



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE PROTEÍNA AISLADA DE SOYA  
EN LA ESTABILIDAD DE UNA EMULSIÓN CÁRNICA**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERA EN ALIMENTOS**

**Presenta:**

**TANIA EDITH RÍOS REYES**

**ASESORAS: DRA. ADRIANA LLORENTE BOUSQUETS**

**I.A. ANA MA. DE LA CRUZ JAVIER**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO,**

**2014**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

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

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



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

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

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

**Efecto de la adición de proteína aislada de soya en la estabilidad de una emulsión cárnica**

Que presenta la pasante: Tania Edith Ríos Reyes

Con número de cuenta: 303224769 para obtener el Título de: Ingeniera 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 HABLARA EL ESPÍRITU”

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 11 de Abril de 2014.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	M. en P. Jorge Luis Rico Pérez	
VOCAL	Dra. Adriana Llorente Bousquets	
SECRETARIO	Dra. Rosalía Meléndez Pérez	
1er. SUPLENTE	IBQ. Saturnino Maya Ramírez	
2do. SUPLENTE	I.A. Jonathan Coria Hernández	

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

HMI/iac

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, la máxima casa de estudios, por abrirme sus puertas desde bachillerato, institución que me formó profesionalmente y de la cual estoy eternamente agradecida por todos los conocimientos que recibí.

A la **Dra. Adriana Llorente Bousquets**, mi asesora de tesis, a quien le estoy profundamente agradecida por ayudarme a llegar a esta meta, le agradezco de antemano por ser parte fundamental de este trabajo. Muchas gracias por apoyarme, por su paciencia, por creer en mí, por sus consejos y por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente, de todo corazón mil gracias.

A la **Profesora Ana María de la Cruz**, por su apoyo y todos los consejos.

Al **Profesor Jonathan Coria Hernández**, al quien tuve la dicha de tenerlo como mi Profesor, gracias por todo el apoyo, por los consejos, por tu dedicación, tu sabes que más que mi profesor eres un gran amigo a quien admiro, valoro y respeto mucho, no sé cómo pagarte por todas las molestias que te cause, sinceramente eres un gran ejemplo a seguir.

Al jurado de esta tesis, **M. en P. Jorge Luis Rico Pérez, Dra. Adriana Llorente Bousquets, Dra. Rosalía Meléndez Pérez, I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez, I.A. Jonathan Coria Hernández**, por su aportación, consejos y recomendaciones para perfeccionar este trabajo.

Al **Ing. Zósimo Guerrero Cancino**, muchas gracias por su disposición y asesoramiento, por haberme ayudado a conseguir una muestra de la proteína para la realización de este proyecto.

A la **Ing. Alicia Pérez**, por asesorarme en la realización del producto y brindarme todos sus conocimientos y experiencias. Gracias.

A **mis maestros**, a cada uno de ellos, por su tiempo y dedicación, sin su ayuda y sus conocimientos no estaría donde me encuentro ahora. Muchas gracias.

*“Nunca es demasiado tarde para ser la persona que podrías haber sido”*

*George Eliot.*

## DEDICATORIAS

A **DIOS** y a la **Virgencita**, por guiarme e iluminarme al buen camino, por darme fuerzas y ayudarme a salir adelante para llegar siempre a mis metas.

A mi **mamá**, por su todo tu apoyo incondicional, por protegerme, por tus consejos, tus regaños, por siempre estar ahí en todos mis pasos, derrotas y triunfos, por ayudarme a levantarme y enseñarme a tener siempre la frente en alto, por impulsarme todos los días a lograr mis metas, por hacer de mí una gran persona honesta, humilde y educada, sin duda alguna este triunfo también es tuyo. Te amo mamy.

A **mi hija Megan Danae**, mi nena hermosa con todo mi amor te dedico este trabajo, estoy muy agradecida de que seas parte de mi vida, eres mi motor, eres mi todo, eres mi fuerza y mi motivo para luchar todos los días y salir adelante, espero estés orgullosa de mi. Te amo princesa.

A mi **hermano Iván** gracias hermanito por ser mi compañero de vida, por cuidarme mucho, por apoyarme, por preocuparte por mí, por todos tus regaños, pero sobre todo porque siempre has estado ahí cuando más te necesito, este logro también es por ti. Te amo hermanito.

A mi **papá** por todos los consejos y el apoyo que me has dado para poder finalizar este ciclo.

A toda **mi familia**; mis tíos y primos que siempre han estado ahí apoyándome y motivándome a alcanzar mis metas, por creer en mí, por todo su cariño, eh llegado a esta meta gracias a todos ustedes.

A mi gran amiga **Adri**, que te puedo decir eres una gran persona que tuve la dicha de conocerte en la universidad, gracias por tu compañía en los momentos buenos y malos, porque la distancia no se hace presente cuando te necesito, siempre has estado ahí, gracias por todos los consejos, los jalones de orejas, por ser sincera, por todo tu apoyo, no tengo como pagarte por todo lo que has hecho por mí, mil gracias por todas las palabras de aliento, por empujarme a salir adelante, te quiero mucho amiga.

A mis amigos de la universidad, **Mario, Beatriz Ivon, Eloisa, Aniwis, Marianita, Jos, Claudia, Evelia, Oli, Angie, Ale, Lua, Churu, Julio, "Cuau", Cachis, Fabián, Ivonne Martínez, Heriberto** personas maravillosas que conocí en la universidad, de las cuales aprendí mucho de cada uno, gracias por todas las experiencias que pasamos juntos, por su cariño, atención, por brindarme su amistad, gracias **Héctor** por esas palabras de aliento que me diste cuando me sentía derrotada, eres una gran persona.

A **Idalia, Ricardo, Aura, Patxi y Monserrat**, muchas gracias por su amistad, cariño, por su apoyo, por el tiempo que dedicaron en asesorarme ya que muy independiente de la carga de trabajo que tuvieran siempre estaban ahí para ayudarme, sin duda son maravillosas personas que tuve la dicha de conocer en el laboratorio, pero sobre todo por todos esos lindos momentos de alegría que pasamos haciendo amena la estancia en el laboratorio, los aprecio mucho.

*“Solo hay dos días en los que no se puede hacer nada, uno es ayer y otro mañana.*

*Por eso, hoy es el día ideal para amar, crecer y vivir.”*

*Dalai Lama.*

**Esta tesis forma parte de los proyectos del Taller Multidisciplinario de Ingeniería en Alimentos:  
Procesos Tecnológicos de Productos Cárnicos,  
Plan de estudio 2004 de la carrera de Ingeniería en Alimentos.**

**Se desarrolló en el Laboratorio 7 de Bioconservación en la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.**

**Agradezco al proyecto al proyecto DGAPA-PAPIME PE202010-2 “Taller de Procesos Tecnológicos y Control de Calidad de Productos Cárnicos” por el apoyo para la realización de este trabajo de tesis.**

**Agradezco al proyecto DGAPA-PAPIIT IT201312-3 “Aplicación de alternativas de bioconservación y conservación para mejorar la calidad de la carne y los productos cárnicos”, por el apoyo para la realización de este trabajo de tesis.**

**Recibió apoyo del Proyecto 7.5.4: “Elaboración de alimentos a través de procesos microbianos”  
Macroproyecto 7 de la UNAM: “Productividad sostenible de los hatos de cría en pastoreo”**

## ÍNDICE GENERAL

### Contenido

ÍNDICE DE CUADROS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS .....	9
ABREVIATURAS.....	10
RESUMEN .....	11
INTRODUCCIÓN .....	12
Capítulo 1 MARCO TEÓRICO.....	14
1.1.      Carne .....	15
1.2.      Composición química .....	16
1.3.      pH .....	19
1.3.1.    Factores que afectan el pH de la carne .....	20
1.3.1.1.  El pH en los productos cárnicos .....	21
1.4.      Emulsiones .....	21
1.4.1.    Emulsificantes .....	23
1.4.2.    Emulsión cárnica como un sistema polidisperso .....	24
1.4.3.    Desarrollo de una emulsión cárnica.....	26
1.5.      Subproductos cárnicos .....	29
1.5.1.    Productos cárnicos cocidos de acuerdo a la NOM-213-SSA1-2002 .....	29
1.5.1.1.  Pastel de carne .....	29
1.5.1.2.  Funcionalidad de los ingredientes.....	30
1.6.      Evaluación de la estabilidad de la emulsión cárnica .....	35
1.6.1.    Rebanabilidad.....	35
1.6.2.    Resistencia a la deformación.....	36
Justificación.....	37
Objetivos.....	38
Objetivo General .....	38
Objetivos Particulares .....	38
Hipótesis.....	38
Capítulo 2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	39
2.1.      Materia prima cárnica .....	41
2.1.1.    Caracterización de la materia prima cárnica.....	41



---

2.1.2.	Determinación de pH de la materia prima cárnica .....	41
2.1.3.	Congelación de la materia prima cárnica .....	41
2.2.	Desarrollo de las formulaciones adicionadas o no de proteína aislada de soya (PAS) 42	
2.3.	Diagrama de proceso del producto cárnico .....	43
2.4.	Elaboración de lotes experimentales .....	44
2.4.1.	Hidratación de la Proteína aislada de soya .....	44
2.4.2.	Desarrollo de los productos cárnicos .....	44
2.5.	Evaluación de productos cárnicos .....	48
2.5.1.	Rendimientos de las formulaciones desarrolladas .....	48
2.5.2.	Rebanabilidad .....	48
2.5.3.	Evaluación de pH .....	49
2.5.4.	Evaluación de Resistencia a la deformación .....	49
2.6.	Análisis Estadístico .....	50
Capítulo 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		51
3.1.	Rendimiento de las formulaciones adicionadas de proteína aislada de soya .....	52
3.2.	Rebanabilidad de los lotes experimentales .....	53
3.3.	pH de la materia prima cárnica .....	57
3.4.	pH de los lotes experimentales .....	58
3.5.	Resistencia a la deformación de los lotes experimentales .....	61
CONCLUSIONES .....		67
BIBLIOGRAFIA .....		68
ANEXOS .....		72

---

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición Química de la carne .....	17
Cuadro 2. Composición química aproximada de la carne de res y cerdo .....	17
Cuadro 3. Especificaciones del pastel de carne .....	30
Cuadro 4. Formulación para los tres lotes del producto cárnico.....	42
Cuadro 5. Valores promedio de % de Rebanabilidad de los tres lotes .....	53
Cuadro 6. Análisis de varianza para Rebanabilidad del producto cárnico .....	54
Cuadro 7. Valores de pH de los tres diferentes tipos de materia prima cárnica .....	57
Cuadro 8. Valores promedio de pH de los tres lotes .....	58
Cuadro 9. Análisis de varianza para pH del producto cárnico.....	59
Cuadro 10. Valores promedio de resistencia de los tres diferentes lotes (kgf) .....	62
Cuadro 11. ANOVA para resistencia a la deformación del producto cárnico .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cortes comerciales de bovino .....	16
Figura 2. Cortes comerciales de porcino .....	16
Figura 3. Representación esquemática de una emulsión aceite en agua .....	22
Figura 4. (A) Agente emulsionante. (B) una molécula de agente emulsionante en la que se aprecian sus porciones hidrofílica e hidrofóbica .....	23
Figura 5. Diagrama de una emulsión cárnica .....	25
Figura 6. Cuadro metodológico.....	40
Figura 7. A) Determinación de pH de la materia prima cárnica, B) Separación por lotes .....	41
Figura 8. Acondicionamiento de la carne.....	44
Figura 9. Molienda de carne de res y cerdo en la cutter .....	45
Figura 10. Adición de hielo a la pasta.....	45
Figura 11. Pasta cárnica con recorte de cerdo .....	46
Figura 12. Adición de condimentos y ligadores .....	46
Figura 13. Pasta terminada .....	46
Figura 14. Embutido del producto .....	46
Figura 15. Cocción del producto cárnico.....	47
Figura 16. Enfriamiento por inmersión en agua del producto .....	47
Figura 17. Rebanadora marca TOR-REY SS-300 .....	49
Figura 18. Potenciómetro marca Orión Modelo Five Star junto con electrodo de punción y soluciones Buffer de calibración .....	49
Figura 19. Penetrómetro Fruit Pressure Tester mod. FT327 .....	50
Figura 20. Rebanabilidad de los lotes experimentales.....	56
Figura 21. pH de los tres lotes experimentales .....	61

## ABREVIATURAS

<b>BPF</b>	buenas prácticas de fabricación
<b>CRA</b>	capacidad de retención de agua
<b>cm</b>	centímetros
<b>C.V.</b>	coeficiente de variación
<b>D.S.</b>	desviación estándar
<b>°C</b>	grados Celsius
<b>g</b>	gramos
<b>h</b>	horas
<b>kg</b>	kilogramos
<b>kgf</b>	kilogramos fuerza
<b>Lbf</b>	libras fuerza
<b>mμ</b>	micrómetro
<b>mm</b>	milímetro
<b>NO</b>	óxido nítrico
<b>PAS</b>	proteína aislada de soya
<b>pHu</b>	pH último
<b>ppm</b>	partes por millón
<b>"</b>	pulgadas
<b>%</b>	porcentual
<b>Σ</b>	sumatoria
<b>VI</b>	variable independiente
<b>VD</b>	variable dependiente
<b>VR</b>	variable de respuesta

## RESUMEN

El principal desafío en la elaboración de emulsiones cárnicas es la obtención de productos cárnicos estables (salchichas Frankfurt, pastel de carne, mortadelas, etc.) que no presenten excesivas pérdidas de grasa y agua durante la cocción y que no muestren defectos en cuanto a la separación de fases por la grasa no emulsificada, pérdida de agua no unida o de líquidos en su superficie o en el interior. La rotura de la emulsión es sólo evidente durante el tratamiento térmico, cuando es demasiado tarde para realizar acciones correctoras. En la actualidad, es común el uso de almidones, grasa y proteínas no cárnicas para mejorar las propiedades tecnológicas de estos productos. Un uso apropiado de estas sustancias puede ayudar a controlar la estabilidad de la emulsión y su rendimiento tras la cocción. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la adición de una proteína aislada de soya (PAS) en la estabilidad de una emulsión cárnica, con base en el marco legal para productos cárnicos cocidos, en la elaboración de un producto cárnico a base de carne del cuarto delantero de bovino (de bajo valor comercial) congelado y almacenado durante un periodo de dos años a  $-20^{\circ}\text{C}$ , lomo y recorte de cerdo. Para la evaluación de la estabilidad de la emulsión se desarrollaron tres lotes experimentales, dos lotes fueron adicionados con PAS Supro 595 al 2% y 4% y como control un lote sin PAS. Se evaluó estabilidad de todos los lotes mediante pH, rebanabilidad y resistencia a la deformación al inicio y a los días 1, 7 y 14 de almacenamiento en refrigeración a  $4^{\circ}\text{C}$ . Los resultados obtenidos indican que la adición de PAS mejora la rebanabilidad del producto cárnico cocido y la resistencia a la deformación a ambas concentraciones 2 y 4% sin diferencia estadística entre los resultados obtenidos. Los tratamientos que presentaron mejor condición de estabilidad del producto durante el almacenamiento en refrigeración a  $4^{\circ}\text{C}$ , fueron los lotes adicionados de PAS, donde se obtuvieron mayores porcentajes de rebanabilidad, rendimiento y una mejor consistencia que se vio reflejada en valores de resistencia a la deformación, comparadas con el testigo.

## INTRODUCCIÓN

La calidad de la carne de bovino y porcino depende de diferentes factores, tales como el manejo antes del sacrificio (*ante mortem*), durante y después del sacrificio (*post mortem*), así mismo en los procesos bioquímicos y enzimáticos que se llevan a cabo en el músculo durante su transformación en carne, donde tienen efecto sobre las características físicas fisicoquímicas y microbiológicas. Por ello es indispensable realizar la caracterización de la materia prima cárnica antes del proceso de elaboración de embutidos ya que estos valores podrán correlacionar con los criterios de calidad que se obtengan en un producto, donde el pH de la materia prima cárnica juega un papel importante para su consumo en fresco o bien para su procesamiento y vida de anaquel. El color de la carne de res debe ser característico es decir, la carne proveniente del cuarto delantero de bovino (músculos de ejercitación) es de color oscuro y para carne de porcino las fibras son blancas (Alvarado, 2010).

La calidad de la carne se clasifica en cuanto a las características de terneza y jugosidad, siendo las de mayor calidad comercial las de mayor precio, como es el caso de los cortes obtenidos de los cuartos traseros de bovino o cerdo. Por el contrario los cortes y recortes de calidad de segunda, son obtenidos principalmente de los cuartos delanteros, tiene menor terneza y jugosidad y son utilizados para la preparación en guisados o estofados. La industria cárnica en México durante las últimas décadas ha sufrido cambios importantes en cuanto al desarrollo de gran número de nuevos productos cárnicos y en mayores volúmenes de producción.

En este sentido los productos cárnicos cocidos, son elaborados con carne o mezclas de éstas, sometidos a un proceso térmico dependiendo del tipo de producto, donde las emulsiones cárnicas son mezclas de carne finamente molidas, compuestas de proteína, grasa y agua. Para el desarrollo de la estructura de una emulsión se requiere de energía en forma de trabajo para reducir el tamaño de las partículas cárnicas o glóbulos de grasa, aumentar el área interfacial y separar las partículas de la fase interna, el triturado de la carne para la fabricación de estos productos cárnicos se hace con una cutter y para mejorar la estabilidad de estos productos se emplean ingredientes funcionales (Álvarez, *et*

*al.*, 2007). Un ejemplo es la proteína aislada de soya que tiene un porcentaje alto de proteína 90-92% y es excelente en la formación del sistema emulsión, ligando grasa-agua por lo que se utiliza en la industria de la carne para elaborar productos cárnicos cocidos tales como las salchichas, mortadelas, etc. Las características más importantes de estos productos cocidos, están determinadas fundamentalmente por la estabilidad del sistema emulsión formado, la cual depende ante todo de la calidad de la materia prima cárnica, del proceso de picado y mezclado en la cutter (Ambrosiadis y Klettner, 1984). El desarrollo de ingredientes funcionales de aplicación en la industria cárnica, favorecen una mayor estabilidad de estos sistemas, durante periodos más prolongados de almacenamiento en refrigeración, durante su comercialización. Los aislados proteicos de soya son ejemplos importantes de este tipo de ingredientes y son responsables de la estabilidad del sistema ya que durante la cocción de los productos cárnicos, las proteínas gelifican, coagulan y producen una estructura tridimensional (Badui, 2006). Para un buen rebanado las interacciones de proteína grasa son importantes especialmente cuando se usan emulsiones, así como también las proteínas actina y miosina porque estabilizan la grasa y el agua. Para desarrollar una buena rebanabilidad en el producto, es esencial la forma y tamaño de la pieza, porque prepara al producto para la manera en que este se desempeñará durante el rebanado (Alvarado y Johnson, 2012).

Por lo anteriormente descrito, se planteó en este proyecto la evaluación del efecto de la adición, así como de la concentración de la proteína aislada de soya, en la estabilidad de una emulsión cárnica cocida, elaborada a partir de carne del cuarto delantero de bovino y recorte de cerdo mediante resistencia a la deformación y rebanabilidad.

# Capítulo 1 MARCO TEÓRICO

### 1.1. Carne

De acuerdo con la NOM-194-SSA1-2004, la carne se define como la estructura muscular estriada esquelética acompañada o no de tejido conectivo, hueso y grasa además de fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos, proveniente de los animales para abasto, que no ha sido sometida a ningún proceso que modifique de modo irreversible sus características sensoriales y fisicoquímicas, se incluyen las refrigeradas o congeladas.

La carne es el tejido muscular de los animales; en la alimentación humana se utiliza en forma directa o procesada. Para la obtención de una materia prima adecuada, se necesita un buen conocimiento de los diferentes tejidos musculares, de sus modificaciones después de la matanza y de su calidad durante el despiece

La calidad de la carne depende de la categoría en la cual el animal ha sido clasificado al momento de su recepción en el matadero. Después del sacrificio, se determina la calidad en tres clases, según las siguientes características:

- Primera: medias canales de animales magros
- Segunda: medias canales de animales semigrasos
- Tercera: medias canales de animales grasos

El sabor y la textura de la carne dependen de las condiciones ambientales en las cuales el animal se ha desarrollado y de su alimentación, edad, salud y sexo. También el manejo de la canal, el despiece y los cortes influyen en la calidad de la carne (Paltrinieri *et al.*, 1990).

De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-FF-078-SCFI-2002, la clasificación de canales de bovino, es la determinación del grado de calidad de la canal, después de haber sido sometida a un estudio técnico con base en los parámetros especificados en esta norma. También se establece que la calidad de la carne en canal se refiere a los atributos o características deseables para el consumo humano, y cuya relación da lugar a los distintos grados de clasificación. En las siguientes Figuras 1 y 2, se muestran los cortes comerciales de las canales de bovinos y porcinos.



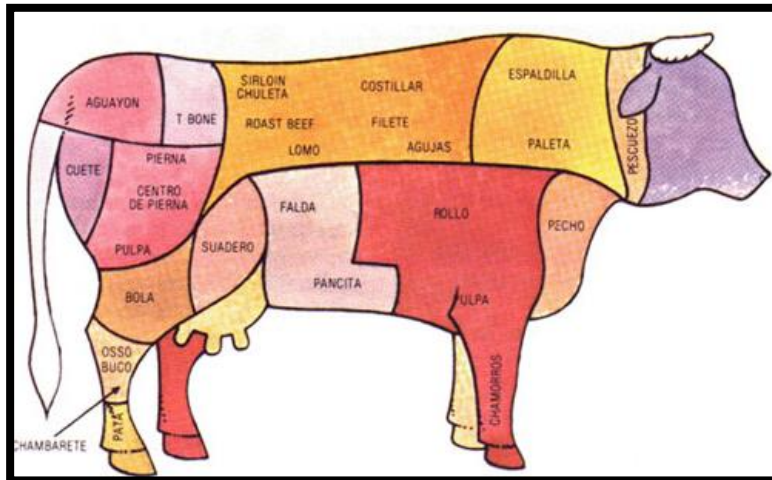


Figura 1. Cortes comerciales de bovino

Fuente: Ranken, 2003

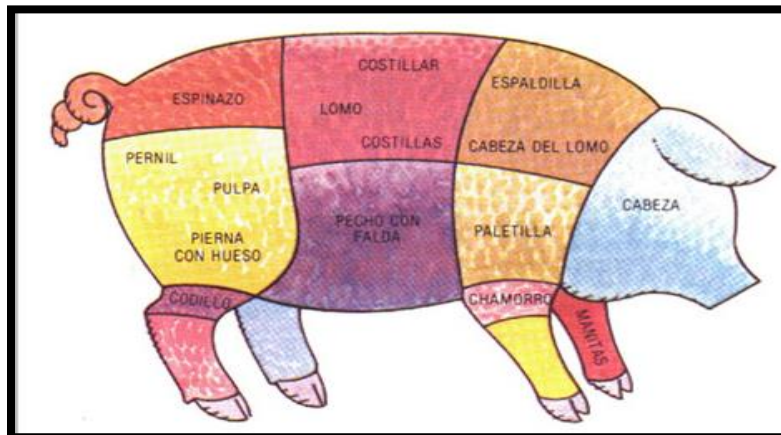


Figura 2. Cortes comerciales de porcino

Fuente: Ranken, 2003

### 1.2. Composición química

La carne consiste en aproximadamente 20% de proteína, grasa 2,5% y 3% sustancias solubles, tales como hidratos de carbono, vitaminas y minerales. El resto es agua (Hoogenkamp, 2005). En el Cuadro 1, se muestra la composición general de la carne.

**Cuadro 1. Composición Química de la carne**

	%
Agua	75.0
Proteína	19.0
Miofibrilar: solubles en sal	11.5
Miosina, actina, tropomiosina, troponina, proteínas M, actinina	
Sarcoplásmicas: soluble en agua	5.5
Gliceraldehído, aldolasa, mioglobina, hemoglobina	
Tejido conectivo: insoluble	2.0
Colágeno, elastina, reticulina, mitocondrias	
Lípidos	2.5
Carbohidratos	1.2
Glucógeno, glucosa, ácido láctico	
Otros:	2.3
Vitaminas, minerales, nitrógeno	

**Fuente: Hoogenkamp, 2005**

La composición química de la carne varía según la especie (Cuadro 2), el sexo, el sistema de crianza, la alimentación, la raza y la edad; por esto, cada clase tiene su propia aplicación en los distintos productos cárnicos y determina la calidad de éstos (Badui, 2006).

**Cuadro 2. Composición química aproximada de la carne de res y cerdo**

ESPECIE	AGUA %	PROTEINAS %	LIPIDOS %	CENIZAS %
<b>Bovino</b>	70 -73	20 -22	4 – 8	1
<b>Cerdo</b>	68 -70	19 -20	9 -11	1.4

**Fuente: Fennema, 2000**

De la proteína total de carne, aproximadamente el 50% son proteínas miofibrilares mayoritarias, que contiene 35% miosina y 15% actina. La proteína de la carne restante se compone de otras proteínas miofibrilares, sarcoplásmicas y del tejido conectivo, o proteínas del estroma. Tecnológicamente hablando, las fracciones proteicas miofibrilares son los más importantes para lograr la unión, emulsificación y gelificación. Las fracciones de proteínas sarcoplásmicas están en solución en el fluido intracelular, también llamado

sarcoplasma. Estas proteínas son solubles a baja fuerza iónica. Su contribución funcional principal es proporcionar el típico color de la carne curada. Las proteínas sarcoplásmicas se desnaturalizan por calor y un bajo pH. En su estado nativo, estas proteínas son altamente solubles, a pesar de que tienen una baja viscosidad y resistencia de gel y contribuyen mínimamente a la capacidad de retención de agua, la textura y la emulsificación (Hoogenkamp, 2005).

Las propiedades funcionales de las proteínas de la carne desempeñan un papel importante en cuanto a la tecnología de alimentos, tanto en lo referente a los procesos de fabricación como por su incidencia en los atributos de calidad del producto final. Entre ellas merecen citarse las capacidades de hidratación y retención de agua, de emulsión de grasa, de gelificación, de formación de espuma, de cohesión, de viscosidad, etc. Las propiedades funcionales difieren según el origen de la proteína y, hasta ahora, no se dispone de una proteína que reúna todas las características de funcionalidad.

El conocimiento de las propiedades funcionales de las proteínas miofibrilares (capacidad de retención de agua, de emulsión de grasa y de gelificación) ha sido la base del desarrollo de la industria cárnica moderna.

La capacidad de retención de agua (CRA) se define como la capacidad de la carne de retener su propia agua durante la aplicación de fuerzas externas, tales como, corte, calentamiento, trituración y prensado. La CRA es una propiedad de importancia decisiva en la calidad de la carne, tanto para la destinada al consumo directo como para la destinada a la industrialización; la terneza, jugosidad, color y textura están íntimamente relacionados con esta propiedad (Guerrero y Arteaga, 1990).

Las proteínas miofibrilares son las principales responsables de la retención del agua por la carne, del orden del 75% y de que no se separe durante las operaciones de corte o picado. Se considera que el 70% del contenido de agua está ubicado en los espacios existentes entre los filamentos gruesos y delgados de la miofibrilla; del resto, el 20% en el sarcoplasma y el 10% en el tejido conjuntivo y espacios extracelulares (Del Castillo, 2001).

### 1.3. pH

El pH es un valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno, presentes en una disolución. Es medido en una escala de 0-14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indican que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica.

La importancia del pH en la carne, se basa en el hecho que el mismo influye en gran medida sobre las propiedades y los factores cualitativos, de dicha carne. El pH tiene influencia directa o indirecta sobre: el color, la ternura, el sabor, la capacidad de fijación de agua y la conservación. De esta manera el pH es importante tanto para el aspecto sensorial como también para la aptitud en la transformación en carne (Hofmann, 1988).

Una vez ocurrido el sacrificio del animal, se lleva a cabo el proceso de transformación del músculo en carne. La carne es el resultado de dos cambios bioquímicos que ocurren en el periodo *post mortem*: el establecimiento del *rigor mortis* y la maduración. El principal proceso que se lleva a cabo durante el establecimiento del *rigor mortis* es la acidificación muscular.

Tanto el valor final del pH o pH último (pHu), que es medido aproximadamente a las 24 h después del sacrificio, como la velocidad de caída del mismo durante la transformación del músculo en carne, afectan las características sensoriales y tecnológicas de la carne.

El descenso del pH depende del tipo de fibras que predominan en el músculo y de la actividad muscular antes del sacrificio. Así, los músculos con predominio de fibras de contracción rápida (blancas) alcanzan valores finales de 5.5 mientras que en los músculos en donde predominan las fibras de contracción lenta (rojas) el pH no baja de 6.3. Los músculos del animal que más trabajo realizan en el periodo previo al sacrificio son los que presentan un pH más elevado *post mortem* (Warris, 2003).

### **1.3.1. Factores que afectan el pH de la carne**

El pH de la carne es afectada durante el manejo de los animales antes, durante y después de la matanza.

#### **Factores *ante mortem***

Dentro de ellos, se pueden separar aquellos que son inherentes al animal o intrínsecos, de los que son ajenos a ellos o extrínsecos.

##### 1. Factores extrínsecos:

- Sistema de producción
- Dieta y aditivos
- Estrés
- Transporte
- Manejo pre-sacrificio

##### 2. Factores intrínsecos:

- Raza
- Sexo
- Edad y peso en faena
- Individuo

#### **Factores *mortem***

- Aturdimiento pre-sacrificio
- Sacrificio

#### **Factores *post mortem***

- Enfriamiento
- Tiempo de oreo

### **1.3.1.1. El pH en los productos cárnicos**

De la calidad de la carne depende en gran medida la calidad de los productos elaborados a partir de dicha carne, siendo el pH que desempeña un papel fundamental. Para algunos factores de calidad resultan beneficiosos los bajos valores de pH (capacidad para el curado, conservabilidad, sabor), en cambio para otros factores resultan ventajosos los valores de pH elevados (color de la carne, capacidad de fijación de agua). En la carne normal estos factores se encuentran en equilibrio (Hofmman, 1988; Warris, 2003).

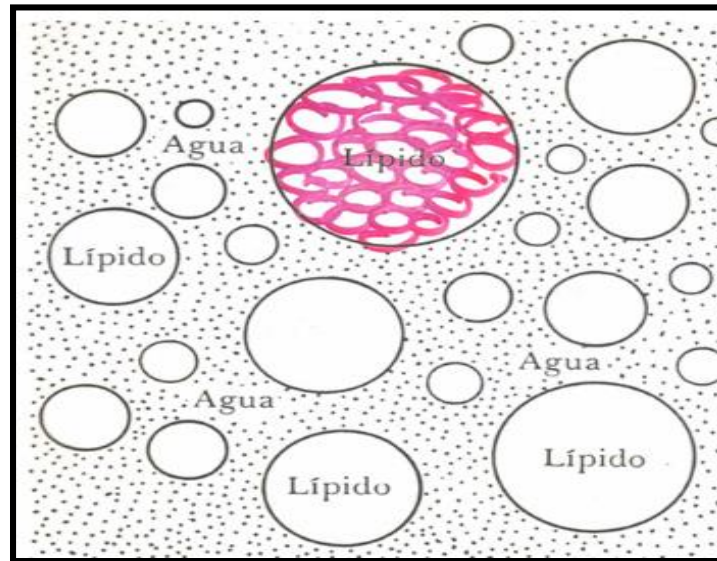
La medición de pH puede ofrecer valiosa información sobre el estado de calidad, no solo de la carne cruda sino también de la mayoría de los productos cárnicos. Si los valores de pH se apartan mucho de los valores normales (pH de 5.8 a 6.2 para embutidos escaldados), entonces se puede partir de la base que se está en presencia ya sea de deficiencias de calidad o de los principios de alteración. Por el contrario un pH normal nos ofrece una cierta seguridad de que el producto cumple determinados requisitos de calidad y que se garantiza una correcta calidad higiénica y una suficiente conservabilidad (Hoffman, 1988).

### **1.4. Emulsiones**

Las emulsiones son sistemas dispersos que están constituidos por dos líquidos inmiscibles en los que la fase dispersa se encuentra en forma de pequeñas gotas, entre 0.1-10  $\mu$ m distribuidas en la fase continua o dispersante; son inestables y si se les permite reposar por algún tiempo, las moléculas de la fase dispersa tienden a asociarse para constituir una capa que puede precipitar o migrar a la superficie, según la diferencia de densidades entre las dos fases. La producción de emulsiones estables requiere necesariamente de agentes emulsionantes que reduzcan la tensión superficial entre ambas fases (Forrest *et al*, 1979).

La mayoría de las emulsiones que se encuentran en los alimentos están compuestas por aceite y agua, pero pueden contener otros compuestos que no necesariamente se encuentran emulsionados.

Una emulsión de aceite en agua es aquella en la que el aceite se encuentra en forma de pequeñas gotas como fase dispersa, y el agua en la fase continua como agente dispersante, como se muestra en la Figura 3. Las emulsiones de aceite en agua se propician con compuestos más hidrosolubles como proteínas y fosfolípidos (Forrest *et al.*, 1979; Guerrero y Arteaga, 1990).



**Figura 3. Representación esquemática de una emulsión aceite en agua**

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

Por lo general, las emulsiones son sustancias cuyas moléculas contienen una parte no polar y otra polar, por lo que es posible que se dispersen tanto en agua o soluciones acuosas como en disolventes orgánicos y aceites, si se requiere elaborar una emulsión de aceite en agua es preferible un emulsionante lipófilo.

Se entiende por estabilidad de un sistema, su capacidad para mantener su estado y completa homogeneidad en todo su volumen. Por ello, las operaciones y procedimientos para aumentar la estabilidad se basan en disminuir el tamaño de partícula (*vg. Homogeneización*) o aumentar la viscosidad (*vg. Uso de estabilizantes y de gomas*) (Toral, 1973).

### 1.4.1. Emulsificantes

Las emulsiones son generalmente inestables, salvo que posean otro compuesto como *agente emulsificante o estabilizante*. Cuando la grasa contacta con el agua existe una gran tensión interfacial entre ambas fases. Los agentes emulsificantes actúan reduciendo la tensión de esta interfase y permitiendo, por lo tanto, la formación de una emulsión con una energía interna, así como aumentando su estabilidad total (Forrest *et al.*, 1979).

Una característica que distingue a los agentes emulsificantes es que sus moléculas tienen afinidad tanto por el agua como por la grasa. Las porciones *hidrofílicas* de tales moléculas tienen afinidad por el agua, mientras que las hidrofóbicas tienen más afinidad por la grasa. Cuando mejor se satisfacen estas afinidades es cuando las partes hidrofóbica e hidrofílica del agente emulsionante se disponen entre las fases lipídica y acuosa. Si existe cantidad suficiente de agente emulsionante, éste formará una capa continua entre las dos fases (Figura 4), ayudando, por lo tanto, a estabilizar la emulsión al separar las dos fases (Forrest *et al.*, 1979).

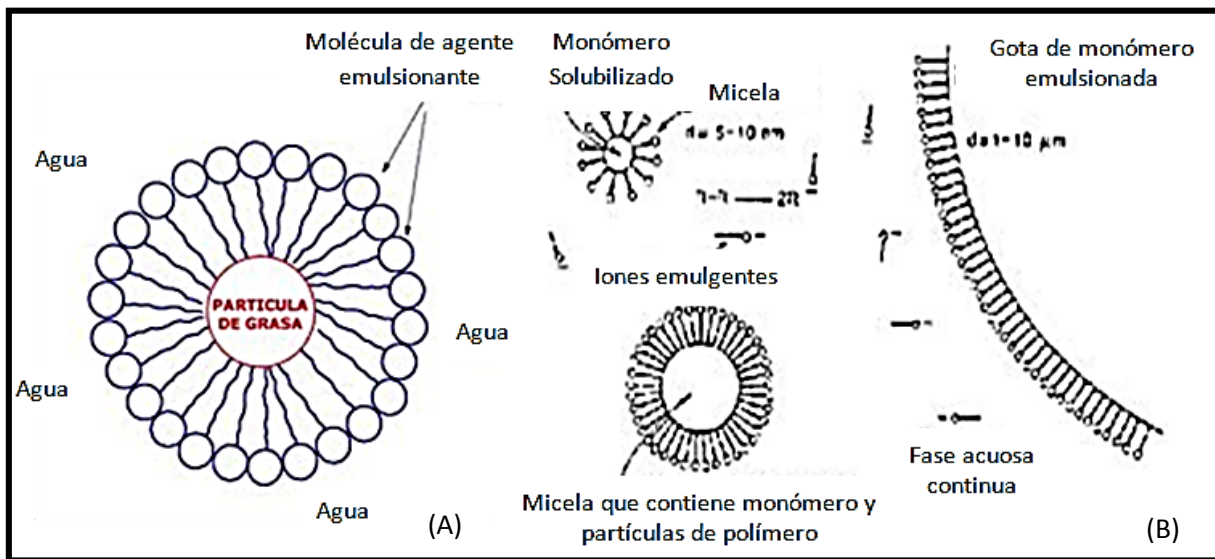


Figura 4. (A) Agente emulsionante. (B) una molécula de agente emulsionante en la que se aprecian sus porciones hidrofílica e hidrofóbica

Fuente: Forrest *et al.*, 1979

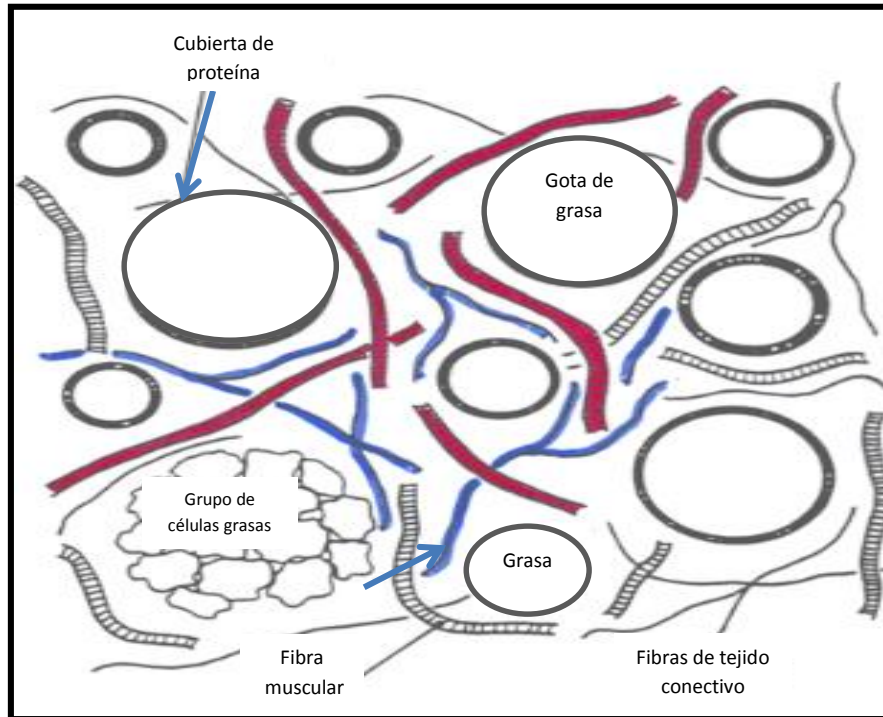


Tanto los emulsionantes iónicos como los no iónicos están constituidos por dos fracciones con propiedades diferentes: una parte de su molécula es hidrófila, pues se solubiliza en agua, mientras que la otra es hidrófoba (o lipófila) que lo hace mejor en los lípidos. Sin embargo siempre predomina una de las dos características, es decir, son un poco más hidrosolubles que liposolubles, o viceversa. Por otra parte, la temperatura también determina su tendencia a la dispersión; así si un emulsionante se dispersa fácilmente en agua fría, es muy probable que al aumentar la temperatura del sistema lo haga mejor en los lípidos.

Las proteínas y gomas estabilizan las emulsiones de aceites en agua, aun cuando el mecanismo no sea igual que el resto de los emulsionantes; con estos polímeros se consigue un incremento de la viscosidad de la fase acuosa con lo cual se evita que el aceite tienda a unirse y a separarse del agua. En el caso de las proteínas puede existir también la estabilización mediante una interacción hidrófila-lipófila: los aminoácidos hidrófobos (vg. leucina, fenilalanina etc.), se orientan hacia la fase lipídica, mientras que los hidrófilos (vg. glicina, serina etc.) lo hacen hacia la fase acuosa, con lo cual las proteínas actúan como un emulsiónate típico (Carballo y López, 1991).

#### **1.4.2. Emulsión cárnica como un sistema polidisperso**

Una emulsión cárnica es un sistema bifásico consistente en partículas de grasa (la fase sólida) suspendidas en una matriz de proteínas solubles en sales y agua (la fase líquida), dispersas en esta fase líquida se encuentran también algunas proteínas insolubles, tejido conectivo, partículas de carne, etc., la fase líquida es realmente un líquido viscoso. En la Figura 5, se muestra un diagrama de los componentes de la emulsión cárnica (Carballo y López, 1991).



**Figura 5. Diagrama de una emulsión cárnica**

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

Las partículas de grasa, generalmente de tamaño subcelular, están suspendidas en el seno del líquido en virtud de una película proteica. Los grupos hidrofílicos de las proteínas se orientan hacia el agua y los hidrofóbicos hacia la fase grasa, estabilizando la suspensión.

Tanto las proteínas miofibrilares como las sarcoplásmicas pueden llevar a cabo esta emulsificación. Sin embargo, las proteínas miofibrilares son absorbidas en la interfase agua/grasa de manera preferencial. De ellas, la miosina libre (no unida a la actina), es la más absorbida. Cuando las proteínas miofibrilares entran en la interfase, pierden su capacidad de unir agua. De este modo si todas las proteínas miofibrilares fueran utilizadas en la emulsificación, la capacidad de retención de agua del producto final sería baja (Price y Schweigert, 1994).

Una vez que las partículas de grasa se envuelven de proteína se forma la emulsión. Después esta es estabilizada con la desnaturalización proteica asociada al tratamiento

térmico. Las proteínas miofibrilares forman un gel fuerte, las proteínas sarcoplásmicas, sin embargo, dan lugar a geles débiles que no contribuyen a estabilizar el producto.

Las proteínas que forman la interfase agua/grasa pueden desempeñar su función sólo una vez. Si la interfase se rompe durante alguna de las fases del procesado, se requiere nueva proteína para formar la emulsión.

Las proteínas miofibrilares unen agua por medio del hinchamiento de la estructura proteica, por lo tanto el agua es atrapada tanto por la estructura como unida a las cargas negativas de la proteína. Esta agua ligada aumenta al incrementar el número de cargas negativas de la proteína al alejarnos de su punto isoeléctrico. La adición de fosfatos alcalinos y sal favorece la inhibición. La acción mecánica de picado fino incrementa el hinchamiento de la estructura proteica y ayuda a la extracción de la proteína soluble que forma la interfase agua/grasa. El hinchamiento y la extracción proteica tienen lugar más eficientemente a temperaturas bajas ( $\approx 3^{\circ}\text{C}$ ) (Guerrero y Arteaga, 1990).

#### **1.4.3. Desarrollo de una emulsión cárnica**

La pasta fina es una emulsión tipo aceite en agua donde las proteínas son los emulgentes. En una emulsión cárnica las gotas de grasa están recubiertas de proteína que le dan estabilidad a la emulsión, ya que se unen a los dipolos del agua formando la interfase.

Generalmente, cuando un producto mejora la capacidad de retención de agua tiene también capacidad emulgente, siendo también consideradas como emulgentes a las proteínas porque forman un gel alrededor de la gota de grasa que retiene el agua.

Cabe mencionar que existen tres interacciones que concurren en la formación de las emulsiones cárnicas:

- Interacción agua-proteína
- Interacción proteína-grasa
- Agregación proteína-proteína, que son las responsables de la capacidad de retención de agua, formación de emulsión y gelificación (Carballo y López, 1991).

Dentro de las proteínas cárnicas son las miofibrilares las que tienen mayor capacidad emulsificante, por lo que funcionan bien como estabilizadores para estos productos. Estas tienen componentes que interactúan muy bien con la grasa y el agua y a cierta temperatura forman un gel que se fija con el calor, además las proteínas miofibrilares son las responsables del desarrollo del rendimiento y la textura en las carnes finamente picadas, por esto es muy importante la interacción de las proteínas miofibrilares de la carne magra, con los ingredientes no cárnicos, el agua y la grasa, cuando ésta es incluida en la formulación (Secofi, 2000).

Un procedimiento típico de formación de emulsión en un plato de picadora, comienza con la adición de carne magra rica en proteínas miofibrilares añadiendo después la sal. Se inicia el picado, manteniendo la temperatura por debajo de 3°C, parte del hielo y la desintegración continúa hasta alcanzar una temperatura de 7°C, en este instante, se añade el hielo restante, permitiendo que se absorba, finalmente la carne grasa junto con el resto de ingredientes. El picado continúa hasta alcanzar una temperatura de 13-18°C.

Si el picado continuase hasta los 21°C, la emulsión podría romperse, causando la separación de la grasa durante la fase de tratamiento térmico. Ya que las proteínas una vez utilizadas no pueden participar de nuevo en la formación de la interfase, las partículas grasas se aglomerarían y dejarían de permanecer en suspensión (Klettner, 1986; Price y Schweigert, 1994).

La grasa debe de estar en un estado plástico para formar una emulsión estable. Así se recomienda una temperatura final de picado de 13°C cuando se utilizan grasas de cerdo y de 18°C cuando son de bovino. Una vez formada la emulsión, esta se encuentra en un estado inestable. El producto ha de ser embutido y tratado térmicamente tan pronto sea posible.

Los embutidos estables no muestran defectos como grasa no emulsificada, pérdida de agua no unida, o gelatina en su superficie o en el interior. Sin embargo, frecuentemente aparecen cúmulos de grasa libre o gelatina en el interior de los embutidos. Aunque pueden ser indicativos de emulsiones básicamente inestables, a veces son el resultado de

fallos mecánicos durante el procesado. Un ejemplo es la incorporación de aire en las emulsiones muy viscosas durante el picado o el embutido, que producen espacios de aire en los embutidos cocidos. Las emulsiones sometidas a presión al ser confinadas en tripas o moldes metálicos apretados son mucho menos susceptibles de sufrir la ruptura de la emulsión. Cuando el aire persiste en la emulsión, es frecuente que se rellenen los huecos con grasa o gelatina durante la cocción, particularmente cuando las emulsiones son de por sí inestables. El problema puede resolverse a menudo eliminando la causa que crea los espacios de aire y sometiendo a la emulsión a una presión uniforme durante el embutido.

La grasa libre no emulsificada se acumula formando dos coberturas en los extremos del embutido o, cuando la ruptura de la emulsión es lo suficientemente severa, forma una cobertura grasa en todo el embutido. Un defecto menos extremo pero menos desagradable es la existencia de una fina película de grasa en la superficie del embutido. Los problemas de grasa libre o superficie grasa se pueden resolver generalmente prestando atención a la formulación, a la preparación de la emulsión y al tratamiento térmico. La grasa libre se previene favoreciendo la extracción proteica que emulsifique toda la fase lipídica (Price y Schweigert, 1994).

El tratamiento térmico en diferentes formas (métodos de calentamiento seco como húmedo) son indispensables para la gran mayoría de los productos cárnicos, este proceso físico tiene sus efectos técnicos (ligazón de las masas o coagulación de las proteínas). El objetivo del calentamiento es:

- 1) Fijar la proteína por coagulación y así estabilizar la emulsión o mezcla.
- 2) Permitir la conversión de la mioglobina en presencia de óxido nítrico (NO) a nitrosilmiocromógeno.
- 3) Pasteurizar parcialmente el producto destruyendo las formas vegetativas de los microorganismos.

Este último caso, la temperatura alcanzada destruirá la mayoría de los microorganismos excepto las esporas bacterianas y fúngicas. En la fabricación de embutidos se realiza el tratamiento preferiblemente a temperaturas internas de +72 °C. Esta temperatura logra la

inactivación de un gran número de microorganismos en el producto. Pero también es un hecho que todos los gérmenes esporulados (grupo bacilo y clostridio) que soportan estas temperaturas sobreviven el escaldado (cocción) y pueden crecer posteriormente si se dan condiciones favorables como almacenamiento con poca o sin refrigeración (Heinz, 1986).

## **1.5. Subproductos cárnicos**

### **1.5.1. Productos cárnicos cocidos de acuerdo a la NOM-213-SSA1-2002**

La definición del producto cárnico cocido de acuerdo a la clasificación de la NOM-213-SSA1-2002, Son a los elaborados con carne, vísceras, sangre o sus mezclas, curados o no, que son sometidos a un proceso térmico. Pueden presentarse enteros, en cortes, emulsionados o troceados.

#### **1.5.1.1. Pastel de carne**

Para los efectos de la Norma NMX-F-203-1971, se entiende por "Pasteles de Carne", a los productos alimenticios obtenidos de una mezcla a base de carne, grasa de cerdo y carne de res, picadas, saladas, curadas y molidas, agregándole el ingrediente específico que determina el nombre del producto.

El curado y preparación de la carne se efectúa con una mezcla de cloruro de sodio, nitrito y nitrato de sodio, fosfato de sodio, azúcares, condimentos, saborizantes y conservadores, enfriando la carne antes de curarla, de 0 a 7 °C.

El cocimiento se efectúa en condiciones de tiempo y temperatura, variables a juicio del productor, en tal forma, que se logre un cocimiento completo, siendo la temperatura mínima de 70°C.

Este producto debe cumplir con las especificaciones químicas y físicas del Cuadro 3.

**Cuadro 3. Especificaciones del pastel de carne**

Especificaciones	Mínimo	Máximo
<b>% Humedad</b>	----	65
<b>% Grasa</b>	8.0	----
<b>% Proteína</b>	14.0	----
<b>Nitritos</b>	----	200 ppm

Fuente: NMX-F-203-1971

### 1.5.1.2. Funcionalidad de los ingredientes

La selección de los ingredientes cárnicos es algo indispensable en la manufactura de todos los embutidos. Las más deseadas son las carnes esqueléticas magras obtenidas principalmente de vacuno y las porcinas más magras del cerdo. Los recortes grasos de bovino y de cerdo proporcionan la mayor parte de la grasa de la fórmula del embutido. Es mejor la grasa porcina debido a su punto de fusión más bajo.

Los diferentes tejidos animales varían en el contenido en agua, grasa, proteína y pigmentos. El tipo de proteína, miofibrilar (contráctil) o colágeno, es también importante. Estas proteínas varían en sus propiedades de unión. Se consideran carnes con altas propiedades de ligazón los tejidos esqueléticos magros de bovino, cerdo y oveja (Carballo y López, 1991).

#### Agua

El agua es el componente predominante en los embutidos cocidos, donde alcanza aproximadamente el 45-55% del peso total. El nivel exacto varía, dependiendo de la cantidad añadida durante la preparación así como también de la relación carne magra/grasa del embutido.

Las proteínas cárnicas deben estar solubilizadas y dispersadas para funcionar eficazmente. El agua sirve como solvente de la sal que forma la salmuera necesaria para extraer las

proteínas solubles en disoluciones salinas. Si no hay suficiente agua en una emulsión, limitamos la capacidad emulsificante potencial de la carne (Carballo y López, 1991).

El agua influye en la palatabilidad disminuyendo la dureza y la jugosidad del producto final. El agua y la grasa son los determinantes más importantes de estos dos parámetros de calidad. Aumentando el contenido de humedad, aumentan la jugosidad y disminuye la dureza del embutido.

Durante la preparación del embutido, el batido y la mezcla en el cutter generan calor. Un calentamiento excesivo favorece la inestabilidad de la emulsión. Para permitir el tiempo necesario para que ocurra la adecuada desintegración, de modo que el embutido final tenga la textura deseada, se añade hielo picado. El agua también sirve para impartir las características reológicas apropiadas a la emulsión. Las emulsiones muy viscosas son más sensibles a la disrupción física durante el procesado que emulsiones similares de menor viscosidad (Ambrosiadis y Klettner, 1984).

### **Proteína**

Las carnes magras contribuyen en gran medida a la estabilidad de la emulsión y a las propiedades físicas del producto final. Durante el batido o formación de la emulsión, las proteínas desempeñan dos funciones:

- 1) Encapsular o emulsionar la grasa
- 2) Unir agua

Si cualquiera de estas funciones no se lleva a cabo adecuadamente, el embutido será inestable y susceptible a la separación de las fases durante la cocción.

Desde el punto de vista del fabricante de embutidos, la fracción de músculo que contiene las proteínas miofibrilares solubles en disoluciones salinas es más importante que la fracción sarcoplásmica que contiene proteínas solubles en agua. Aproximadamente el 55% de toda la proteína muscular es miofibrilar, constituida principalmente por actina y miosina. Durante la fase de rigor, ambas se combinan para formar actomiosina. Las



proteínas disociadas son más fácilmente extraíbles y tienen una mayor capacidad para hincharse y tomar agua. Tras la fase de rigor el hinchamiento y la extractabilidad dependen principalmente de la temperatura y del pH final.

### **Grasa**

La grasa contribuye en gran medida a la palatabilidad de los embutidos, pero también es el origen de muchos problemas de procesado. Es necesario un estricto control en todo el proceso de elaboración para que la coalescencia de la fracción grasa sea mínima. La grasa también influye en la dureza y la jugosidad de los embutidos cocidos.

La grasa se añade a las emulsiones en forma de recortes grasos de vacuno o cerdo. Como la grasa de cerdo es más blanda y funde a temperaturas más bajas que la de vacuno, son más fáciles de picar. Durante el picado, la grasa de vacuno requiere una temperatura más alta que la grasa de cerdo (Carballo y López, 1991; Secofi, 2000).

### **Ingredientes no cárnicos**

De los aditivos permitidos en la NOM Oficial NOM-213-SSA1-2002, se describen a continuación los empleados en el producto cárnico cocido elaborado en el presente trabajo.

### **Sal**

La sal es el ingrediente no cárnico más común en los embutidos. El producto final contiene 1- 5% de sal, que desempeña las siguientes funciones:

- 1) Da sabor
- 2) Funciona como conservante
- 3) Solubiliza proteínas

La inmensa mayoría de los embutidos cocidos contienen 2 - 2.5% de sal. La sal sirve como conservante retardando el crecimiento microbiano, comportándose más bien como bacteriostático que como agente bactericida. Su efectividad depende de la concentración.

La acción conservante de la sal en el embutido se ve favorecida por la presencia de nitritos, y en menor medida, también por la de nitratos.

La capacidad de la sal para solubilizar las proteínas miofibrilares es de importancia capital si se desea elaborar un embutido con éxito. Estas proteínas solubilizadas sirven como envoltura a las partículas de grasa y unen agua, dando lugar a una emulsión estable. Es el cloruro y no el sodio el principal ion responsable en el efecto de unión de agua y grasa. El nivel de sal más efectivo en crear dicho efecto es de 4-4.5%. Por esta razón durante el picado y la mezcla añadimos la sal a la proporción de carne magra de la fórmula y una vez que la solubilización proteica haya tenido lugar, añadimos la carne grasa.

A pesar de su contribución al éxito en la elaboración de embutidos, la sal constituye un elemento indeseable. Favorece al desarrollo de enranciamiento de la grasa, disminuyendo así la vida útil de almacenamiento del producto ya sea en congelación o refrigeración, en productos tanto curados como no curados. Esto se debe a la acción de los metales pesados que posee la sal como impurezas, así como también al efecto oxidante de la sal por sí misma (Castillo, 2001).

### **Edulcorantes**

La sacarosa, la glucosa, el jarabe de maíz, etc. son los principales edulcorantes utilizados en los productos embutidos. Se utilizan para dar sabor por sí mismos y para mitigar o enmascarar el sabor desagradable de la sal. Los azúcares son higroscópicos y así ayudan a ligar agua.

### **Espicias y saborizantes**

Condimento es un término que se aplica a todo ingrediente que, bien por sí mismo, bien en combinación, confiere sabor a un producto alimenticio. En los embutidos se emplean mezclas de varias especias. La función de los condimentos y especias es la de realzar sabores y color. Su uso está sujeto a lo que son las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF).

### **Agentes ligantes y de relleno**

Hay una serie de productos no cárnicos que se puede incorporar a la carne en los embutidos. A estas sustancias se les denomina de ligazón o de relleno o también llamadas estabilizantes o emulsificantes. Se añaden en las formulaciones por alguna de las siguientes razones:

- 1) Para favorecer la estabilidad de la emulsión
- 2) Aumentar el rendimiento en el tratamiento térmico
- 3) Mejorar las características de rebanado
- 4) Mejorar el sabor
- 5) Reducir los costes de formulación

Su empleo es estrictamente regulado. Muchos de ellos realizan funciones útiles en los sistemas cárnicos contribuyendo a la ligazón del agua y la grasa, algunos llegan a afectar el color, el sabor y la textura de los productos. Su uso se limita generalmente al 3.5%, con la excepción de la proteína de soya con un límite en el 2%. Ya que muchos emulsionantes son higroscópicos, su empleo ha de ser muy cuidadoso. Si absorben agua de la mezcla prematuramente podrían interferir la acción de la salmuera en la solubilización de las proteínas miofibrilares (Secofi, 2000; Carballo y López 1991).

Las proteínas de soya incluyen la sémola o harina (50% de proteína), el concentrado (79%) y el aislado (90%). Conforme el contenido proteico disminuye, el sabor aumenta. Su sabor no se hace manifiesto hasta después de muchos días o semanas en almacenamiento en refrigeración. La proteína aislada de soya es un buen agente ligante, funcionando en la emulsión de manera semejante a la proteína cárnica. Sin embargo las proteínas de soya, en sus diferentes formas sea como harinas, concentrados o aislados son muy usadas en los productos cárnicos por sus propiedades funcionales y su costo relativamente bajo con respecto a la carne magra, por lo que han sido incorporadas en estos productos por su capacidad de retención de agua y de ligazón de grasa, incremento en la estabilidad de la emulsión y el incremento en los rendimientos del producto final (Ospina *et al.*, 2011).

## **Agentes Curantes**

Se utiliza el nitrato sódico o potásico a niveles de  $\leq 62\text{g}$  por cada 100kg de carne. Los nitritos sódicos se emplean en todos los embutidos curados a niveles de 13g por cada 100 kg de carne (156ppm). El nitrito reacciona químicamente con la mioglobina del músculo formando nitrosomioglobina que da el color y sabor de curado a la carne, además tiene un efecto antioxidativo.

## **Polifosfatos**

Se puede usar un conjunto de fosfatos alcalinos en los embutidos cocidos. Los más comunes son el tripolifosfato sódico, el pirofosfato tetrasódico, entre otros, solos o en asociación. Realizan las mismas funciones que en las salmueras. Las funciones en productos cárnicos son: reducir la humedad durante la cocción, mejorar el sabor de cocción, aumentar la disolución de las proteínas cárnicas lo que ayuda a tener mayor interacción entre las piezas musculares, inhibir la rancidez oxidativa secuestrando cationes multivalentes, estabilizar el color, reducen la viscosidad y ayudan a estabilizar la emulsión entre la grasa y las proteínas en los productos cárnicos (Price y Schweigert, 1994; Vidal, 1997).

### **1.6. Evaluación de la estabilidad de la emulsión cárnica**

Una forma de evaluar la estabilidad de la emulsión cárnica es a través de rebanabilidad y resistencia a la deformación donde se describen a continuación:

#### **1.6.1. Rebanabilidad**

La obtención de productos cárnicos rebanados debe facilitar al procesador la estabilidad de la emulsión cárnica, además de conservar su integridad durante el rebanado, favorecer la obtención de rebanadas de diferente grosor a los operarios que se encargan de realizarla, facilitando también su envasado. Tomando en cuenta el gusto del consumidor, se le ofrecen diferentes tipos de rebanadas, en su presentación envasada o

a granel. Es una característica de calidad que busca el consumidor y que se debe cuidar en estos productos.

Una emulsión está hecha de dos sustancias que no se mezclan normalmente, grasa y agua. Las proteínas miofibrilares como la miosina y actina son importantes porque estabilizan la grasa y el agua en el sistema, y permiten que se forme una mezcla homogénea. Durante la formación de la emulsión, el asegurar que las proteínas permanezcan intactas es importante para el producto final y para su habilidad durante el rebanado. Esto tiene una importancia económica por que las emulsiones cárnicas representadas por mortadelas o pastel de carne requieren de ser rebanados para su venta ya sea envasado, o al menudeo a granel. El sobre procesado o las altas temperaturas durante el procesamiento pueden causar que las proteínas en estos sistemas cárnicos se desnaturalicen y por lo tanto se rompa la habilidad de las proteínas de ligar la grasa.

La rebanabilidad también se puede ver afectada en formulaciones en donde hay una alta proporción de grasa / proteína lo que propicia una emulsificación inapropiada.

Otro paso crítico para desarrollar buena rebanabilidad en el producto es esencial tomar en cuenta la forma y tamaño de la pieza, porque prepara al producto para la manera en que éste se desempeñará durante el rebanado. Una de las más importantes recomendaciones para una buena rebanabilidad involucra el equipo de rebanado. Estas máquinas tienen la habilidad de cortar barras de producto congeladas y temperadas. Todos estos sistemas usan cuchillas y cuchillos de algún tipo. El afilado de estas cuchillas y asegurar el adecuado mantenimiento de estas cuchillas es crítico para lograr altos rendimientos y una buena rebanabilidad (Alvarado y Johnson, 2007).

### **1.6.2. Resistencia a la deformación**

Uno de los métodos más ampliamente utilizados para evaluar la textura de alimentos sólidos consiste en medir su resistencia a la penetración de un dispositivo rígido en el

seno del material. De esta forma se mide la cohesión interna del producto, que suele estar relacionada con otras características de interés para su manipulación en el curso de las operaciones industriales y con su calidad para su consumo. Un ejemplo es el penetrómetro Fruit Pressure Tester, donde este instrumento consiste esencialmente de un vástago cilíndrico unido a un dinamómetro (muelle calibrado en libras o en kilogramos), que mide la resistencia mecánica del material al avance del vástago hasta una determinada señal (Aguilera y Alvarado, 2001). Aunque este instrumento se utilizó para frutas, se utilizó para la evaluación de las muestras del producto cárnico, donde en este caso las medidas fueron realizadas con las debidas precauciones, las 5 determinaciones mediante punción, se hicieron alrededor de cada rebanada del producto, con el cuidado de aplicar la misma fuerza y el mismo evaluador. Este método permite cuantificar de alguna manera la textura del producto cárnico por lo que mejora la simple evaluación manual y visual. Los resultados obtenidos son en lb/f o kg/f.

### **Justificación**

Para la elaboración de los diversos productos cárnicos procesados y para consumo en fresco, se prefiere el uso de carne de los cuartos traseros debido a que poseen una mayor ternura, palatabilidad y jugosidad, por el contrario, la carne de los cuartos delanteros de bovino, es considerada como de baja o pobre calidad comercial. Por ello en el presente trabajo se busca el desarrollo de nuevos productos de alto valor agregado, a partir de esta materia prima de segunda calidad. Por otro lado el uso de ingredientes funcionales de aplicación en la industria cárnica como los aislados o concentrados proteicos de soya, favorecen una mayor estabilidad en productos cárnicos cocidos, durante periodos más prolongados de almacenamiento en refrigeración, por lo que se plantea además estudiar la adición de proteína aislada de soya en el desarrollo de un producto cárnico emulsionado y evaluar su efecto en la estabilidad.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de la adición de proteína aislada de soya (PAS), en la estabilidad de una emulsión cárnica cocida elaborada a partir de carne del cuarto delantero de bovino y recorte de cerdo, mediante resistencia a la deformación y rebanabilidad.

### **Objetivos Particulares**

1. Evaluar la estabilidad de un producto cárnico cocido formulado con 2 concentraciones de proteína aislada de soya (2 y 4 %) mediante la determinación de la resistencia a la deformación.
2. Evaluar la estabilidad de un producto cárnico cocido formulado con 2 concentraciones de proteína aislada de soya (2 y 4 %) mediante rebanabilidad.

### **Hipótesis**

La adición de proteína aislada de soya (PAS) en la elaboración de un producto cárnico cocido presentará un efecto positivo en la estabilidad de la emulsión, que se verá reflejada en la resistencia a la deformación y la rebanabilidad del producto tras dos semanas de almacenamiento en refrigeración a 4 °C.

A continuación se presenta el cuadro metodológico, donde se describe la forma en que se llevó a cabo el desarrollo experimental del proyecto.

# **Capítulo 2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**



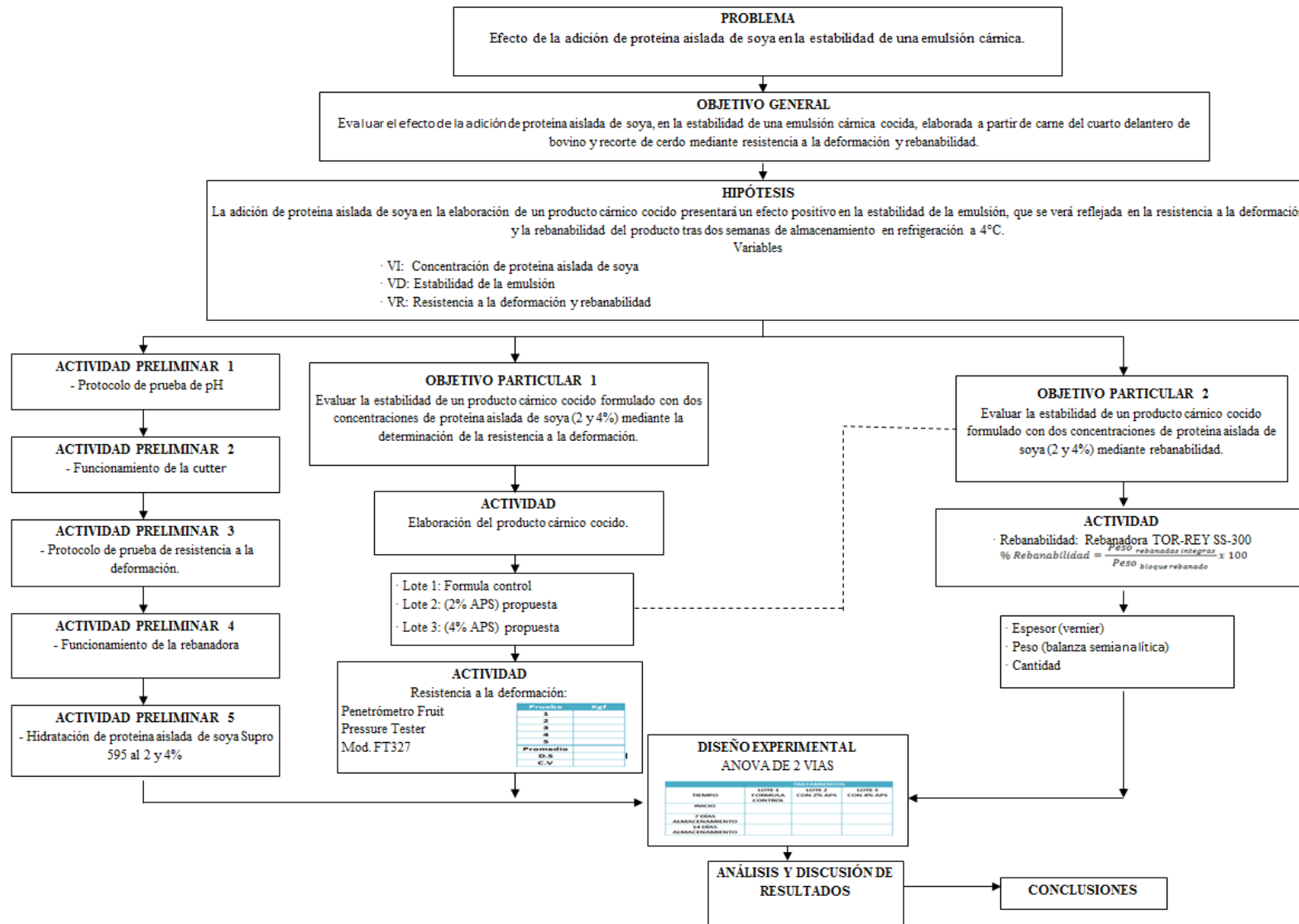


Figura 6. Cuadro metodológico

## 2.1. Materia prima cárnica

Se trabajó con carne del cuarto delantero de bovino proveniente de hembras de especie *Bos taurus* de raza fenotipo Hereford, Charolais y cruza de razas europeas de 24 meses de edad, alimentados al pastoreo. La carne fue envasada al vacío y almacenada a  $-20^{\circ}\text{C}$  con un periodo de dos años. En la formulación, también se trabajó con carne de cerdo; lomo y recorte, este último con un contenido aproximado de 30-70% (proteína/grasa).

### 2.1.1. Caracterización de la materia prima cárnica

Para la elaboración del producto cárnico se realizó un acondicionamiento de la materia prima cárnica, donde fue limpiada y troceada en piezas de 5cm; la carne de res, lomo y recorte de cerdo, se empacaron en bolsas de plástico, fueron pesados y separados por lotes.

### 2.1.2. Determinación de pH de la materia prima cárnica

Se determinó el pH a los tres diferentes tipos de materia prima cárnica: cuarto delantero de bovino, lomo y recorte de cerdo con un potenciómetro Orión Mod. KNIpHE y electrodo de inmersión. Fue calibrado con soluciones buffer, y las lecturas de los valores de pH se tomaron en tres réplicas de las diferentes muestras de materia prima cárnica por triplicado (Figura 7 A).

### 2.1.3. Congelación de la materia prima cárnica

Una vez separada por lotes, la materia prima cárnica fue colocada en una cámara de congelación a una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  para posteriormente utilizarla en la elaboración de cada uno de los lotes experimentales (Figura 7 B).

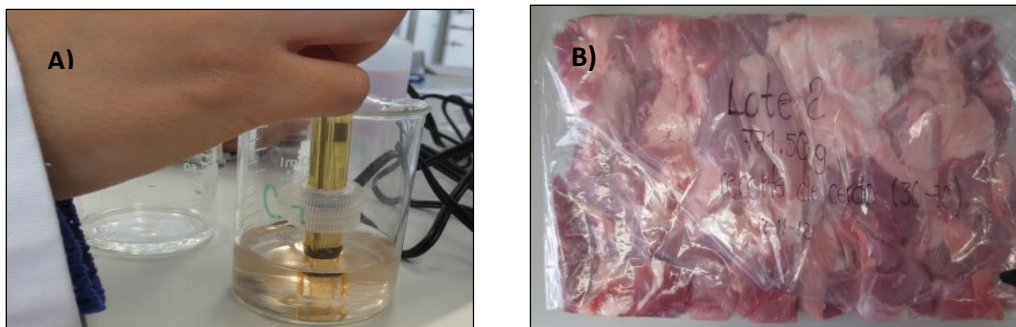


Figura 7. A) Determinación de pH de la materia prima cárnica, B) Separación por lotes

## 2.2. Desarrollo de las formulaciones adicionadas o no de proteína aislada de soya (PAS)

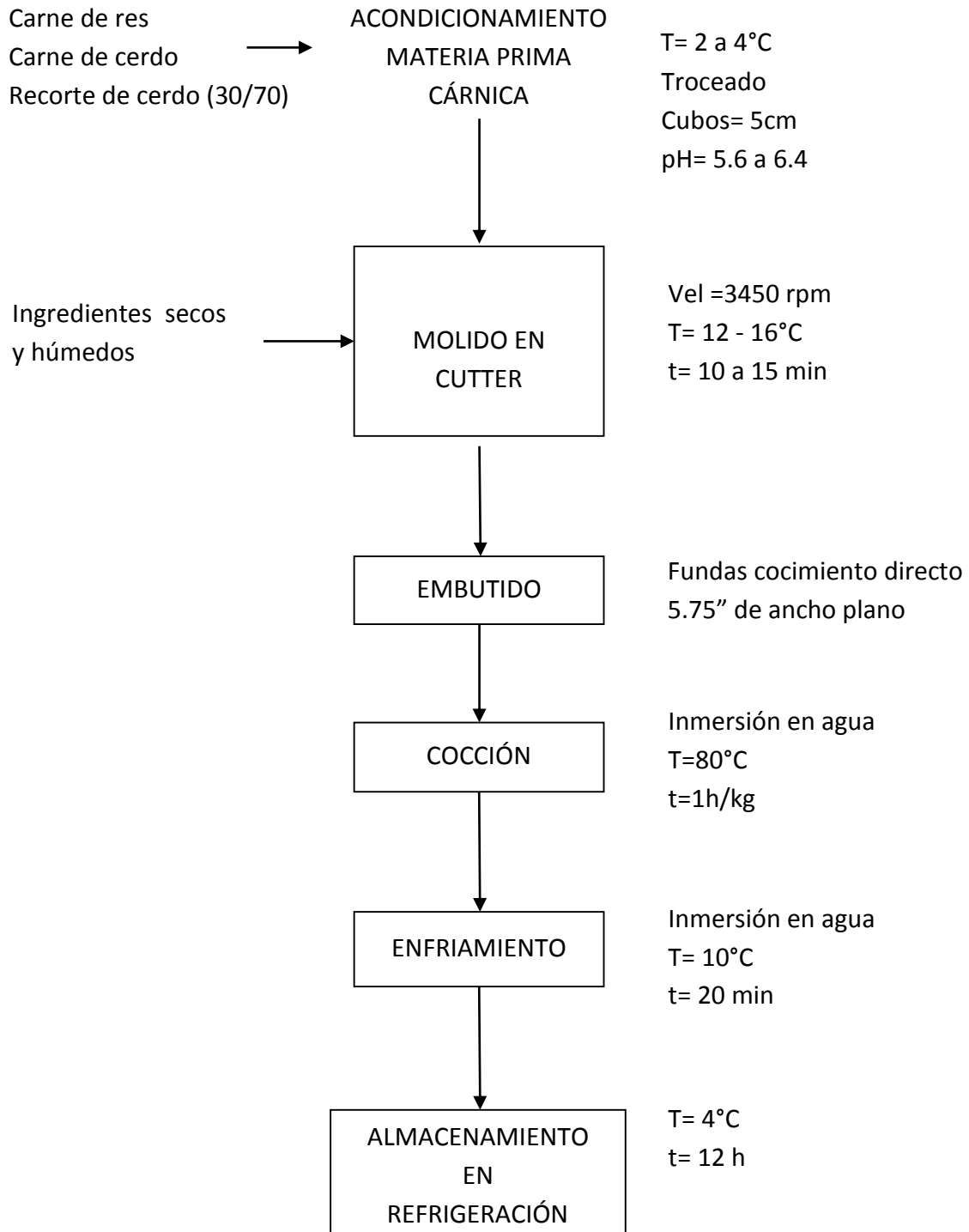
Se desarrolló la formulación a utilizar para la elaboración del producto cárnico cocido, tomando en cuenta como referencia una formulación conocida de *pastel de carne* (Pérez, 2005; 2010) y basándose en la normatividad del producto NOM-213-SSA1-2002 Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba y NMX-F-203-1971 Pastel de carne, así como el contenido de la materia prima cárnica a utilizar, recorte de cerdo 30-70%. En el Cuadro 4 se muestra la formulación.

**Cuadro 4. Formulación para los tres lotes del producto cárnico**

INGREDIENTES	FÓRMULA PORCENTUAL (%)		
	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3
<b>MP cárnica:</b>			
• Carne de Res	31.13	31.13	31.13
• Carne de Cerdo (Lomo)	24.45	24.45	24.45
• Recorte de Cerdo 30-70%	22.23	22.23	22.23
Hielo Frappé	15.56	15.56	15.56
<b>Aditivos:</b>			
• Fécula de maíz	3.11	3.11	3.11
• Proteína aislada de soya	---	2.0	4.0
• Sal Común	1.24	1.24	1.24
• Sal cura	0.23	0.23	0.23
• Tripolifosfato de sodio	0.38	0.38	0.38
• Azúcar	0.23	0.23	0.23
• Cebolla en polvo	0.23	0.23	0.23
• Ajo en polvo	0.07	0.07	0.07
• Condimento	1.12	1.12	1.12
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

**Nota:** Formulación basada en el total de los ingredientes + la adición de proteína aislada de soya.

### 2.3. Diagrama de proceso del producto cárnico



## 2.4. Elaboración de lotes experimentales

Se prepararon 3 lotes: 1) Fórmula control sin proteína aislada de soya (PAS), 2) con PAS al 2% y 3) con PAS al 4%.

### 2.4.1. Hidratación de la Proteína aislada de soya

Se utilizó la proteína aislada de soya marca Supro-595 que es una proteína que se utiliza para la elaboración de diversos productos cárnicos, ya que tiene propiedades de emulsificar y mejorar la rebanabilidad de los productos. Para la hidratación de la proteína al 2% se dispersaron 96 g de PAS en 480 ml de agua potable fría, utilizando un agitador magnético y para el 4% se utilizó 192 g de PAS en 780 ml de agua, donde cada una de las dispersiones de 2% y 4% de PAS se almacenaron en refrigeración para posteriormente adicionarlas en los lotes 2 y 3.

### 2.4.2. Desarrollo de los productos cárnicos

Se elaboraron los lotes experimentales según las siguientes etapas:

#### a) Acondicionamiento, descongelado y troceado

Para la elaboración de producto cárnico cocido, se utilizó carne del cuarto delantero de bovino, lomo y recorte de cerdo, donde fueron descongeladas hasta llegar a una temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$  y cortadas en cubos de 3 cm mediante el uso de cuchillo y tabla de picar (Figura 8).

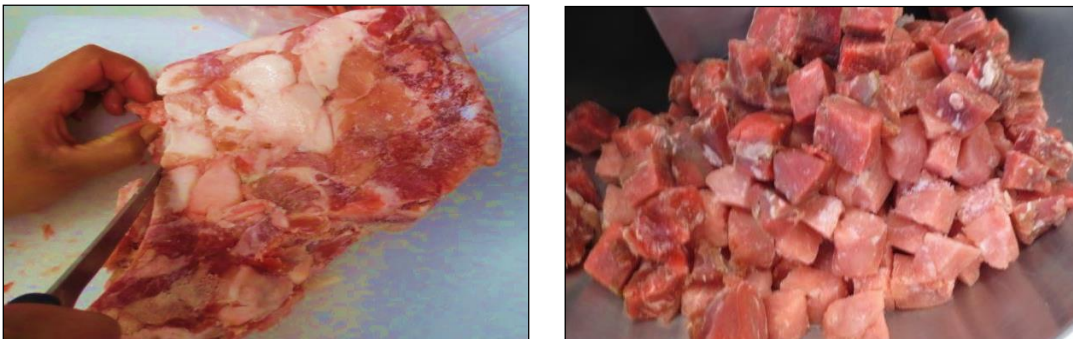


Figura 8. Acondicionamiento de la carne

**b) Molienda en Cutter:**

Se realizó la molienda en un equipo cutter marca Hobart, Mod. 84181D con capacidad de 15 kg de producto, la cual permite el triturado y amasado simultáneamente. Siguiendo un orden y procedimiento de la trituración se incorporó primero la carne de res y lomo de cerdo en trozos, después la sal, sustancias de curado y fosfatos, se mezcló hasta obtener una pasta gruesa pero uniforme (Figura 9).



**Figura 9. Molienda de carne de res y cerdo en la cutter**

Se agregó el hielo lentamente para favorecer la formación de la emulsión de la pasta (Figura 10).



**Figura 10. Adición de hielo a la pasta**

Se incorporó el recorte de cerdo (30/70) y se continuó la molienda hasta obtener una pasta uniforme, fina y bien ligada (Figura 11). Finalmente se adicionaron los condimentos y ligadores (Figura 12). Para la realización de los lotes 2 con PAS al 2% y lote 3 con PAS al 4% se adicionó la proteína aislada de soya ya hidratada, al término de la molienda (Figura 13).





**Figura 11. Pasta cárnica con recorte de cerdo**



**Figura 12. Adición de condimentos y ligadores**



**Figura 13. Pasta terminada**

**c) Embutido**

Se embutió la pasta, en fundas de cocimiento directo de 5.75" de ancho plano y fueron pesadas de tal forma que cada producto fuera de 500g (Figura 14).



**Figura 14. Embutido del producto**

**d) Cocción**

Los productos se cocieron por inmersión en agua a 80°C, una hora por kilogramo de producto para garantizar que el centro geométrico de las piezas alcanzara 72°C. Este tratamiento térmico es un punto crítico de control durante el proceso para eliminar la carga microbiana y lograr la cocción y consistencia del producto (Figura 15).



**Figura 15. Cocción del producto cárnico**

**e) Enfriamiento y almacenamiento**

Al finalizar el proceso térmico, los productos fueron sometidos a un proceso de enfriamiento por inmersión en agua a una temperatura de 10 °C durante un tiempo de 20 minutos. Y fueron almacenados en refrigeración a 4 °C (Figura 16).



**Figura 16. Enfriamiento por inmersión en agua del producto**



Los 3 diferentes lotes de producto cárnico, fueron almacenados en refrigeración a 4°C durante un periodo de 14 días. Se evaluaron rebanabilidad, pH y resistencia a la deformación al inicio y a los días 7 y 14.

## **2.5. Evaluación de productos cárnicos**

### **2.5.1. Rendimientos de las formulaciones desarrolladas**

Se embutió la pasta cárnica terminada, en fundas de cocimiento directo de 5.75" de ancho plano y fueron pesadas de tal forma que cada producto fuera de 500 g y así se obtuvieran un total de nueve muestras de cada lote, se pesó la pasta cárnica restante para determinar el porcentaje de rendimiento obtenido en cada uno de los tres lotes elaborados del producto cárnico y se determinó el porcentaje de rendimiento de la siguiente manera:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{(\text{kg de producto terminado del lote} + \text{kg de pasta restante del lote}) \times 100\%}{\sum \text{kg de ingredientes por Lote}}$$

### **2.5.2. Rebanabilidad**

Se utilizó una rebanadora marca TOR-REY SS-300 (Figura 17) que consta de una cuchilla circular con sistema de soporte que sujeta las piezas cárnicas y un dispositivo de seguridad que protejan al operario. Estas máquinas permiten obtener rebanadas de escasos milímetros de grosor. Para esta evaluación se rebanó cada una de las muestras del producto cárnico cocido de los tres lotes experimentales, donde se pesaron las rebanadas integras obtenidas con una balanza semi analítica marca OHAUS. Para obtener el porcentaje de rebanabilidad del producto se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rebanabilidad} = \frac{\text{Peso rebanadas integras}}{\text{Peso bloque rebanado}} \times 100$$

**Ramírez, 2010**



Figura 17. Rebanadora marca TOR-REY SS-300

### 2.5.3. Evaluación de pH

Una vez obtenido el producto cárnico se realizó la medición de pH empleando un equipo potenciómetro Orion Mod. Five Star y electrodo de penetración con cuchilla de acero inoxidable que protege al bulbo del electrodo (Figura 18), este permite que al penetrar el producto cárnico, el bulbo entre en contacto con la muestra. Fue calibrado con soluciones buffer estándar pH= 4, 7 y 10, donde las lecturas de los valores de pH se tomaron por triplicado de las diferentes muestras del producto.



Figura 18. Potenciómetro marca Orión Modelo Five Star junto con electrodo de punción y soluciones Buffer de calibración

### 2.5.4. Evaluación de Resistencia a la deformación

Se utilizó un Penetrómetro Fruit Pressure Tester y punta de 11mm de diámetro (Figura 19). Consiste en un dispositivo cilíndrico de diferente diámetro unido a un resorte

calibrado y un indicador de caratula que registra en Lb o Kg la fuerza ejercida manualmente para que el dispositivo penetre hasta cierta distancia determinada por un tope. Para la evaluación de resistencia a la deformación se siguió el procedimiento que a continuación se describe.



**Figura 19. Penetrómetro Fruit Pressure Tester mod. FT327**

Se prepararon las muestras del producto a medir, rebanadas de 1cm de espesor, se insertó la punta de 11mm de diámetro al penetrómetro, donde esta punta se colocó a la muestra del producto presionando progresiva y gradualmente de tal forma que la aguja se moviera por secciones hasta que a través del dinamómetro proporcionara el valor de la máxima lectura, que es la que se tomó como medida. Este instrumento tiene una baja reproducibilidad de la medida debido a que la fuerza se aplica manualmente por lo que puede variar considerablemente los valores, sobre todo entre distintas personas. Cuando la medida la realiza una sola persona y ésta procura aplicar la fuerza de la misma manera, se consiguen valores más próximos entre sí.

## **2.6. Análisis Estadístico**

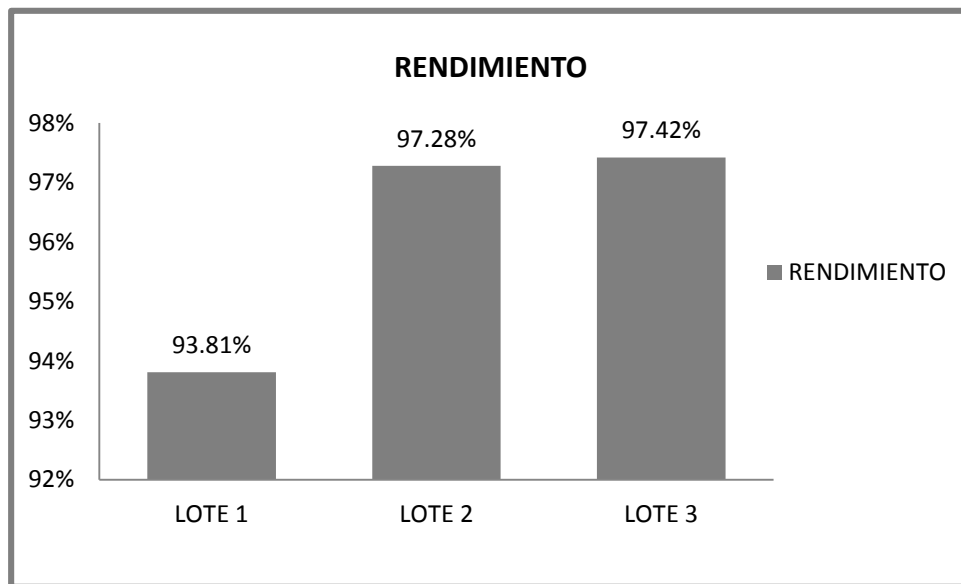
Los datos experimentales se recopilaron en una hoja de Excel del Office 2007 con el objeto de facilitar la construcción de gráficas, para después utilizarlo como base para el análisis estadístico ANOVA de dos vías para rebanabilidad, resistencia a la deformación y pH del producto cárnico, utilizando el programa Minitab Versión 14, mientras que para los valores de pH de la materia prima cárnica se calculó el promedio y la desviación estándar.

# **Capítulo 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### 3.1. Rendimiento de las formulaciones adicionadas de proteína aislada de soya

En la siguiente Figura 20 se reportan los resultados del porcentaje de rendimiento que se obtuvo para cada uno de los lotes experimentales en la elaboración del producto cárnico a través de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{(\text{kg de producto terminado del lote} + \text{kg de pasta restante del lote}) \times 100\%}{\sum \text{kg de ingredientes por Lote}}$$



**Figura 20. Porcentaje de rendimiento de los tres lotes**

En la Figura 20 muestra que para los tres lotes el rendimiento es mayor a 90% y que para los lotes 2 y 3 obtuvieron el mayor porcentaje de rendimiento en comparación con el lote control sin PAS, esto debido a la adición de proteína aislada de soya que proporciona beneficios, ya que a través de la retención de agua aumenta y mejora el rendimiento. Es decir por el aumento de las interacciones proteína-proteína y proteína-agua que genera la PAS, ayudando a mejorar la fijación de agua en los embutidos. Las proteínas no cárnicas se utilizan a menudo como agentes gelificantes en los productos de carne triturada para mejorar el rendimiento mediante la mejora de las propiedades de unión de agua, así como para estabilizar la emulsión (Lin y Mei, 2000; Pietrasik *et al.*, 2007). En general, de los tres

lotes el que obtuvo un mayor rendimiento fue el lote 3, sin embargo no hay mucha diferencia entre el valor de este (97.42%) con el del Lote 2 (97.28%), por lo que se recomienda en productos cárnicos emulsionados el uso de PAS al 2% debido a que genera la misma funcionalidad a menor costo y empleando menor cantidad de esta proteína en comparación con el 4% de PAS, siendo esto fundamental a nivel industrial.

De acuerdo con Akesowan, 2008 al incorporar PAS al 2% en salchichas mostraron significativamente mayor rendimiento de cocción, esto debido a la capacidad de retención de agua de la PAS. Sin embargo autores como Hoogenkamp, 1992 y Feng *et al.*, 2003 indican que el rendimiento funcional de la PAS en salchichas se ve afectada críticamente por su tratamiento previo a la aplicación, es decir, si la PAS se hidrata lo suficientemente antes de ser añadida a la mezcla cárnica, esta maximizara su rendimiento funcional.

### 3.2. Rebanabilidad de los lotes experimentales

Se procedió a realizar rebanabilidad a las muestras de los tres lotes elaborados del producto cárnico cocido, en los días 1, 7 y 14 de almacenamiento en refrigeración a una  $T = 4^{\circ}\text{C}$ . En el Cuadro 5 se muestran los valores de porcentaje de rebanabilidad que se obtuvieron con la ecuación ya descrita.

**Cuadro 5. Valores promedio de % de Rebanabilidad de los tres lotes**

TIEMPO	LOTE 1 CONTROL	LOTE 2 CON 2% PAS	LOTE 3 CON 4% PAS
<b>INICIO</b>	76.19	78.66	83.76
<b>7 DÍAS ALMACENAMIENTO</b>	83.23	80.90	82.14
<b>14 DÍAS ALMACENAMIENTO</b>	84.01	87.65	85.62

Después de tener los valores se realizó el análisis estadístico, análisis de varianza de 2 vías con el programa Minitab Versión 14 y un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ), donde los bloques fueron asignados al tiempo de almacenamiento y los tratamientos son los lotes:

control, con PAS al 2% y PAS al 4% y se plantearon dos pruebas de hipótesis que se consideran de la siguiente forma:

**Para Tratamientos:**

$$H_0 = \mu_{control} = \mu_{con\ PAS\ 2\%} = \mu_{con\ PAS\ 4\%}$$

$$H_1 = \text{no se acepta } H_0$$

**Para Bloques:**

$$H_0 = \mu_0 = \mu_7 = \mu_{14}$$

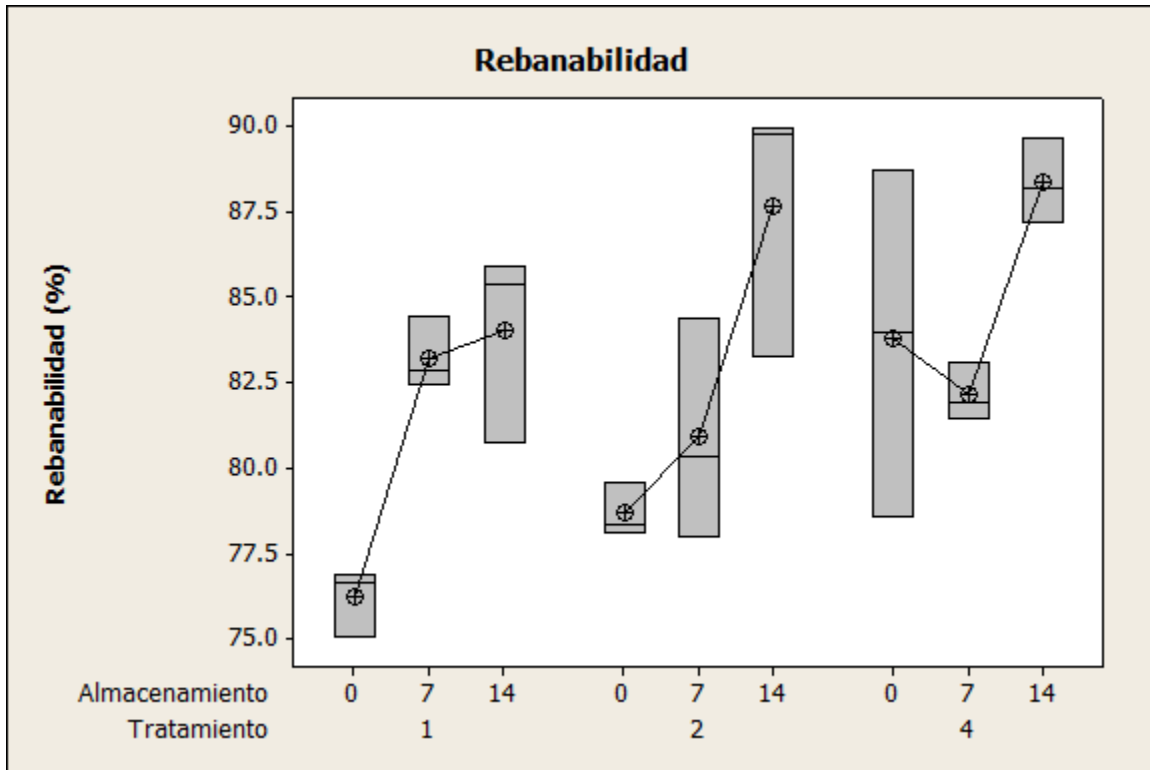
$$H_1 = \text{no se acepta } H_0$$

En el siguiente Cuadro 6, se muestra el ANOVA de 2 vías para aceptar o rechazar la prueba de hipótesis.

**Cuadro 6. Análisis de varianza para Rebanabilidad del producto cárnico**

Factor	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
Tratamiento	2	60.225	30.112	4.25	0.031
Almacenamiento	2	234.401	117.201	16.53	0.000
Interacción	4	69.822	17.455	2.46	0.082
Error	18	127.590	7.088		
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>492.037</b>			

De acuerdo con el análisis de estadístico, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  en ambos casos (tratamientos y bloques), debido a que el valor-p es inferior que  $\alpha$ , se encontró que realmente existen diferencias, tal como se puede apreciar en la Figura 21, que las medias de los valores de rebanabilidad son estadísticamente diferentes, lo que indica que el porcentaje de rebanabilidad se ve modificado por efectos de la adición de PAS y del tiempo de almacenamiento del producto. Lo anterior se puede deducir en parte por la actividad de la PAS en diferentes concentraciones (2 y 4%) dando una mayor integridad al sistema y que durante el periodo de almacenamiento en refrigeración del producto se establecen enlaces fuertes, que estabilizan el sistema emulsión cárnica, dando como resultado un producto con una estructura más firme y compleja y con ello mayores porcentajes de rebanabilidad.

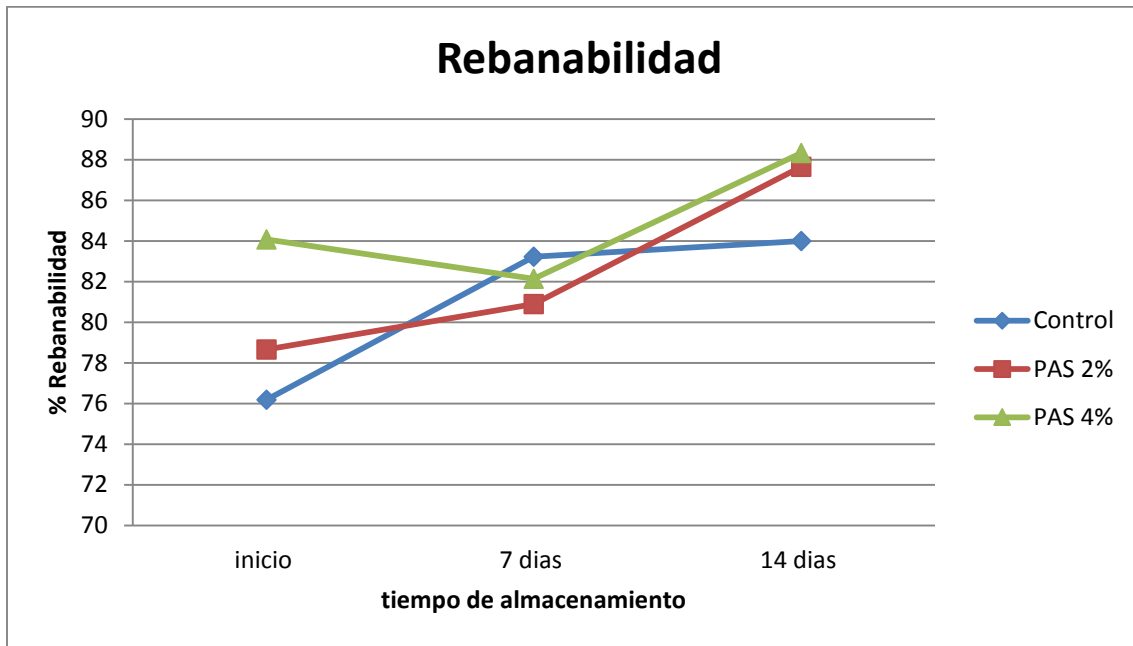


**Figura 21. ANOVA de 2 vías para rebanabilidad**

La Figura 22 muestra los resultados obtenidos en porcentaje de rebanabilidad donde se puede apreciar que para el Lote 1 Control sin contenido de PAS presenta valores más bajos de rebanabilidad que van de 76 a 84%, sin embargo a los 7 días de almacenamiento presenta un ligero aumento en rebanabilidad, en comparación con los otros dos lotes en el que sí se les adicionó proteína aislada de soya. En cuanto al Lote 2 con PAS al 2% presentó resultados de porcentaje de rebanabilidad de 79, 81 y 88% respectivamente y para el Lote 3 con PAS al 4% tuvo valores de 84, 82 y 88%. Cabe señalar que para los tres lotes se observó un aumento de porcentaje de rebanabilidad mientras transcurría el tiempo de almacenamiento, pero se obtuvieron resultados mucho más altos en los lotes 2 y 3, adicionados de PAS a concentraciones de 2 y 4% respectivamente. Estos aumentos se le atribuye a que conforme aumentaba el tiempo de almacenamiento en refrigeración la PAS le confiere un aumento de estabilidad al producto, es decir, el sistema se estabiliza con las proteínas que actúan como emulsificantes que son adsorbidos en la interfase, disminuyendo la tensión interfacial y el tamaño de partículas dispersas, además interactúan cuando dos gotas de la fase dispersa se aproximan impidiendo la floculación y



coalescencia (Kinsella, 1979) a lo que se refleja en obtener un producto estable con una buena habilidad en el rebanado y una mayor cantidad de rebanadas homogéneas.



**Figura 22. Rebanabilidad de los lotes experimentales**

De acuerdo con Alvarado y Johnson, 2012 las interacciones proteína-proteína son importantes para producir un producto con buena habilidad de ligado, lo que resulta en una buena rebanabilidad, donde estas interacciones de proteína se forman gracias a uniones intermoleculares, principalmente por proteínas funcionales como la actina y la miosina. Sin embargo estos autores también mencionan que son importantes las interacciones proteína-grasa para un buen rebanado, especialmente cuando se utilizan emulsiones para hacer barras de productos deli, salchichón Boloña, entre otros productos. Caso similar a este proyecto donde se desarrolló un producto cárnico a base de una emulsión, donde algo también importante a destacar es que, de acuerdo a Álvarez *et al.*, 2007; Secofi, 2000 hay muchos factores que pueden afectar la estabilidad de la emulsión y con ello la rebanabilidad del producto, por ello se tiene que tener cuidado en cada uno de estos factores: como la formulación del producto ya que incide en la estabilidad de la emulsión, el proceso mecánico utilizado, el orden de incorporación de los ingredientes, el tiempo de picado y control de la temperatura son muy importantes, así como el

tratamiento térmico porque estabilizan la grasa y el agua permitiendo que se forme una estructura sólida que durante la formación de la emulsión, el asegurar que las proteínas permanezcan intactas es sumamente importante para el producto final, conservar su integridad durante su almacenamiento en refrigeración, asimismo en el rebanado.

### 3.3. pH de la materia prima cárnica

El análisis estadístico de los resultados de las mediciones que se realizaron a las tres replicas con tres repeticiones de las muestras de carne se muestran en el Cuadro 7.

**Cuadro 7. Valores de pH de los tres diferentes tipos de materia prima cárnica**

Replicas	pH Lomo de cerdo	pH Recorte de cerdo	pH Carne del cuarto delantero de bovino
1	5.67	5.6	6.2
2	5.59	5.58	6.1
3	5.65	5.65	6.25
<b>Promedio</b>	5.64	5.61	6.18
<b>D.S</b>	0.04	0.03	0.08
<b>C.V (%)</b>	0.74	0.60	1.26

Como se puede observar el coeficiente de variación (C.V) indica que los datos son lo suficientemente homogéneos entre sí, obteniendo un valor inferior a 5%, en cuanto al promedio, podemos ver que el pH de la carne de cerdo; lomo y recorte, presenta valores de 5.64 y 5.61 respectivamente y para la carne de bovino tiene un promedio de 6.18, valores similares a los reportados por Forrest *et al.*, 1979 y Hofmann, 1988 quienes mencionan que el pH de la carne tiene valores alrededor de 5.2-6.8. De acuerdo con Wirth, 1992 el pH de la carne que en el momento del sacrificio se encuentra en 7.2 desciende en las horas posteriores a valores por debajo de 5.8, influye fundamentalmente sobre la capacidad de fijación de agua de la actomiosina (que constituye el mayor porcentaje de las proteínas estructurales del músculo) por lo que para embutidos escaldados este proceso no solo es indispensable sino que un pH por debajo de 5.7 imposibilita, desde el punto de vista tecnológico, obtener dicho embutido.

Aunado a lo anterior, una consecuente caída de pH de la carne hace que las proteínas miofibrilares se aproximen a sus puntos isoeléctricos (5.0 -5.4) que es responsable de la reducción del número total de grupos reactivos disponibles para ligar agua a la proteína como también una pérdida de solubilidad de las proteínas (Guerrero y Arteaga, 1990). Por lo que mediante la medición de esta propiedad fisicoquímica se puede determinar la calidad de la carne, ya que el pH influye sobre las características sensoriales y tecnológicas como el color, la terneza, el sabor, la fijación de agua y la conservabilidad, siendo de esta manera, un factor fundamental para determinar la aptitud tecnológica de la carne en la elaboración de productos cárnicos de buena calidad. En este sentido el pH de la materia prima cárnica juega un papel sumamente importante tanto para su consumo en fresco o como para su procesamiento y vida de anaquel.

### 3.4. pH de los lotes experimentales

Ya obtenido el producto cárnico cocido, se realizó la determinación de pH para cada uno de los tres lotes experimentales, donde fueron evaluados los días 1, 7 y 14 de almacenamiento, en el Cuadro 8, se muestran los valores promedios de pH obtenidos de los tres lotes.

**Cuadro 8. Valores promedio de pH de los tres lotes**

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACIÓN	LOTE 1 CONTROL	LOTE 2 CON 2% PAS	LOTE 3 CON 4% PAS
<b>INICIO</b>	5.98	6.08	5.88
<b>7 DÍAS</b>	6.01	5.80	6.08
<b>14 DÍAS</b>	5.96	6.21	5.91

Después de tener los valores de pH, se procedió a realizar el análisis estadístico ANOVA 2 VÍAS y un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ), para evaluar el efecto que tiene el almacenamiento y el tratamiento en el pH del producto cárnico, donde los tratamientos fueron asignados a los lotes: control, con PAS al 2% y PAS al 4% y los bloques son el tiempo de almacenamiento, por lo que se plantearon dos pruebas de hipótesis que se consideran de la siguiente forma:

**Para Tratamientos:**

$$H_0 = \mu_{control} = \mu_{con\ PAS\ 2\%} = \mu_{con\ PAS\ 4\%}$$

$$H_1 = \text{no se acepta } H_0$$

**Para Bloques:**

$$H_0 = \mu_0 = \mu_7 = \mu_{14}$$

$$H_1 = \text{no se acepta } H_0$$

En el siguiente Cuadro 9 se muestra el ANOVA 2 VÍAS para aceptar o rechazar la prueba de hipótesis.

**Cuadro 9. Análisis de varianza para pH del producto cárnico**

<b>Factor</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Valor de P</b>
<b>Tratamiento</b>	2	0.025	0.012	1.32	0.293
<b>Almacenamiento</b>	2	0.017	0.008	0.89	0.429
<b>Interacción</b>	4	0.314	0.078	8.00	0.001
<b>Error</b>	18	0.177	0.009		
<b>Total</b>	26	0.533			

De acuerdo al análisis de varianza y como se puede apreciar en la Figura 23, se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  en tratamientos y bloques debido a que el valor-p es inferior que  $\alpha$ , indicando que existe diferencia significativa en los valores de pH con respecto al tratamiento y almacenamiento, es decir el tipo de tratamiento (control, 2% de PAS y 4% de PAS) como el tiempo de almacenamiento (1, 7 y 14 días) influyen mucho en los valores de pH del producto cárnico, por lo que se puede decir que es una variable crítica a esas condiciones. Lo anterior podría ser analizado por una parte a la actividad de la PAS como en su nivel de concentración y así poder verse modificados los valores de pH del producto durante su almacenamiento.

En la Figura 24 se observa el comportamiento del pH de los tres lotes experimentales, donde se puede apreciar que los valores de pH para el lote 1 Control (sin PAS) y lote 3 (con PAS al 4%) aumenta a los 7 días y disminuye a los 14 días de almacenamiento en refrigeración. Sin embargo para el lote 2 donde se utilizó proteína aislada de soya al 2%, el comportamiento fue diferente, el pH disminuye a los 7 días y aumenta a los 14 días de almacenamiento. Esto podría ser debido a que durante el periodo de almacenamiento del producto en refrigeración, este presenta una acidificación por el desarrollo de algunos

microorganismos y por ello hay una modificación en los valores de pH. En cuanto a la disminución de pH, esto concuerda con González *et al.*, 2010 quien reportó la misma tendencia, que el pH disminuye a medida que transcurre el periodo de almacenamiento en jamones cocidos.

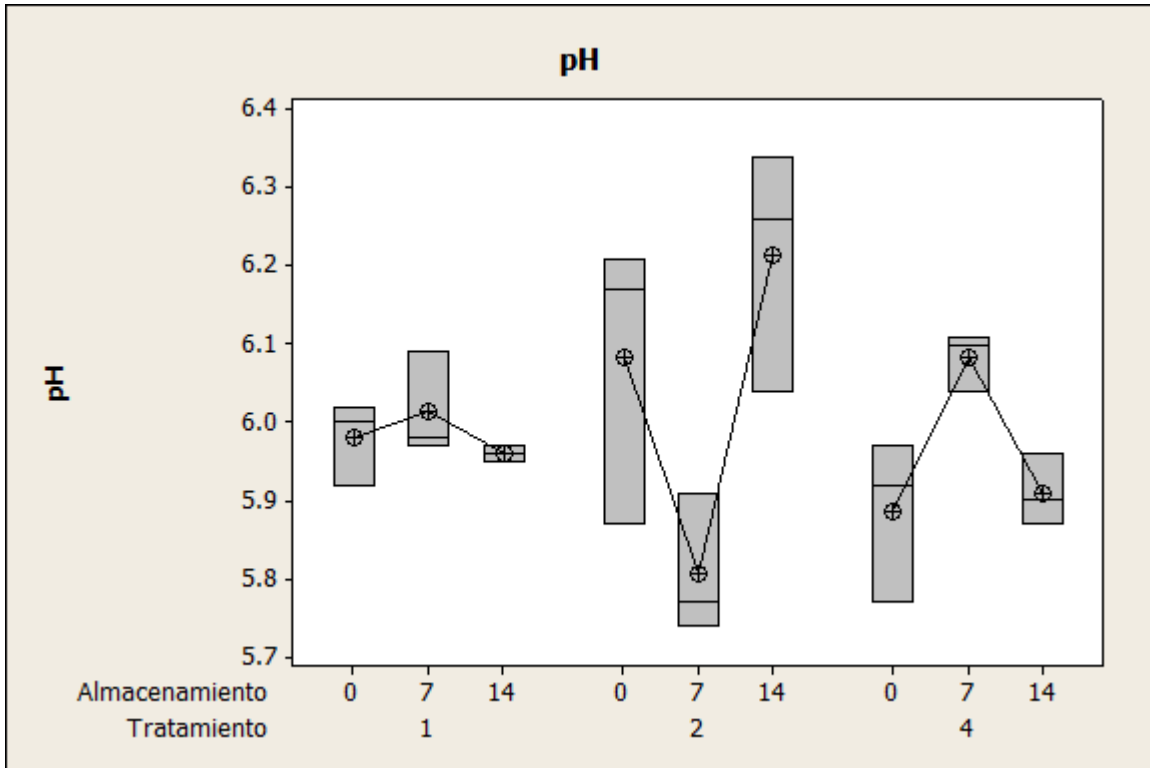
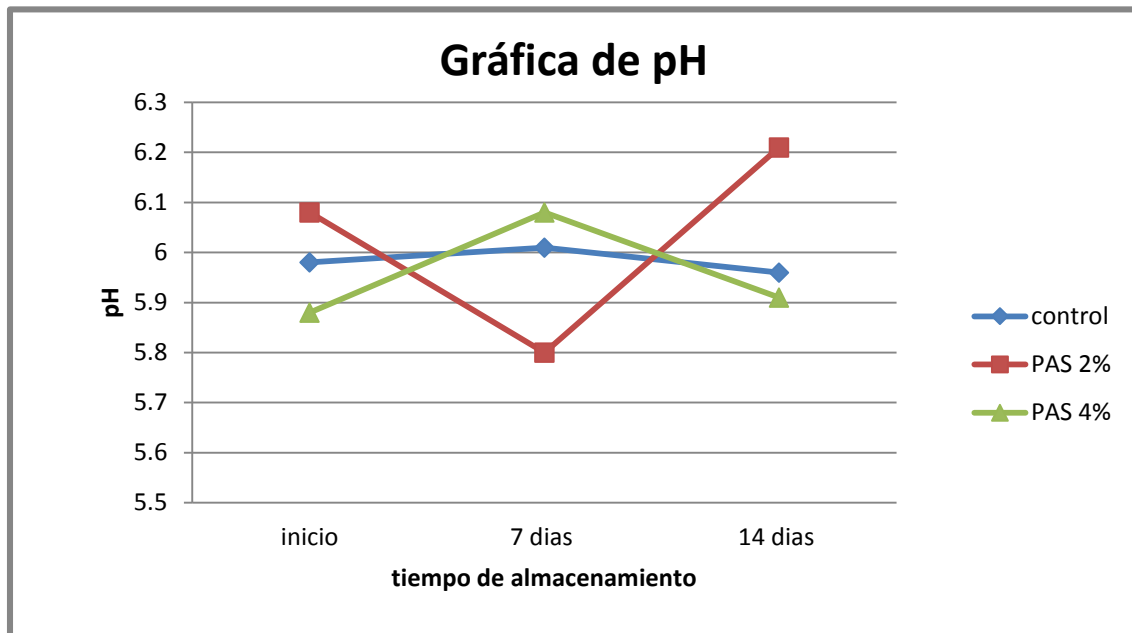


Figura 23. ANOVA de 2 vías para pH

De acuerdo con Hoffman, 1988, los embutidos escaldados y jamones cocidos tienen un valor aproximado de pH de 5.8 a 6.2, donde los valores experimentales obtenidos quedaron en este intervalo. Los valores de pH se incrementan con el aumento de los niveles de PAS hidratada, se puede notar en los valores pH de los productos cárnicos analizados, donde hubo un incremento en los valores de pH para el tratamiento 2 adicionado de PAS al 2%. Sin embargo Wirth, 1992 menciona que existen características específicas del producto que determinan la conservabilidad (capacidad de almacenamiento) de los productos cárnicos, como el pH, la  $a_w$  y el potencial redox. Cuanto más ácido es el alimento (pH más bajo), con más dificultades se reproducen los microorganismos en él y sobre él, en cambio los medios con un pH más elevado (>6.0) ofrecen condiciones más favorables para el desarrollo de la mayoría de las especies

microbianas. En este sentido la medición de pH puede ofrecer valiosa información sobre el estado de calidad, si los valores de pH se apartan mucho de los valores normales (embutidos escaldados 5.8-6.2) entonces se puede partir de la base que se está en presencia ya sea de deficiencias de calidad o de principios de alteración. Por el contrario un pH normal nos ofrece una cierta seguridad de que el producto cumple determinados requisitos de calidad y que se garantiza una correcta calidad higiénica y una suficiente conservabilidad.



**Figura 24. pH de los tres lotes experimentales**

### 3.5. Resistencia a la deformación de los lotes experimentales

Se realizó la prueba de resistencia a la deformación a las muestras del producto cárnico de los tres diferentes lotes experimentales, siendo evaluados los días 1, 7 y 14 de almacenamiento en refrigeración, utilizando el protocolo establecido, por lo que se realizaron 5 mediciones a las distintas muestras de producto, en el Cuadro 10 se presentan los valores de resistencia.

**Cuadro 10. Valores promedio de resistencia de los tres diferentes lotes (kgf)**

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	LOTE 1 CONTROL	LOTE 2 CON 2% PAS	LOTE 3 CON 4% PAS
<b>INICIO</b>	1.3	2.07	2.02
<b>7 DÍAS</b>	1.76	2.15	2.49
<b>14 DÍAS</b>	2.02	2.48	2.56

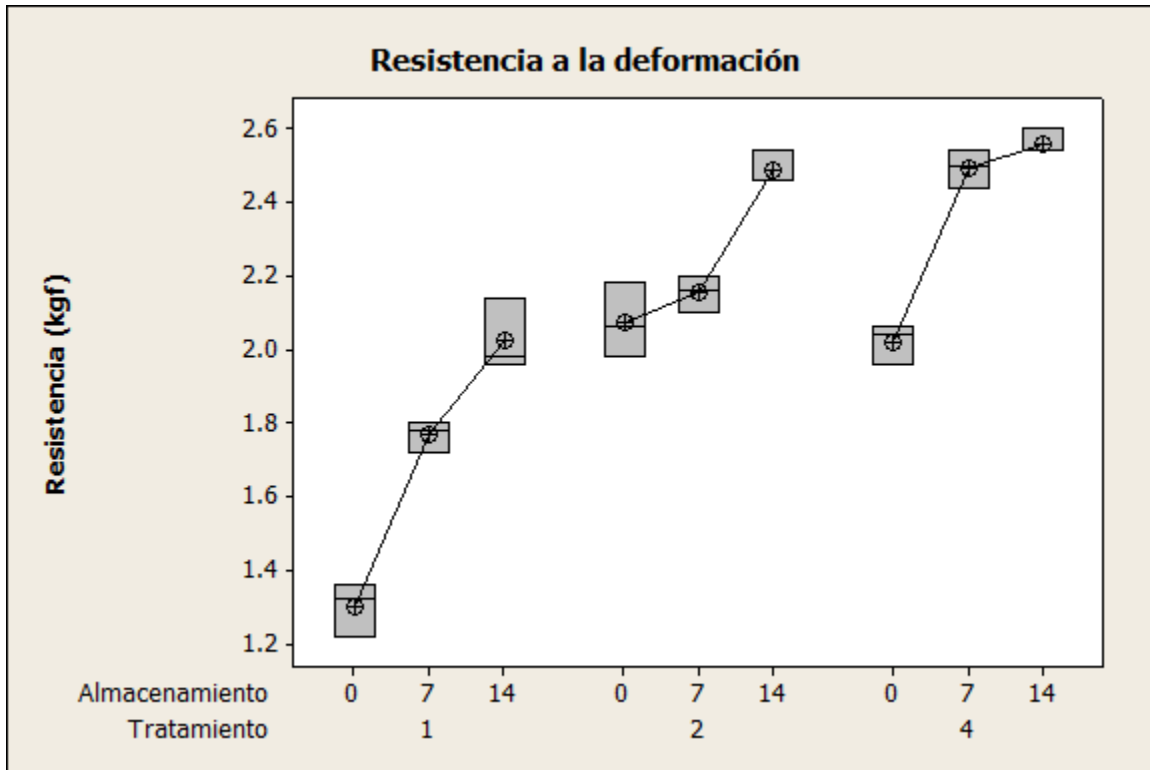
Para este caso también se procedió a realizar el análisis de varianza de 2 vías, con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ), para determinar la influencia de los tratamientos y el almacenamiento sobre los valores de resistencia de las muestras. Esta prueba estadística se realizó de la misma forma con las pruebas de hipótesis planteadas para el análisis de pH del producto cárnico, donde tenemos los tratamientos y los bloques.

En el siguiente Cuadro 11 se muestra el ANOVA 2 vías para aceptar o rechazar la prueba de hipótesis.

**Cuadro 11. ANOVA para resistencia a la deformación del producto cárnico**

Factor	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	Valor de P
<b>Tratamiento</b>	2	2.224	0.112	263.46	0.000
<b>Almacenamiento</b>	2	1.432	0.716	169.67	0.000
<b>Interacción</b>	4	0.189	0.047	11.19	0.000
<b>Error</b>	18	0.076	0.004		
<b>Total</b>	26	3.922			

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 11) se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , en ambos casos (tratamientos y bloques) debido a que el valor-p es inferior que  $\alpha$ , mostrando así en la Figura 25 que en todos los casos existen realmente diferencias altamente significativas en los valores de las medias de la resistencia a la deformación, encontrando que cada uno de los tratamientos (control, 2% de PAS y 4% de PAS) como el periodo de almacenamiento del producto cárnico tienen un efecto sobre los valores de resistencia de las muestras por lo que se puede afirmar que es una variable crítica a esas condiciones.



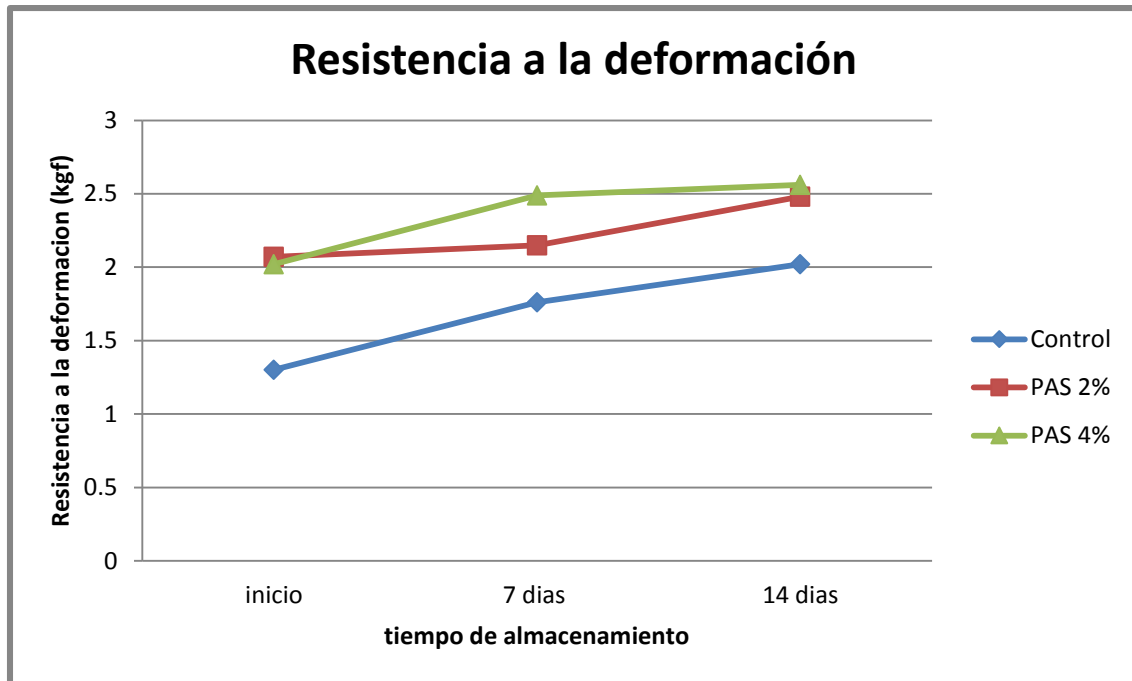
**Figura 25. ANOVA de 2 vías para resistencia a la deformación**

Por lo antes mencionado, la diferencia que hay en los valores de resistencia de los tres tratamientos podría ser analizado por la existencia de la proteína no cárnica (proteína aislada de soya) que influye en la formación de gel a través de la modificación de las interacciones entre las proteínas de la carne como las no cárnicas (Youssef y Barbut, 2011), por lo que el contenido de proteína parece jugar un papel muy importante en la firmeza del producto acabado, dando lugar a un producto con una estructura más firme y resistente.

En la Figura 26 muestra que para el lote 1 Control sin PAS presentó valores de resistencia menores, que van alrededor de 1.3 a 2 kgf en comparación con los valores del lote 2 (con PAS al 2%) y lote 3 (con PAS al 4%). Sin embargo para estos dos últimos lotes se observó un comportamiento similar donde los valores de resistencia van de 2 a 2.5 kgf respectivamente, lo cual se puede atribuir que la proteína aislada de soya forma más enlaces con las proteínas cárnicas y se ve reflejado en valores de resistencia más altos. Esto indica que las estructuras internas tanto como del lote 2 y del lote 3 son las más



complejas de los tres lotes, esto pudiera ser debido a las interacciones entre la PAS y la grasa, por lo que oponen mayor resistencia. Pietrasik *et al.*, 2007 encontraron que a través de un estudio de microestructura en salchichas, reveló que la proteína de soya estabiliza la emulsión cárnica durante la cocción, debido a la inmovilización de los glóbulos de grasa por una membrana de proteínas, así como su restricción física por una matriz de proteína, contribuyendo a una textura mucho más firme en el producto.



**Figura 26. Resistencia a la deformación de los tres lotes experimentales**

En cuanto a los valores de resistencia más bajos obtenida por el lote 1 control en comparación con los dos lotes adicionados de PAS, esto podría ser debido a que las interacciones moleculares de las proteínas cárnicas eran más débiles, dando una textura más suave que las adicionadas con proteína aislada de soya. Pietrasik y Duda, 2000 mencionan que los embutidos elaborados con algún aditivo exhiben mayor dureza en relación con los fabricados sin aditivos. En general, se puede apreciar en la gráfica de resistencia a la deformación, que para los tres lotes conforme el tiempo de almacenamiento aumenta, también los valores de dureza. Heinz, 1986 señala que estos aumentos en la dureza se debe principalmente por el tratamiento térmico que se le da al

producto cárnico, donde ocurre la coagulación de las proteínas cárnicas, secando al producto y dando lugar a estructuras más rígidas, es decir se generan pérdidas de humedad y por ende un incremento en la dureza. Además cabe mencionar que en esta etapa del proceso es indispensable para formar la consistencia del producto, así como eliminar la carga microbiana que está presente, por lo que es considerado un punto de control crítico.

Sin embargo Gonzales *et al.*, 2010 mencionan también que a medida que transcurre el periodo de almacenamiento, la sinéresis, adhesividad y dureza instrumental a nivel general aumentan y que ello se debe, posiblemente, al agua que emerge de las estructuras celulares de los trozos de carne y a la emulsión constituida por proteínas de origen vegetal como los aislados proteicos de soya, así como también al desarrollo de bacterias ácido lácticas en la superficie de las tajadas del jamón que incrementan a su vez la adhesividad.

Resultados similares de aumento de resistencia fueron reportados por Akesowan, 2008 que trabajo con salchichas Frankfurt donde indica que la firmeza de las salchichas se aumentó cuando se añadió PAS en el nivel de 2% y que esto era probablemente debido a la propiedad de retención de agua de PAS con el componente líquido para formar una red de tipo gel a modificar la textura de las salchichas.

Algunos investigadores han estudiado el uso de derivados de soya en productos cárnicos como Feng *et al.*, 2003 donde incorporaron aislados proteicos de soya obtenidos térmicamente/ enzimáticamente al 2% en salchichas Frankfurt de carne de cerdo y concluyen que las proteínas de soya calentadas e hidrolizadas enzimáticamente afectaron las propiedades texturales diferencialmente, las primeras mejoraron la dureza y las segundas redujeron la dureza, la cohesividad y el punto de rompimiento. Pacheco *et al.*, 2011 menciona que la PAS producen un aumento en la dureza en los sistemas cárnicos cuando se mezclan con grasa y agua. Sin embargo Flores *et al.*, 2007 menciona que la textura de los productos cárnicos elaborados depende de la estructura de la matriz formada por el gel de proteínas, los solutos y partículas atrapadas en el gel y el contenido

de humedad. Por lo tanto, la matriz formada dependerá de factores tales como la capacidad de unión de agua de proteínas, sal, pH, contenido de grasa y la adición de ingredientes no cárnicos.

La proteína aislada de soya, es muy usada en los productos cárnicos por sus propiedades funcionales y su costo relativamente bajo con respecto a la carne magra, por lo que ha sido utilizada en estos productos por su capacidad de retención de agua y de ligazón de grasa ayudando a mejorar la jugosidad y la terneza de los productos cárnicos, así como para incrementar en la estabilidad de la emulsión como los rendimientos del producto final (Ospina *et al.*, 2011; Álvarez *et al.*, 2007). La pérdida de la estabilidad de la emulsión conduce a la obtención de productos de baja calidad, de ello se desprende la importancia de la composición de las materias primas utilizadas durante la elaboración de la emulsión. En la actualidad suele ser habitual el aporte de proteínas no cárnicas para mejorar el rendimiento y las propiedades texturales de la emulsión cárnica. En este estudio los tratamientos que presentaron mejor condición de estabilidad del producto durante el almacenamiento en refrigeración a 4°C, fueron los lotes 2 y 3 con adición de 2% y 4% de PAS respectivamente, donde se vieron reflejados en valores de porcentajes de rebanabilidad, rendimiento y resistencia a la deformación comparadas con el testigo. Sin embargo el lote 2 con 2% de PAS presentó un porcentaje de rendimiento similar al lote 3 con PAS al 4% por lo que se recomienda utilizar 2% de PAS en el desarrollo de emulsiones cárnicas cocidas ya que proporciona la misma funcionalidad a menor costo lo cual es más conveniente a nivel industrial.

## CONCLUSIONES

- Se elaboró un producto cárnico emulsionado utilizando cortes de bovino de bajo valor comercial, con un periodo de 2 años de almacenamiento en congelación a -20°C, en la elaboración de un producto de valor agregado.
- El producto cárnico cocido elaborado demostró ser estable a la rebanabilidad y resistente a la deformación, características que mejoraron con la adición de PAS
- La adición de PAS (2% y 4%) favorecieron mayores rendimientos y porcentaje de rebanabilidad en el producto emulsionado desarrollado, con resultados similares que indican la misma funcionalidad.
- La resistencia a la deformación, rebanabilidad y pH de los productos cárnicos emulsionados y cocidos, mostraron un incremento, al aumentar el tiempo de almacenamiento, y con un mayor efecto por la adición de la proteína aislada de soya, con resultados estadísticamente significativos.

## BIBLIOGRAFIA

1. Aguilera, J.M., Alvarado, J. (2001). Métodos para medir propiedades físicas en Industrias de alimentos. España, Acribia Zaragoza. pp. 152-154.
2. Akesowan, A. (2008). Effect of soy protein isolate on quality of light pork sausages containing konjac flour. *African Journal of Biotechnology* **7** (24), 4586-4590.
3. Alvarado, C.G.A. (2010). Caracterización física, química y fisicoquímica de la materia prima cárnica utilizada en la elaboración de embutidos madurados. Tesis de Licenciatura. Ingeniería en Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.
4. Alvarado, C.Z., Johnson, L. (2012). Mejorando la rebanabilidad de los productos deli. <http://www.carnetec.com/Industry/TechnicalArticles/Details/28058>. Consultado 26 Septiembre 2012.
5. Álvarez, D., Castillo M., Garrido M.D. (2007). Efecto de la composición y el tiempo de procesado sobre las propiedades tecnológicas y óptimas de las emulsiones cárnicas. **23**, 25-34. <http://revistas.um.es/analesvet/article/view/40481>. Consultado 17 Septiembre 2012.
6. Ambrosiadis, I., Klettner, P.G. (1984). Efecto del proceso con la cutter sobre los embutidos escaldados. *Fleischwirtsch* **2**, 23-28.
7. Badui, D.S. (2006). Química de los alimentos. México, Addison Wesley. pp 617- 630.
8. Carballo, G.B.M., López, D.T.G. (1991). Manual de bioquímica y tecnología de la carne. España, A. Madrid Vicente. pp. 37-40.
9. Castillo, G.R.M. (2001). Aplicación de conservadores naturales en jamón cocido, rebanado y empacado al vacío. Tesis de Licenciatura. Química en alimentos. Facultad de Química. UNAM.
10. Del Castillo, S.A.L. (2001). Evaluación del daño estructural en tejido muscular (carne de cerdo) mediante el uso de pruebas enzimáticas y su contrastación con pruebas texturales en carnes congeladas por 2 diferentes métodos. Tesis de Licenciatura. Ingeniería en Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.

11. Esquivel, S.M.G., Mejía, L.I. (2008). Evaluación de los costos de producción de Jamón, Pastel, Salchicha y Longaniza de Carne de conejo. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.
12. Feng, J., Xiong, Y.L., Mikel, W.B. (2003). Textural properties of pork frankfurters containing thermally/ enzymatically modified soy proteins. *Journal of Food Science* **68**(4), 1220-1224.
13. Fennema, O.R. (2000). "Química de los alimentos". España, Acribia, pp 1039-1110.
14. Flores, M., Giner, E., Fiszman, S.M., Salvador, A., Flores, J. (2007). Effect of a new emulsifier containing sodium stearyl-2-lactylate and carrageenan on the functionality of meat emulsion systems. *Meat Science* **76**, 9-18.
15. Forrest, J., Aberle, E., Hedrick, H., Judge, M., Merkel, R. (1979). Fundamentos de ciencias de la carne. España, Acribia Zaragoza. pp 172-189, 327-333.
16. Gonzales, H.M.I., Suarez, M.H., Martínez, A.O.L. (2010). Influencia del proceso de cocción y temperatura de almacenamiento sobre características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de jamón de cerdo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* **23**, 336-348.
17. Guerrero, L.I., Arteaga, M.M.R. (1990). Tecnología de carnes: Elaboración y preservación de productos cárnicos. México, Trillas . pp 25,26, 53-55.
18. Heinz, G. (1986). Higiene y tecnología de la producción cárnica (III). *Fleischwirtsch* **1**, 44-50.
19. Hofmann, K. (1988). El pH. Una característica de calidad de la carne. *Fleischwirtsch* **1**, 13-18.
20. Hoogenkamp, H.W. (1992). Vegetable protein: Technology value in meat, poultry, and vegetarian foods. *Protein Technologies International*. pp. 41-61.
21. Hoogenkamp, H.W. (2005). Soy protein and formulated meat products.
22. Kinsella, J.E. (1979). Functional properties of soy proteins. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **56**(3), 242-258.
23. Klettner, P.G. (1986). Técnica de picado para embutido escaldado. *Fleischwirtsch*, 4-12.
- Lin, K. W., Mei, M.Y. (2000). Influence of gums, soy protein isolate, and heating

- temperature on reduced-fat meat batters in a model system. *Journal of Food Science* **65**(1), 48-52.
24. Montoya, P.L.A., Restrepo, M.D.A., Suárez, M.H (2010). Influencia del alginato de sodio sobre la sinéresis en jamón cocido. *Facultad Nacional de Agronomía Medellín, Colombia* **63**, 5409-5415.
  25. Nájera B.C. (2009). Proyecto de Microindustria para la elaboración de un pastel de carne con base en bagre de canal. Tesis de Licenciatura. Química en alimentos Facultad de Química. UNAM.
  26. Norma Mexicana. NMX-FF-078-SCFI-2002. Productos pecuarios –Carne de bovino en canal – Clasificación.
  27. Norma Mexicana. NMX-F-203-1971. Pastel de Carne.
  28. Norma Oficial Mexicana. NOM-194-SSA1-2004. Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para basto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos.
  29. Norma Oficial Mexicana. NOM-213-SSA1-2002. Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
  30. Ospina, M.S.M., Restrepo, M.D.A., López, V.J.H. (2011). Derivados cárnicos como alimentos funcionales. *Revista Lasallista de Investigación* **8**(2), 163-172.
  31. Pacheco, P.W.A., Restrepo, M.D.A., Sepúlveda, V.J.U. (2011). Revisión: Uso de ingredientes no cárnicos como reemplazantes de grasa en derivados cárnicos. *Facultad Nacional de Agronomía Medellín, Colombia* **64**(2), 6257-6264.
  32. Paltrinieri, G., Meyer, R.M., Salinas, K. (1990). Obtención de carne. *Manuales para producción agropecuaria. México, Trillas.* pp. 55-72.
  33. Pérez, M.A. (2005). Manual de Embutidos de Conejo. FES Cuautitlán. UNAM.
  34. Pérez, M.A. (2010). Desarrollo de productos cárnicos como alternativa tecnológica para el procesamiento de la carne de conejo producida en la FES-Cuautitlán. Tesis de Licenciatura. Ingeniería en Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.

35. Pietrasik, Z., Jarmoluk, A., Shand, P.J. (2007). Effect of non-meat proteins on hydration and textural properties of pork meat gels enhanced with microbial transglutaminase. *Food Science and Technology* **40**, 915-920.
36. Pietrasik, Z., Duda, Z. (2000). Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. *Meat Science* **65**, 181-188.
37. Price, J.F., Schweigert, B.S. (1994). *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. España, Acribia Zaragoza 2ª edición. pp.
38. Ramírez, N.J.S. (2010). Propiedades funcionales de los quesos: Énfasis en los quesos de pasta hilada. *ReCiTeIA* **10**, 12.
39. Ranken, D. (2003). *Manual de industria de la carne*. España: Mundi-Prensa. pp
40. Restrepo, M.D.A., Molina, C.F.A., Cabrera, T.K.R. (2010). Efecto de la adición de carragenina kappa I.II y goma tara sobre características de calidad de jamón de cerdo picado y cocido. *Revista Facultad Nacional de Agronomía- Medellín* **63**(2), 5717-5727.
41. Secofi. (2000). *Embutidos, Guías Empresariales*. México, Limusa. pp 116-137.
42. Toral, M.T. (1973). *Fisicoquímica de superficies y Sistemas Dispersos*. España, Urmo Espartero. pp. 126-138, 263-265.
43. Varnam, A.H., Sutherland, J.P. (1998). *Carne y productos cárnicos. Tecnología, química y microbiología*. España, Acribia Zaragoza. pp 139
44. Vidal, L.J.L. (1997). *Tecnología de los embutidos curados*. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* **1**(5), 129-133.
45. Waggle, D.H., Decker, C.D., Kolar, C.W. (1981). Soya products in meat, poultry and seafood. *Journal of the American Oil Chemists Society* **58**(3), 341-343.
46. Warris, P.D. (2003). *Ciencia de la carne*. España, Acribia Zaragoza.
47. Wirth, F. (1992). *Tecnología de los embutidos escaldados*. España, Acribia Zaragoza. pp 171-179, 191-201.
48. Youssef, M.K., Barbut, S. (2011). Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels. *Meat Science* **87**, 54-60.



## ANEXOS

### SUPRO® 595 Isolated Soy Protein

#### Product Description

SUPRO® 595 is an isolated soy protein that is designed to be dispersed in a brine for injection into hams and other similar cured products.

SUPRO® 595 can provide quality benefits such as purge reduction and improved sliceability, while also providing cost savings through increased moisture retention and yield improvements.

SUPRO® 595 is easy to use in most manufacturing processes. It is easily dispersed in a brine solution and will not clog injection equipment when properly hydrated.

This product is produced using The Solae Company's Quality Management System, which is based on sound quality principles intended to ensure the consistency, safety and performance of our products.

#### Product Analysis

Assay	Specifications	Methods of Analysis
<b>Chemical Analysis</b>		
Moisture	Max 6.0%	AOAC 16th Ed., 930.15
Protein, Dry Basis	Min 90.0%	AOAC 16th Ed., 988.05-6
Fat, Free (PE Extract)	Max 1.0%	AOAC 16th Ed., 920.85
Ash	Max 5.5%	ASTM D1797-62
pH (5% Slurry)	6.5 - 6.9	AACC Section 02-52 (Modified)

Assay	Specifications	Methods of Analysis
<b>Physical Properties</b>		
Color	Cream	Visual
Flavor/Odor	Bland	Organoleptic
Density	0.25 - 0.37 g/cc	Graduated Cylinder

Assay	Specifications	Methods of Analysis
<b>Microbiological Analysis</b>		
Standard Plate Count	Max 10,000/g	FDA-BAM 8th Ed.
Salmonella (/375g)	Negative	FDA-BAM 8th Ed.
Coliform	Max 10/g	FDA-BAM 8th Ed.
E. coli /g (by test)	Negative	FDA-BAM 8th Ed.
Yeast and Mold	Max 100/g	FDA-BAM 8th Ed.
Staphylococcus Aureus (/0.1g)	Negative	FDA-BAM 8th Ed.