaminas y minerales**

La carne hace importantes contribuciones a la dieta la ingesta de tiamina, riboflavina y niacina. La vitamina B<sub>6</sub>, ácido pantoténico, ácido fólico, biotina y vitamina B<sub>12</sub> son todas las importantes proporcionadas por la carne. El complejo B también desempeña papeles importantes en el músculo, donde funcionan en una variedad de conversiones metabólicas y reacciones tisulares que son vitales para la vida viva (Pearson and Young, 1989).

Los minerales de la carne se asocian en su mayoría a la porción magra, la que generalmente es una buena fuente de minerales, con excepción del calcio. Además, la carne es una buena fuente de hierro que interviene en la síntesis de la hemoglobina y ciertos enzimas, puesto que el hierro que se almacena en el organismo es escaso, el aporte dietético regular o continuo de este mineral es importante y la carne lo proporciona en una forma fácilmente absorbible (Valenzuela *et al.*, 2008).

Debido a la cantidad de lípidos que contiene la carne de ovino su uso es más reducido en comparación con la de vacuno y porcino, por otro lado, esta carne destaca por brindar grandes aportes de vitaminas sobre todo del complejo B y minerales como el Hierro lo que la hace conveniente para el desarrollo de productos cárnicos como, la hamburguesa.

## **1.5 Hamburguesa**

La hamburguesa se clasifica de acuerdo con la NOM-034-SSA1-1993 como carne molida moldeada envasada, que es el producto obtenido de la carne fresca de animales de los géneros *Bos*, *Suis*, *Ovis*, *Gallus*, procedente de rastros que cumplan con lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, que es cortada y pasada por un molino o picadora, adicionada de otros ingredientes, moldeada, envasada y conservada para su venta al público.

Los productos cárnicos como embutidos y hamburguesas, se constituyen como una alternativa a la carne fresca, su consumo ha ido aumentando no solo por su valor nutritivo sino también por sus características sensoriales. Este producto es importante por su gran aceptación y consumo, que permite obtener un producto cárnico rápido, en diversas presentaciones y con carne de variadas especies.

### **1.5.1 Técnicas de procesado**

La elaboración de las hamburguesas comprende 5 operaciones unitarias; picado, mezclado, moldeado y refrigerado. Es necesario controlar sus condiciones y el orden de éstas para poder formar el sistema polidisperso.

#### ***Picado***

El picado permite la reducción del tamaño de la materia prima y la extracción de las proteínas miofibrilares, las cuales son necesarias en la formación del sistema polidiserso puesto que poseen propiedades gelificantes y emulsificantes interactúan con los demás ingredientes. La reducción del tamaño se puede realizar en una picadora o un molino, previamente se deben de retirar fascias, tendones y exceso de grasa para evitar que el producto adquiriera características no deseadas. Además, durante el picado la materia prima debe mantenerse a una temperatura menor a los 8°C, para evitar daño estructural en las proteínas de la carne.

**Mezclado**

Para lograr la combinación de los ingredientes además de la carne previamente picada, se debe aplicar una fuerza mecánica ya sea con una mezcladora o manualmente hasta lograr una pasta homogénea cuidando no exceder 15°C. En el mezclado se da la formación del sistema con la materia prima y los demás ingredientes, al igual que en el picado es importante controlar la temperatura para evitar daños estructurales.

**Moldeado**

Es la formación de la hamburguesa mediante un molde circular para dar el tamaño y forma deseada, la cual depende de las necesidades de cada producción, en este caso se realizó de 6.5 cm de diámetro.

**Envasado y refrigeración**

Uno de los métodos más ampliamente usados en el sector cárnico, es el empaque al vacío que, consiste en la eliminación de aire para controlar el desarrollo de microorganismos, la acción enzimática y la oxidación. Después de el envasado se realiza el almacenamiento en refrigeración para favorecer la unión de los trozos de carne, resulta de la adición de proteínas no cárnicas que con las bajas temperaturas favorece la obtención de un producto reconstituido con una red proteica y cohesividad, que son estables al calor (cocción) y esto asegura que la carne cocida mantenga su integridad.

**1.5.2 Función de ingredientes no cárnicos****Agua**

El agua es de los principales componentes debido a que permite la formación de la hamburguesa, además de favorecer la fase de mezclado y moldeado, confiere textura al alimento e interacciona con las proteínas formando interacciones proteína-agua, dando estabilidad al sistema polidisperso.

***Pan Molido***

Permite aglomerar la pasta cárnica por lo que da textura a la hamburguesa y hace más fácil el moldeado debido a su alto contenido en almidón.

***Huevo***

El huevo presenta un alto contenido proteico que contribuye a la formación del sistema polidisperso, principalmente por la clara de huevo que promueve la ligazón de los ingredientes en la hamburguesa porque tiene propiedades gelificantes, emulgentes, espumantes y fijadoras de agua. La multifuncionalidad de la clara de huevo se debe a las complejas interacciones entre sus constituyentes proteicos, ovoalbúmina, conalbúmina, lisozima, ovomucina y otras proteínas similares a la albúmina (Pachecho *et al*, 2011; Fennema, 2010).

***Condimento para hamburguesa***

Son hierbas aromáticas, semillas que sazonan y dan sabor tienen la capacidad para potenciar el sabor, incrementar el aroma y dar color a los platos por lo que son utilizados en pequeñas cantidades, también presentan actividad bactericida.

***Sal***

Permite la liberación de contenido de las células musculares, hay una ruptura del sarcolema y por lo tanto la liberación de las proteínas miofibrilares, con lo cual se favorece la reacción de la unión entre proteínas y demás ingredientes y por lo tanto una mejora en la capacidad de retención de agua, adicional a esto la sal puede potenciar el sabor del producto (Kuraishi *et al*, 1997).

**1.6 Aditivos funcionales usados en la hamburguesa de ovino**

Según el *Codex Alimentarius* el concepto de aditivo se refiere a cualquier sustancia que, independientemente de su valor nutricional, se añade intencionadamente a un alimento con fines tecnológicos en cantidades controladas, son agregados para conferir propiedades que determinan el comportamiento del sistema.

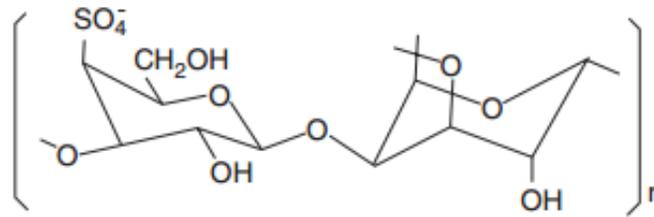
Existen muchas propiedades funcionales en los alimentos, las más importantes en productos cárnicos son retención de agua, solubilidad, gelificación y emulsificación; sin embargo, más de una propiedad funcional está presente en un sistema. La importancia de los aditivos radica en que su aplicación en un sistema alimenticio proporciona características deseadas por el quién elabora el producto y beneficiarse de las propiedades que confieren (Totosaus y Pérez, 2009).

Entre los aditivos funcionales empleados en la industria de alimentos se encuentran las proteínas de origen vegetal y los polisacáridos de distintas fuentes. Estos son dos biopolímeros importantes, usados ampliamente en la industria alimentaria y están a cargo de las propiedades reológicas, mecánicas y fisicoquímicas de los productos alimenticios. En la fabricación de las hamburguesas se usan algunas de éstas proteínas y polisacáridos, para mejorar el ligado del agua permitiendo mantener el contenido de agua en el producto, así como mejorar la formación y estabilidad del sistema, generando diversos beneficios como, el incremento de la jugosidad y la textura y mayores rendimientos (Cossio *et al.*, 2013; García *et al.*, 2012).

### **1.6.1 Carragenina Kappa**

Las carrageninas son polisacáridos de estructura lineal provenientes de la pared celular de las algas marinas rojas (*Rodofíceae*). Son ampliamente usadas en la industria de alimentos, estabilizan productos como, emulsiones de grasa de leche, el suero en helados, leches saborizadas, budines, flanes, embutidos cárnicos, entre otros.

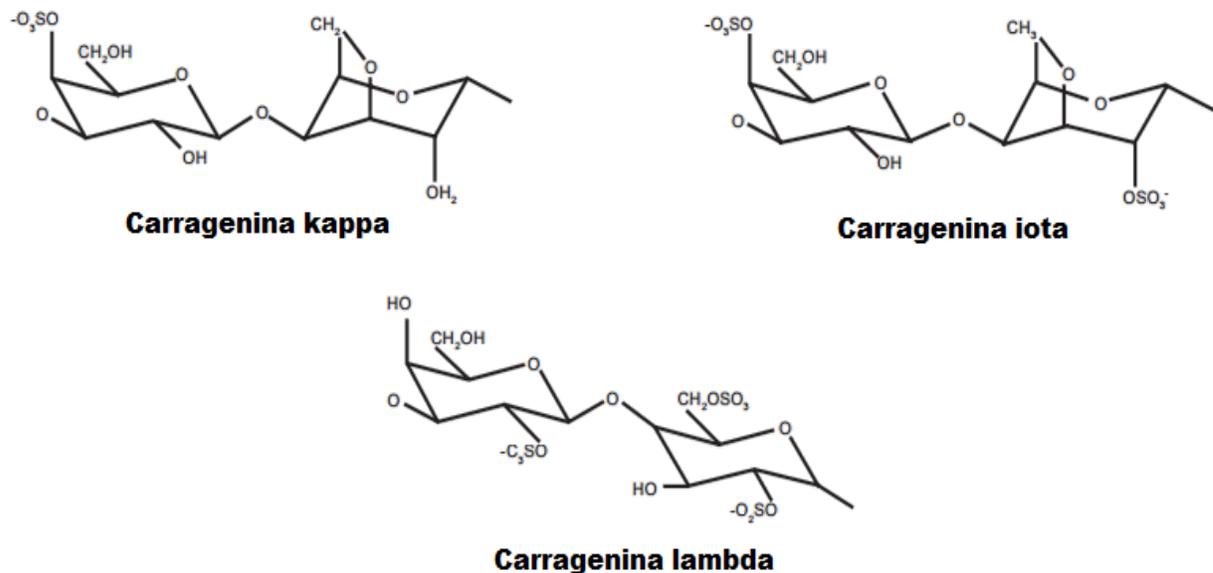
En general están conformadas por varias estructuras en grupos de polisacáridos de galactosa, estas estructuras son de varios tipos, kappa, iota y lambda. Su fórmula química consiste en unidades de D-galactosa unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha(1,3)$  y  $\beta(1,4)$  alternadamente (Figura 5); se diferencian entre ellas por la concentración de los azúcares anhidros 3,6-anhidro-D-galactosa que contengan, y por la posición en que se encuentren los grupos sulfato, así como por la cantidad de estos últimos en la molécula D-galactosa (Figura 6) (López *et al.*, 2002).



**Figura 5. Estructura química general de la carragenina**

Fuente: Badui, 2006

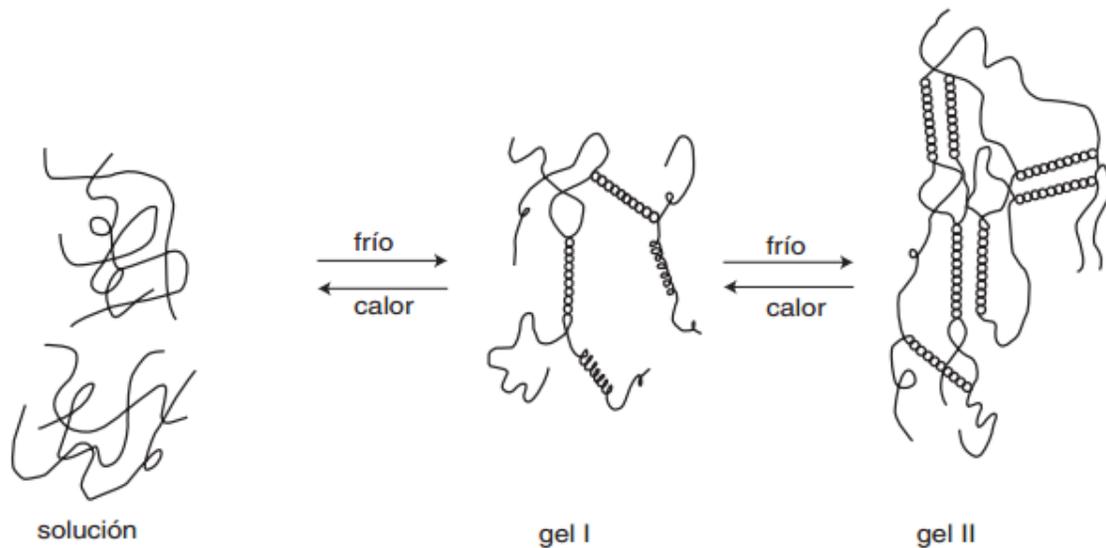
La carragenina tipo kappa contiene de 25 a 30% de éster sulfato y de 28 a 35% de 3,6-anhidro-D-galactosa, es soluble sólo en leche o agua al calentarse a temperaturas por encima de 60°C. La carragenina iota contiene de 28 a 35% de éster sulfato y de 25 a 30% de 3,6-anhidro-D-galactosa, esta configuración presenta dos grupos sulfatados por unidad repetitiva y es únicamente soluble en agua o leche al someterse a pasteurización. La carragenina lambda posee de 32 a 39% de éster sulfato y no contiene 3,6-anhidro-D-galactosa, contiene tres grupos sulfatados por unidad repetitiva y es utilizada como espesante porque no presenta capacidad de gelificar como lo fracción iota y kappa (Caro, 2011).



**Figura 6. Estructura química de las principales fracciones de la carragenina**

Fuente: Gómez, 2013

Aunque no se conoce por completo el mecanismo de gelificación de la carragenina, se ha sabe que se forma una red tridimensional debido a que las moléculas de la carragenina desarrollan estructuras helicoidales que en ocasiones reaccionan entre ellas. Cuando se alcanzan temperaturas superiores a las del punto de fusión del gel, la conformación del polímero en solución es al azar debido a que se produce una agitación térmica que impide la formación de hélices, (Figura 7). Posteriormente, se induce a una transición de sol a gel al enfriarse, dando como resultado una estructura tridimensional, en la cual las dobles hélices son los puntos de unión de las cadenas de los polímeros (gel I), conforme sigue enfriándose se favorece la agregación de las moléculas, lo cual da como resultado la formación final del gel (gel II) (Badui, 2006).



**Figura 7. Mecanismo de gelificación de la carragenina**

**Fuente: Badui, 2006**

En particular en la carragenina kappa, algunos segmentos de sus moléculas existen en forma de dobles hélices de cadenas paralelas, en presencia de iones potasio o calcio, se forman geles termorreversibles por enfriamiento de soluciones calientes que contienen tales segmentos en doble hélice; la rigidez del gel formado dependerá de la concentración de iones potasio y de la rapidez con la que las transiciones ocurran. La gelificación puede producirse en soluciones acuosas a

concentraciones tan bajas como 0.5%. Cuando las soluciones de carragenina kappa se enfrían en presencia de iones potasio, se forma un gel rígido y frágil. Los geles formados con carragenina kappa son los más fuertes en comparación con las otras fracciones. Estos geles sin embargo tienden a la sinéresis conforme las zonas de unión se extienden a lo largo de la molécula.

Se utilizan como estabilizantes y agentes gelificantes en los productos de cárnicos, debido a que su carga negativa le permite reaccionar con las proteínas de la carne las cuales poseen cargas negativas; un uso creciente de la carragenina kappa es mantener el agua durante la operación de cocción, y por tanto la humedad y la textura suave de los productos a base de carne, tales como los distintos tipos de salchichas y jamones; en productos de carne picada bajos en grasa brinda un beneficio en su textura y la calidad general de estos (Fennema, 2010).

### **1.6.2 Aislado proteico de soya**

La soya es una planta de la familia de las leguminosas *fábaceas* originaria de China, cultivadas por su semilla que generalmente es de forma esférica y color amarillo. Las semillas de soya contienen de 15 a 35% de glúcidos, aminoácidos esenciales como histidina, lisina, isoleucina, tirosina, entre otros en un 35 a 40%, lípidos (15 a 20%), de 2 a 3% de fosfolípidos, especialmente lecitina. También contiene esteroides, saponósidos, carotenoides, vitaminas (especialmente del grupo B), enzimas, ácido fólico e isoflavonas. Las isoflavonas presentes principalmente son gínesteína, daidzeína, gliciteína y sus derivados glucosilados (Rodríguez, 2008; Villar, 2002).

La soya es utilizada en la industria de alimentos en cuatro formas diferentes: harina, concentrados, aislados y texturizados. Las harinas están hechas a partir de la molienda y cernido de las hojuelas de soya, antes o después de haber sido removido el aceite, contiene entre 40 y el 55% de proteína base seca. El concentrado se produce mediante la extracción en fase alcohol-agua o por lixiviación en medio ácido de la harina a la que se ha removido el aceite, el proceso remueve los carbohidratos solubles y el producto resultante contiene alrededor de

70% de proteína base seca. El aislado se obtiene con la extracción alcalina de la harina y la precipitación en un pH ácido, se remueven los carbohidratos solubles como insolubles, por lo que su contenido de proteína es de 90%. Los texturizados se elaboran a partir de la extrusión de la harina o concentrados en presencia de calor húmedo y presión elevada para dar una textura fibrosa (Luna, 2007).

El aislado es la forma más refinada de proteínas de soya, como ya se mencionó contiene un mínimo de 90% de proteína en base seca y un 4.5% de cenizas, 4.5% de trazas de carbohidratos y fibra. Está ampliamente comprobado que las proteínas aisladas de soya, por su excelente valor nutritivo, calidad proteica y digestibilidad son perfectamente comparables a las proteínas tradicionales, encontradas en carne, leche y huevos. La mayor parte de los aislados proteicos de soya se presenta en forma de polvo y para poder aprovechar en forma íntegra toda su funcionalidad deben ser hidratados.

La proteína de soya se caracteriza por su capacidad emulsificante, capacidad de retención de agua, espumante, gelificante, proporciona a los sistemas alimenticios características de película, adhesividad, cohesividad, elasticidad y aumento de viscosidad (Schmidt, 1984). Su acción emulsificante se basan en una región hidrofóbica que se orienta hacia los glóbulos de grasa, una región hidrofílica que se orienta hacia la matriz continua, y una notable flexibilidad molecular para desdoblarse a la interfase y bajar la tensión superficial. La estabilidad de la emulsión es mantenida por repulsión electrostática entre sus moléculas cargadas negativamente (Restrepo *et al.*, 2001).

### **1.7 Aspectos fisicoquímicos de los sistemas polidispersos**

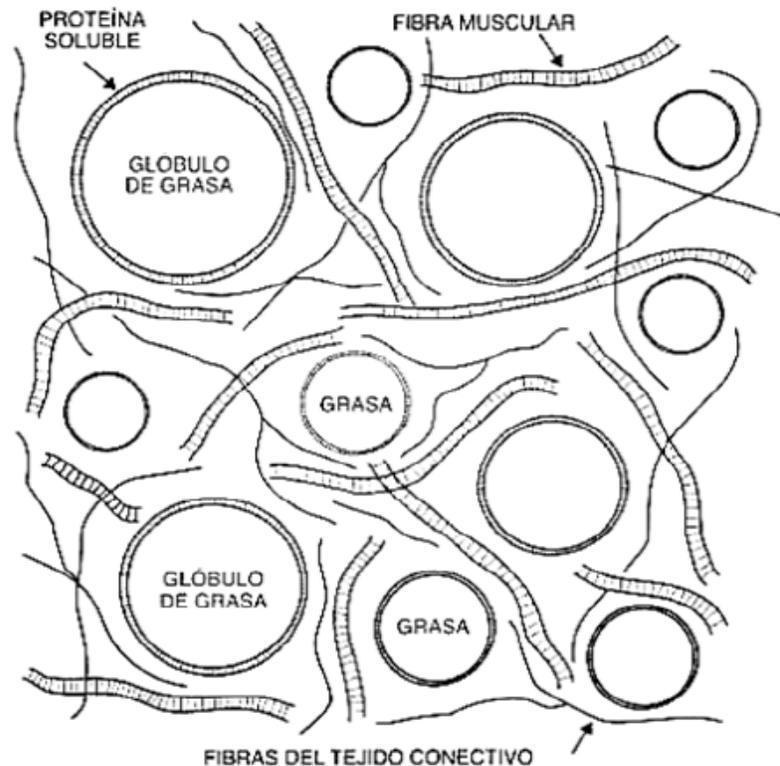
Las hamburguesas son el resultado de la formación de un sistema cárnico polidisperso, en el que se puede distinguir una red tridimensional (gel) en donde se encuentra atrapado un sistema disperso (emulsión).

Un gel es una red tridimensional continua de moléculas o partículas, que engloba un gran volumen de una fase líquida continua. El gel está constituido por moléculas de un polímero (polisacárido y/o proteína) o por fibrillas formadas a partir de moléculas de polímero unidas en las zonas de unión por enlaces de hidrógeno, asociaciones hidrofóbicas (fuerzas de Van der Waals), fuerzas iónicas, «enredos al azar» o enlaces covalentes; y la fase líquida es una solución acuosa de solutos de bajo peso molecular y porciones de las cadenas de polímero (Fennema, 2010).

Para la formación del sistema se deben de liberar las proteínas miofibrilares por medio del rompimiento de la membrana externa que envuelve la fibra muscular mediante la aplicación de alguna fuerza mecánica, después se hace una solubilización por adición de sal, se forma el gel en donde se unen los trozos de carne y los demás componentes. En la formación está involucradas las estructuras secundarias, terciarias y cuaternarias de las proteínas con alteraciones en los puentes de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas y enlaces iónicos, que ocurren durante la transición de sol a gel por la desnaturalización (Schmidt, 1984; Ziegler y Acton, 1984). El proceso de gelificación es afectado por la concentración de proteína, fuerza iónica, pH, naturaleza de la proteína, proceso, condiciones del medio por lo que es importante cuidar estos factores para poder formar un gel estable (Shimada, 1989).

Por otro lado, una emulsión es un sistema disperso constituido por dos líquidos inmiscibles en el que la fase dispersa se encuentra en forma en gotas de entre 0.1-10  $\mu\text{m}$  distribuidas en la fase continua, son inestables por lo que requieren de agentes emulsionantes que reduzcan la tensión entre ambas fases.

En particular, una emulsión cárnica como se muestra en la Figura 8 es un sistema bifásico en donde la fase dispersa está constituida por partículas de grasa y en menor medida por algunas proteínas insolubles, tejido conectivo, entre otros y la fase continua por proteínas solubles y agua (Carballo y López, 1991).



**Figura 8. Emulsión cárnica**

**Fuente: Forrest et al., 1979**

El proceso de emulsificación de las grasas por las proteínas cárnicas se debe a que las proteínas contienen grupos eléctricamente neutros, que por su carácter lipófilo se orientan hacia las moléculas de grasa, y grupos cargados negativamente o hidrófilicos que tienen afinidad por las moléculas de agua. Cuando se forma la emulsión, la grasa se encuentra dispersa en pequeñas gotas que se rodean de una película proteica cuyos grupos negativos se orientan hacia la fase exterior o continua, repeliéndose unos a otros y proporcionando estabilidad a la emulsión.

Las emulsiones son mezclas de carne finamente picada, compuestas por agua, proteína, grasa y sal. Al reducir el tamaño (molienda) se produce un daño al sarcolema, el endomisio y la integridad de las fibras musculares, lo que unido a una fuerza iónica alta (sobre 0.6) causa hinchazón de las fibras musculares, despolimerización y solubilización de la miosina y extracción de las miofibrillas desde las fibras musculares. Las proteínas en las fibras hinchadas y la miosina

solubilizada tienen gran habilidad para emulsificar grasas e incrementar la solubilidad de la matriz continua de proteína, la cual estabiliza las dispersiones de grasa en mezclas crudas y tras la cocción permite obtener un producto semi rígido, resultado de la desnaturalización de proteínas y su gelificación (Restrepo et al., 2001; Xiong, 1997).

Para obtener productos de calidad es necesario tener una emulsión estable, por lo que es necesario adicionar un emulsionante que es una sustancia que actúa en la interfase de los líquidos. Estas sustancias tienen la característica de disolverse tanto en agua o disoluciones acuosas como en disolventes orgánicas y aceites, porque contienen una parte polar y otra no polar (Dickinson y Vliet, 2003).

## **1.8 Evaluación de las propiedades físicas, fisicoquímicas y mecánicas**

### **1.8.1 Capacidad de retención de agua**

La capacidad de retención de agua es una propiedad física de los productos cárnicos, se puede definir como la aptitud de la carne para mantener ligada su propia agua, incluso bajo la influencia de fuerzas externas (presión, calor, entre otras). Es importante determinarla porque está relacionada con la textura, color y jugosidad de los productos cárnicos, en este caso de la hamburguesa.

Por otra parte, los aditivos funcionales por sí solos tienen la característica de retención de agua, en las proteínas añadidas se debe a la capacidad de gelificación, la cual generalmente es inducida por el calor. Las carrageninas son moléculas altamente hidrofílicas que actúan sobre el agua libre consiguiendo reducir la movilidad y aumentando la viscosidad, interaccionan con otros componentes alimentarios mejorando la aptitud para determinadas aplicaciones, también presentan efectos en la retención de agua y la capacidad de gelificación (Tapasco, 2011).

### **1.8.2 Rendimiento por pérdida de cocción**

El rendimiento en productos cárnicos se relaciona con la cantidad de producto obtenido después de un proceso, en este caso el rendimiento se hace por la

pérdida de peso después de la cocción, el cual depende de la calidad de la materia prima, proceso de elaboración y procedimiento de cocción. La pérdida por cocción es de interés porque ofrece información acerca de la elaboración del producto y las interacciones existentes en el sistema formado, el cambio en la estructura por la acción de calor y la jugosidad la que influye en la apariencia de la hamburguesa. Un rendimiento bajo por cocción da una expectativa de un producto de calidad baja y de comercialización escasa (González *et al.*, 2009; Dall *et al.*, 2003).

La formación de sistemas estables en productos cárnicos resulta en menores pérdidas en la cocción. La adición de aditivos funcionales reduce las pérdidas por cocción debido a que interaccionan con el agua y las proteínas cárnicas, logrando que el agua sea atrapada en la red formada, evitando que sea expulsada por la acción del calor que desnaturaliza las proteínas. La determinación del rendimiento por pérdida en la cocción se obtiene con el peso de la hamburguesa cruda y después de cocida.

### **1.8.3 Parámetros de perfil de color (PPC)**

El color es el factor que más afecta el aspecto de la carne y los productos cárnicos durante su almacenamiento y el que más influye en la preferencia del cliente, por lo que la alteración del color bien puede ser la causa más importante que define la durabilidad de los productos. En presencia del aire, el color natural de la carne fresca es rojo brillante porque en la superficie predomina la oximioglobina, forma reducida de la mioglobina en presencia de oxígeno.

El color se puede evaluar a partir de las coordenadas fijadas por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), luminosidad ( $L^*$ ), cromaticidad verde-rojo ( $a^*$ ), cromaticidad amarillo-azul ( $b^*$ ). Los espectrofotómetros de reflectancia miden la cantidad proporcional de luz reflejada por una superficie como una función de las longitudes de onda para producir un espectro de reflectancia. El espectro de reflectancia de una muestra se puede usar, junto con la función del observador estándar CIE y la distribución relativa de energía espectral de un iluminante para calcular los valores triestímulos CIE XYZ para la muestra de análisis.

El color se ve influido principalmente por la composición de la atmósfera en que se encuentra almacenado el producto. Cuando se tienen condiciones anaerobias, el color de la carne es púrpura debido al estado reducido de la mioglobina; en este caso, la penetración de oxígeno depende de la presión parcial del gas en la superficie, de la velocidad de utilización del oxígeno por el tejido y de la difusión del gas a través del tejido. Si la carne se almacena en presiones parciales altas de oxígeno, se forma una capa gruesa de oximioglobina en la superficie, que aumenta la presión parcial de oxígeno, y se obtiene como resultado el color rojo brillante, que el consumidor asocia con carne de buena calidad.

El empaque al vacío, si bien es el más eficiente para conservar la calidad microbiológica de la carne si se utiliza en conjunto con refrigeración, tiene la desventaja de que en ausencia de oxígeno no se desarrolla el color rojo brillante deseado por el consumidor; al abrir el paquete y exponer la carne al aire, se produce una oxigenación de la mioglobina (Blooming) lo que da como resultado oximioglobina, lo que regresa el color brillante de la carne volviéndola más apetecible (Badui, 2006).

#### **1.8.4 Actividad de agua**

La actividad de agua es la cantidad de agua libre que hay disponible en un alimento para reacciones de deterioro. La medición de la actividad de agua en carne y productos cárnicos es cada vez más importante, ya que su valor influye en las diferentes reacciones químicas en el producto, así como la supervivencia y resistencia de los microorganismos. De ahí que la actividad de agua es de vital importancia para la conservación de alimentos. La adición de aditivos reduce la disponibilidad agua en el producto aumentando la presión osmótica en los alimentos, lo que significa que se reduce la actividad de agua.

Los instrumentos utilizados para la determinación de actividad de agua se denominan higrómetros, en este trabajo se utilizó un higrómetro de punto de rocío el cual mide la temperatura exacta de condensación del vapor de agua (punto de rocío) que se encuentra directamente relacionada con la presión de vapor del

alimento y por lo tanto con la  $a_w$  de la muestra que también se define como la relación entre la presión de vapor del alimento y la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura.

### **1.8.5 Dureza**

La dureza es la fuerza requerida para comprimir un cuerpo entre las muelas (sólido) o entre la lengua y el paladar (semisólidos). En los productos cárnicos es un parámetro importante de calidad. La dureza depende de la cantidad y del tejido conectivo, también del grado interacciones entre las proteínas y del grado de desorganización de las miofibrillas y, por último, depende de la cantidad de grasa intermuscular e intramuscular que enmascara a la hora de masticar la cantidad de tejido conectivo (Zuñiga *et al.*, 2007).

La dureza se puede medir por medio de pruebas sensoriales, aunque existen algunos problemas con este tipo de medición como son la falta de precisión, la inexactitud en la medida y la dificultad de registrar de una manera formal dicha medida. Otro método más formal y preciso es mediante el uso del penetrómetro usado en la evaluación de la consistencia, dureza, suavidad, entre otros de alimentos sólidos y semisólidos; se fundamenta en el principio de área de penetración constante (velocidad variable).

## JUSTIFICACIÓN

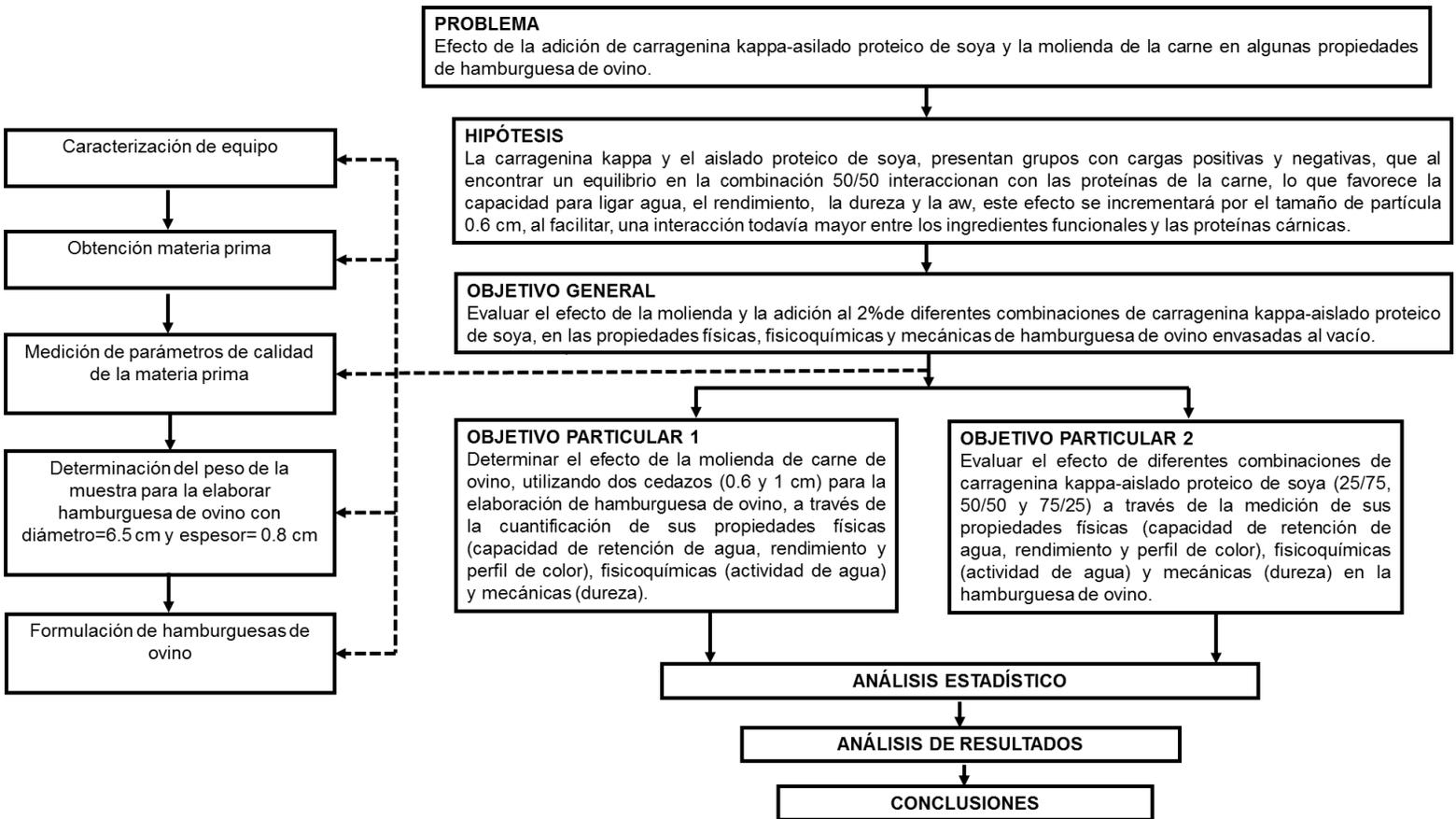
La adición de ingredientes funcionales a productos cárnicos influye en sus propiedades, esta adición se hace con el fin de un cambio benéfico en las propiedades del producto y mejorar la formación del sistema. Existe una amplia gama de ingredientes utilizados, la carragenina kappa y el aislado proteico de soya tienen la característica de retener grandes cantidades de agua, la cual puede ser modificada debido a las concentraciones utilizadas y a su interacción con las proteínas de la carne, por otro lado, el tamaño de partícula que se obtiene de la molienda en la elaboración de productos cárnicos es una de las características más importantes en la formación de los sistemas, ya que influye en la estabilidad y por lo tanto en las propiedades de los productos cárnicos. De lo anterior surge la importancia de evaluar el efecto de la adición al 2% de diferentes combinaciones de carragenina kappa y aislado proteico de soya, así como la variación del tamaño de partícula durante la molienda de carne en la elaboración de hamburguesa, utilizando además carne de ovino, con la finalidad de aprovechar la carne y darle otro uso porque se estima que en México sólo el 10% se prepara de otra manera que no sea barbacoa.

# **CAPÍTULO 2**

# **METODOLOGÍA**

# **EXPERIMENTAL**

## 2.1 Metodología Experimental



## **2.2 Hipótesis**

La carragenina kappa y el aislado proteico de soya, presentan grupos con cargas positivas y negativas, que al encontrar un equilibrio en la combinación 50/50 interaccionan con las proteínas de la carne, lo que favorece la capacidad para ligar agua, el rendimiento, la dureza y la  $a_w$ , este efecto se incrementará por el tamaño de partícula 0.6 cm, al facilitar, una interacción todavía mayor entre los ingredientes funcionales y las proteínas cárnicas.

## **2.3 Objetivo General**

Evaluar el efecto de la molienda y la adición al 2% de diferentes combinaciones de carragenina kappa-aislado proteico de soya, en las propiedades físicas, fisicoquímicas y mecánicas de hamburguesa de ovino envasadas al vacío.

## **2.4 Objetivos particulares**

### **2.4.1 Objetivo Particular 1**

Determinar el efecto de la molienda de carne de ovino, utilizando dos cedazos (0.6 y 1 cm) para la elaboración de hamburguesa de ovino, a través de la cuantificación de sus propiedades físicas (capacidad de retención de agua, rendimiento por pérdida de cocción y parámetros de perfil de color), fisicoquímicas (actividad de agua) y mecánicas (dureza), para encontrar las mejores condiciones de molienda en las hamburguesas de carne de ovino.

### **2.4.2 Objetivo Particular 2**

Evaluar el efecto de diferentes combinaciones de carragenina kappa-aislado proteico de soya (25/75, 50/50 y 75/25) a través de la medición de sus propiedades físicas (capacidad de retención de agua, rendimiento por pérdida de cocción y parámetros de perfil de color), fisicoquímicas (actividad de agua) y mecánicas (dureza), para encontrar la mejor proporción de carragenina kappa- aislado proteico de soya en hamburguesas de ovino.

## 2.5 Análisis estadístico

Las propiedades evaluadas fueron analizadas en un análisis de varianza de 2 vías empleando el software Minitab 16.1.0, así los valores obtenidos experimentalmente de capacidad de retención de agua, rendimiento por pérdida de cocción,  $a_w$  y dureza para determinar si había algún efecto con las combinaciones carragenina kappa-APS y el tamaño de partícula. Usando el mismo software se realizó un diseño factorial lineal para los valores de los parámetros de perfil de color para determinar la influencia de las combinaciones carragenina kappa-APS, el tamaño de partícula y el envase.

## 2.6 Metodología de la Investigación

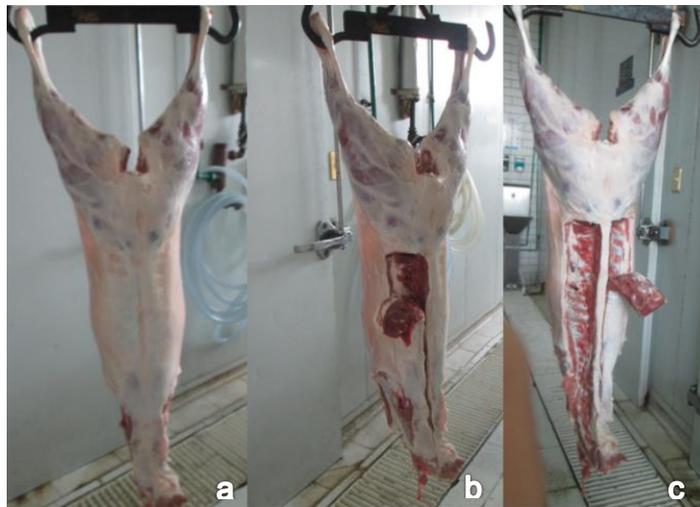
Se realizaron cinco actividades preliminares, las cuales permitieron el cumplimiento de los objetivos planteados y con ello la realización del proyecto.

### 2.6.1 Caracterización de equipo

Se realizó con el fin de conocer el funcionamiento y condiciones a las que debía trabajarse. Los equipos caracterizados fueron el potenciómetro de inmersión Marca OAKTON (USA), higrómetro de punto de rocío marca DECAGON DEVICES modelo Pawkit (USA), centrífuga refrigerada marca Centurión, Mod. K2015R (Inglaterra), espectrofotómetro de reflectancia KONICA MINOLTA y el molino TORREY modelo M-12-FS.

### 2.6.2 Obtención de materia prima

La obtención de la materia prima se realizó en el Taller de Cárnicos de la FESC en una cámara refrigerada a 5°C. Primero se quitó el playo que cubría la canal (Figura 9-a), para la obtención del *Longissimus dorsi* se realizó un corte a un costado de la columna vertebral y se fue separando el músculo de las costillas para obtener el lomo derecho (Figura 9-b), posteriormente se realizaron los mismos cortes para el lomo izquierdo (Figura 9-c).



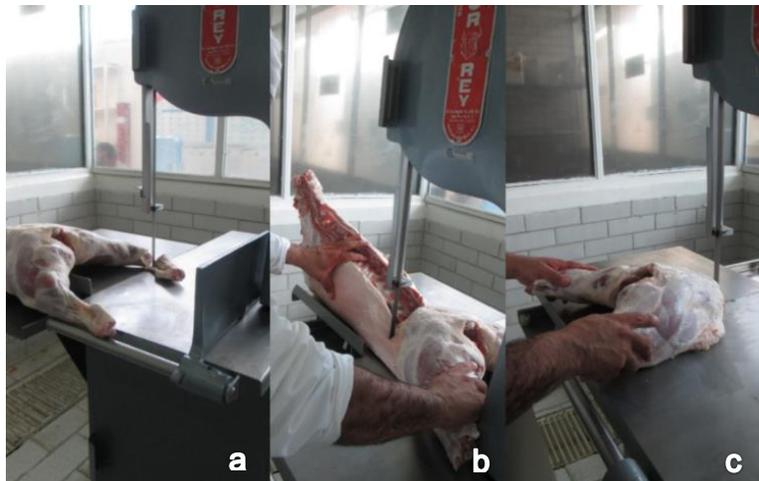
**Figura 9. Obtención de *Longissimus dorsi* a) canal de ovino entera, b) Canal con corte en columna y disección de *Longissimus dorsi* derecho y c) Disección de *Longissimus dorsi* izquierdo**

En la Figura 10 se muestran los *Longissimus dorsi* disectados.



**Figura 10. Músculo *Longissimus dorsi***

Para la obtención de pierna primero se retiró el chambarete con una cortadora de carne y hueso (Figura 11-a), se hizo un corte para separar las piernas de la canal (Figura 11-b) y otro para la separación de la pierna izquierda y derecha (Figura 11-c).



**Figura 11. Obtención de pierna a) Eliminación de chambarete, b) Corte para la separación de piernas de la canal y c) Separación de pierna izquierda y derecha**

Después de separadas las piernas (Figura 12-a) se procedió a deshuesarla (Figura 12-b).



**Figura 12. a) Pierna derecha y b) Deshuesado de pierna**

Una vez obtenidos los lomos y las piernas fueron envasadas al vacío como se muestra en la Figura 13.



**Figura 13. Envasado al vacío de materia prima**

Después del envasado, se elaboraron dos lotes, uno para cada tamaño de partícula (0.6 y 1 cm). Cada lote estaba formado por lomo izquierdo y derecho y pierna derecha e izquierda (Figura 14). Después de separados los lotes fueron mantenidos en refrigeración a 4°C.



**Figura 14. Lotes experimentales**

### **2.6.3 Medición de parámetros de calidad de la materia prima**

Se realizó la determinación de %CRA, pH y  $a_w$  de la carne de ovino previamente obtenida con el fin de asegurar que la materia prima con la que se trabajó era de calidad. Se obtuvieron valores de 30.133 para %CRA y pH 5.947, se encuentran dentro de los intervalos reportados por Partida *et al.*, 2013 para carne de ovino en México y el pH es el mismo que el reportador por Badui, 2006, con lo cual se considera que la materia prima es adecuada para el proyecto porque cumple con estos parámetros de calidad.

### **2.6.4 Determinación del peso de la muestra para la elaborar hamburguesa de ovino**

Se determinó la cantidad de muestra necesaria para elaborar las hamburguesas con un diámetro=6.5 cm y espesor=0.8 cm. Se pesó el molde vacío, se llenó con la cantidad necesaria de muestra y se volvió a pesar (Figura 15), por diferencia de peso se obtuvo la cantidad de muestra de acuerdo a las especificaciones del molde.



**Figura 15. Determinación del peso muestra para elaboración de hamburguesa**

Se obtuvo la media, desviación estándar y coeficiente de variación de los valores para hacer la determinación del peso de la muestra, los valores se muestran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Valores peso de muestra para elaborar hamburguesas**

Muestra	Peso muestra (g)
1	40.460
2	39.700
3	40.120
<b>Media</b>	40.093
<b>D.E</b>	0.381
<b>C.V. (%)</b>	0.950

Así se determinó que la cantidad necesaria era de  $40 \pm 1.5$ g para la elaboración de cada hamburguesa y así tener muestras del mismo peso.

### 2.6.5 Formulación de hamburguesa de ovino

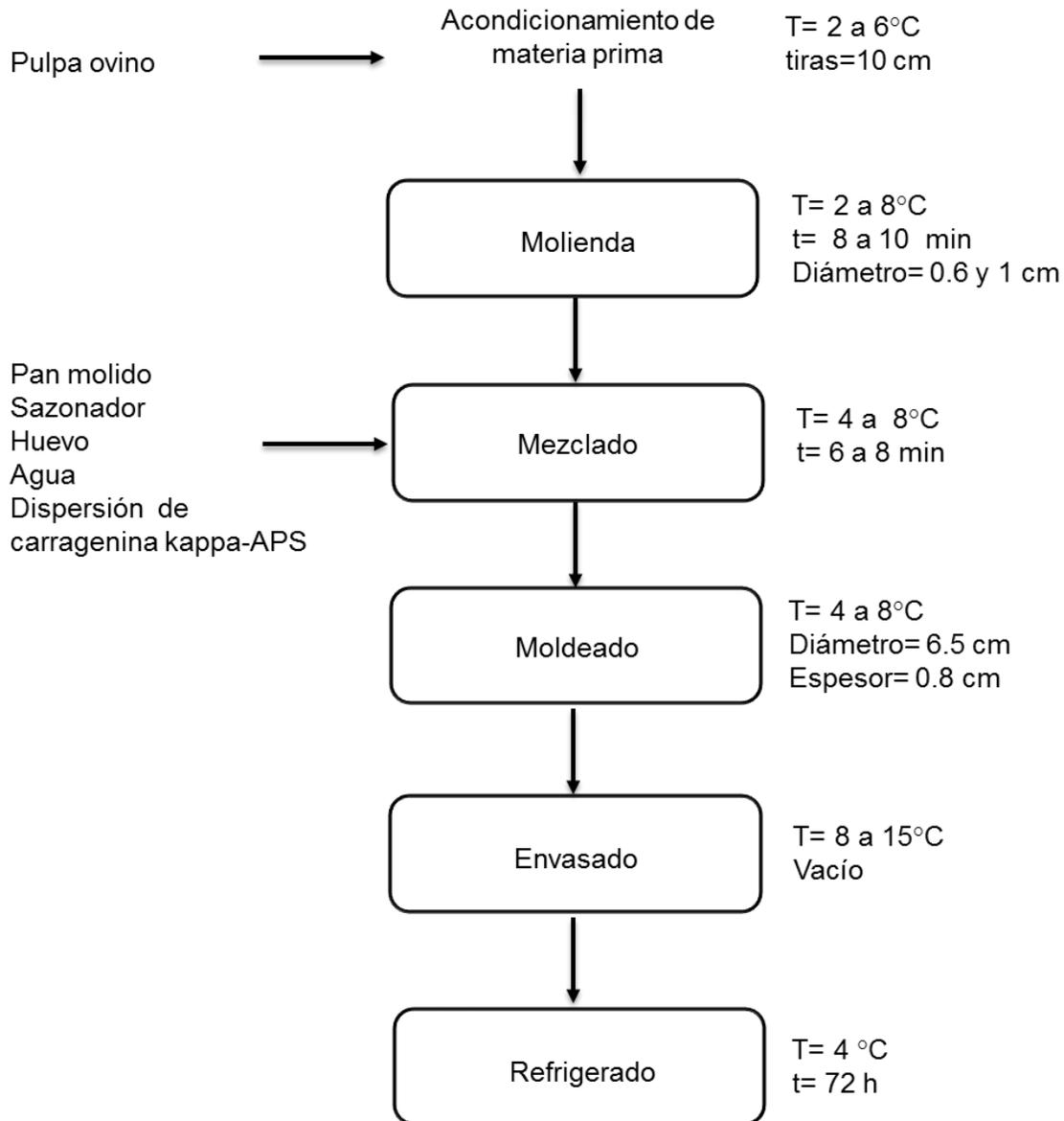
Se eligió la formulación basándose en dos formulaciones bibliográficas, las cuales diferían en el porcentaje de pulpa (67 y 75%). Se elaboraron hamburguesas con estas formulaciones sin adición de aditivos funcionales (Control), se eligió la de 67% de pulpa porque tenía características más parecidas a las hamburguesas comerciales, la de 75% era muy dura y tardaba mucho en la cocción por lo que llegó incluso a quemarse. Después de seleccionar la formulación control se

realizaron los cálculos para las hamburguesas adicionadas al 2% con diferentes combinaciones de carragenina kappa-APS. En el Cuadro 3 se muestran las formulaciones utilizadas.

**Cuadro 3. Formulación hamburguesa de ovino**

Ingredientes	Fórmula porcentual (%)			
	Control	Carragenina kappa-APS		
		25/75	50/50	75/25
<b>Pulpa de ovino</b>	67	65	65	65
<b>Agua</b>	15	15	15	15
<b>Pan molido</b>	9	9	9	9
<b>Huevo</b>	5	5	5	5
<b>Condimento para hamburguesa</b>	3	3	3	3
<b>Sal</b>	1	1	1	1
<b>Aditivo funcional</b>	-	2	2	2
<b>Carragenina kappa</b>		0.5	1	1.5
<b>APS</b>		1.5	1	0.5

## 2.7 Diagrama de proceso para la elaboración de hamburguesa de ovino



### 2.7.1 Descripción de proceso

Las hamburguesas de ovino fueron elaboradas en el Laboratorio 7 de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Se trabajó con lomo y pierna proveniente de un cordero raza Columbia de 4 meses de edad, sacrificado en el taller de cárnicos de la FES Cuautitlán, fueron envasados al vacío y posteriormente refrigerados. Se elaboraron dos lotes y en cada lote se siguió el siguiente proceso:

**a) Acondicionamiento de materia prima**

Se realizó un acondicionamiento de la carne de ovino para su óptimo aprovechamiento en el proceso, el cuál consistió en retirar fascias, tendones, exceso de grasa y el rebanado de la carne en tiras de 10 cm de longitud (Figura 16).



**Figura 16. Acondicionamiento de carne**

**b) Molienda**

En un molino eléctrico marca Torrey modelo M-12-FS se realizó la molienda de la carne de ovino (Figura 17) se utilizaron 2 cedazos para formar dos lotes con diferente diámetro de molienda, para el lote con molienda de 0.6 cm se utilizó el cedazo ACTOOL 10/6 y para el lote de 1 cm el cedazo ACTOOL 10/10; con la molienda también además de reducir el tamaño de partícula se produjo la exposición de proteínas.



**Figura 17. Molienda de carne de ovino**

**c) Mezclado**

De cada lote de carne molida (0.6 y 1cm) se elaboraron tres lotes a los que se adicionó 2% de la dispersión previamente realizada de carragenina kappa-aislado proteico de soya cada uno con una combinación diferente (25/75, 50/50 y 75/25) respectivamente, se pesaron los ingredientes y se mezclaron manualmente en un recipiente de plástico y con una cuchara metálica (Figura 18), hasta obtener una pasta homogénea.



**Figura 18. Mezclado de ingredientes**

**d) Moldeado**

El moldeado se realizó con un molde circular de acero inoxidable de 6.5 cm de diámetro y 0.8 cm de espesor, se pesaron aproximadamente 40 g de la pasta obtenida en el mezclado para cada hamburguesa (Figura 19).



**Figura 19. Moldeado de hamburguesas**

### e) Envasado

Se acomodaron las hamburguesas por pares en empaques tipo pouche de Sealed Air Cryovac, (15.4 cm de ancho y 20.48 cm de largo, con un espesor nominal de 0.01524 cm) y se realizó el envasado al vacío en un equipo VC999 modelo K3 (Figura 20), esto para evacuar el aire y así aumentar su vida útil con una menor modificación a sus propiedades.



**Figura 20. Envasado al vacío de hamburguesas**

### f) Refrigerado

Los lotes de hamburguesas fueron identificados por tamaño de partícula en la molienda y posteriormente acomodadas en charolas (Figura 21), se llevaron a refrigeración en cámara a 4°C por 24 h.

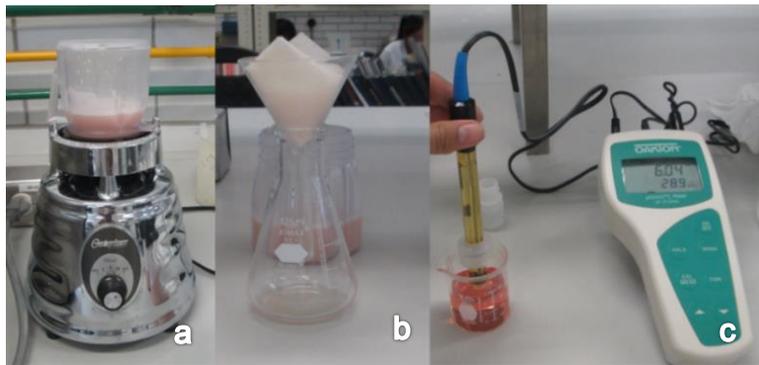


**Figura 21. Refrigerado de hamburguesas envasadas al vacío**

## 2.8 Evaluación de parámetros

### 2.8.1 pH

La determinación del pH de la materia prima se realizó por medio de un potenciómetro de inmersión Marca OAKTON (USA), siguiendo el método 981.12 descrito en el AOAC (2000). Se pesaron 10g de carne de ovino los cuales fueron homogenizados en una licuadora durante 30 segundos con 90 mL de agua destilada (Figura 22-a). Posteriormente se realizó una filtración del homogenizado (Figura 22-b) y en el filtrado obtenido se sumergió el electrodo (Figura 22-c).



**Figura 22. Determinación pH a) Homogenización, b) Filtración y c) Lectura**

### 2.8.2 Actividad de agua

Se evaluó la actividad de agua ( $a_w$ ) utilizando un higrómetro de punto de rocío marca DECAGON DEVICES modelo Pa<sub>w</sub>kit (USA), siguiendo el método 32.004 AOAC (2000). Se colocó de manera homogénea la muestra en la celda, cubriendo por completo la superficie y no sobrepasando la mitad su altura, posteriormente se colocó el equipo y se obtuvo la lectura directa (Figura 23).



**Figura 23. Determinación de actividad de agua**

### 2.8.3 Capacidad de retención de agua

La determinación de la CRA se realizó con la centrífuga refrigerada marca Centurión, Mod. K2015 (Inglaterra) según método descrito por Honikel (1996). Se pesaron 2.5 g de muestra que fue envuelta en papel filtro previamente pesado (Figura 24-a), se colocó en un tubo Falcon de 50 mL y se centrifugó a 6000rpm durante 21 minutos a 4°C (Figura 24-b) por último volvió a pesar el papel filtro (Figura 24-c).



**Figura 24. Determinación CRA a) Pesado muestra, b) Centrifugado y c) Pesado de papel filtro**

### 2.8.4 Rendimiento por pérdida de cocción

El rendimiento por pérdida de cocción se evaluó siguiendo el método descrito por Piñero *et al.*, (2004). Se pesó la hamburguesa cruda (Figura 25-a), se sometió a cocción en una parrilla eléctrica a 150 °C durante 5 minutos por cada lado (Figura 25-b), se dejaron enfriar y por último se volvieron a pesar (Figura 25-c).



**Figura 25. Evaluación rendimiento por pérdida de cocción a) Pesado hamburguesa cruda, b) Cocción hamburguesa y c) Pesado hamburguesa cocida**

### 2.8.5 Dureza

La evaluación de dureza se realizó con un dinamómetro digital Gauge SHIMPO modelo FG 2.5 (USA) siguiendo el método descrito por Honikel (1996). Se colocó la punta de cilindro en el equipo, se ajustó la altura de penetración, posteriormente se colocó la muestra en la base del equipo, se puso en ceros la pantalla y se bajó la palanca manteniendo durante 5 segundos y se tomó la lectura de fuerza la cual debe de ser dividida entre el área de la punta para obtener la dureza. (Figura 26).

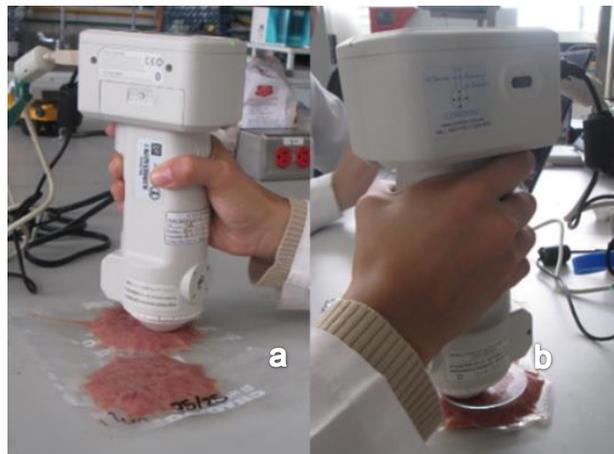


**Figura 26. Evaluación de dureza de hamburguesas**

### 2.8.6 Parámetros de perfil de color

La evaluación de los parámetros de perfil de color se realizó utilizando un espectrofotómetro de reflectancia KONICA MINOLTA CM 600d (USA), según la metodología descrita en AMSA, el tamaño de apertura utilizado es de 8 mm, iluminante A y ángulo de observación 10°. Para evaluar los parámetros de perfil de color se realizó un factorial lineal en el Software Minitab 16.1.0, los factores fueron el tamaño de partícula, combinación carragenina kappa-APS y envase. Para la evaluación de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  se asignaron para el tamaño de partícula (1=0.6 cm y 2=1 cm), para la combinación (1=control, 2=25/75, 3=50/50 y 4=75/25) y para el envase (1=envasada, 2=sin envase t=0 y 3=sin envase t=30 min).

La lectura fue directa por lo que sólo se colocó el espectrofotómetro sobre el envase de las hamburguesas envasadas al vacío (Figura 27-a) y para las que se había retirado el envase se posicionó un cuarzo antirreflejante sobre las hamburguesas y posteriormente el espectrofotómetro, las lecturas se hicieron al tiempo 0 y 30 min (Figura 27-b). En el envase se realizó la medición con vacío y sin vacío para determinar si había alguna influencia en los valores al medir sobre el envase.



**Figura 27. Evaluación parámetros de perfil de color a) Hamburguesas envasadas al vacío y b) Hamburguesas sin envase**

# **CAPÍTULO 3**

# **ANÁLISIS Y**

# **DISCUSIÓN DE**

# **RESULTADOS**

### 3.1 Capacidad de retención de agua

Se realizó la determinación de capacidad de retención de agua para las hamburguesas control y las adicionadas con diferentes combinaciones de carragenina kappa-APS con los dos tamaños de partícula; después de obtenidos los valores se realizó el análisis estadístico (ANOVA 2 vías) con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ), los tratamientos fueron asignados a las combinaciones carragenina kappa-APS y los bloques a los tamaños de partícula, se plantearon pruebas de hipótesis que fueron las siguientes:

Para tratamientos

$$H_0 = \mu_{25/75} = \mu_{50/50} = \mu_{75/25} = \mu_{\text{Control}}$$

$H_1 =$  Al menos una es diferente

Para bloques

$$H_0 = \mu_{0.6} = \mu_{1.0}$$

$$H_1 = \mu_{0.6} \neq \mu_{1.0}$$

Para poder aceptar o rechazar las hipótesis nulas ( $H_0$ ) se muestra el ANOVA de 2 Vías en el Cuadro 4, realizado con el software Minitab 16.1.0.

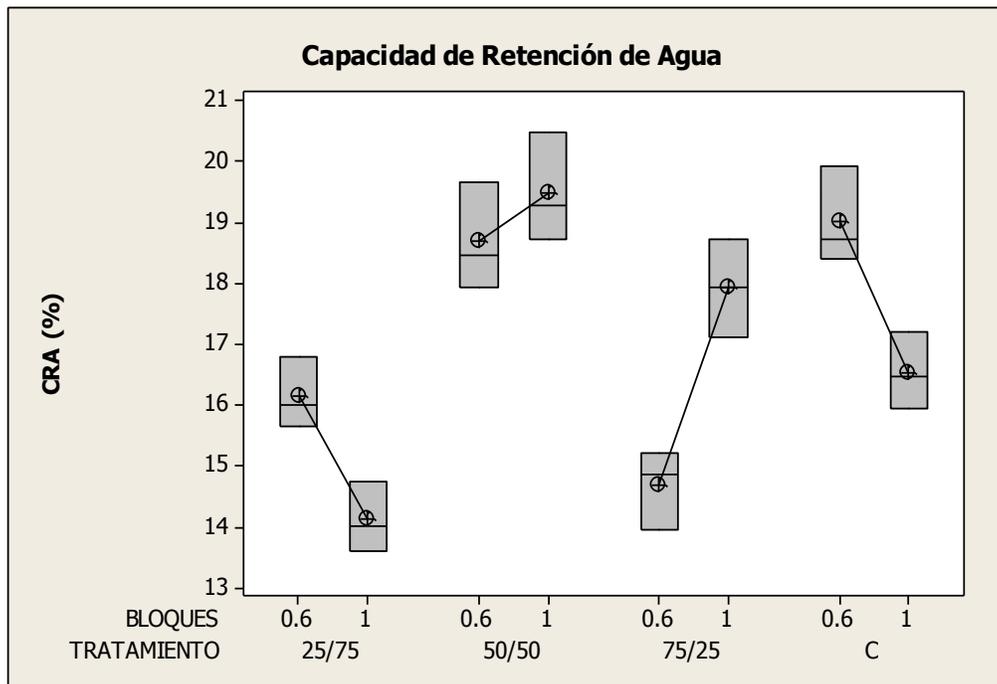
**Cuadro 4. Análisis de varianza para Capacidad de Retención de Agua de hamburguesas de ovino**

Fuente	GL	SC	CM	F	P
<b>Tratamiento (Combinaciones)</b>	3	53.627	17.876	32.600	0.000
<b>Bloques (Tamaño de partícula)</b>	1	0.079	0.079	0.140	0.709
<b>Interacción</b>	3	32.308	10.769	19.640	0.000
<b>Error</b>	16	8.772	0.548		
<b>Total</b>	23	94.786			

De acuerdo con el análisis estadístico, la hipótesis nula es rechazada para todos los tratamientos (combinaciones) y la interacción de estos con el tamaño de partícula en la molienda porque los resultados que las medias presentan diferencia entre ellas, para el caso de los bloques (tamaño de partícula) se acepta la hipótesis nula. La CRA presenta diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para todos los

tratamientos (carragenina kappa-APS) y para la interacción de estos con el tamaño de partícula (molienda), en el caso de los tratamientos (tamaño de partícula) no presentan diferencias significativas ( $P>0.05$ ).

En la Figura 28 se observa que las medias de los valores de CRA de las distintas combinaciones (carragenina kappa-APS) son estadísticamente diferentes, esto se puede explicar debido a que los ingredientes funcionales reaccionan de distinta manera en la formación del sistema polidisperso según cada combinación, es decir, los polipéptidos de las proteínas cárnicas pueden reaccionar con los grupos sulfato de la carragenina y en el caso del aislado proteico de soya se forman puentes de hidrógeno o enlaces disulfuro (Kinsella, 1979).



**Figura 28. ANOVA de 2 vías para CRA**

La hamburguesa con tamaño de partícula 1 cm y adicionada con la combinación carragenina kappa-APS al 50/50 presentó el valor más alto de CRA (19.49%) en relación a las demás combinaciones y la control, por lo que puede decirse que en esta combinación se encontró un equilibrio entre aditivos funcionales. Se formaron fuertes interacciones proteína-polisacárido que son principalmente electrostáticas

entre los grupos sulfato cargados negativamente en la carragenina kappa y los grupos cargados positivamente del aislado proteico de soya, los cuales dependen de la concentración y la proporción de los hidrocoloides utilizados (Tolstoguzov, 1986). Además por si solo el APS con sus numerosas cadenas laterales polares junto con las uniones peptídicas hacen que las proteínas sean hidrofílicas, reteniendo así más cantidad de agua. En la hamburguesa 75/25 de carragenina kappa-APS con diámetro de partícula de 1 cm la CRA obtenida fue de 17.93%, se observa que la carragenina kappa con sus grupos sulfatos tuvo una mayor interacción con las proteínas cárnicas de carga negativa favoreciendo la formación de la matriz que forma el sistema polidisperso.

Por otro lado, para la combinación 25/75 se obtuvieron valores de CRA menores (14.67% con diámetro 0.6 cm y 16.15% con 1 cm) que las hamburguesas control con 19 y 16.5 % respectivamente; según Jarmoluk & Pietrasik (2003) la adición de ingredientes funcionales no siempre favorecen al sistema, debido a que en ocasiones pueden interferir con la formación del sistema polidisperso de los productos cárnicos; las interacciones proteína-proteína en ocasiones provoca agregación y por lo tanto una menor interacción con el agua. La combinación 75/25 y el diámetro en la molienda de 0.6 cm se obtuvo 14.67% de CRA porque la adición de menor carragenina provoca exclusión del agua por una disminución de la interacción con el agua en el sistema (Dondero, 2006).

En general, el diámetro 0.6 cm brindó un beneficio en la CRA, obteniéndose valores de 19.02 y 18.69%, esto porque el picado fino permite que las proteínas miofibrilares estén disponibles, puedan ejercer su capacidad de emulsificante y por lo tanto, evitar la separación de las fases, e impidiendo así su coalescencia. Aun así, la CRA mayor fue para la hamburguesa de 1 cm con 50/50 carragenina kappa-APS, este fenómeno se puede explicar porque la adición de ingredientes funcionales jugaron un papel importante en la estabilidad del sistema (Restrepo *et al.*, 2001).

### 3.2 Rendimiento por pérdida de cocción

Después de obtenidos los valores el rendimiento por pérdida de cocción para los dos tamaños de partícula de las hamburguesas control y las adicionadas con diferentes combinaciones de carragenina kappa-APS, se realizó el análisis estadístico (ANOVA 2 vías) con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ) (Cuadro 5) para poder aceptar o rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) utilizando el software Minitab 16.1.0. Los tratamientos fueron asignados a las combinaciones carragenina kappa-APS y los bloques a los tamaños de partícula, se plantearon pruebas de hipótesis que fueron las siguientes:

Para tratamientos

$$H_0 = \mu_{25/75} = \mu_{50/50} = \mu_{75/25} = \mu_{\text{Control}}$$

$H_1 =$  Al menos una es diferente

Para bloques

$$H_0 = \mu_{0.6} = \mu_{1.0}$$

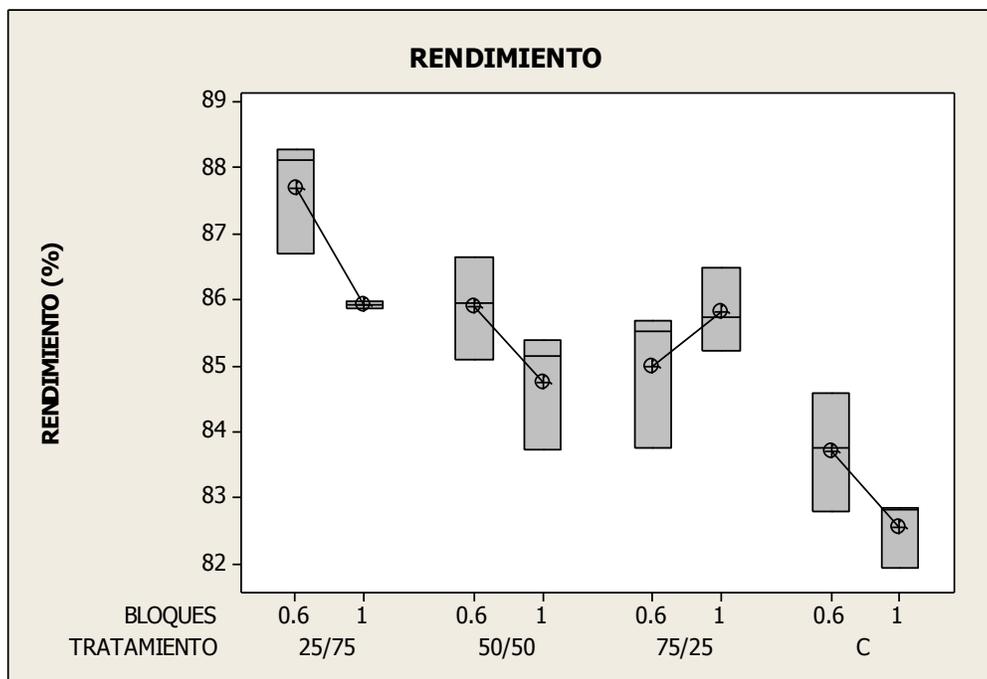
$$H_1 = \mu_{0.6} \neq \mu_{1.0}$$

Se realizó el ANOVA de 2 Vías, que lleva a rechazar la hipótesis nula, ya que las medias de todos los tratamientos son diferentes. Los resultados muestran que el tamaño de partícula (bloques) y la interacción entre bloques y tratamientos presentan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), y para el caso del tamaño de partícula (bloques) las diferencias son altamente significativas.

**Cuadro 5. Análisis de varianza para rendimiento por pérdida de cocción de hamburguesas de ovino**

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento (Combinación)	3	42.139	14.046	23.340	0.000
Bloques (Tamaño de partícula)	1	3.983	3.983	6.620	0.020
Interacción	3	5.834	1.945	3.230	0.050
Error	16	9.629	0.682		
Total	23	61.585			

Las medias de los valores de rendimiento por pérdida de cocción son estadísticamente diferentes tanto para las combinaciones como el tamaño de partícula como puede observarse en la Figura 29. Las pérdidas por cocción se dan porque hay cambios estructurales como destrucción de membranas celulares, incremento de área entre fibras musculares, agregación y formación de gel (González *et al.*, 2009). Por otro lado, el aumento de rendimiento, es decir, menores pérdidas por cocción se logran al adicionar carragenina kappa-APS, que actúa como retenedores de humedad y se reducen las mermas por cocción (Restrepo *et al.*, 2010).



**Figura 29. ANOVA de 2 vías para rendimiento por pérdida de cocción**

Según Pietrasik (2003) la estabilidad en el sistema polidisperso se debe a la capacidad que tiene la carragenina y el aislado proteico de soya de retener agua en el sistema de redes tridimensionales formadas. Se observa mayor rendimiento en comparación a la hamburguesa control (83.70% para 0.6 cm y 82.53% para 1 cm) con la combinación con mayor cantidad de APS (25/75) obteniéndose 87.71% para 0.6 cm y 85.93% para 1 cm. Este aumento se debe a que el APS con las cadenas laterales de los aminoácidos que contiene permite una interacción del agua con los

grupos ionizados polares y no polares (Shimada, 1989) además, por su contenido de cisteína pueden polimerizar vía reacciones de intercambio sulfhidrilo-disulfuro durante el calentamiento y crean una red covalente continua al enfriarse, formando geles térmicamente irreversibles provocando menor pérdida (Fennema, 2010).

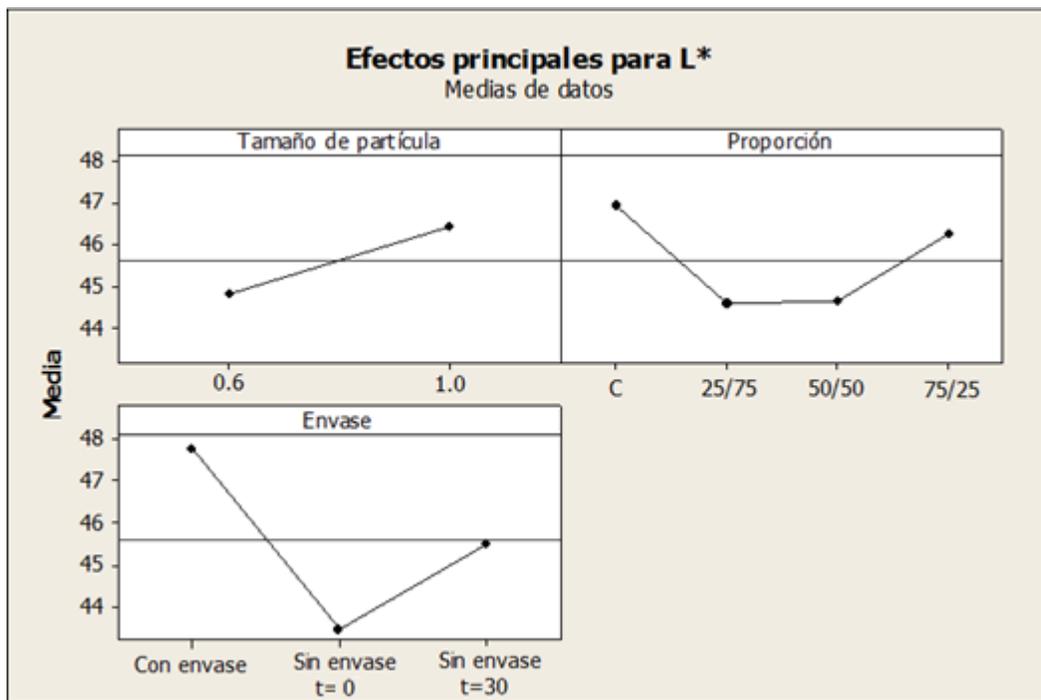
Por otro lado, a menor tamaño de partícula (0.6 cm) existe un incremento del área superficial facilitando la disposición de proteínas miofibrilares y puede formarse con una mayor estabilidad el sistema, es por esto que para las hamburguesas control y de combinaciones 25/75 y 50/50 carragenina-APS el rendimiento por pérdida de cocción fue mayor para las partículas de menor tamaño, es decir 0.6 cm (83.70, 87.71 y 85.90% respectivamente) en comparación con las de 1 cm (82.53, 85.93 y 84.76%) (Acton, 1972). El picado fino provoca que las fibras musculares se hinchen y se solubilizan la miosina lo que incrementa la solubilidad de la matriz continua, resultando en la estabilidad del sistema polidisperso, que al ser sometido a cocción y encontrarse estable, permite la gelificación de proteínas cárnicas sin perder la estabilidad.

Las hamburguesas sin adición de aditivos funcionales, es decir, las hamburguesas control obtuvieron los rendimientos por pérdida de cocción más bajos en comparación con los obtenidos en las hamburguesas con adición de carragenina kappa-APS; esto porque en la cocción la matriz proteica se extiende y se pierde la atracción eléctrica de los dipolos de agua y no hay aditivos que atrapen esta agua.

### **3.3 Parámetros de perfil de color**

#### **3.3.1 Luminosidad ( $L^*$ )**

La luminosidad ( $L^*$ ) representa la escala acromática de grises que va de blanco al negro, como se observa en la Figura 30 es modificada por el tamaño de partícula, y es mayor para el tamaño de partícula de 1 cm. Con respecto a la combinación es mayor para la control y la combinación 75/25 con la cantidad más alta de carragenina kappa donde son más claras es decir hay mayor reflectancia. En cuanto al envase, si hay diferencia en medir sobre y sin él, sin envase al tiempo cero se presentan valores más bajos y un aumento después de 30 minutos.



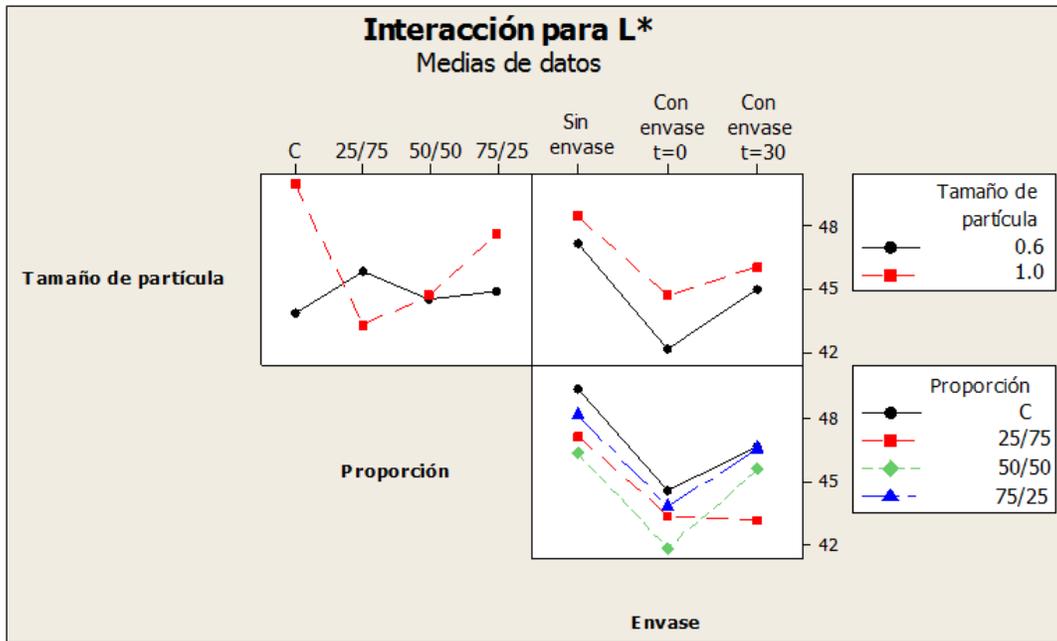
**Figura 30. Factorial L\* efectos principales**

A mayor diámetro la luminosidad es mayor probablemente porque hay una menor exposición de la mioglobina para su oxigenación. Las hamburguesas con mayor cantidad de carragenina, permite tener valores mayores de  $L^*$  porque la carragenina tiene una lenta velocidad de asociación de los complejos lo que facilita la formación de una red ordenada y un gel translúcido, mientras que el APS, presenta geles más opacos, porque forman agregaciones hidrofóbicas formando un gel tipo coágulo debido a que la formación del gel se realiza de manera rápida (Fennema, 2010).

Para el envase se observó que con vacío se presenta valores elevados debido a las características del envase, mientras que sin vacío al tiempo cero cuando aún no se ha oxigenado la mioglobina se observan valores bajos porque el color es más claro que cuando se ha dado completado el Blooming

En la Figura 31 se observa que para la interacción tamaño de partícula-combinación hay diferencias significativas, para 1 cm los valores son mayores en

todas las combinaciones excepto 25/75, al contrario de 0.6 donde a ésta misma combinación hay un incremento.

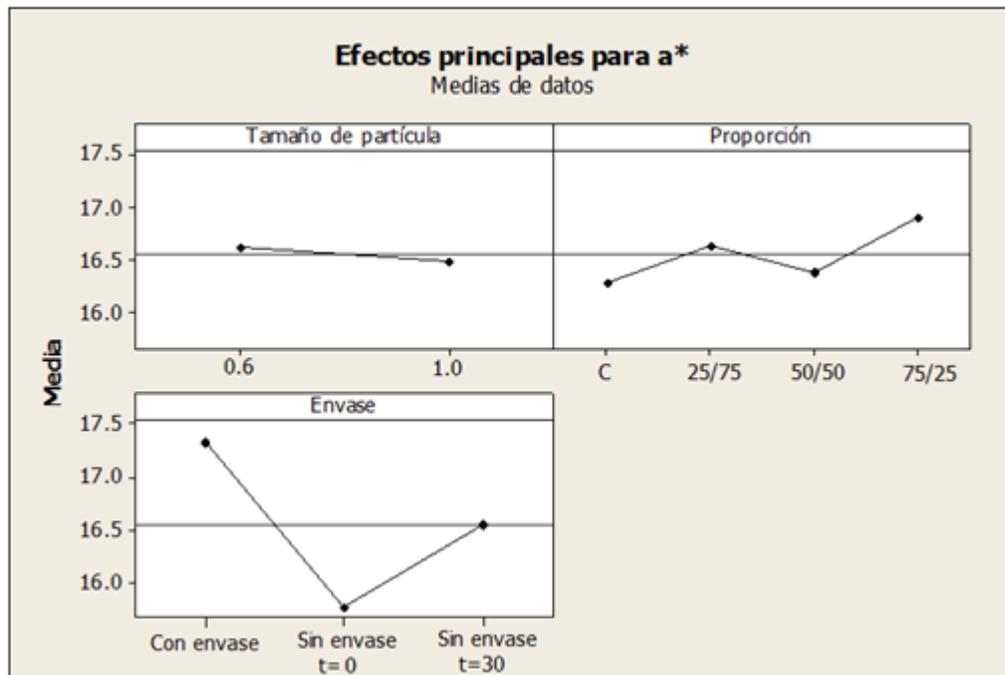


**Figura 31. Factorial L\* Interacciones**

El tamaño de partícula-envase no presentan diferencia significativa, para los tamaños de partícula 0.6 cm el valor es más grande para vacío, disminuye sin vacío a tiempo 0 y aumenta en el tiempo 30 minutos.

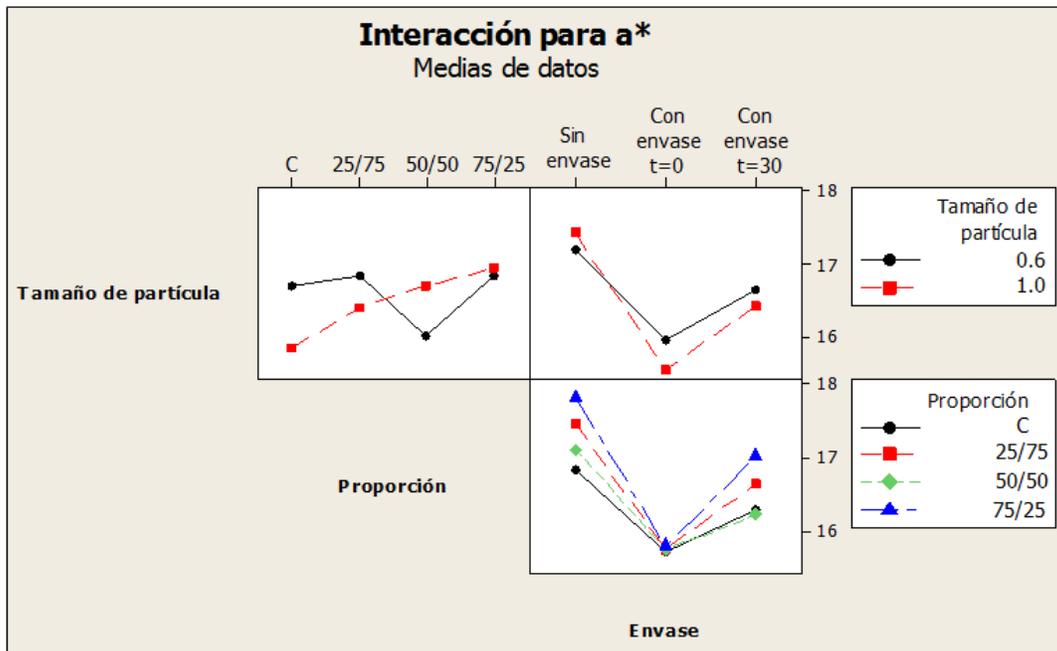
### 3.3.2 Coordenada a\*

La coordenada  $a^*$  representa variación de color entre rojizo-verdoso, en la Figura 32 se puede observar que no se presentaron diferencias entre los tamaños de partícula y las concentraciones utilizadas. Para el envase hay diferencias siendo mayor la tonalidad roja para al vacío, seguido por sin vacío al tiempo 0 y por último sin vacío después de 30 minutos esto debido al Blooming, pues debido a la pérdida de vacío la mioglobina se oxigena convirtiéndose en oximioglobina y pasando de un tono purpura a un rojo intenso (Brewer *et al.*, 2005). La adición de las combinaciones reduce  $a^*$  debido a que se reduce la mioglobina, responsable del color rojo característico de la carne (Albarracín *et al.*, 2010).



**Figura 32. Factorial a\*efectos principales**

La interacción del diámetro y el envase no presentan efectos significativos, pues los valores son especiales para cada caso y en el envase y tamaño de partícula se encuentran muy cercanos como muestra la Figura 33. Hay un efecto en las medias del tamaño de partícula-envase, en donde los valores  $a^*$  son cercanos en los dos tamaños de partícula con la combinación 75/25, y los valores se incrementan conforme disminuye la cantidad de APS, excepto para el 0.6 cm con 50/50.

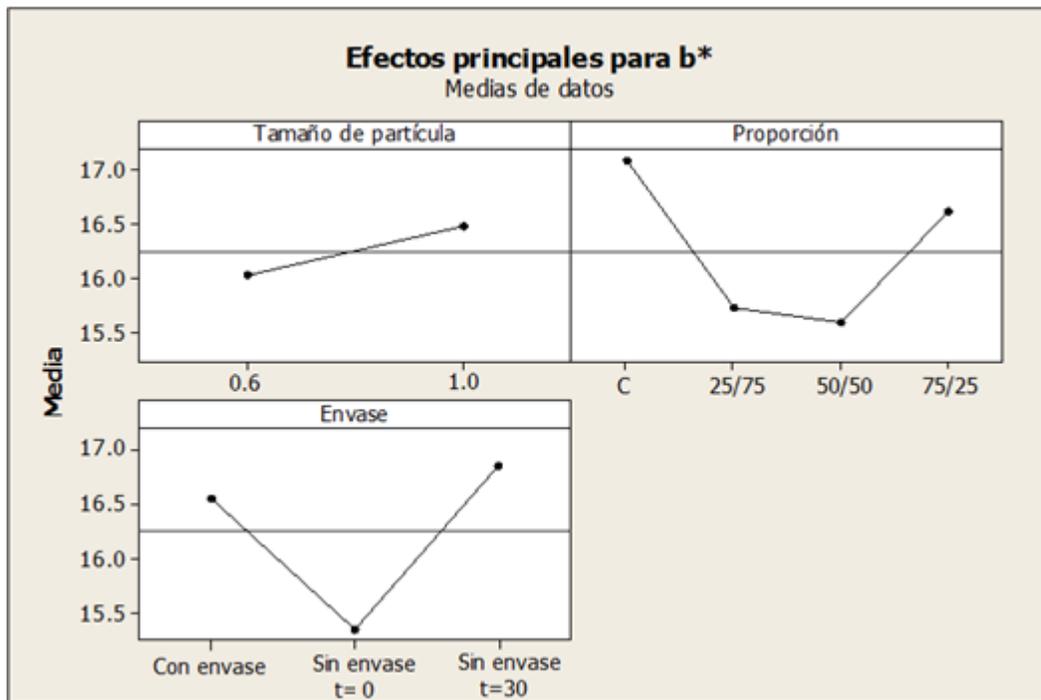


**Figura 33. Factorial  $a^*$  interacciones**

En la interacción combinación-envase no hay diferencias significativas, pero se observa que aumenta  $a^*$  pues tras la exposición al aire, se une rápidamente el oxígeno a la Mioglobina reversiblemente, formando Oximioglobina (Blooming), produciendo la brillantez del pigmento de color rosa que da el color característico de la carne fresca (Lindahl *et al.*, 2006).

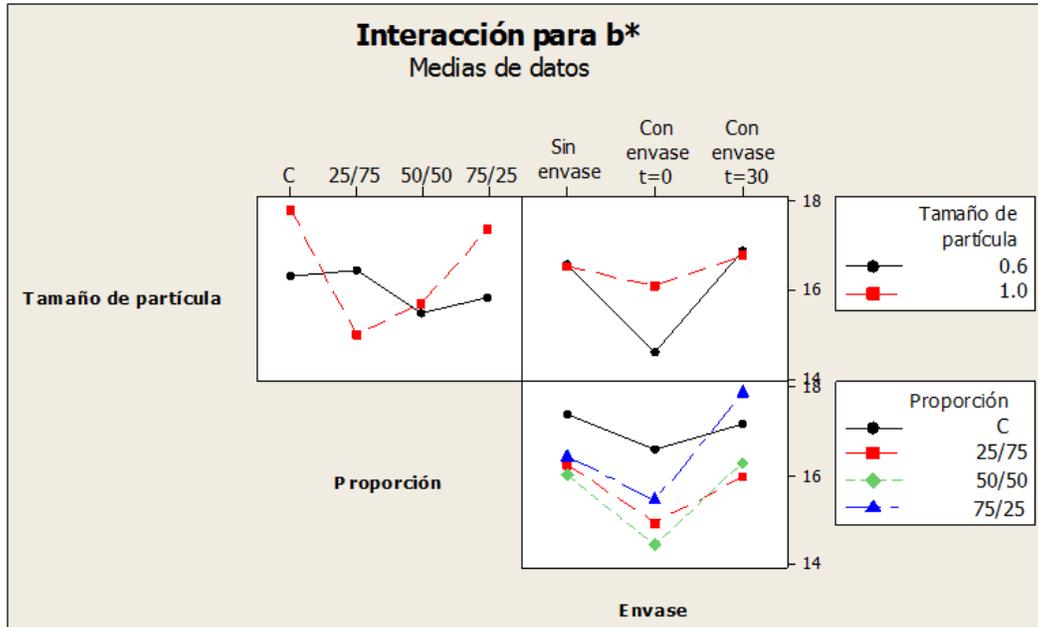
### 3.3.3 Coordenada $b^*$

La coordenada  $b^*$  representan variación entre amarillento-azulado en la Figura 34 se observa que  $b^*$  no se presentan diferencias en el tamaño de partícula, para la combinación si hay diferencias, se encontró que la control y la combinación 25/75 presentan tonalidades más amarillas que las restantes que tienen valores más parecidos. El envase también afecta aumentando cuando no hay vacío después de 30 minutos seguido por el tiempo 0 y por ultimo con vacío.



**Figura 34. Factorial  $b^*$  efectos principales**

No hubo efecto para  $b^*$  de la interacción tamaño de partícula-envase, pero en tamaño de partícula-combinación si, como puede observarse en la Figura 35, la hamburguesa control y la combinación 75/25 de tamaño de partícula 1 cm presentan valores cercanos debido a que el gel es más translucido que el formado por el aislado.



**Figura 35. Factorial  $b^*$  interacciones**

Hubo un incremento en  $b^*$  con respecto al envase-combinación debido al Blooming, a los 30 minutos aumenta el tono amarillo de las hamburguesas con respecto a el tiempo cero, esto debido a la presencia de oximioglobina, siendo mucho mayor para la combinación 75/25.

### 3.4 Actividad de agua

La evaluación de actividad de agua también se realizó para las hamburguesas control y las adicionadas con diferentes combinaciones de carragenina kappa-APS, para los dos tamaños de partícula, se realizó en el software Minitab 16.1.0 el análisis estadístico (ANOVA 2 vías) que se muestra en el Cuadro 6, para poder aceptar o rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ). Los bloques y tratamientos fueron asignados de la misma manera que para la CRA y rendimiento, se planteó la prueba de hipótesis.

Para tratamientos

$$H_0 = \mu_{25/75} = \mu_{50/50} = \mu_{75/25} = \mu_{\text{Control}}$$

$$H_1 = \text{Al menos una es diferente}$$

Para bloques

$$H_0 = \mu_{0.6} = \mu_{1.0}$$

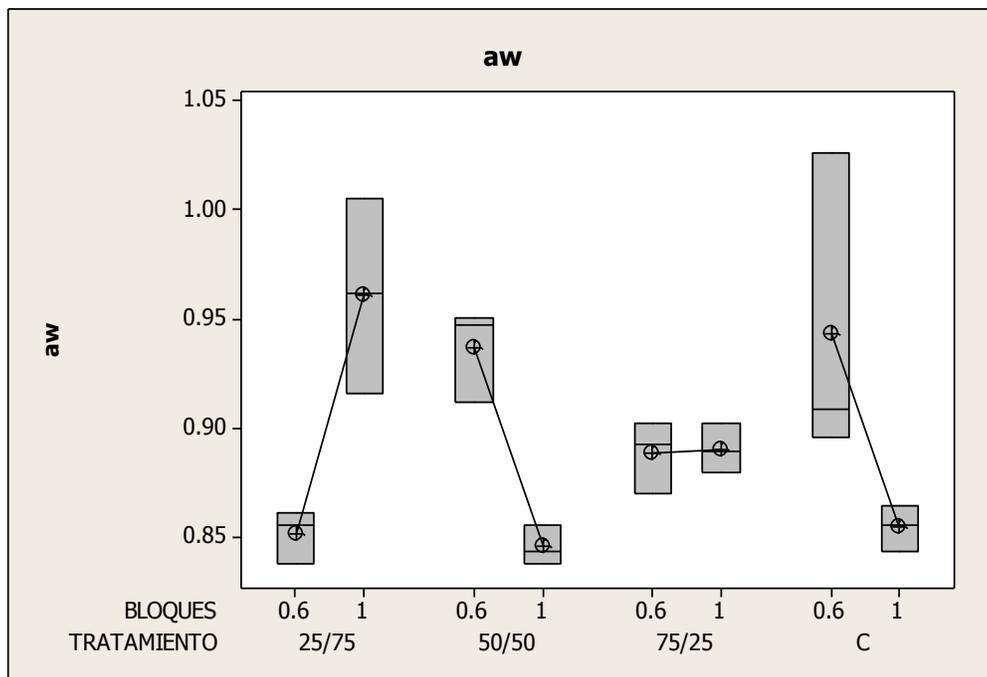
$$H_1 = \mu_{0.6} \neq \mu_{1.0}$$

**Cuadro 6. Análisis de varianza para  $a_w$  de hamburguesas de ovino**

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento (Combinación)	3	0.001	0.000	0.340	0.794
Bloques (Tamaño de partícula)	1	0.002	0.002	1.700	0.210
Interacción	3	0.041	0.014	12.980	0.000
Error	16	0.017	0.001		
Total	23	0.060			

Las medias de los tratamientos y bloques son estadísticamente iguales por lo que se acepta la hipótesis nula en ambos casos, caso contrario sucede con la interacción, donde la hipótesis nula es rechazada. La interacción presenta diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), y los tratamientos y bloques diferencias no significativas ( $P > 0.05$ ), por lo que la  $a_w$  no es afectada por la combinación carragenina kappa-APS ni el tamaño de partícula (0.6 y 1.0 cm) pero sí por la interacción de estos dos.

En la Figura 36 se observa que las medias de los valores de actividad de agua son estadísticamente diferentes, pues no se interponen las medias, lo que indica que son significativas las combinaciones carragenina kappa-APS y el tamaño de partícula utilizado en la elaboración de hamburguesas.



**Figura 36. ANOVA de 2 vías para  $a_w$**

Los valores obtenidos presentan incrementos y descensos, por lo que se considera que la actividad de agua para las hamburguesas de tamaño de partícula de 0.6 y 1 cm adicionada con la combinación carragenina kappa-APS presentan valores desde 0.85 a 0.96, lo que la hace altamente susceptible al crecimiento microbiano y reacciones de deterioro.

La actividad de agua para las hamburguesas de tamaño de partícula 0.6 cm fue mayor para la adicionada con 50/50 carragenina kappa-APS (0.94), seguida por la control de 0.90 de  $a_w$ , 0.85 de la combinación 25/75 y por último 0.89 de carragenina kappa-APS en combinación 75/25. Las hamburguesas de 1 cm de tamaño de partícula con combinación 25/75 fue la que presenta el valor más alto de actividad de agua con 0.98, después 0.89 para la combinación carragenina kappa-APS al 75/25, 50/50 con valor de 0.85 y por último la hamburguesa control que presentó 0.85 de  $a_w$ .

La actividad de agua es afectada debido a la formación del gel y la adición de carragenina y aislado proteico de soya. La formación del gel y la adición provocan

interacciones entre las proteínas cárnicas, la carragenina y el APS con el agua, la cual es fuertemente ligada debido a la formación de puentes de hidrogeno con estas macromoléculas lo que resulta en una menor agua libre.

### 3.5 Dureza

Se evaluó la dureza para las hamburguesas control y las adicionadas con diferentes combinaciones de carragenina kappa-APS, para los dos tamaños de partícula; con los valores obtenidos se realizó con el software Minitab 16.1.0 el análisis estadístico (ANOVA 2 vías) (Cuadro 7) con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ), los tratamientos fueron asignados a las combinaciones carragenina kappa-APS y los bloques a los tamaños de partícula, se plantearon pruebas de hipótesis que fueron las siguientes:

Para tratamientos

$$H_0 = \mu_{25/75} = \mu_{50/50} = \mu_{75/25} = \mu_{\text{Control}}$$

$H_1 =$  Al menos una es diferente

Para bloques

$$H_0 = \mu_{0.6} = \mu_{1.0}$$

$$H_1 = \mu_{0.6} \neq \mu_{1.0}$$

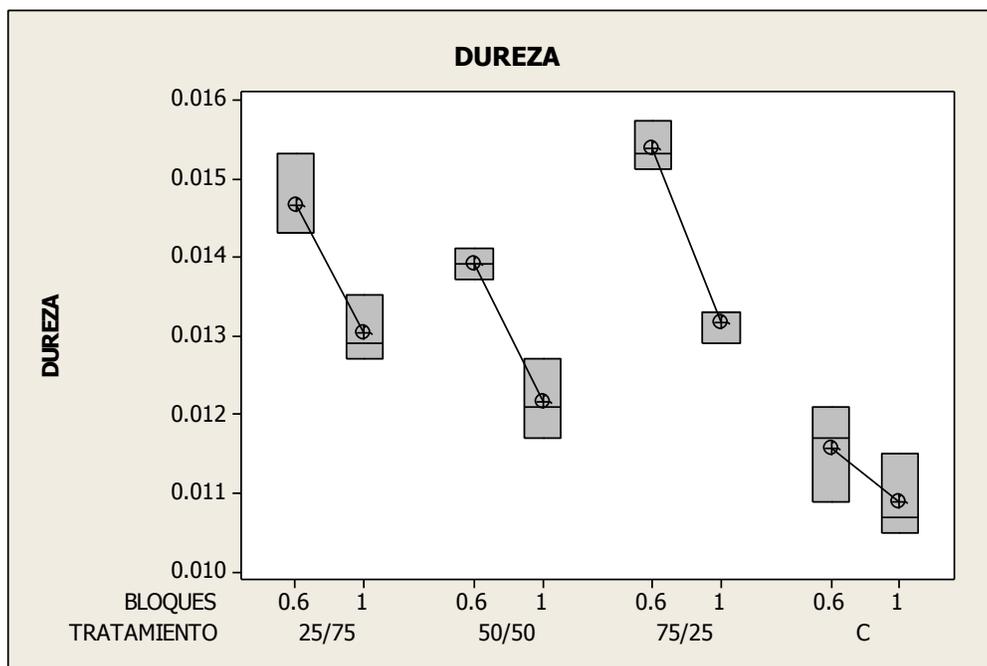
**Cuadro 7. Análisis de varianza para dureza de hamburguesas de ovino**

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento (Combinación)	3	0.0000328	0.0000109	53.87	0
Bloques (Tamaño de partícula)	1	0.0000146	0.0000146	72.07	0
Interacción	3	0.0000019	0.0000006	3.10	0.057
Error	16	0.0000033	0.0000002		
Total	23	0.0000526			

De acuerdo al análisis estadístico, la hipótesis nula es rechazada para tratamientos y bloques y en el caso de la interacción es aceptada. Los tratamientos y bloques presentan diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) y la interacción diferencias

no significativas ( $P>0.05$ ), por lo que puede decirse que la dureza es afectada por la combinación carragenina kappa-APS y el tamaño de partícula (6 y 10 cm) pero no por la interacción combinación-tamaño de partícula.

Se observa en la Figura 37 que las medias de los valores de dureza son estadísticamente diferentes tanto en las combinaciones de carragenina kappa-APS y el tamaño de partícula, por lo que estas, son variables críticas en la dureza de la hamburguesa.



**Figura 37. ANOVA de 2 vías para dureza**

La adición de la combinación carragenina kappa-APS provocó un incremento en la dureza de las hamburguesas además de que el tamaño de partícula menor para todos los casos presentó valores más altos que los de mayor tamaño. La dureza para las hamburguesas de tamaño de partícula 0.6 cm fue menor para la hamburguesa control con 0.0116 kg/cm<sup>2</sup>, seguida por las adicionadas con la combinación carragenina kappa-APS 50/50, 25/75 y 75/25 con dureza de 0.0139, 0.0146 y 0.0154 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Para las hamburguesas con tamaño de partícula 1 cm las hamburguesas control presentan 0.0109 kg/cm<sup>2</sup> de dureza,

0.0122 kg/cm<sup>2</sup> para las adicionadas con 50/50 de carragenina kappa-APS, 0.0130 kg/cm<sup>2</sup> con 25/75 y por último 0.0132 kg/cm<sup>2</sup> de dureza para la combinación 75/25. La adición de aditivos funcionales aumenta la dureza, a mayor cantidad 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. La combinación 25/75 de carragenina kappa-APS adicionada a la hamburguesa con los dos diámetros permitió los valores más altos respecto a la control y a las combinaciones 50/50 y 75/25. Esto se debe a que la adición de APS y la carne presentan interacciones proteína-proteína fuertes, formando una matriz cerrada (Youseff & Barbut, 2011).

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 (Acton, 1972), es por esto que a menor tamaño de partícula la dureza fue mayor. Los valores menores de dureza en la combinación 50/50 para los dos tamaños de partícula se puede deber a que se reduce la funcionalidad de los aditivos debido a que hay una competencia de las proteínas y el polisacárido por el agua y una interacción entre ellos, lo que resulta en una gelificación deficiente (Prabhu, 1996).

## CONCLUSIONES

- Las combinaciones carragenina kappa-APS (25/75, 50/50 y 75/25) y la interacción combinación-tamaño de partícula (0.6 y 1 cm) presentaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) en los resultados de CRA, el tamaño de partícula no presentó diferencias significativas ( $P > 0.05$ ).
- El rendimiento por pérdida de cocción presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en tamaño de partícula (0.6 y 1 cm) y diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para las combinaciones (25/75, 50/50 y 75/25) y la interacción combinación-tamaño de partícula.
- La evaluación de los parámetros de perfil de color sobre el envase afecta los resultados obtenidos por sus características propias, debido al Blooming se da un incremento las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en 30 min de reposo sin vacío de las hamburguesas
- La actividad de agua no presentó diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para las combinaciones (25/75, 50/50 y 75/25) y el tamaño de partícula (0.6 y 1 cm), aunque se obtuvo diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) para la interacción combinaciones-tamaño de partícula.
- La dureza presentó diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) en combinaciones carragenina kappa-APS (25/75, 50/50 y 75/25) y el tamaño de partícula (0.6 y 1 cm) y la interacción combinaciones-tamaño de partícula diferencias no significativas ( $P > 0.05$ ),
- La adición de la combinación 25/75 de carragenina kappa-APS y 0.6 cm de tamaño de partícula en la molienda fue la que brindó una mejora en las propiedades físicas, fisicoquímicas y mecánicas en comparación a la hamburguesa control.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Acton, J.C. (1972). The effect of meat particle size on extractable protein, cooking loss and binding strength in chicken loaves. *Journal of Food Science*, (37), 240– 243.
- Albarracín, H. W. Acosta, A. L. y Sánchez, B. I. (2010). Elaboración de un producto cárnico escaldado utilizando como extensor Harina de frijol común (*Phaseolus spp.*). *Vitae*, 17(3), 264-271.
- Alor, S. R., Fernández H. F., Vásquez M. P., Guerrero, R. R. y Ocrosopoma, D. R. (2014). Influencia del cloruro de sodio y polifosfatos de sodio en la cra en carne de pollo. *Revista Indizada de Investigación Científica Huacho*, 3(2), 20-23.
- AMSA. Guidelines for meat color evaluation American Meat Science. Chicago IL: Association National Live Stock and Meat Board.1992.
- Andújar, G., Pérez, D. y Venegas, O. (2009). *Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos*. Universia. Cuba.
- AOAC. (2000). Official methods of analysis. Washington, DC USA: Association of Official Analytical Chemists.
- 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 inédita de licenciatura). Facultad de ingeniería química y agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Badui, D. S. (2006). *Química de los alimentos*. 4a ed. Ed. Pearson Educación. México.
- Brewer, M.S., Novakofski, J., Freise. Instrumental evaluation of pH effects on ability of pork chops to bloom. *Meat science*, (72), 596-602.
- Carballo, G. B, Lopez, D., T. (1991). *Manual de bioquímica y tecnología de la carne*. A, Madrid Vicente. España.

- Caro, C. D. (2011). *Efecto de la adición de transglutaminasa y carragenina en geles lácteos inducidos por renina*. (Tesis inédita de maestría). Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Chacón, A. (2004). La suavidad de la carne: implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*, 15(2), 225-243.
- Cheftel, J., Cuq, J. y Lorient, (1989). *Proteínas Alimentarias: Bioquímica. Propiedades funcionales. Valor Nutritivo. Modificaciones Químicas*. España: Acribia.
- Cossio, S.C., Restrepo, M.D. y Ciro, V.H. (2013). Efecto de la Adición de Hidrocoloides sobre las Características Reológicas de Salmueras para Elaboración de Jamón Cocido. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 66(1), 6969-6979.
- Dall, A.M., Bejerholma, C., Ertbjergb, P., Bertramc, C. and Andersen, H. (2003). Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. *Food Quality and Preference*, (14), 277–288.
- Dickinson, E. and Vliet, T. V. (2003). *Food Colloids, Biopolymers, and Materials*. UK: The Royal Society of Chemistry.
- Dondero, M., Figueroa, V., Morales, X and Curotto, E. (2006). Transglutaminease effects on gelation capacity of thermally induced beef protein gels. *Food Chemistry*, (99), 546-554.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012 y 2014).
- Fennema, O.R. (2010). *Química de los alimentos*. España: Acribia
- FND. Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal, y Pesquero. (2015). SAGARPA.
- Forrest, J., Aberle, E., Hedrick, H., Judge, M. y Merkel, R. (1979). *Fundamentos de ciencias de la carne*. España: Acribia.

- Gadekar, Y.P, Sharma, B.D., Shinde, A.K. and Mendiratta, S.K. (2015). Restructured meat products- production, processing, and marketing. *The Indian Journal of small Ruminants*, 21(1), 1-12.
- Gallo, C. (2009). *Bienestar Animal y Calidad de la Carne*. (Eds.) Mota-Rojas, D. y Guerrero-Legarreta, I. Editorial BM Editores. México.
- García, O., Ruiz, R.J. y Acevedo, I. (2012). Evaluación físico-química de carnes para hamburguesas bajas en grasas con inclusión de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) como extensor. *Revista Científica*, 22(6), 497-506.
- García, R. J. (2013). *Desarrollo de un producto reestructurado de carne de res tipo roast beef mediante la aplicación de transglutaminasa y caseinato de sodio*. (Tesis inédita de Licenciatura Ingeniería en Alimentos). Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- González, H. M., Suarez, M. H y Martinez, A. O. (2009). Análisis estructural de la carne de jamón durante el proceso de cocción y temperatura de almacenamiento. *Rev. MVZ Córdoba*, 14(3), 1803-1811.
- Gómez, O. E. (2013). *Evaluación nutricional y propiedades biológicas de algas marinas comestibles*. Estudios in vitro e in vivo. (Tesis inédita de Doctorado). Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. España.
- Hoffman, K. El pH. Una característica de calidad de la carne. *Fleischwirtschaft Español*. (1) 13-18
- Honikel, K. (1996). Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. *Food Chemistry*, 5(4), 573-582.
- Hood, D.E, and Tarrant, P.V. (1980). *The problem of dark-cutting in beef*. Martinus Nijhoff, The Hague.
- Jarmoluk, A. and Pietrasik. (2003). Response surface methodology study on the effects of blood plasma, microbial transglutaminase and j-carrageenan on pork batter gel properties. *Journal of Food Engineering*, (60), 327–334.
- Kinsella, J.E. 1979. "Functional properties of soy proteins", *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 56:242.

- Kuraishi, C., Sakamoto, J., Yamazaki, K., Susa, Y., Kuhara, C. and Soeda, T. Production of restructured meat using microbial transglutaminase without salt or cooking. *Journal of food science*, (62), 448-490.
- Lindahl, G., Karlsoon, A., Lundstrom, K., and Andersen, H. (2006). Significance of storage time on degree of blooming and colour stability of pork loin from different crossbreeds. *Meat science*, (72), 603-612.
- López, A.L., Pacheco, R. I., Hernández, G.E., Zertuche, G. J. González, José A. (2002). Caracterización del carragenano de *Chondracanthus pectinatus* (Rhodophyta: Gigartinales). *Ciencias Marinas* 28(3), 311–318.
- López, P.M.G.; Rubio, L.M.S. y Valdés, M.S.E. (2000). Efecto del cruzamiento, sexo y dieta en la composición química de la carne de ovinos Pelibuey con Rambouillet y Suffolk. *Rev Vet Méx*, (31), 11-19.
- Luna, A. J. (2007). Composición y Procesamiento de la Soya para Consumo Humano. Investigación y Ciencia de la Universidad de Aguascalientes. 37, 35-44.
- Martínez, M. J. (2010) *Impacto de la Interacción entre  $\beta$ -lactoglobulina, caseinoglicomacropéptido y Polisacáridos en coloides alimentarios*. (Tesis inédita de doctorado). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Matsumoto, J.J. (1979). Denaturation of Fish muscle protein during frozen storage. In Fennema, O.R. Protein at low temperatures. (205-224). EUA: American Chemical Society.
- Minitab® 16.1.0 Statistical Software
- Miranda, D.G. (2013). Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. *Veterinaria México*, 44(1), 31-56.

NORMA Oficial Mexicana NOM-008-ZOO-1994, Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos, en aquellos puntos que resultaron procedentes.

NORMA Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne.

NORMA Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.

NORMA Oficial Mexicana NOM-034-SSA1-1993, Bienes y servicios. Productos de la carne. Carne molida y carne molida moldeada. Envasadas. Especificaciones sanitarias.

NORMA Oficial Mexicana NOM-034-SSA1-1993, Bienes y servicios. Productos de la carne. Carne molida y carne molida moldeada. Envasadas. Especificaciones sanitarias.

NORMA Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995, Trato humanitario en la movilización de animales.

Ospina, M. S., Restrepo, M.D., López, V. J., Derivados cárnicos como alimentos funcionales. *Revista Lasallista de Investigación*, 8(2), 163-172.

Pacheco, P. W., Restrepo, Molina, D. y Sepúlveda, V.J. (2011). Uso de Ingredientes no Cárnicos como Reemplazantes de Grasa en Derivados Cárnicos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, (64)2 6257-6264.

Pardo, G.J., Sempere, M.J., Parra, L.V. y Legorburo, S.A. (1998). *La Industria Cárnica: El Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos*. Ediciones de la Universidad de Castilla de la mancha. España.

Partida, P. J., Braña, V.D., Jiménez, S.H., Ríos, R.F. y Buendía, R.G. (2013). *Producción de carne ovina*. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. SAGARPA. México.

Pearson, A.M., and Young, R.B. (1989). *Muscle and Meat Biochemistry*. Elsevier.

- Pietrasik, Z. (2003). Binding and textural properties of beef gels processed with k-carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase. *Meat Science*, 63, 317–324.
- Piffaut, E. V. (2006). Efecto del Tamaño de Partícula en las Características de Textura y Apariencia de Productos Reestructurados de Emú (*Dromaius novaehollandiae*) con Bajo Contenido de Sal (NaCl). (Tesis inédita de Licenciatura). Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Chile.
- 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 hamburguesas de res bajas en grasas elaboradas con  $\beta$ -glucano. *Revista Científica*, 16(6), 0-11.
- Prabhu, G.A. (1996). Hydrocolloids in processed meat. Retrospective Theses and Dissertations. Paper 11333.
- Prandl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T., Sinell, H-J. (1994). *Tecnología e Higiene de la Carne*. Ed. Acribia, S.A. España.
- Restrepo, M. D., Arango, M. C., Amézquita, C. A. y Restrepo, D. R. (2001). *Industria de carnes*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Restrepo, M. D., Molina, C. F. y Cabrera, T. K. (2010). Efecto de la Adición de Carragenina Kappa I.II y Goma Tara sobre Características de Calidad del Jamón de Cerdo Picado y Cocido. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 63(2), 5717-5727.
- Rodríguez, R. V. (2008). *Bases de la Alimentación Humana*. Ed. Netbiblo. España.
- Salinas, R.A. (2007). Desarrollo de un Producto Reestructurado a partir de Carne de Res de Bajo Valor Comercial. (Tesis inédita de licenciatura). Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano. Honduras.

- Serrano, A.M. (2006). *Desarrollo de reestructurados cárnicos potencialmente funcionales mediante la incorporación de nuez*. (Memoria inédita de doctorado). Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. España.
- Shimada, K. and Cheftel, J. (1989). Sulfhydryl group/disulfide bond interchange reactions during heat-induced gelation of whey protein isolate. *J. Agric. Food Chem.*, 37(1), 161–168.
- Servicio de Información agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2014). SAGARPA
- Tapasco, Z.Y., Restrepo, M.D. y Suárez, M.H. (2011). Efecto reológico de hidrocoloides sobre la salmuera de marinado de carne bovina. *Rev. Bio. Agro.*, 9(2), 563-569.
- Teira, G., Perlo, F. Bonato, P. y Tisocco, O. (2006). Calidad de carnes bovinas. Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. Ciencias exactas y naturales. *Ciencia, docencia y tecnología*, (33), 173-193.
- Tolstoguzov, V. B. (1986). Functional properties of protein–polysaccharide mixtures. In: J. R. Mitchell & D. A. Ledward (Eds.), *Functional properties of food macromolecules* (pp. 385–415). London: Elsevier Applied Science.
- 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.
- Torres, L. G., Sánchez, B. I., Restrepo, S.L. y Albarracín, H.W. (2012). Estudio de la maduración de carne de cordero empleando electroforesis SDS-PAGE. *Revista Colombiana de Química*, 41(2), 263-282.
- Totosaus, A. y Pérez, C. M. (2009). Textural properties and microstructure of lowfat and sodium-reduced meat batters formulated with gellan gum and dicationic salts. *Food Science and Technology*, (42), 563-569.

- Troeger, K. and Woltersdorf, W. (1989). Measuring stress in pigs during slaughter. *Fleischwirtschaft*, (69), 373-376.
- Valenzuela, V. C., Letelier, C.M., Olivares, G.M., Arredondo, O.M. y Pizarro, A.F. (2008). Determinación de hierro, zinc y cobre en carne de bovino. *Revista Chilena de Nutrición*, 35(2).
- Vásquez, S. Suárez, M.H y Montoya, C.O. (2009). Efecto del extracto crudo de bacteriocinas sobre las características microbiológicas y sensoriales de solomo redondo (longissimus dorsi) empacado al vacío. *Revista de la facultad de química farmacéutica*, 16(2), 191-200.
- Villar, F. A. (2002). Soja. Aplicaciones múltiples. *Farmacia Profesional*, 16, 78-83.
- Yates, L. y Greaser, M. L. (1983) Quantitated determination of myosin and actin in rabbit skeletal muscle. *J. Biol. Chem*, (238), 2374- 2385.
- Xiong, Y. L. (1997). Structure-Functionality relationship of muscle proteins. In *Food Proteins and their applications*. EUA: Marcel Dekker.
- Youssef, M. and Barbut, S. (2010). Physicochemical effects of the lipid phase and protein level on meat emulsion stability, texture, and microstructure. *J Food Sci*. 2010 Mar; 75(2), 108-114.
- Zúñiga, H.L., Ciro,V.H. y Osorio, S.J.(2007). Estudio de la dureza del queso edam por medio de análisis de perfil de textura y penetrometría por esfera. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 60(1), 3797-3811.

# ANEXOS

## Makygel 2000

### DESCRIPCIÓN

**MAKYGEL 2000** es una carragenina estandarizada con glucomanano, cloruro de potasio y sulfato de calcio, que forma geles muy firmes con alta retención de agua.

### FUNCIÓN

- Diseñado para ser usado como agente retenedor de agua
- Mejora la textura y el corte
- Recomendado para inyección y masajeo de carnes

### ESPECIFICACIONES FÍSICO-QUÍMICAS

Aspecto: Polvo blanco crema  
pH (1.5%, 50°C): 7.0 - 10.0

### ESPECIFICACIONES MICROBIOLÓGICAS

Recuento Total: < 3000 ufc/g (\*)  
Hongos y levaduras : < 200 ufc/g (\*)  
E. coli : Negativo (\*)

### FUNCIONALIDAD

Solubilidad: Dispersable en agua fría, soluble en agua caliente  
Fuerza Gel en Agua (1.5%, 20°C): 850 – 1300 g/cm<sup>2</sup> (\*)  
Sinéresis en Agua (1.5%, 20°C): < 2.5 % (\*)

### ANÁLISIS ESTÁNDAR\*\*

Arsénico: < 3 ppm  
Plomo : < 5 ppm  
Metales pesados (como Pb): < 20 ppm  
Sulfato (como SO<sub>4</sub>) : 15 - 40%

### INFORMACIÓN REGULATORIA

La carragenina en **MAKYGEL 2000** cumple con las especificaciones de calidad y pureza para carragenina del Food Chemical Codex (FCC), del U.S. Code of Federal Regulations (21 CFR 172.620, 172.626 and 182.7255) y de las Directrices de la Comunidad Económica Europea (E407), del Japan Food Additive Codex y del Food and Nutrition Paper de la FAO (2001).

### GARANTÍA DE DURACIÓN

Se garantiza una duración de 24 meses almacenando el producto en un lugar seco y fresco.

(\*) Parámetros reportados en el Certificado de Análisis necesarios para la aceptación del producto

\*\*Estos análisis se realizan ocasionalmente como un servicio que se entrega a nuestros clientes a solicitud de ellos, pudiendo ser realizado internamente o por laboratorios externos

Este producto se comercializa bajo el entendimiento que el adquiriente realizará sus propias pruebas para determinar la idoneidad del producto en sus requerimientos específicos y las particularidades propias de sus procesos. Los datos técnicos son entregados sólo a modo referencial y pueden variar debido a las diferentes metodologías e instrumental de testeo utilizados por el cliente, motivo por el cual el fabricante no garantiza la aptitud específica de aplicación, la exactitud de esta información o la adecuación del producto para aplicaciones particulares.

**PROMAK GS5100****PROTEÍNA AISLADA DE SOYA****Tipo emulsión, no genera polvo**

**DESCRIPCIÓN:** Proteínas de frijol de soya No-GMO. Especialmente adecuada para emulsiones para salchichas, alimentos de pescado y alimentos congelados.

**FABRICANTE:** GUSHEN BIOLOGICAL TECHNOLOGY GROUP CO., LTD., CHINA

**DATOS TÉCNICOS:**

Aspecto:	Polvo ligeramente-amarillo
Humedad:	$\leq 7\%$ (*)
Proteína cruda:	$\geq 90\%$ (*)
pH (10%):	$7.0 \pm 1$ (*)
Cenizas:	$\leq 6.0\%$
Grasa:	$\leq 1.0\%$
Tamaño de partícula (pasa malla 100)	mín. 97%

**DATOS MICROBIOLÓGICOS:**

Bacterias totales:	$\leq 20000/g$ (*)
Coniformes:	Negativo
E. coli:	Negativo
Salmonella:	Negativo
Levaduras y Hongos	$\leq 100/g$

(\*) Parámetros reportados en el Certificado de Análisis, necesarios para la aceptación del producto.

**MINERALES TÍPICOS (mg/100g de Producto):**

Sodio:	800-1400
Potasio:	200-500
Calcio:	50-150
Fósforo:	700-1100
Hierro:	10 -15
Magnesio:	50-110

**AMINO ÁCIDOS TÍPICOS (g/100g de Producto):**

Ácido Aspártico:	9.49
*Treonina:	3.39
Serina:	3.94
Ácido Glutámico:	14.11
Glicina:	3.36
Alanina:	3.37
*Valina:	3.58
*Metionina:	1.08
*Isoleucina:	3.53

---

*Leucina:	6.74
Tirosina:	3.07
*Fenilalanina:	4.37
*Lisina:	5.12
Histidina:	1.83
Arginina:	6.04
Prolina:	4.77
*Triptofano:	0.75
Cistina:	1.66

*\* Amino ácidos esenciales*

**METALES PESADOS (mg/100g de Producto):**

Plomo:	<0.1
Cadmio:	<0.1
Mercurio:	<0.05
Arsénico:	<0.1
Manganeso:	<20
Selenio:	<0.3
Zinc:	20-50
Cobre:	<20

**VITAMINAS (mg/100g de Producto):**

Vitamina A:	10 UI/100g
Vitamina B1:	0.09
Vitamina B2:	0.02
Vitamina C:	0

**PROPIEDADES:**

- 1 parte de proteína absorbe 5.75 partes de agua y 5.75 partes de aceite.
- Excelente Emulsificación, incrementa el rendimiento.
- Mejora la textura de las salchichas.
- Fácil de combinar con carne
- Es un tipo que no genera polvo, absorbe agua fácilmente, la solubilidad es buena y no presenta aglomeración.

**EMPAQUE:**

20 kg netos. Sacos de papel kraft tres-capas con bolsa interna de plástico.

**ALMACENAMIENTO:**

La vida de anaquel es de 12 meses debajo de 25°C, en lugar fresco y seco. Mantener alejado de olores fuertes o materiales volátiles y humedad.

**CERTIFICADO**

Certificada Kosher, Halal, HACCP, ISO9001:2000 y IP.

**INFORMACIÓN SOBRE ALRGENOS:**

Sustancia Alergena: Soya

**CONDIMENTO PARA HAMBURGUESA 25**

---

**DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO**

Polvo homogéneo de color amarillo naranja claro, con trozos blancos y verdes de sabor a pan molido y aroma a especias predominando la cebolla. El color puede cambiar con el paso del tiempo sin afectar la calidad del producto.

**DECLARACIÓN DE INGREDIENTES**

Pan molido (harina de trigo, adicionada con niacina, hierro, zinc, tiamina, riboflavina, ácido fólico, peróxido de benzoico, sal yodada, levadura), harina de trigo (enriquecida con hierro, ácido fólico, zinc, restituida con niacina, tiamina, riboflavina), sal, harina de maíz (maíz blanco seleccionado, trazas de cal, mononitrato de tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico, hierro reducido, óxido de zinc), cebolla deshidratada, azúcar, proteína vegetal hidrolizada de soya y maíz, especias, maltodextrinas, glutamato mono sódico, hidrolizado de levadura, saborizantes naturales y artificiales (contiene soya, glutamato mono sódico, apio), inosinato de sodio, guanilato de sodio, extracto de paprika como colorante natural, tbhq como antioxidante, ácido cítrico.

**ALÉRGENOS O SENSITIVOS**

Contiene trigo, soya, glutamato mono sódico, apio, sulfitos

**FECHA DE CONSUMO PREFERENTE**

180 días a partir de la fecha de fabricación, mantenido en las condiciones de almacenamiento recomendadas

**USO**

Según formulación del cliente.

**CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO**

Manténgase el producto en un lugar fresco y seco, Evítese exposición directa a luz solar. Condiciones climáticas extremas pueden afectar la frescura y/o sabor del producto.

**CONDICIONES DE TRANSPORTE**

Transporte cerrado, limpio y seco. Libre de material extraño y plagas.