



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**Evaluación de la estabilidad de un producto cárnico cocido  
tipo emulsión adicionado con proteína aislada de soya**

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN ALIMENTOS**

P R E S E N T A

**GUILLERMO VICENTE RICARDO**

**Asesores: DRA. ADRIANA LLORENTE BOUSQUETS**

**DR. JONATHAN CORIA HERNÁNDEZ**

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2019



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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.

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

Evaluación de la estabilidad de un producto cárnico cocido tipo emulsión adicionado con proteína aislada de soya.

Que presenta el pasante: Guillermo Vicente Ricardo  
Con número de cuenta: 412066964 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

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

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de mayo de 2019.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>Dra. Adriana Llorente Bousquets</u>	
VOCAL	<u>I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez</u>	
SECRETARIO	<u>M. en C. Crisóforo Mercado Márquez</u>	
1er. SUPLENTE	<u>I.A. Miriam Álvarez Velasco</u>	
2do. SUPLENTE	<u>I.A. Zaira Berenice Guadarrama Álvarez</u>	

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

LMC/rga\*

---

## Agradecimientos

A la **Universidad Nacional Autónoma de México – FESC Cuautitlán** por la formación conseguida dentro de sus aulas, por sus profesores, administrativos a toda la comunidad en general gracias por esta oportunidad, por sus principios y por el conocimiento transmitido a lo largo de este tiempo un gran orgullo pertenecer a la máxima casa de estudios de México.

A la **Dra. Adriana Llorente Bousquets** quien ha sido una gran inspiración para mí por todo lo que aporta a la comunidad por atender a sus alumnos de manera excepcional, contagia su entusiasmo al aprendizaje, gracias profesora por darme las herramientas necesarias para poder ser un gran profesionista, y es bonito encontrar en la industria alimentaria a colegas que fueron formados bajo sus asesorías, desde que llegue al taller sabía que estaba en el camino indicado.

Al **Dr. Jonathan Coria Hernández** por compartir sus experiencias de transición de alumno de la carrera a docente, por la disponibilidad en cada duda sobre la materia sin duda un gran ejemplo a seguir, gracias por esas horas dedicadas y por preocuparse por que los alumnos aprendamos cada día algo nuevo con cada análisis aplicado a los proyectos planteados.

Al jurado de este trabajo al **I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez, M. en C. Crisóforo Mercado Márquez, I.A. Miriam Álvarez Velasco e I.A. Zaira B. Guadarrama Álvarez**, por su valioso tiempo para su revisión, por las observaciones y por la retroalimentación en el proceso de este trabajo.

A todos los profesores que fueron parte de esta formación, gracias me quedo con lo mejor de cada uno de ellos.

---

## Dedicatorias

A **Dios y al universo** por permitirme desarrollarme como persona y aprender día a día de las pruebas que nos ponen para tomar mayor fuerza, comprender y ayudar a tener un mundo mejor lleno de paz, amor y conocimientos.

A mis **papas** que gracias a ellos estoy aquí, gracias a su apoyo y amor no tengo palabras para poder agradecer tanto, simplemente gracias a la vida por ponerme en sus planes, a mi papá que me enseñó el mundo de los alimentos, a mi mamá que siempre ha estado conmigo y nunca me ha dejado caer con sus palabras de apoyo en cada momento difícil, por siempre creer y confiar en mí.

A mis **hermanos** que siempre serán parte importante en mi vida, por estar en cada momento especial y aprender de todo lo que nos ha pasado como familia, los amo tanto y gracias por existir y acompañarme en cada etapa vivida.

A toda mi **familia abuelos, tíos y primos** por todo su gran apoyo a mis papas y por sus palabras en cada reunión familiar que sin duda fueron motivación para concluir la carrera.

A **Nallely López Rodríguez** que fue un ejemplo para seguir adelante en este camino, sus palabras de motivación, el amor a su profesión y a su trabajo hicieron la diferencia para llegar a la meta, gracias por siempre.

A mis **amigos** que estoy seguro sabrán a quienes me refiero por todo lo que pasamos juntos pero los de corazón y los más cercanos **Luz, Natalia, Dulce, Karla, Jobany y Raúl** gracias por todo.

---

A la familia **Ángeles Ramírez** de mi gran amigo **Diego** que en todo momento han estado para mí sin duda parte importante de esta etapa, amigo para ti necesitaría un ciento de páginas para escribir cada aventura, cada felicidad compartida, cada lagrima tirada nadie mejor que tú me conoce y gracias al universo por encontrarnos en esta vida te quiero y sigamos construyendo esta gran historia de amistad.

A mis amigos Químicos en Alimentos **Francisco Ramírez** y **Karen Traconis** por ser parte de mi vida profesional, estar y apoyarme en cada momento, los quiero y sigan marcando vidas con el simple hecho de compartir ideas y disfrutar mucho de su profesión.

A **Gabriela** por enseñarme un nuevo mundo sin límites, eres y serás una persona que inspira confianza, que siempre está sonriendo, que contagia la buena vibra de la vida y que sobre todo consigue todo lo que se propone porque hay que jugar para ganar, gracias infinitas.

A toda la **generación 36** por su apoyo, amistad y lealtad, pero sobre todo por su corazón azul y oro que siempre brillará con mucho orgullo. Gracias por todo.

---

*“El trabajo va a ocupar la mayor parte de tu vida, y la única forma de estar realmente satisfecho es hacer aquello que crees es un gran trabajo. Y la única forma de hacer un gran trabajo es amar lo que haces. Si aún no lo has encontrado, sigue buscando. no te conformes. Al igual que en los asuntos del corazón, lo sabrás cuando lo encuentres. y como en cualquier gran relación, cada vez será mejor a medida que pasen los años. Así que sigue buscando hasta que lo encuentres. No te conformes.”*

*Steve Jobs.*

---

**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 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 PI-API1635: Procesos tecnológicos para la conservación y bioconservación de carne y productos cárnicos**

---

## CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS .....	11
ABREVIATURAS .....	12
RESUMEN .....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
<b>Capítulo 1 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 Carne.....</b>	<b>17</b>
1.1.1 Conversión del músculo en carne.....	18
1.1.2 Calidad de la carne .....	19
1.1.3 Composición química.....	22
1.1.4 Propiedades funcionales.....	30
<b>1.2 Emulsiones cárnicas.....</b>	<b>33</b>
<b>1.3 Soya .....</b>	<b>35</b>
1.3.1 Proteínas de soya.....	37
1.3.2 Propiedades funcionales de la soya.....	38
<b>1.4 Pastel de Carne Norma NMX-F-203-1971 .....</b>	<b>40</b>
1.4.1 Funcionalidad de los ingredientes .....	41
1.4.2 Rebanabilidad .....	49
1.4.3 Análisis de rendimientos .....	50
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>52</b>
<b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>53</b>
<b>OBJETIVOS PARTIICULARES .....</b>	<b>53</b>
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>53</b>

---

<b>CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....</b>	<b>54</b>
<b>2.1 Secuencia experimental.....</b>	<b>55</b>
<b>2.2 Materia prima cárnica .....</b>	<b>56</b>
2.2.1 Caracterización de la materia prima cárnica .....	56
2.2.2 Congelación de la materia prima cárnica .....	57
2.2.3 Determinación de pH de la materia prima cárnica.....	57
2.2.4 Determinación de la CRA de la materia prima cárnica .....	57
2.2.5 Determinación de la CE de la materia prima cárnica.....	58
<b>2.3 Desarrollo de las formulaciones: sustituidas con aislado proteico de soya .....</b>	<b>58</b>
<b>2.4 Diagrama de proceso para el producto cárnico cocido tipo emulsión .....</b>	<b>60</b>
2.4.1 Funcionalidad de los ingredientes utilizados en la formulación de la emulsión cárnica	60
<b>2.5 Elaboración de lotes experimentales .....</b>	<b>62</b>
2.5.1 Hidratación de la proteína aislada de soya.....	62
2.5.2 Desarrollo del producto cárnico cocido tipo emulsión.....	62
<b>2.6 Evaluación de los productos cárnicos cocidos tipo emulsión .....</b>	<b>67</b>
2.6.1 Tamaño de glóbulos de grasa .....	67
2.6.2 Rendimientos en las formulaciones desarrolladas .....	67
2.6.3 Rebanabilidad .....	68
2.6.4 Evaluación del pH .....	68
2.6.5 Capacidad de retención de agua (CRA).....	69
<b>CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>70</b>
<b>3.1 Tamaño de glóbulo de grasa .....</b>	<b>71</b>
<b>3.2 Rendimientos .....</b>	<b>72</b>
<b>3.3 Rebanabilidad de los productos cárnicos cocidos.....</b>	<b>74</b>

---

3.4 pH de los lotes experimentales .....	76
3.5 Capacidad de retención de agua de los lotes experimentales.....	77
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>80</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Composición química de la carne .....	22
Cuadro 2 Composición química (%) de la carne de pollo y cerdo.....	23
Cuadro 3 Distribución de las proteínas en el tejido muscular.....	28
Cuadro 4 Composición química de la soya y sus partes (base seca en %). ....	36
Cuadro 5 Propiedades funcionales de las proteínas de la soya en alimentos cárnicos.....	39
Cuadro 6 Especificaciones del Pastel de Carne.....	40
Cuadro 7 Formulaciones porcentuales para el producto cárnico cocido tipo emulsión.....	59
Cuadro 8 Tamaño de glóbulo de grasa.....	71
Cuadro 9 Valores de pH del producto cárnico tipo emulsión.....	76
Cuadro 10 Valores promedio de la CRA, gramos perdidos en 5 g de muestra.....	77

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Carne PSE izquierda y Carne Normal Derecha.....	20
Figura 2: Comparativa de Carne PSE, Carne Normal y Carne DFD.....	21
Figura 3: Caída de pH en carne al transcurrir las horas.....	22
Figura 4; Estructura del músculo.....	24
Figura 5: Molécula de la Miosina.....	26
Figura 6: Estructura de la Actina.....	27
Figura 7: Tropomiosina y Troponina dentro la Estructura Contráctil.....	27
Figura 8: Influencia de la adición de cloruro sódico en la CRA y dependencia con el pH..	32
Figura 9: Emulsión cárnica.....	34
Figura 10: Semilla de soya.....	36
Figura 11 Deshuesado de la pechuga de pollo.....	56
Figura 12 Potenciómetro.....	57
Figura 13 Procesador de alimentos para la determinación de CE.....	58
Figura 14 Materia prima cárnica picada.....	63
Figura 15 Molienda de ingredientes en Cutter.....	64
Figura 16 Funda termoencogible y compactación del embutido.....	64
Figura 17 Historia térmica de cocción de pastel de pollo.....	65
Figura 18 Temperaturas de cocción de historia térmica.....	66
Figura 19 Enfriamiento (choque térmico).....	66
Figura 20 Tamaño de partícula de la emulsión cárnica.....	67
Figura 21 Rebanadas de pastel de pollo formula control.....	68
Figura 22 Medición de pH.....	69
Figura 23 Gráfica de porcentaje de rendimientos.....	73
Figura 24 Gráfica de porcentaje de rebanabilidad.....	74
Figura 25 pH del producto cárnico cocido tipo emulsión evaluado en diferentes días.....	77
Figura 26 CRA del producto cárnico tipo emulsión.....	78

---

## ABREVIATURAS

<b>BPF</b>	buenas prácticas de fabricación
<b>CE</b>	capacidad emulsificante
<b>CRA</b>	capacidad de retención de agua
<b>cm</b>	centímetros
<b>C.V.</b>	coeficiente de variación
<b>DFD</b>	<i>Dark, Firm and Dry</i> (oscura, firme y seca)
<b>D.S.</b>	desviación estándar
<b>°C</b>	grados Celsius
<b>FAO</b>	<i>Food and Agriculture Organization</i>
<b>g</b>	gramos
<b>h</b>	horas
<b>kg</b>	kilogramos
<b>μm</b>	micrómetros
<b>mm</b>	milímetros
<b>APS</b>	aislado de proteína de soya
<b>PLG</b>	proteína libre de grasa
<b>PSE</b>	<i>Pale, Soft and Exudative</i> (pálida, suave exudativa)
<b>%</b>	porcentual
<b>Σ</b>	sumatoria
<b>VI</b>	variable independiente
<b>VD</b>	variable dependiente
<b>VR</b>	variable de respuesta

---

## RESUMEN

En la industria procesadora de cárnicos cocidos es muy común que persistan problemas en su elaboración, principalmente en la funcionalidad de sus ingredientes y al no tener una buena estabilidad en el sistema cárnico se presentan pérdidas de agua principalmente, esto se da cuando no hay una buena interacción entre los ingredientes funcionales por lo tanto no existe una buena capacidad de retención de agua y por su parte la grasa presente en el sistema cárnico no emulsifica adecuadamente. En el presente proyecto se elaboró un producto cárnico cocido (NOM-213-SSA1-2018) tipo emulsión (NMX-F-203-1971), de acuerdo con la formulación de PROFECO (2004). Se utilizó como materia prima cárnica pechuga de pollo, pierna y recorte de cerdo. Se evaluó la capacidad de retención de agua de la carne de cerdo y de pollo (CRA) (Centrifuga Centurion Scientific Ltd mod. K2015R United Kingdom), pH (potenciometro Orion 5 Star) con electrodo de punción. Se sustituyó proteína animal en la formulación por proteína aislada de soya (Promak GS5100, Makimat), para lo cual se desarrollaron tres lotes: 1) control, 2) sustitución del 2% de proteína aislada de soya y 3) sustitución del 3% de proteína aislada de soya, se realizó la molienda de todos los ingredientes en una *Cutter* Hobart Mod. 84181D, a una velocidad ( $v$ ) de 867 rpm, manteniendo una temperatura  $<8$  °C, por un tiempo de 10 minutos hasta conseguir una pasta fina. Se embutió la pasta en fundas de cocimiento directo termoencogibles y se llevaron a cocción por inmersión en agua a una temperatura de 80 °C y se obtuvieron las historias térmicas de los 3 lotes. Posteriormente los productos cocidos se enfriaron a temperatura ambiente y se almacenaron en refrigeración a 4 °C. Se evaluó el efecto de la sustitución de proteína cárnica por proteína de soya en la formación del sistema cárnico tipo emulsión, mediante la obtención del tamaño de glóbulo de grasa con un microscopio óptico Olympus BX51 con el objetivo 10 $\times$ . La estabilidad del sistema cárnico se evaluó en el producto cárnico cocido el día de su elaboración, tras 5 y 9 días de almacenamiento en refrigeración de 0 a 4 °C, mediante pruebas fisicoquímicas (pH, CRA) pruebas de rebanabilidad (Rebanadora Torrey SS300) y se calcularon los rendimientos finales. Con los resultados obtenidos se concluye que la sustitución de la proteína cárnica por proteína aislada de soya (APS) favoreció mayores rendimientos y porcentajes de rebanabilidad en el producto cárnico cocido tipo emulsión. En el lote 1 sin APS, se obtuvieron los valores más bajos de porcentaje de rebanabilidad y rendimientos, con poca estabilidad en la emulsión cárnica en el producto terminado. El lote 2 al sustituir el 2% de carne de cerdo por APS, favoreció obtener mejor CRA y mayores porcentajes de rebanabilidad y rendimiento, con el producto terminado más estable. Por último, el lote 3 obtuvo los mejores rendimientos, aunque se vio afectada la CRA y el porcentaje de rebanabilidad, debido a la mayor cantidad de agua y APS presentes en el producto terminado.

---

## INTRODUCCIÓN

Los factores que determinan la calidad de la carne de pollo y cerdo son: edad, raza, tipo de alimentación, sexo, tipo de sacrificio, técnica de procesamiento y comercialización. La obtención de la carne conlleva una serie de procesos los cuales deben ser controlados de manera estricta para garantizar así la calidad en la materia prima cárnica, en la etapa de *antemortem* inicia evitando el estrés del animal desde su traslado al rastro es necesario aplicar los principios de bienestar animal para obtener una carne de mayor calidad, en el sacrificio se desencadenan una serie de cambios bioquímicos que llevan a cabo la transformación de músculo a carne. Con un rápido descenso del  $\text{pH} < 5.4$  se obtendrá una carne (PSE) y con ello obtendremos una pérdida de la funcionalidad de la carne y la obtención de productos cárnicos será deficiente y con los valores de  $\text{pH} > 6.2$  pertenecen a una carne oscura (DFD), que tienen como resultado una reducida capacidad emulsificante (CE), capacidad de retención de agua (CRA) y de igual manera nos da como resultado una deficiencia en los productos cárnicos elaborados.

Los productos cárnicos cocidos son elaborados con carne, vísceras, sangre o sus mezclas y son sometidos a un proceso térmico donde pueden presentarse enteros, en cortes, troceados o emulsionados, donde las emulsiones cárnicas son mezclas de carne finamente molida compuestas de proteína, agua y grasa. El desarrollo de una emulsión requiere de energía en forma de trabajo por medio de una *cutter* o un procesador de alimentos, para reducir el tamaño de las partículas cárnicas, disminuir el área interfacial y separar las partículas de la fase interna. Y para mejorar la estabilidad de estos productos se emplean ingredientes funcionales como proteínas de origen vegetal.

Las proteínas de origen vegetal se usan básicamente en el proceso de productos cocidos, la proteína aislada de soya, favorece a una mayor estabilidad a este tipo de sistemas, ligando agua y grasa, es por eso que se utiliza en la industria cárnica para la elaboración de productos cocidos tales como jamones, salchichas, mortadelas y pasteles de carne (Hoogenkamp, 2005; Wijeratne, 2005).

---

Los aislados de soya son la forma comercial más purificada de las proteínas de soya, ya que contienen 90% o más de ellas; se logran eliminando de los concentrados los polisacáridos, oligosacáridos residuales y algunos otros componentes. Su capacidad emulsificante es de 10 a 35 mL de aceite por 100 mg de proteína y una retención de agua de hasta 400%. La proteína aislada de soya es responsable de la estabilidad del sistema, ya que en la cocción de los productos cárnicos las proteínas gelifican, coagulan y producen una estructura tridimensional (Badui, 2006).

Para estabilizar las propiedades físicas y fisicoquímicas de estos sistemas es importante conocer las interacciones proteína-agua y proteína-grasa que se generan para la formación de la emulsión cárnica, mediante la evaluación de estos parámetros de rebanabilidad (Honikel, 1998), CRA (Huff & Lonergan, 2005) pH y rendimientos. Por lo descrito anteriormente se planteó en este proyecto evaluar el efecto de la sustitución de la proteína cárnica por proteína aislada de soya en un producto cárnico cocido tipo emulsión, elaborado a partir de carne de pollo, y cerdo que será sustituida en un 2 y 3% por proteína aislada de soya.

---

# Capítulo 1 MARCO TEÓRICO

---

## 1.1 Carne

Es la estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conectivo, grasa, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos, de las especies animales autorizadas para el consumo humano (NOM-009-Z00-1994, 1994).

El *Codex Alimentarius* define la carne como “todas las partes de un animal que han sido dictaminadas como inocuas y aptas para el consumo humano o se destinan para este fin” (RCP/CAC 58, 2005).

La carne se compone de agua, proteínas y aminoácidos, minerales, grasas y ácidos grasos, vitaminas y otros componentes bioactivos, así como pequeñas cantidades de carbohidratos (FAO, 2015).

La NOM-194-SSA1-2004 define a la carne 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.

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

---

### 1.1.1 Conversión del músculo en carne

El *rigor mortis* constituye la fase inicial en la transformación del músculo en carne. Consiste en la unión irreversible de miosina y actina para formar actomiosina. Esta unión puede ir acompañada o no de contracción muscular, pero se manifiesta en la rigidez cadavérica que le caracteriza.

Después de la muerte se produce:

- ✓ Falta de regulación nerviosa y hormonal
- ✓ Falta de aporte de nutrientes
- ✓ Falta de aporte de oxígeno
- ✓ Alteración del equilibrio osmótico

La consecuencia más inmediata del sangrado es la falta de oxígeno transportado por la sangre a los músculos y por tanto la caída del potencial de oxidación-reducción. En consecuencia, el sistema enzimático citocromo no puede funcionar y la síntesis de ATP por esta vía es imposible.

Por acción de la ATPasa de la miosina disminuye el nivel de ATP, liberando simultáneamente fosfato inorgánico que estimula la conversión del glucógeno en ácido láctico. La síntesis de ATP por glucólisis anaerobia no permite mantener el nivel de ATP, y al descender éste hasta casi desaparecer se forma actomiosina y se produce la inextensibilidad característica del *rigor mortis* (Honikel, 1983).

El músculo no se convierte en carne al detenerse sus funciones. Esta conversión implica una serie de cambios continuos en el metabolismo de las células musculares, así como en la estructura de sus proteínas que se producen en un periodo de varias horas o de días y se caracterizan por una disminución del pH, el agotamiento del ATP, la disminución de la temperatura del músculo, el establecimiento de la rigidez cadavérica o *rigor mortis*. También, posteriormente, tiene lugar una fase muy variable de resolución del rigor llamada maduración. Los efectos combinados de estos fenómenos producen unas nuevas condiciones

---

intracelulares que son diferentes de aquellas encontradas en la fibra muscular viva y determinan en gran medida las principales características sensoriales y tecnológicas de la carne.

### 1.1.2 Calidad de la carne

En la elaboración de productos cárnicos de calidad, debe utilizarse carne en las mejores condiciones. Un factor importante al momento de elegir carne es el grado de suavidad. La terneza de la carne está relacionada tanto con la cantidad de glucógeno en el músculo, así como con el pH; esta se puede ver afectada por el mal manejo *post mortem*; después del sacrificio donde existen modificaciones musculares que inciden directamente sobre la capacidad de retención de agua de la carne. Se distinguen dos tipos de defectos en la carne los cuales se mencionan a continuación:

-**Carne PSE** llamada así por sus siglas en inglés *Pale, Soft and Exudative* (pálida, suave y exudativa) de acuerdo con las características sensoriales que presenta. Es un defecto propio de la carne de cerdo, aunque en circunstancias poco usuales puede manifestarse en la de res, también suele manifestarse en la pechuga de pavo. El fenómeno PSE es típico de los cerdos que tienen una gran sensibilidad a un corto e intenso estrés previo al sacrificio. El *rigor mortis* se instaura en mucho menor tiempo en los músculos PSE que en los normales, las reservas de energía son metabolizadas rápidamente. En los músculos de cerdos normales, los cambios *post mortem* finalizan entre 5.6 y 5.4 al cabo de 5 a 9 horas después del sacrificio y durante este tiempo la temperatura de los músculos descenderá según las condiciones de refrigeración. Así, por ejemplo, en una canal de cerdo refrigerada convencionalmente, el pH desciende entre 6.3 y 5.9 a las 3 horas *post mortem* (Honikel, 1987). La principal consecuencia directa de la rápida acidificación es la desnaturalización de las proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas, que originan una disminución de la capacidad de retención de agua (no de su contenido) y una modificación de la refracción de la luz por la carne, la carne PSE presenta una gran exudación en su superficie de corte, que es muy húmeda y con una simple presión se origina una pérdida de líquido.

---

Mencionando al sector avícola, si las aves son sometidas a estrés durante su manejo antes de la matanza, o no son enfriadas adecuadamente luego de ésta, la calidad de la carne se verá afectada teniendo como resultado una carne PSE como se presenta a continuación (Figura 1).



Figura 1. Carne PSE izquierda y Carne Normal Derecha

*Fuente: Carne de Pollo Mexicana (2013)*

Es importante señalar que este tipo de carne tiene el mismo valor nutritivo que una carne normal, pero la estructura de la proteína fue modificada, lo que hace que esta carne no retenga el agua, por lo que no se puede usar para productos de valor agregado. Luego de cocinada, es una carne muy seca, dura, y de sabor insípido.

**-Carne DFD** por sus siglas en inglés *Dark, Firm and Dry* (oscura, firme y seca) está asociada con un alto pH y no tiene un origen genético, sino que es provocada por un prolongado estrés en el periodo anterior al sacrificio, que conduce a que se agote prácticamente el glucógeno o haya un bajo contenido en los músculos de los animales cuando son sacrificados. De esta manera la instauración del *rigor* se produce en un corto tiempo por una insuficiente cantidad de ATP, que no puede ser suministrado por una glucólisis reducida por la carencia de glucógeno. La cantidad de ácido láctico producida es pequeña y por consiguiente el pH último será de un valor elevado que define a esta carne, por encima de 6.2 y en ocasiones puede estar alrededor de 7.0.

---

Esta carne es de aspecto seco (muy poco exudativa), oscura y pegajosa al corte (Figura 2). Por su elevado pH es particularmente susceptible a un rápido deterioro microbiano. Tiene una elevada capacidad de retención de agua y una textura firme y gomosa (Andújar, 2009).

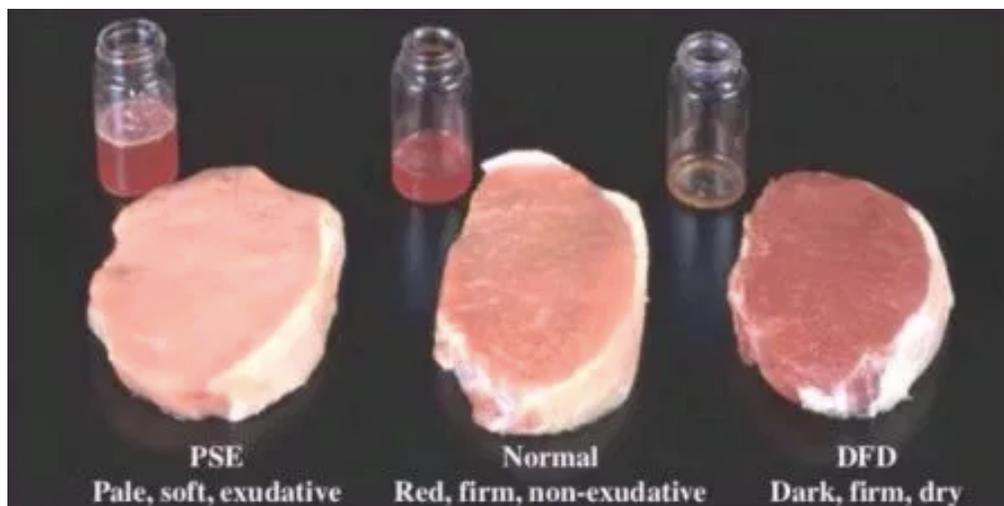


Figura 2. Comparativa de Carne PSE, Carne Normal y Carne DFD

Fuente: <https://3rlab.wordpress.com/2016/10/06/principais-caracteristicas-e-problemas-de-qualidade-da-carne-suina/>

El descenso del **pH** (Figura 3) tiene consecuencias importantes para las proteínas cárnicas, que determinan directamente a la formación del color final y de la CRA. Conforme el pH disminuye, las proteínas alcanzan su punto isoeléctrico, y con ello se desestabiliza la estructura de las proteínas, perdiendo el agua estructural, debido a que la carga de las proteínas es igual a cero. La propia acidificación del músculo con la temperatura aún alta después del sacrificio, provoca la desnaturalización de proteínas que se insolubilizan y se precipitan, formando una masa más densa dentro de las células. La contracción muscular producida en el *rigor mortis* y la unión de actina con miosina disminuye el espacio entre las miofibrillas y expulsa gran parte del agua existente en el interior de la celda de miofilamentos para el sarcoplasma (citoplasma de la célula muscular) disminuyendo así el volumen ocupado por las proteínas y aumentando el volumen sarcoplasmático y de agua entre las células. Todos estos fenómenos contribuyen a la pérdida de líquido de la carne durante el corte, almacenamiento, procesamiento y preparación, siendo que en la carne PSE estos efectos nos llevan a tener mayores pérdidas de agua.

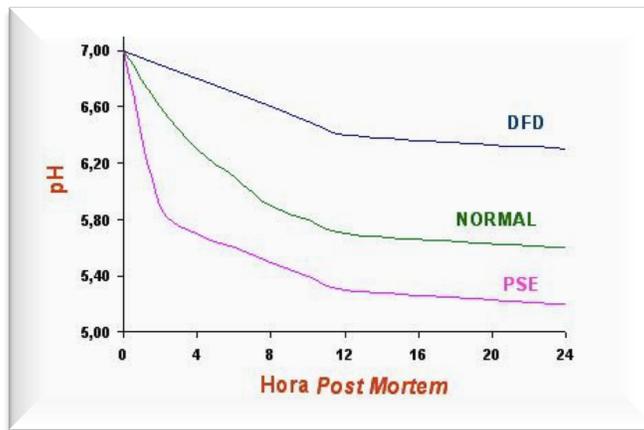


Figura 3. Descenso de pH en carne al transcurrir las horas

Fuente: <https://3rlab.wordpress.com/2016/10/06/principais-caracteristicas-e-problemas-de-qualidade-da-carne-suina/>

### 1.1.3 Composición química

La carne contiene principalmente agua, proteína, lípidos como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 2. Composición química de la carne	
Componentes	%
<b>Agua</b>	75
<b>Proteínas</b>	19
<ul style="list-style-type: none"> <li>Miofibrilares, Solubles en sal: Miosina, actina, tropomiosina, troponina, actininas (11.5%).</li> <li>Sarcoplasmáticas, Solubles en agua: Mioglobina, globulina, albumina y enzimas (5.5%).</li> <li>Tejido conectivo: Colágeno, elastina, reticulina (2%).</li> </ul>	
<b>Lípidos</b>	2.5
<b>Carbohidratos</b> Glucógeno, glucosa	1.2
<b>Otros:</b> Vitaminas, minerales, nitrógeno	2.3

Fuente: Badui (2006)

---

La composición química de la carne va variando según la especie como se muestra en el 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 estos (Badui, 2006).

<b>Cuadro 2. Composición química (%) de la carne de pollo y cerdo</b>				
<b>Especie</b>	<b>Agua</b>	<b>Proteínas</b>	<b>Lípidos</b>	<b>Cenizas</b>
<b>Pollo</b>	75	22.9	0.9	1.2
<b>Cerdo</b>	75	22.8	1.2	1

*Fuente: Meat Processing Technology For Small- To Medium-Scale Producers FAO (2015)*

#### 1.1.3.1 Agua

La mayor parte de los músculos *post rigor* contienen sobre un 70% agua, dependiendo primeramente del contenido lipídico y de la madurez fisiológica del músculo

La mayor parte del agua en el músculo se mantiene dentro de la estructura (Figura 4) y las células musculares. Específicamente, dentro de la célula muscular, el agua se encuentra dentro de las miofibrillas, entre las miofibrillas mismas y entre las miofibrillas y la membrana celular (sarcolema), entre las células musculares y entre los grupos de células musculares (Offer G. & Cousins, 1992).

- Agua ligada: Representa alrededor de un 1% del total. Es agua que está fuertemente unida a las proteínas miofibrilares (actina y miosina). Esta agua no se congela, aunque la carne se exponga a temperaturas de congelación de -20 °C, y tampoco se pierde cuando se aplica calor para su cocción.
- Agua atrapada o inmovilizada: Representa la mayor parte del agua en el músculo (85% del total). Se encuentra retenida en la superficie de las proteínas miofibrilares y del agua ligada (en el interior del miofilamento grueso, y entre el miofilamento grueso y el miofilamento delgado). La mayor parte del agua del músculo se

encuentra dentro de las miofibrillas. Parte de esta agua puede ser desplazada como consecuencia de una alteración de la estructura de las células musculares por congelación, cocción y por cambios en el pH de la carne.

- Agua libre. Se encuentra en el exterior de las miofibrillas, retenida débilmente por capilaridad. Esta agua se pierde fácilmente, por ejemplo, cuando aplicamos presión sobre la carne.

La relación de concentraciones entre agua “libre” y la “ligada” se incrementa en la medida en que el producto contiene más agua, algunos investigadores consideran que el “agua ligada” está fuertemente unida al alimento por medio de puentes de hidrógeno, pero otros establecen que dicha agua sólo está físicamente atrapada en una matriz muy viscosa que no permite su movilidad y difusión y, por lo tanto, no está disponible (Badui, 2006).

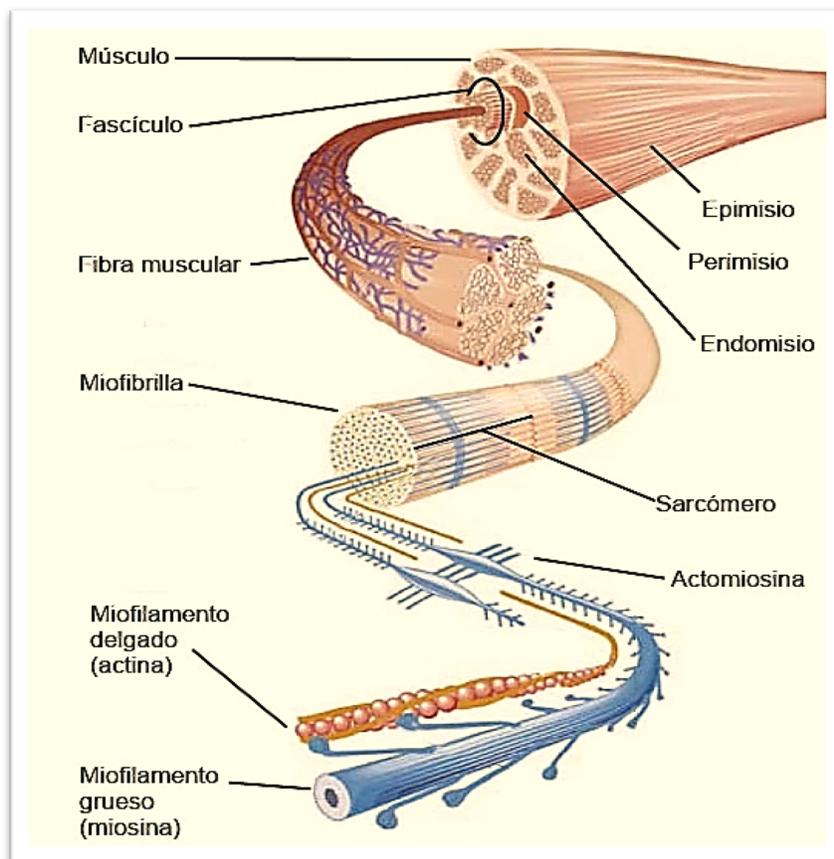


Figura 4. Estructura del músculo

Fuente: [http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/economico\\_administrativo/Composicion\\_quimica\\_de\\_los\\_alimentos/Composicion\\_quimica\\_de\\_alimentos\\_Parte\\_6.pdf](http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/economico_administrativo/Composicion_quimica_de_los_alimentos/Composicion_quimica_de_alimentos_Parte_6.pdf)

---

### 1.1.3.2 Proteínas de la carne

Las proteínas son necesarias para construir y mantener los tejidos corporales, además de que también contribuyen en muchos procesos necesarios para el organismo.

Los seres vivos requieren 20 diferentes aminoácidos para formar proteínas, sin embargo, el ser humano solo es capaz de sintetizar (producir) 10 de estos, por lo tanto, los restantes los debe obtener por medio de su alimentación, a estos últimos se les denomina “aminoácidos esenciales”. Los cárnicos tienen proteína de alta calidad, la cual contiene todos los aminoácidos esenciales que deben estar presentes en nuestra alimentación.

**Proteínas contráctiles o miofibrilares.** Son las que conforman estructuralmente el tejido muscular y, además, las que transforman la energía química en mecánica durante la contracción y relajación de los distintos músculos. Es la fracción más abundante ya que equivale a 50% del total de proteínas de la carne; son solubles en soluciones salinas concentradas y sus principales componentes son la miosina, la actina, la tropomiosina, la troponina y la actinina (Cuadro 3).

**a) Miosina** representa un porcentaje alto de las proteínas miofibrilares, tiene una estructura helicoidal con 55% de  $\alpha$ -hélice, integrada por dos cadenas fibrosas rígidas semejantes enrolladas entre sí, que terminan en una doble cabeza constituida a su vez por cuatro cadenas polipeptídicas (Figura 5). La molécula en su conjunto mide 1,600 Å de longitud, 20 Å de diámetro, y tiene una cabeza de 50 Å; su peso molecular es de 480,000 Daltons, es rica en lisina y en ácido glutámico. La cabeza tiene actividad enzimática y posibilidad de interactuar con la actina para producir la actomiosina; hidroliza el ATP en ADP y fosfato inorgánico, con liberación de la energía necesaria para el trabajo mecánico del músculo, en una reacción que se activa por iones calcio, pero que se inhibe por el magnesio. Aproximadamente se unen 400 moléculas de miosina en un arreglo cabeza-cola para producir un filamento grueso que es el responsable directo de las contracciones musculares (Badui, 2006).

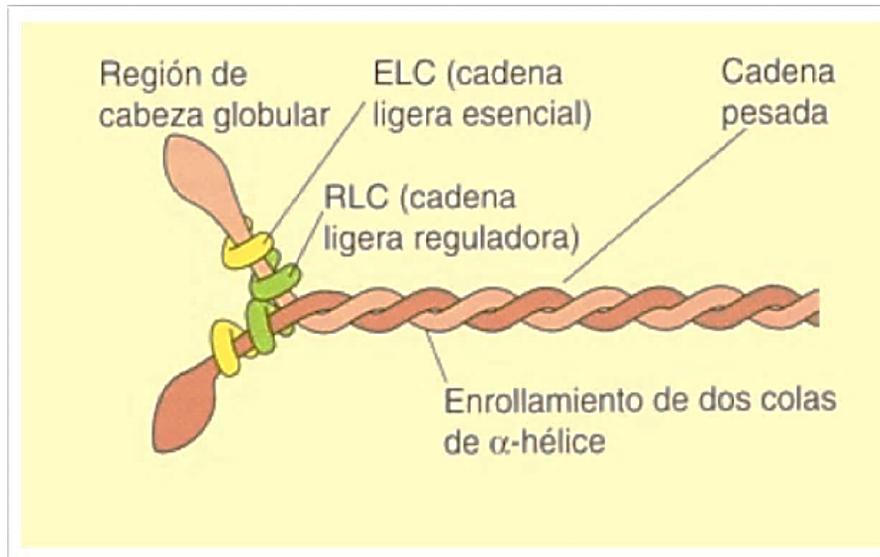


Figura 5. Molécula de la Miosina

Fuente: <https://materianeurocienciasi.files.wordpress.com/2014/01/pdf-contraccion-muscular.pdf>

**b) Actina** es la segunda proteína miofibrilar de importancia (Figura 6) que presenta dos fracciones: la G (actina globular) y la F (actina fibrosa); la primera tiene un peso molecular de 46,000 Daltons y consta de 450 aminoácidos aproximadamente; es esférica con un diámetro de 55 Å, presenta 30% de conformación de  $\alpha$ -hélice y contiene una molécula de ATP; la actina F se produce por la polimerización de la fracción G en presencia de magnesio y se combina con la miosina para formar la actomiosina.

El complejo de actomiosina se disocia en presencia de ATP y de iones magnesio, tiene una mayor actividad enzimática para hidrolizar ATP, que se favorece por la presencia de  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ ; esta molécula está directamente relacionada con el fenómeno de la contracción y de la relajación muscular.

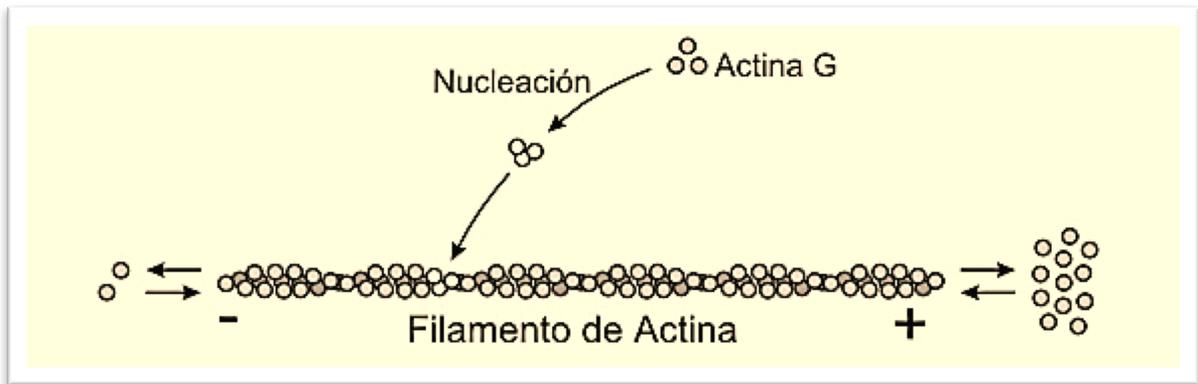


Figura 6. Estructura de la Actina

Fuente: <http://www.genomasur.com/lecturas/Guia06.htm>

**c) Tropomiosina** es una proteína aproximadamente con longitud de 40 nm, la cual se enrolla alrededor de la hélice de la actina. Cuando los músculos deben estar relajados, la tropomiosina cubre la parte activa de la actina para que así no pueda darse una interacción entre actina-miosina. Pero también facilita el contacto de la actina y la miosina, cuando se requiere la contracción muscular (Figura 7).

**d) Troponina** Es una proteína globular que se encuentra sobre la molécula de actina. Tiene la capacidad de enlazar su molécula a algún ión de calcio, cuando se requiere una contracción.

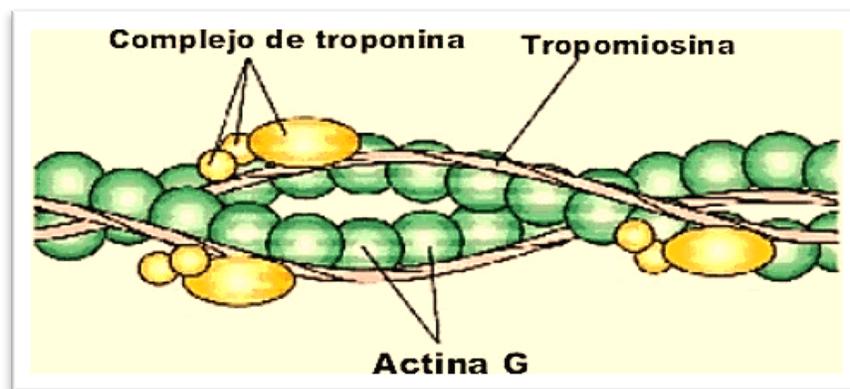


Figura 7. Tropomiosina y Troponina dentro la Estructura Contráctil

Fuente: <http://apuntesdefisiologia.blogspot.com/2013/09/histologia-del-musculo-esqueletico.html>

**Proteínas sarcoplásmicas o solubles.** Estos polipéptidos también se conocen con el nombre genérico de miógeno; son fundamentalmente globulinas y albúminas pertenecientes a los sistemas que intervienen en el metabolismo celular, como la glucólisis, al igual que enzimas como las catepsinas, la creatina kinasa y la mioglobina. Este grupo de proteínas se caracteriza por ser buenos agentes emulsificantes y por retener una gran cantidad de agua, lo que evita pérdidas de humedad durante el proceso de cocción de los distintos productos cárnicos, tienen la capacidad de coagular y formar geles cuya textura es muy deseable en diversos alimentos (Cuadro 3) (Badui, 2006).

<b>Cuadro 3. Distribución de las proteínas en el tejido muscular</b>		
<b>Tipo de proteínas</b>	<b>Base húmeda (%)</b>	<b>Base seca (%)</b>
<b>Contráctiles o miofibrilares</b>		
Miosina	5.0	25.0
Actina	2.5	12.5
Tropomiosina	0.8	4.0
Troponina	0.8	4.0
Actinina	0.3	1.5
Otras*	0.6	3.0
<b>Total</b>	<b>10.0</b>	<b>50.0</b>
<b>Sarcoplásmicas o solubles</b>		
Enzimas	6.0	30.0
Mioglobina	0.6	3.0
Otras*	0.4	2.0
<b>Total</b>	<b>7.0</b>	<b>35.0</b>
<b>Proteínas del estroma o insoluble</b>		
Colágena	1.5	7.5
Elastina	0.1	0.5
Otras	1.4	7.0
<b>Total</b>	<b>3.0</b>	<b>15.0</b>

*Fuente: Badui (2006).*

---

**Proteínas del estroma o insolubles.** Éste es un grupo muy abundante de polipéptidos; conforman el tejido conectivo fuerte de los tendones, la piel, el hueso y las capas más rígidas que envuelven y soportan los músculos, como el endomisio, el perimisio y el epimisio. En conjunto, este grupo de compuestos representa aproximadamente 35% de las proteínas totales de un animal vivo, pero en cuanto a tejido muscular sólo equivale a 3% (Cuadro 3).

El colágeno que es la proteína más abundante en un vertebrado, está constituido por diversas fracciones: contiene 33% de glicina, 12% de prolina, 11% de alanina y 10% de hidroxiprolina, es deficiente en aminoácidos indispensables, principalmente lisina y triptofano.

#### 1.1.3.3 Lípidos

Los lípidos son después de las proteínas los componentes mayoritarios presentes en la carne. Tienen gran importancia por las transformaciones bioquímicas que sufren durante la elaboración de los productos cárnicos.

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

Los lípidos contribuyen a la palatabilidad de los embutidos, también determinan: la dureza, textura y jugosidad de los embutidos cocidos.

La grasa se agrega a las emulsiones en forma de recortes grasos de bovino o cerdo. Como la grasa de cerdo es más blanda y funde a temperaturas más bajas que la de bovino, son más

---

fáciles de picar. Durante el picado, la grasa de bovino requiere una temperatura más alta que la grasa de cerdo (Carballo & López , 2001).

#### 1.1.4 Propiedades funcionales

Las propiedades funcionales de la carne derivan del comportamiento de las proteínas durante su procesamiento donde desempeñan un papel muy importante en cuanto a la tecnología de alimentos dando atributos de calidad al producto terminado. Entre las más importantes se encuentra la CRA (capacidad de retención de agua) y la CE (capacidad emulsificante).

##### 1.1.4.1 Capacidad de retención de agua (CRA)

La CRA es la propiedad que da una proteína cárnica para retener el agua tanto propia como añadida, cuando se somete a un proceso de elaboración durante la aplicación de fuerzas externas, tales como el corte, el picado, calentamiento, trituración y prensado, además de almacenamiento. De ella dependen otras propiedades de la carne como son el color, la ternura, la jugosidad y la suavidad de la carne procesada (Carballo & López , 2001).

Existen diversos factores que influyen directamente en esta propiedad, tales como el pH, cambios *post mortem* y la adición de sales los cuales se describen a continuación:

En un **pH** de 5, se alcanza el punto isoeléctrico de las proteínas cárnicas donde el agua ligada es mínima; las cargas eléctricas netas son igual a cero y por lo tanto no existe atracción por las moléculas de agua (polares), ni repulsión entre las moléculas de proteínas entre sí.

De este mismo modo cuando la carne se aleja de este pH y es cercano a la neutralidad retiene más cantidad de agua; aumenta la carga y la atracción dipolo-dipolo.

Después del sacrificio nos encontramos con los cambios *post mortem* en donde la CRA es muy grande, debido a que el pH es aproximadamente de 7, ya que no se ha formado el

---

complejo de actomiosina. A medida que se establece el *rigor mortis*, el glucógeno se transforma en ácido láctico (por glucólisis anaerobia), que condiciona que baje el pH hasta el punto isoelectrico de las proteínas, lo que implica que la CRA sea mínima. Al cesar el aporte de ATP se forma el complejo de actomiosina, disminuyendo el espacio libre. Con el tiempo hay una degradación de proteínas miofibrilares que elevan el pH.

En la **adición de sales** (NaCl y fosfatos) a la materia prima cárnica (Figura 8), la CRA dependerá del pH. Si el pH >5 la CRA mejora notablemente y si el pH <5 la CRA disminuye al añadir el cloruro de sodio. Como se observa en la Figura 8 el ión Cl<sup>-</sup> es mucho más activo que el Na<sup>+</sup> y capaz de neutralizar las cargas positivas de las proteínas del músculo, a pH < 5. A pH > 5 las proteínas del músculo están cargadas negativamente, por lo que el ión Cl<sup>-</sup> resulta inactivo.

Los fosfatos también mejoran la CRA cuando el pH es mayor que el punto isoelectrico. Se puede explicar porque el fosfato eleva el pH ya que este actúa de forma similar al ATP, evitando la formación del complejo actomiosina (Carballo, López y Madrid, 2001).



---

#### 1.1.4.2 Capacidad emulsificante (CE)

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 una interface. Generalmente, cuando un producto mejora la capacidad de retención de agua tiene también capacidad emulsionante; las proteínas actúan como emulsificantes al formar un gel alrededor de la gota de grasa que retiene el agua.

En la formación de las emulsiones cárnicas concurren tres fenómenos fisicoquímicos:

- ✓ Interacción Agua-Proteína
- ✓ Interacción Proteína-Grasa
- ✓ Agregación Proteína-Proteína, la cual es responsable de la capacidad de retención de agua, formación de emulsión y gelificación.

Dentro de las proteínas cárnicas, son las miofibrilares las que tienen mayor capacidad de formar y estabilizar una emulsión. Los productos cárnicos de pasta fina se consideran sistemas tipo emulsión; están formados por dos fases, una matriz compleja formada por una solución salina que extrae las proteínas miofibrilares, que a su vez actúan como agentes emulsificantes y la fase dispersa está formada por finas partículas de grasa. La CE disminuye en el punto isoeléctrico (pH=5.5) de las proteínas miofibrilares y aumenta a valores de pH cercanos a la neutralidad (Huff & Lonergan, 2005).

#### 1.2 Emulsiones cárnicas

Las emulsiones cárnicas (Figura 9) son sistemas que consisten de partículas de grasa (fase sólida) suspendidas en una matriz de proteínas solubles en sales y agua (fase líquida), dispersas en esta fase líquida se encuentran también algunas proteínas insolubles del tejido conectivo, partículas de carne. La fase líquida es realmente un líquido viscoso. En la Figura 9, se muestra un diagrama de los componentes de la emulsión cárnica (Carballo & López, 2001).

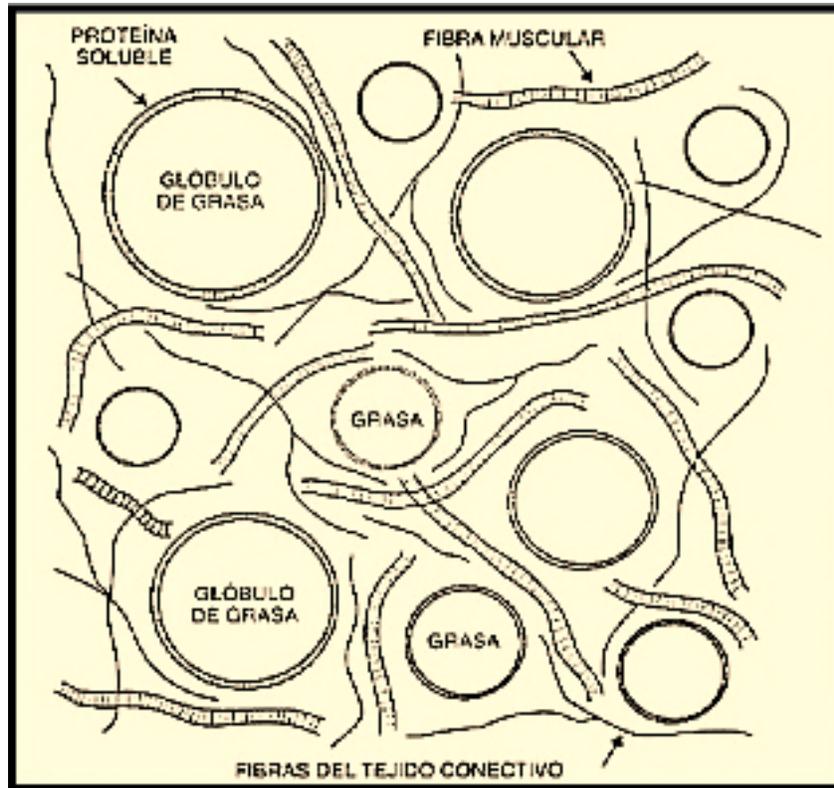


Figura 9. Emulsión cárnica

*Fuente: Forrest (1979)*

Las emulsiones cárnicas se producen cuando las proteínas de la carne se han solubilizado en disoluciones cárnicas, formando una matriz que encapsula los glóbulos de grasa. Las proteínas de la carne solubilizadas en salmuera dependen principalmente del pH de la carne, así como de la fuerza iónica de la disolución.

Las proteínas de la carne pueden ser solubilizadas también por la acción de corte de las cuchillas durante el proceso de picado, y su solubilidad depende del tiempo de operación de la picadora y de la temperatura de la carne.

En una emulsión cárnica, las proteínas de la carne actúan como agentes emulsificantes, y las proteínas de la carne deben rodear las pequeñas partículas de grasa para hacer la emulsión estable antes del proceso de cocción. En la carne, la proteína estructural más abundante es la

---

miosina, y se trata también de la más importante de las proteínas, la cual garantiza la emulsificación de la grasa y el ligado del agua en los productos emulsificados.

En el proceso de emulsificación de los productos cárnicos se pueden distinguir dos etapas distintas:

- ✓ Fase dispersa, se denomina fase dispersa al agua y al líquido que forman las gotas pequeñas. En las emulsiones cárnicas la fase dispersa está formada por partículas de grasa sólida y líquida.
- ✓ Fase continua, donde están dispersas las gotas se denomina como fase continua. En las emulsiones cárnicas la fase continua está compuesta por agua que contiene sales y proteínas especialmente la miofibrilares (actina y miosina) que son solubles en soluciones salinas diluidas.

Los principales componentes o ingredientes de una emulsión cárnica son el carne, la grasa y el agua. Por lo que las emulsiones cárnicas se consiguen a partir de carne picada, grasa picada, añadiendo agua, durante la molienda y mezclado.

En el proceso de fabricación de este tipo de productos también se le añaden ciertos ingredientes que funcionan para darle forma, textura, consistencia, olor y sabor que caracterizan a los productos cárnicos.

### 1.3 Soya

La soya, o frijol de soya, (*Glycyne max*) pertenece a las leguminosas (Figura 10), aunque también se puede considerar como una oleaginosa por su elevado contenido de aceite como la canola, el algodón, el girasol, la aceituna y el cacahuate. Estados Unidos y Brasil conjuntamente cosechan más del 80% de la producción mundial. Es un cultivo anual de verano de clima caluroso y húmedo, y sus vainas contienen tres o más semillas que se utilizan en la industria para la extracción del aceite, y el residuo o pasta, rico en proteínas, se utiliza

para la alimentación humana o animal. Debido a sus propiedades nutritivas, principalmente por sus proteínas (Cuadro 4), en las últimas décadas ha habido un gran desarrollo científico y tecnológico para su aprovechamiento integral. La producción de proteínas de soya representa una alternativa muy importante para la gran deficiencia que existe de las proteínas convencionales, como las de la leche, la carne y el huevo (Badui, 2006).

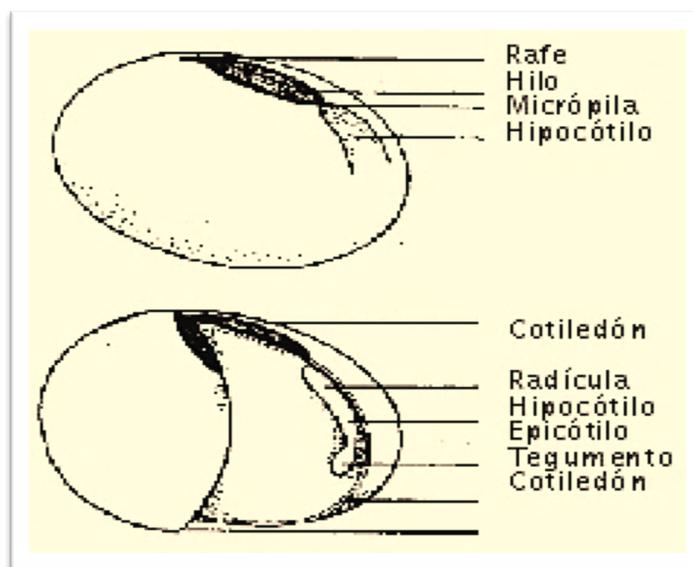


Figura 10. Semilla de soya

Fuente: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha/AlmacenamientoSoja.as>

<b>Cuadro 4. Composición química de la soya y sus partes (base seca en %)</b>					
	<b>Proteína</b>	<b>Carbohidratos Totales</b>	<b>Grasas</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Constituyente de la semilla</b>
<b>Soya Total</b>	40	21	34	5	100
<b>Cotiledón</b>	43	23	29	5	90
<b>Cascarilla</b>	9	1	86	4	80
<b>Hipocotíleo</b>	41	11	43	5	2

Fuente: Badui (2006)

---

### 1.3.1 Proteínas de soya

Las proteínas de la soya tienen la capacidad de formar geles, a través de varios mecanismos que implican ciclos de calentamiento-enfriamiento. Las proteínas de soya deben poseer propiedades funcionales adecuadas para ser aplicadas en alimentos, de lo cual dependerá la aceptación del consumidor en el producto terminado. Estas son las características fisicoquímicas que afectan el comportamiento de la proteína en los sistemas alimentarios durante el procesamiento, fabricación, almacenamiento y preparación, por ejemplo, la solubilidad, gelificación, emulsificación, unión a ligando y formación de película. Estas propiedades reflejan la composición y la conformación de las proteínas, sus interacciones con otros componentes de los alimentos, y se ven afectadas por los tratamientos de los diferentes procesos.

La soya es la fuente más abundante de proteínas vegetales, ya que además de ser de gran calidad, cuenta con un adecuado contenido de aminoácidos esenciales que representan beneficios importantes. El procesamiento del grano es importante para la mejora o modificación de las proteínas funcionales de su proteína, lo cual ayuda a ampliar su aplicación prácticamente en todos los sistemas alimentarios (Hoogenkamp, 2005; Badui, 2006).

#### 1.3.1.1 Harinas

Las harinas son la forma menos refinada de la soya; se pueden fabricar con toda su grasa, y parcial o totalmente desgrasadas, ya sea como hojuelas, gránulos o polvo; contienen un mínimo de 40% de proteínas, y durante su manufactura se someten a un calentamiento con vapor para eliminar el residuo del disolvente usado para la extracción de aceite. La harina de soya se elabora a partir de las hojuelas de soya desgrasadas ligeramente tostadas; las hojuelas de soya son lo que queda en el proceso después de que se ha triturado el frijol de soya para la producción de aceite. La harina de soya tiene un color ligeramente amarillo y la textura de la harina de trigo integral.

---

### 1.3.1.2 Concentrados

Los concentrados de soya se obtienen al refinar aún más las hojuelas de soya; en este caso, para incrementar los porcentajes de proteína.

El concentrado de proteína de soya es un polvo de soya que contiene 60 a 70% de proteína y se usa ampliamente en la fabricación de alimentos para mejorar la retención de humedad o los niveles de proteína. Estos productos están recibiendo más atención por parte de la industria cárnica; y se están usando principalmente en embutidos como jamón y salchichas, carnes molidas.

### 1.3.1.3 Aislados

El aislado de proteína de soya es un polvo de soya que tiene 90 a 95% de proteína. Se usa frecuentemente en la fabricación de alimentos para incrementar los niveles de proteína y disminuir los carbohidratos (malteadas altas en proteína, productos de panificación de especialidades, pastas, embutidos etcétera). Estos productos terminados están incursionando en aplicaciones gastronómicas como alimentos integrales o como bases para las nuevas formulaciones, con perfiles más saludables y un buen sabor.

## 1.3.2 Propiedades funcionales de la soya

La disponibilidad de alimentos de origen animal y por razones de salud, en los últimos años han surgido diversas tecnologías que permiten la incorporación de proteínas vegetales, hasta llegar a la total sustitución de las de la carne, huevo y leche. Las propiedades funcionales de las distintas formas comerciales de soya (harinas con o sin grasa, concentrados, aislados, texturizados, extruidos, etcétera) varían de acuerdo con su composición química y método de obtención, y en consecuencia, su empleo se limita a ciertos productos alimenticios en donde se desarrollan y se aprovechan verdaderamente dichas propiedades (Badui, 2006).

En los productos a base de carne y lácteos, las propiedades de las proteínas de soya son la solubilidad, el aporte de agua, la hinchazón, la viscosidad y la gelificación. Las carnes molidas (salchichas, mortadela, fiambres) tienden a contener más grasa que la carne normal. Las proteínas de soya se utilizan para mejorar y estabilizar la emulsión de grasa, mejorar la viscosidad, impartir textura a la gelificación después de la cocción y para mejorar la retención de humedad y el rendimiento general (Kinsella, 1979).

Las propiedades funcionales (Cuadro 5) incluyen su capacidad como emulsionante, espesante, absorción de grasa, gelificante, espumante, formador de películas, textura, etcétera; también se presenta un resumen de las distintas aplicaciones de los derivados de la soya en la industria de los alimentos cárnica.

<b>Cuadro 5. Propiedades funcionales de las proteínas de la soya en alimentos cárnicos</b>		
<b>Propiedad funcional</b>	<b>Forma de la proteína</b>	<b>Sistema utilizado</b>
<b>Emulsificación</b>		
Formación	H, C, A	Salchichas, embutidos, salami.
Estabilización	H, C, A	Embutidos en general.
<b>Absorción de grasa</b>	H, C, A	Salchichas, embutidos y hamburguesas.
<b>Textura</b>		
Gelificación	A	Sustitutos de carne molida.
Formación de fibras	A	Sustitutos de carne.
<b>Formación de películas</b>	A	Salchichas y salamis.
<b>Adhesión</b>	C, A	Embutidos, carnes frías.
<b>Cohesión</b>	H, A	Sustitutos de carne.
<b>Elasticidad</b>	A	Sustitutos de carne.
<b>H = harina; C = concentrados; A = aislados</b>		

*Fuente: Badui (2006)*

---

#### 1.4 Pastel de Carne Norma NMX-F-203-1971

La Norma NMX-F-203-1971, define a los “Pasteles de Carne”, como 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.

La cocción se efectúa en condiciones de tiempo y temperatura, variables a juicio del productor, en tal forma, que se logre una cocción completa, siendo la temperatura mínima de 70 °C.

Este producto debe cumplir con las siguientes especificaciones (Cuadro 6).

<b>Cuadro 6. Especificaciones del Pastel de Carne</b>		
<b>Especificaciones</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>% Humedad</b>	---	65
<b>% Grasa</b>	8.0	---
<b>% Proteína</b>	14.0	---
<b>Nitritos</b>	---	200 ppm

*Fuente: Norma Mexicana NMX-F-203-1971*

---

### 1.4.1 Funcionalidad de los ingredientes

La selección de los ingredientes cárnicos es algo indispensable en la elaboración de los embutidos. Las carnes magras obtenidas principalmente son las de cerdo y pollo. El recorte graso del cerdo tiene un punto de fusión más bajo y proporcionan la mayor parte de la grasa a la formulación.

Los diferentes tejidos animales varían en el contenido en agua, grasa, proteína y pigmentos. El tipo de proteína, miofibrilla (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).

Los ingredientes no cárnicos tienen un papel fundamental en el desarrollo de formulaciones cárnicas, ya que cada uno es específico para su estabilidad, color, textura, sabor y vida de anaquel. A continuación, se presentan los ingredientes funcionales utilizados en la industria para el procesamiento de emulsiones cárnicas:

#### **Agua**

Aunque el músculo ya contiene una gran cantidad de agua (entre 60-70%) frecuentemente se agrega agua adicional en carnes procesadas por razones de funcionalidad. La mayor parte del agua en la composición de la carne se encuentra en el interior de las células, separadas por la membrana celular y sometidas a cambios iónicos por procesos de ósmosis. Una fracción de ella acompaña a las sales minerales, ocupa los espacios extracelulares, en forma similar a la del suero sanguíneo. El agua de músculo se encuentra en proporción de un 70% en las proteínas miofibrilares, 20% en las sarcoplásmicas y 10% en el tejido conectivo (Price y Schweigert, 1994).

---

El agua está unida al músculo de tres formas diferentes:

- ✓ Agua de constitución: 5% del total. Forma parte de la misma carne y no hay forma de extraerla.
- ✓ Agua de interfase: está unida a la interfase proteína-agua, se subdivide en agua vecinal, más cercana a la proteína formando dos, tres o cuatro capas, y agua multicapa que está más alejada de las proteínas.
- ✓ Agua normal: que se subdivide en dos modalidades, agua ocluida que esta retenida en el músculo envuelta en las proteínas en forma de gel y agua libre, que es la que se libera cuando se somete a tratamiento externo.

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).

Del agua depende la palatabilidad de la carne y los productos cárnicos, la cual está relacionada con 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 y jugosidad, disminuye la dureza del embutido.

En la preparación del embutido, la molienda y la mezcla en la *cutter* generan calor. Un calentamiento excesivo desestabilizara la emulsión. Se debe permitir el tiempo necesario para que ocurra la adecuada desintegración, de modo que el embutido final tenga la textura deseada, se añade hielo picado o frapeado. 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).

---

La distribución es muy importante para ingredientes tales como las sales de curación que se utilizan en cantidades muy pequeñas. La solubilización de las proteínas de la carne es crítica para obtener un buen comportamiento de la emulsión y para las propiedades de liga de la carne.

La cantidad de agua adicionada puede ser importante tanto para la textura como para el rendimiento de los productos. El agua adicionada contribuye a la textura que percibimos al degustar un alimento y puede contribuir a una placentera suavidad y buena calidad en la boca, mientras que demasiada agua volverá al producto suave y pastoso.

### **Proteínas**

Contribuyen a la retención de agua, aporta textura, color, olor y sabor, elementos importantes para la aceptación del producto por parte del consumidor. Las propiedades funcionales de las proteínas cárnicas se deben generalmente a las proteínas miofibrilares. Entre estas propiedades destaca:

***Capacidad de gelificación.*** Un gel es un sistema semi-sólido (mantiene su forma, pero los líquidos se desplazan por el gel), que se forma por la unión de cadenas polipeptídicas que forman una red tridimensional que retiene y atrapa el agua.

Las proteínas miofibrilares contienen las proteínas contráctiles y las proteínas reguladoras de la contracción. Son los componentes proteicos más funcionales. Estas proteínas son muy importantes en la capacidad de retención de agua y la forma en que es ligada en los embutidos (Robinson, Calvo, & Sevillano, 1991).

El gel se forma en dos etapas:

- ✓ Desorganización de las cadenas polipeptídicas.

- 
- ✓ Reordenación de las cadenas y formación de red mediante puentes de hidrógeno y enlaces disulfuro. De estos enlaces dependen propiedades del gel tales como viscosidad, elasticidad, etc.

La miosina es la proteína con mayor capacidad de gelificación, la actina tiene una capacidad de gelificación muy pequeña, aunque potencia el poder de gelificación de la miosina.

## **Grasa**

Los lípidos son después de las proteínas, los componentes mayoritarios presentes en la carne. Tienen gran importancia por las transformaciones bioquímicas que sufren durante la elaboración de los productos cárnicos.

Los lípidos contribuyen a la palatabilidad de los embutidos, también determinan la dureza y jugosidad de los embutidos cocidos.

La grasa se agrega a las emulsiones en forma de recortes grasos de res 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 bovino requiere una temperatura más alta que la grasa de cerdo (Carballo & López , 2001).

## **Sal**

Es empleada en la elaboración de productos cárnicos cocidos en concentraciones que oscilan del 1 al 5% tiene dos funciones importantes la primera de ellas es la de actuar como agente depresor de la actividad de agua, facilitando la conservación del producto y contribuyendo a su sabor. La segunda es la de contribuir a la solubilización de las proteínas cárnicas y la expansión de sus estructuras cuaternarias, ya que esto supone el principal aporte a la fuerza iónica favoreciendo la manifestación de sus propiedades ligantes y poder emulsificante. Aunque el sodio es importante para el sabor, el cloruro es el que contribuye con otra función crítica que es la retención de agua en carnes procesadas. Los cloruros proporcionan el medio

---

ideal para que las proteínas sean más capaces de ligar agua, produciendo mejoramiento general en los rendimientos, textura y palatabilidad.

### **Edulcorantes**

Una gran variedad de carbohidratos se puede utilizar (dextrosa, azúcar, sorbitol, etc.). Los edulcorantes se emplean con el objeto de mejorar el sabor del producto, para contrarrestar el sabor fuerte de la sal e incrementar las propiedades ligantes del agua. Los edulcorantes se adicionan a las mezclas de carne para lograr efectos de sabor, aunque frecuentemente estas sustancias pueden dar otras contribuciones.

### **Espicias y saborizantes**

Las especias son agentes saborizantes definidos y proporcionan con base a las diferentes combinaciones que se pueden hacer, una variedad ilimitada de sabores a las carnes procesadas.

La función de las especias es la de realzar sabores y color en ciertos productos. Su uso está sujeto a las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) (NOM-213-SSA1-2018).

### **Ligadores y extensores**

Los ligadores y extensores incluyen diferentes ingredientes que se pueden emplear para incrementar las propiedades de liga de una mezcla de carne y obtener una ventaja económica.

Algunas de las ventajas que se pueden obtener con el uso adecuado de estos materiales son un mejoramiento en la estabilidad de la emulsión y mejor rebanabilidad del producto.

La mayoría de estos materiales son fuertes ligadores de agua; un hecho que debe mantenerse en la mente cuando se utilizan emulsiones. Puede ser mejor adicionarlos a la mezcla con el

---

último ingrediente de manera que no puedan absorber agua y evitar que ésta cumpla con alguna de sus importantes funciones durante la etapa de picado o de emulsificación.

- ✓ Para favorecer la estabilidad de la emulsión
- ✓ Mejoran los rendimientos
- ✓ Mejorar las características físicas y fisicoquímicas
- ✓ Disminuyen las pérdidas de cocción, reducen el encogimiento y retienen la humedad
- ✓ Reducir los costos de formulación

Los *almidones* son una fuente a considerar. El almidón es probablemente uno de los carbohidratos más utilizados en la industria cárnica debido a su disponibilidad y beneficios económicos.

El almidón se extrae principalmente de cereales, tubérculos y frutas. Existen diferentes formas de almidón. Cada una de sus formas posee características independientes que condicionan su aplicación en la industria alimentaria, ya que influyen en las propiedades reológicas y sensoriales, porque son hidratables y además presentan gelatinización a ciertas temperaturas. Si algunas de las dos variables anteriores no están dentro de control, existe el riesgo de no cumplir los requisitos deseados.

Los más usados son los almidones de trigo, papa, maíz y mandioca. El almidón de trigo tiene la ventaja de que tiene buen sabor y gelifica a temperatura baja (65 °C) dando al producto una buena textura. La fécula de papa tiene un poder de retención de agua muy elevado, pero transmite al producto un sabor no muy agradable y una textura no demasiado satisfactoria, con un punto de gelificación de alrededor de 70 °C. Tanto el almidón de maíz como el de yuca o mandioca tienen propiedades intermedias entre los dos mencionados.

Las características de funcionalidad de un ligador dependerán de la proporción que contengan de amilosa y amilopectina. Siendo la amilosa la parte lineal de la estructura de un almidón,

---

con la característica de proporcionar un gel rígido; mientras que la amilopectina es la parte ramificada de la estructura del almidón, con la característica de proporcionar viscosidad y cuerpo, sin formar un gel firme (Robinson, Calvo, & Sevillano, 1991).

La *soya* es una leguminosa procesada en varios productos, algunos de ellos ampliamente utilizados por la industria procesadora de cárnicos.

El valor de la soya radica en que es de los pocos productos de origen vegetal que contiene un alto contenido de proteína (37 - 38% en el grano entero) y que además posee un excelente balance de aminoácidos que hace que tenga un valor nutritivo elevado.

Los productos cárnicos combinados con soya tienen un valor nutritivo similar que los elaborados con 100% del producto de origen animal. La principal manera en que la industria procesadora de productos cárnicos utiliza la soya es en forma de proteína texturizada, seguida por concentrados y aislados proteicos.

Se ha observado que el uso de proteínas de soya conlleva las siguientes ventajas: disminuye mermas de cocción, lo que aumenta los rendimientos, dando como resultado la obtención de productos cárnicos más húmedos y jugosos tras la cocción; mantienen el contenido proteico en producto terminado; ayudan al uso de carnes magras, así como también subproductos cárnicos; ayudan a reducir el costo de la fórmula total; permiten ejercer un control de la calidad del producto terminado.

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. Las proteínas de soya han sido incorporadas en estos productos por su alta capacidad de retención de agua y de ligazón de grasa,

---

incremento en la estabilidad de la emulsión y el incremento en los rendimientos de producto final (Ospina, 2011).

### **Sales de curación**

Actualmente los agentes de curado aprobados son nitrito de sodio y de potasio, sin embargo, el uso de nitratos es menos común en el presente, y a pesar de algunas excepciones, el curado se realiza prácticamente con nitritos.

Estos compuestos se utilizan prácticamente en todas las carnes procesadas con la excepción de los embutidos frescos y algunos otros. El nitrito se utiliza casi siempre en conjunto con sal y como ésta, tiene varias funciones importantes en la carne curada.

El nitrito también proporciona una definida inhibición bacteriana y contribuirá a suprimir los microorganismos del deterioro. El nitrito ha recibido gran publicidad debido a la seguridad que proporciona contra *Clostridium botulinum*. El botulismo no será un problema bajo las condiciones normales de manejo y refrigeración, pero si se abusa del producto (y el fabricante aún es considerado responsable) el nitrito proporciona una medida extra de control.

### **Antioxidantes**

El eritorbato de sodio es un nuevo tipo de agente de antioxidación, antisepsia y conservación. Se considera como el aditivo alimentario legal por la FAO (*Food and Agricultural Organization por sus siglas en ingles*). Es la sal sódica del ácido eritórbito, se obtiene de la fermentación del almidón de grado alimentario y presenta un efecto antioxidante muy similar al ascorbato de sodio. Es un fuerte agente reductor y muy soluble en agua, la aplicación que se le puede dar es en carnes curadas donde tiene una doble funcionalidad reforzando el efecto preservante del nitrito de sodio y mejorando la calidad organoléptica del producto acabado durante más tiempo, también tiene uso en carnes frescas, donde mediante aplicación superficial o inyección se consigue estabilizar el color y la vida útil de estas carnes.

---

## **Fosfatos**

Los fosfatos después de la sal, es un seguimiento lógico puesto que estos compuestos proporcionan algunas funciones similares con respecto a la retención de agua. En este aspecto los fosfatos ofrecen un medio de compensar parcialmente los menores niveles de sal. Existen diversas sales de fosfatos que se han aprobado para uso en alimentos, los cuales presentan diferencias en solubilidad, costo, efectividad y terminología. Incluso los proveedores han creado mezclas de fosfatos para ciertos productos.

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 & Scheweigert, 1994).

Por otro lado, los fosfatos también podrán mejorar la liga entre los trozos de carne y resaltar la estabilidad de la emulsión, todo debido a la mejor extracción de la proteína.

### **1.4.2 Rebanabilidad**

La obtención de productos cárnicos rebanados debe facilitar al procesador la estabilidad de la emulsión cárnicas, 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. 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.

Para desarrollar una 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 & Johnson, 2007).

### **1.4.3 Análisis de rendimientos**

En la formulación de emulsiones cárnicas hay que tomar en cuenta el tipo de proteína cárnica que se utilizara para su elaboración, con base a esta se tomara en cuenta la cantidad de proteína libre de grasa (PLG) y el rendimiento que se desea lograr. Estos aspectos van a ser determinantes para el tipo de cárnicos e ingredientes funcionales a usar.

Por ejemplo, un jamón extrafino generalmente es un jamón de rendimiento de 10 a 25% (es decir que por cada 100 kg de materias primas, se quieren obtener 125 kg de producto

---

terminado); un jamón fino será de un 30 a un 45% de rendimiento; un preferente de 45 a 65%; un económico, de 75 a 100% y un popular de más de 100% de rendimiento (Secofi, 2000).

Por lo tanto, lo que se pretende, a través de la formulación, es obtener un buen producto a mínimo costo, partiendo siempre del diseño del producto que se desea. La situación económica por la que se atraviesa, requiere que se disminuyan las mermas y se aumenten los rendimientos, esto solo se logra con la introducción de nuevos ingredientes que tengan la misma funcionalidad de estabilizar el sistema cárnico.

La fórmula para calcular estos rendimientos es la siguiente:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso final del PT} - \text{Peso de MP cárnica}}{\text{Peso de la MP cárnica}} \times 100$$

-Peso final del PT = Peso total del producto terminado

-Peso de MP cárnica = Peso inicial de la materia prima cárnica

---

## JUSTIFICACIÓN

En la elaboración de un producto cárnico cocido tipo emulsión se necesita tener en cuenta los porcentajes de carne y grasa que se adicionará a la formulación, así como su funcionalidad de los demás ingredientes para poder obtener una estabilidad en el sistema cárnico formado. La pechuga de pollo es una de las zonas más magras de la canal del pollo. En función de la alimentación recibida, ésta tendrá una carne tierna, blanca y ligeramente amarillenta, al ser la zona más magra del pollo, aporta bajas concentraciones de grasa, su contenido de proteínas es elevado por lo cual para un mejor desarrollo y estabilidad de la emulsión cárnica se agrega carne de cerdo (que contiene mayor cantidad de tejido graso) y lardo de cerdo (20% carne / 80% grasa). Los aislados proteicos de soya son utilizados como ingredientes funcionales en la elaboración de productos cárnicos cocidos tipo emulsión, aportando estabilidad en el sistema durante largos periodos de almacenamiento controlado de 0 a 4 °C, por lo cual en este proyecto se desarrollan formulaciones sustituyendo proteína cárnica por aislado proteico de soya, para evaluar el efecto que tiene en el desarrollo y la estabilidad del sistema cárnico tipo salchicha, mediante pruebas físicas y fisicoquímicas.

---

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la sustitución de carne de cerdo por aislado proteico de soya (APS) en el desarrollo y estabilidad de un producto cárnico cocido tipo emulsión, mediante pruebas físicas y fisicoquímicas.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Verificar la formación de la emulsión cárnica en formulaciones adicionadas con aislado proteico de soya (APS) mediante microscopia óptica para observar el tamaño de partícula y su homogeneidad en el sistema.
2. Evaluar la estabilidad de un producto cárnico cocido tipo emulsión (pastel de carne) sustituido con diferentes concentraciones de aislado proteico de soya (APS) en su formulación mediante pruebas físicas y fisicoquímicas.
3. Evaluar los rendimientos derivados de la adición de aislado proteico de soya (APS) en un producto cárnico cocido tipo emulsión mediante los pesos (kg) alcanzados en su elaboración.

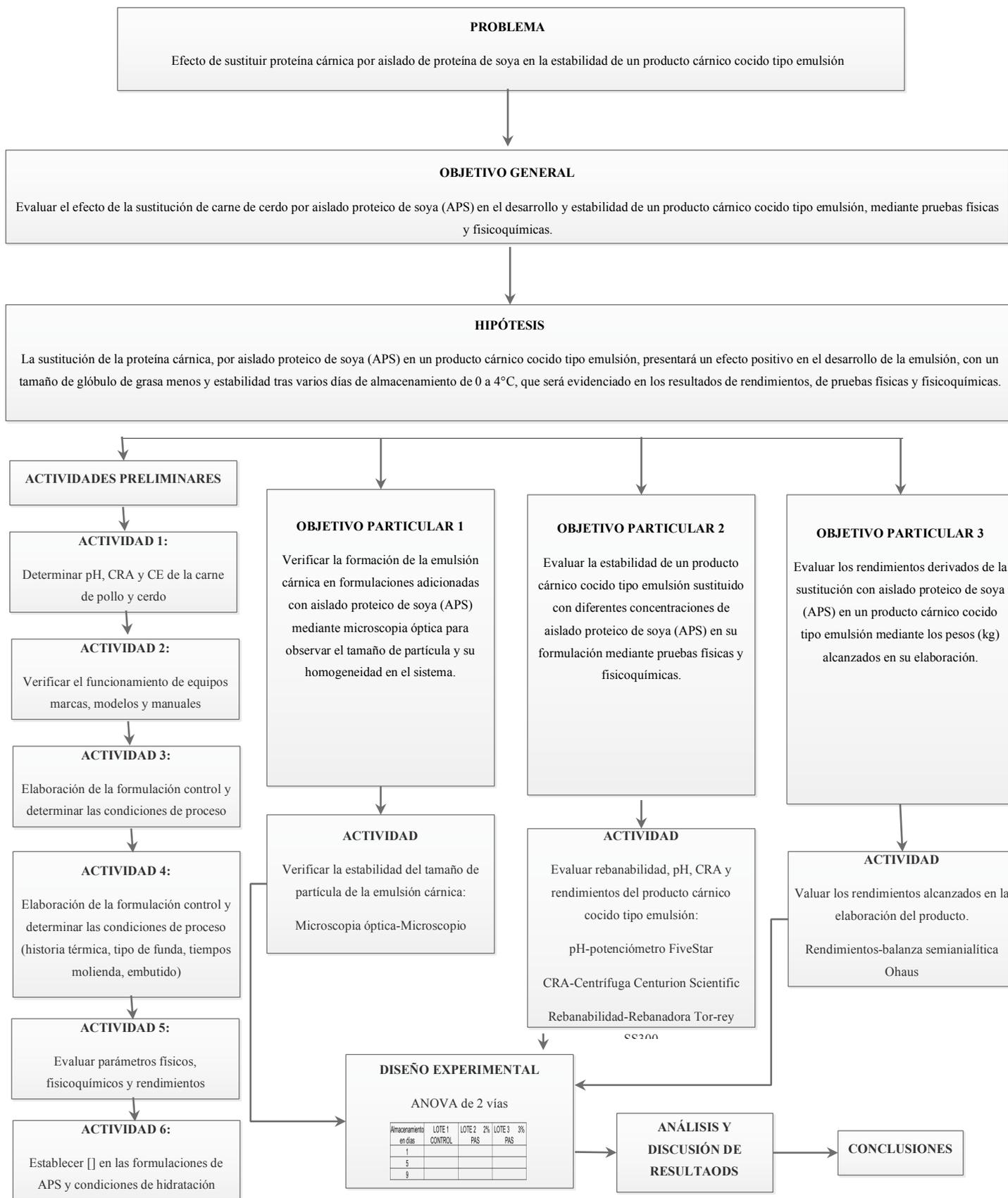
## **HIPÓTESIS**

La sustitución de la proteína cárnica, por el aislado de proteína de soya (APS) en un producto cárnico cocido tipo emulsión, presentará un efecto positivo en el desarrollo de la emulsión, con un tamaño de glóbulo de grasa menos y estabilidad tras varios días de almacenamiento de 0 a 4 °C, que será evidenciado en los resultados de rendimientos, de pruebas físicas y fisicoquímicas.

---

# **CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

## 2.1 Secuencia experimental



---

## 2.2 Materia prima cárnica

La pechuga de pollo se adquirió en un rastro de Tultepec, Estado de México con pollos de engorda de 8 semanas, con 4 h desde su muerte por lo cual la carne estaba caliente y se almacena enseguida en hielera para disminuir la temperatura de la carne. La pierna de cerdo y el lardo (20% carne / 80% grasa) fueron comprados en un distribuidor de carnes que cuenta con sello TIF en Tlalnepantla, Estado de México tras 24 h de muerte del animal en el rastro, la carne ya contaba con un almacenamiento por lo cual se utilizaron refrigerantes para su traslado para mantener la temperatura menor a 4 °C.

### 2.2.1 Caracterización de la materia prima cárnica

Se acondicionó la materia prima cárnica, fue deshuesada (Figura 11), limpiada y troceada en cubos 7 cm aproximadamente, posteriormente se envasaron en charolas con película adherible, se pesaron y fueron separados por lotes.



Figura 11. Deshuesado de la pechuga de pollo

---

### 2.2.2 Congelación de la materia prima cárnica

Una vez separada en lotes la materia prima cárnica se colocó en cámara de congelación a una temperatura de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  para su conservación de un mes bajo estas condiciones, para la realización de las actividades preliminares y de los lotes experimentales que se desarrollaron posteriormente.

### 2.2.3 Determinación de pH de la materia prima cárnica

Se determinó el pH a la pechuga de pollo y a la pierna de cerdo con un potenciómetro Orion 5 Star (Figura 12) con un electrodo de punción dando resultados de pH promedio para la pechuga de pollo de 5.66 y para la pierna de cerdo de 5.63, con lo que se puede concluir que se encuentra dentro de los estándares de pH 5.4 a 5.9 (SAGARPA, 2011).



Figura 12. Potenciómetro

### 2.2.4 Determinación de la CRA de la materia prima cárnica

La capacidad de retención de agua se determinó mediante centrifugación controlada (Centrífuga Centurion Scientific) obteniendo valores promedio de 18.6% de CRA en pechuga de pollo y de 14.9% de CRA en pierna de cerdo.

---

### 2.2.5 Determinación de la CE de la materia prima cárnica

La capacidad emulsificante se realizó a la materia prima cárnica con un molino de cuchillas de la marca Oster (Figura 13) registrando los valores del desgaste que tuvo la bureta de aceite que fueron en promedio 167 mL gastado emulsionaran en 1 g de proteína de pollo y 146 mL emulsionaron en 1 g de proteína de cerdo.



Figura 13. Procesador de alimentos para la determinación de CE

### 2.3 Desarrollo de las formulaciones: sustituidas con aislado proteico de soya

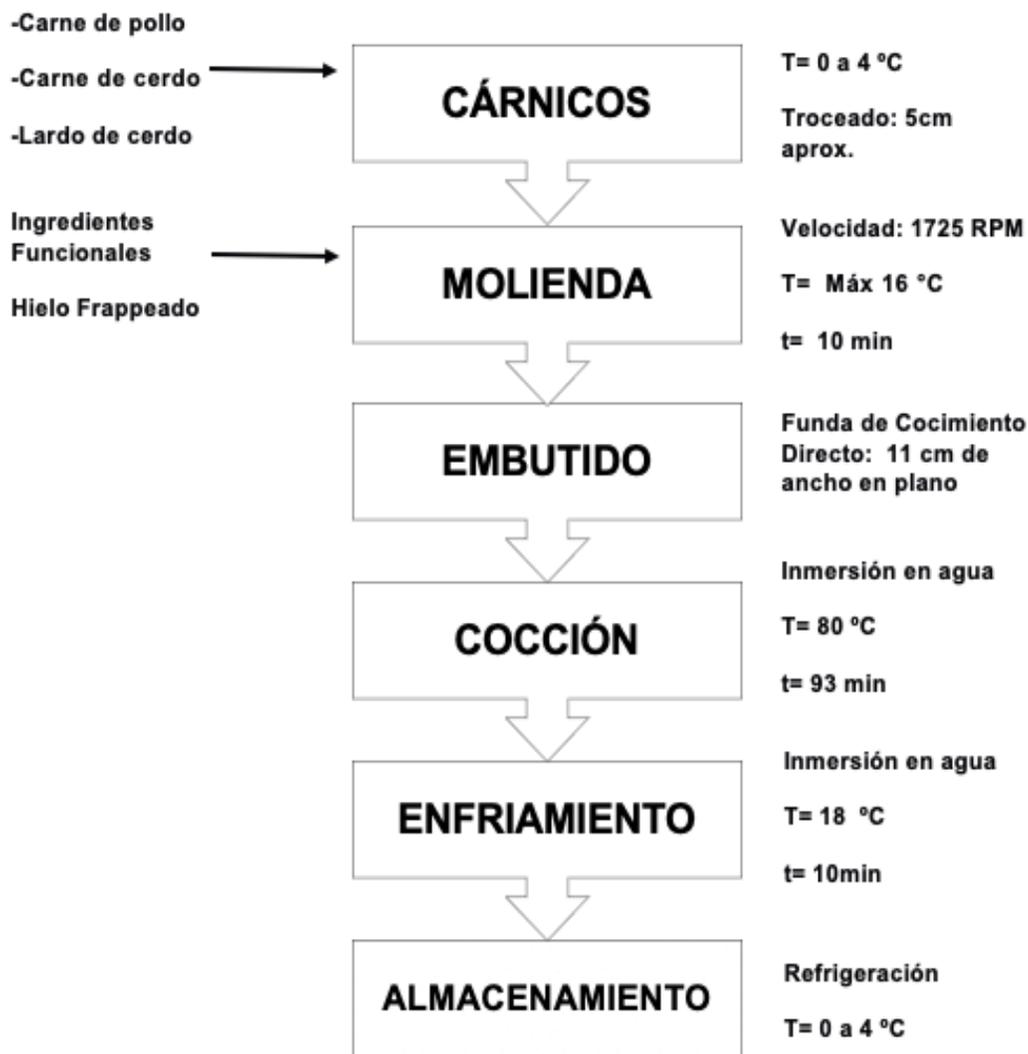
Se desarrolló la formulación para la elaboración del producto cárnico cocido tipo emulsión, basándose en una formulación propuesta por (PROFECO, 2004) para la realización de un pastel de carne y con la normatividad requerida para su elaboración como la NOM-213-SSA1-2018 Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba; la norma mexicana NMX-F-203-1971 Pastel de carne. Para la formulación con una concentración del 3% de proteína aislada de soya se tomaron en cuenta las recomendaciones de la ficha técnica, que proporciona el proveedor MAKYMAT.

En el Cuadro 7 se presentan las formulaciones desarrolladas:

**Cuadro 7. Formulaciones porcentuales para el producto cárnico cocido tipo emulsión**

	<b>Ingredientes</b>	<b>Lote 1 Control</b>	<b>Lote 2 APS 2%</b>	<b>Lote 3 APS 3%</b>
MATERIA PRIMA CÁRNICA	CARNE DE POLLO	32.94	32.94	32.94
	CARNE DE CERDO	16.47	14.41	13.42
	LARDO DE CERDO	16.47	16.47	16.47
INGREDIENTES	PROTEÍNA AISLADA DE SOYA	0.00	2.06	3.05
	HIELO FRAPPEADO	20.59	20.59	20.59
	CHILE PIMIENTO MORRON	8.24	8.24	8.24
	FÉCULA DE MAÍZ	1.32	1.32	1.32
	PEREJIL DESHIDRATADO	0.25	0.25	0.25
	SAL COMÚN	1.32	1.32	1.32
	AZÚCAR	0.41	0.41	0.41
	PIMIENTA BLANCA MOLIDA	0.41	0.41	0.41
	AJO Y CEBOLLA EN POLVO	0.41	0.41	0.41
	ERITORBATO DE SODIO	0.41	0.41	0.41
	CONSERVADOR BS	0.10	0.10	0.10
	FOSFATOS (TRIPOLIFOSFATO DE SODIO)	0.41	0.41	0.41
	SAL DE CURACIÓN	0.25	0.25	0.25
TOTAL %		100.00	100.00	100.00

## 2.4 Diagrama de proceso para el producto cárnico cocido tipo emulsión



### 2.4.1 Funcionalidad de los ingredientes utilizados en la formulación de la emulsión cárnica

El chile pimienta morrón, el azúcar, el perejil deshidratado, la pimienta blanca, el ajo y la cebolla son considerados ingredientes para dar y realzar sabor en los productos cárnicos emulsionados usados bajo las buenas prácticas de fabricación.

---

Los fosfatos ayudan a la solubilidad de proteínas, la sal es muy importante para la funcionalidad de los fosfatos. A los niveles limitados a los que se añaden los fosfatos, la adición de sal tiene un mayor efecto en la fuerza iónica, específicamente, el ión cloruro juega un papel importante causando la repulsión electrostática de las proteínas del músculo, lo que permite que se ligue más agua o quede atrapada dentro de las fibras o células del músculo, reduciendo la pérdida de fluido durante la cocción. Los niveles de uso son con referencia a la NOM-213-SSA1-2018.

Conservador BS (Benzoato de sodio), es un conservador que inhibe la actividad de los microorganismos tales como levaduras, bacterias y mohos. Se utiliza conforme a la NOM-213-SSA1-2018 que menciona que la suma de los conservadores no podrá ser mayor a 1000 mg/kg.

Eritorbato de sodio es un tipo de antioxidante y conservación, contribuye decisivamente a la estabilidad del color en el producto terminado. También ayuda a mejorar la estabilidad del sabor y a prevenir la formación de nitrosaminas carcinógenas.

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

Sal cura se compone de nitrato como tal no tiene acción nitrificante sobre la carne, sino que sus efectos son debidos a su transformación en nitritos por acción de las nitrato reductasas, enzimas producidos por lactobacilos y enterobacterias, también ayuda a dar color rosado al producto y a la vez protegen el producto de *Clostridium botulinum*.

---

## **2.5 Elaboración de lotes experimentales**

Se prepararon tres lotes: el primer lote sin adición de aislado de proteína de soya (fórmula control), el segundo lote con adición de aislado de proteína de soya al 2% (retirando el 2% de pierna de cerdo), el tercer lote de igual manera se adiciona el aislado de proteína de soya al 3% (retirando el 3% de pierna de cerdo).

### **2.5.1 Hidratación de la proteína aislada de soya**

La proteína aislada de soya PROMAK GS5100 de MAKYMAT es una proteína hidrolizada que se utiliza para emulsionar productos cárnicos cocidos tipo emulsión contando con las siguientes propiedades:

- Por 1 g de APS se absorben 5.75 g de agua y 5.75 g de aceite
- Excelente emulsificador, incrementa rendimientos
- Mejora textura del producto cárnico
- Fácil combinar con carne
- Solubilidad buena, no presenta aglomeraciones

Para la hidratación de la proteína al 2% se dispersaron 31 g de APS en 178.25 g de agua fría potable, utilizando un agitador magnético, para el 3% se utilizaron 37 g de APS en 212.75 g de agua fría potable, posteriormente se refrigeraron para ser adicionadas a los procesos de los lotes 2 y 3.

### **2.5.2 Desarrollo del producto cárnico cocido tipo emulsión**

El procedimiento se llevó a cabo de la siguiente manera:

---

### a) Descongelado de la materia prima cárnica

Para la elaboración del producto cárnico cocido tipo emulsión, se utilizó pechuga de pollo (Figura 14), pierna y recorte de cerdo que previamente había sido acondicionada, fue descongelada hasta obtener una temperatura de 0 a 4 °C.



Figura 14. Materia prima cárnica picada

### b) Molienda en *Cutter*

La molienda se llevó a cabo en un equipo *Cutter* marca Hobart Mod. 8418D, la cual permitió el triturado y mezclado al mismo tiempo de los ingredientes de la formulación. Siguiendo un orden en la incorporación de los ingredientes para que efectuaran correctamente su funcionalidad: se incorporó primero la materia prima cárnica enseguida se agregó la sal, enseguida la APS previamente hidratada, nitritos, eritorbato y fosfatos, se mezclaron hasta obtener una pasta homogénea entre la carne y la soya, posteriormente se agregó hielo *frapeado* para enfriar la pasta cárnica y favorecer al desarrollo de la emulsión al agregar el recorte de cerdo, se agregaron los demás ingredientes dejando al último la incorporación de la fécula de maíz con el resto del hielo.

La molienda continua hasta obtener una pasta uniforme, fina y bien ligada, esto se asegura con el tamaño de partícula de los glóbulos de grasa sea de 0.1-1.0  $\mu\text{m}$  (Badui, 2006). Se evaluó

a cada una de las formulaciones el tamaño de glóbulo de grasa de la emulsión cárnica formada por la molienda en *Cutter*, en un microscopio óptico **Olympus BX51**.

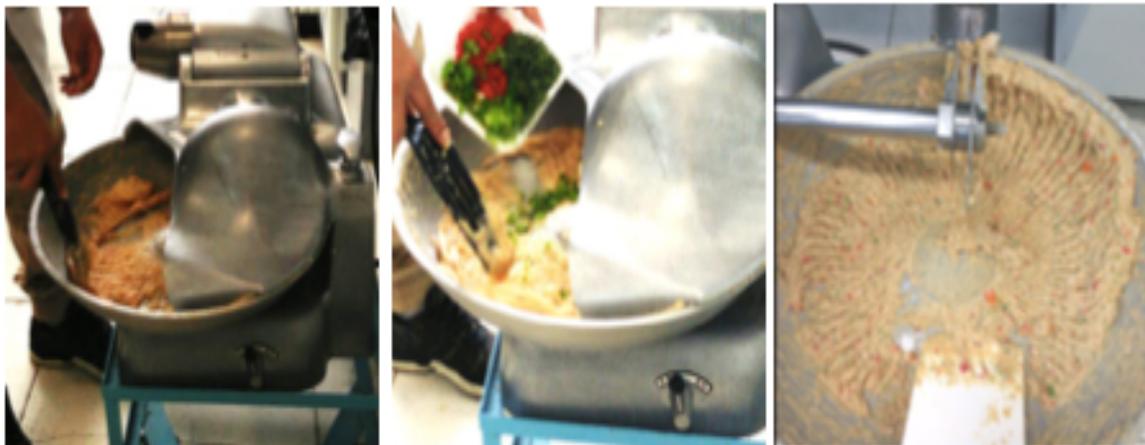


Figura 15 Molienda de ingredientes en Cutter

### c) Embutido

Se embutió la pasta, en fundas de cocimiento directo termoencogible de **11 cm** de ancho plano y fueron pesadas de 390 g, antes de anudar el embutido por ambos lados se maceró y se dejó en un soporte universal para que la pasta reposara y con su mismo peso ocupara bien los espacios de aire que se generaron durante su embutido manual, después se ajustó bien la funda y se selló por medio un amarre con hilo en sus extremidades.



Figura 16. Funda termoencogible y compactación del embutido

#### d) Cocción

La cocción se realizó mediante inmersión en agua a 80 °C durante 93 minutos, el tiempo se determinó por medio de un seguimiento térmico hasta alcanzar en el centro geométrico 70 °C (NOM-213-SSA1-2018). Este tratamiento se considera crítico durante el proceso ya que alcanzando la temperatura establecida se reduce la carga microbiana, se consigue la gelificación y cocción del sistema cárnico (Figura 18).

Se puede observar en el termopar 1 como va incrementando la temperatura gradualmente respecto al tiempo de inmersión en agua a temperatura de 80 °C (Figura 17), así se monitoreó el proceso de cocción del embutido cárnico cocido tipo emulsión, ya que sus propiedades finales dependen de este tratamiento, llegando a la temperatura adecuada en el centro geométrico entre 70 y 72 °C para garantizar la cocción de este.

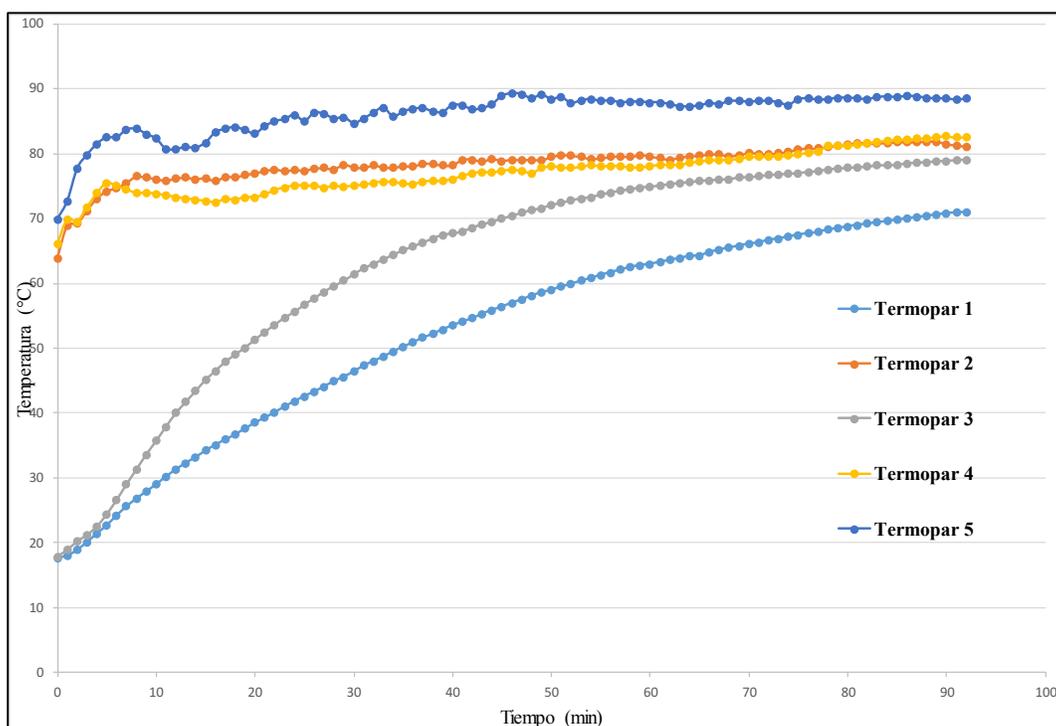


Figura 17. Gráfico de control térmico de cocción de la emulsión cárnica

Termopares 2, 3, 4 y 5 se colocaron en los extremos del embutido. Termopar 1 se colocó en el centro geométrico del embutido.

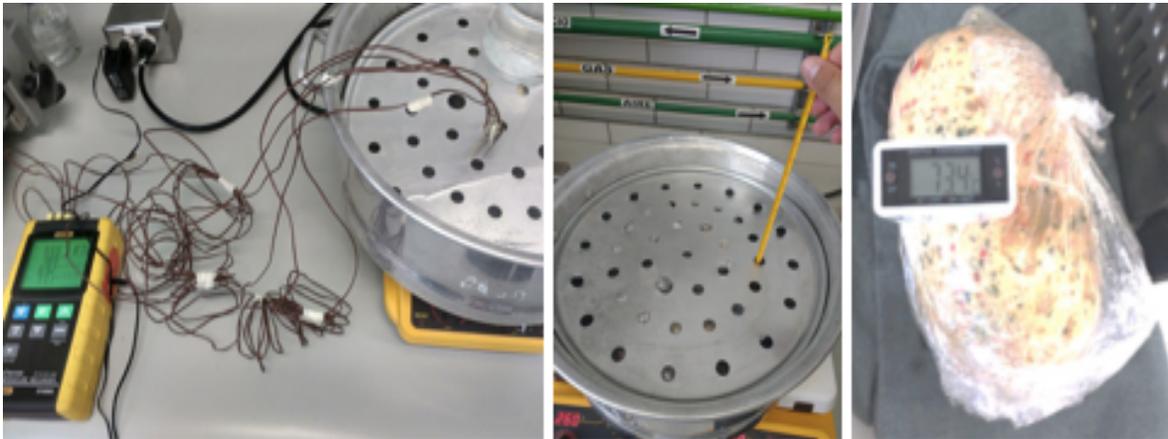


Figura 18. Temperaturas de cocción de historia térmica

#### e) Enfriamiento y almacenamiento

Después del proceso térmico, se sometieron a un proceso de enfriamiento por inmersión en agua hielo de 0 a 4 °C durante un tiempo de 10 minutos posteriormente fueron almacenados en refrigeración de 0 a 4 °C para ser evaluados a 1, 5 y 9 días de almacenamiento (Figura 19).



Figura 19. Enfriamiento (choque térmico)

---

## 2.6 Evaluación de los productos cárnicos cocidos tipo emulsión

### 2.6.1 Tamaño de glóbulos de grasa

Una vez que se realizó la molienda en la *Cutter*, se procedió a medir el tamaño del glóbulo de grasa de la emulsión cárnica, para comprobar (Figura 20).



Figura 20 Tamaño de partícula de la emulsión cárnica

### 2.6.2 Rendimientos en las formulaciones desarrolladas

Se embutió la pasta cárnica, en fundas de cocimiento directo termoencogibles de **11 cm** de ancho plano y fueron pesadas de tal forma que cada producto fuera de 390 g, se pesó la pasta cárnica restante durante cada proceso para determinar el porcentaje de rendimiento obtenido en cada uno de los tres lotes elaborados del producto cárnico cocido, se determinó el porcentaje de rendimiento de la siguiente manera:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso final del PT} - \text{Peso de MP cárnica}}{\text{Peso de la MP cárnica}} \times 100$$

-Peso final del PT = Peso total del producto terminado

-Peso de MP cárnica = Peso inicial de la materia prima cárnica

### 2.6.3 Rebanabilidad

Se utilizó una rebanadora marca TOR-REY SS-300, está conformada por una cuchilla circular con sistema de soporte que sujeta las piezas cárnicas y un dispositivo de seguridad que protege al operario, permiten obtener rebanadas de escasos milímetros de grosor (1.5 mm). Se rebanó cada uno de los lotes del producto cárnico cocido tipo emulsión, donde se pesaron las rebanadas integra con una balanza semi analítica marca OHAUS (Figura 21). Se obtuvo el porcentaje de rebanabilidad del producto con la siguiente ecuación: (Ramírez, 2010).

$$\% \text{ Rebanabilidad} = \frac{\text{Peso rebandas integra}}{\text{Peso bloque rebanado}} \times 100$$



Figura 21. Rebanadas de pastel de pollo formula control

### 2.6.4 Evaluación del pH

En las muestras de rebanadas del producto cárnico cocido tipo emulsión se realizó la medición del pH empleando el potenciómetro Orion 5 Star con electrodo de superficie, se tomaron por triplicado las lecturas registradas (Figura 22).



Figura 22. Medición de pH

### **2.6.5 Capacidad de retención de agua (CRA)**

La CRA se realizó mediante centrifugación controlada con Centrifuga Centurion Scientific por 40 min a 4000 (rad/s) RCF a 5 °C. Se tomaron 5 g de muestra del producto cárnico cocido tipo emulsión y se colocaron en una capsula de papel filtro para después llevarla a tubos de la centrifuga y comenzar con la centrifugación controlada, se pesó el papel filtro antes de colocar la muestra de producto y se pesó nuevamente después de la centrifugación sin la muestra del producto obteniendo un mayor peso por el agua absorbida por el papel filtro, así obtuvimos la diferencia de pesos con la cual deducimos su CRA sacando un promedio de las tres muestras y el resultado se reporta como los gramos de agua que se perdieron, en 5 g de muestra del producto.

---

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

### 3.1 Tamaño de glóbulo de grasa

Después de que se realizó la molienda se midió el tamaño de partícula con el microscopio óptico Olympus BX51 con el objetivo  $10\times$  para poder obtener el tamaño del glóbulo de grasa y poder determinar la estabilidad de la emulsión cárnica. El tamaño de partícula es más pequeño en los lotes 2 y 3 que es donde se utilizó la APS lo cual ayuda a mantener la estabilidad de la emulsión cárnica como se presenta en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Tamaño de glóbulo de grasa**



Tamaño del glóbulo de grasa del lote 1 Control, el resultado fue de  **$9.00\pm 0.21\ \mu\text{m}$**



Tamaño del glóbulo de grasa en el lote con 2% de APS, el resultado fue de  **$0.60\pm 0.02\ \mu\text{m}$**



El tamaño del glóbulo de grasa en el lote con 3% de APS, el resultado es de  **$0.70\pm 0.03\ \mu\text{m}$**

---

Una emulsión es una dispersión coloidal de un líquido dentro de otro, en el cual es normalmente inmisible. La fase dispersa se obtiene al romper uno de los líquidos por medios mecánicos en pequeñas gotas, entre 0.1 y 10  $\mu\text{m}$ , que se distribuyen en la fase continua o dispersante (Badui, 2006).

Un proceso en donde la adición de los ingredientes es de suma importancia para convertir la materia prima cárnica y la materia prima no cárnica en una emulsión. La interacción proteína-agua se debe optimizar para lograr que la proteína esté disponible como emulsificador y agente gelificador.

### 3.2 Rendimientos

Los porcentajes de rendimiento del lote control son del 43.22% y para los lotes sustituidos con APS al 2 y 3% es mayor, presentando un 61.65%, con el 2% de APS y 72.11% con el 3% de APS. La sustitución en la formulación con APS tuvo ventajas ya que a través de la retención de agua aumentaron sus rendimientos de la formulación y que este porcentaje aumenta cuanto sea mayor la concentración de APS por su hidratación, esto aumentó la interacción proteína-proteína; proteína-agua que fue generada por la adición de la APS, mejorando la fijación del agua en los productos cárnicos cocidos tipo emulsión. 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 & Mei, 2000).

En la Figura 23 se reportan los resultados del porcentaje de rendimientos que se obtuvieron.

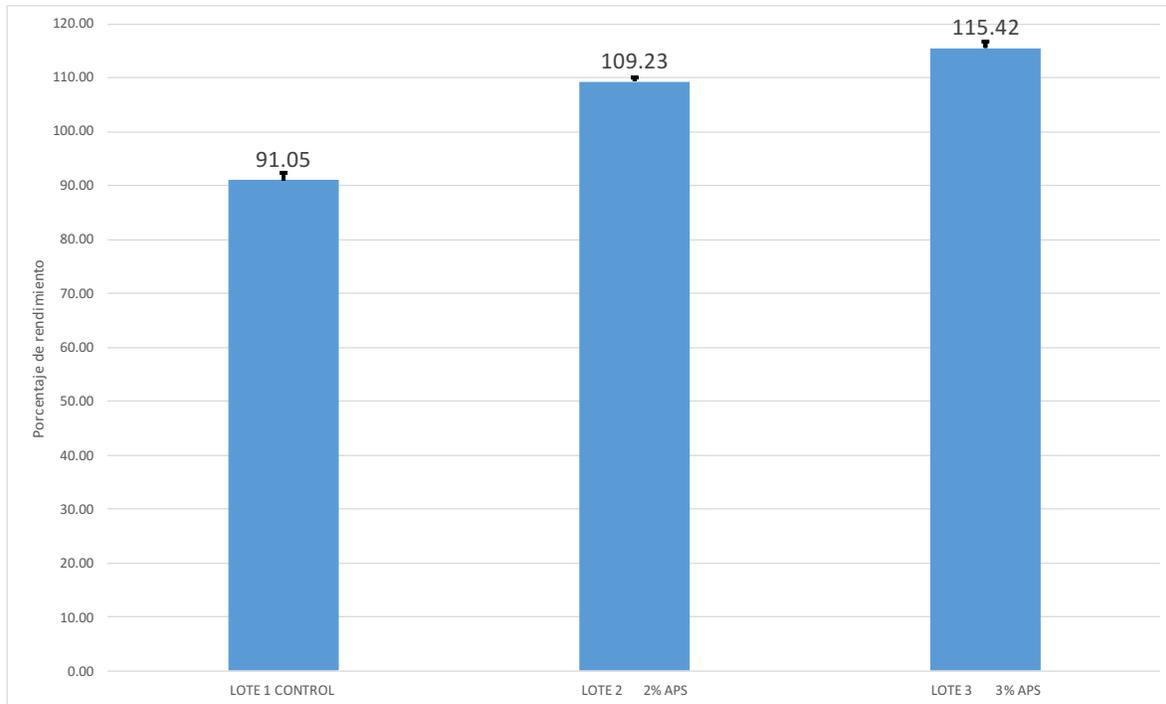


Figura 23. Gráfica de barras, desviación estándar del porcentaje de rendimientos

Se obtuvo un mayor rendimiento en el lote del 3% de APS lo cual a nivel industrial tendría una mejora en la formulación y realización de estos embutidos. El rendimiento funcional del APS en salchichas se ve afectada críticamente por su tratamiento previo a la aplicación, es decir, si el APS se hidrata lo suficientemente antes de ser añadida a la mezcla cárnica, esta maximiza su rendimiento funcional (Hoogenkamp, 2005).

Las proteínas cárnicas miofibrilares funcionan bien como estabilizadores para estos productos, tienen componentes que interactúan muy bien con la grasa y el agua porque a cierta temperatura forman un gel el cual se fija con el calor obtenido de la cocción.

Estas propiedades permiten la dispersión de la grasa en la mezcla y la gelificación de las proteínas inducida por el calor, estabiliza aún más el producto cocido.

Los glóbulos de grasa están rodeados por una película de proteína, las proteínas miofibrilares son las responsables del desarrollo del rendimiento y la textura en las emulsiones cárnicas, por esto es muy importante la interacción de las proteínas miofibrilares con los ingredientes funcionales, agua y grasa.

### 3.3 Rebanabilidad de los productos cárnicos cocidos

Se realizó la rebanabilidad en los tres lotes realizados del producto cárnico cocido tipo emulsión, en los días 1, 5, y 9 de almacenamiento de 0 a 4 °C, se muestran los resultados promedio con desviación estándar para el lote 1  $71.07 \pm 1.70$ , lote 2  $82.53 \pm 5.49$  y  $83.30 \pm 1.65$ .

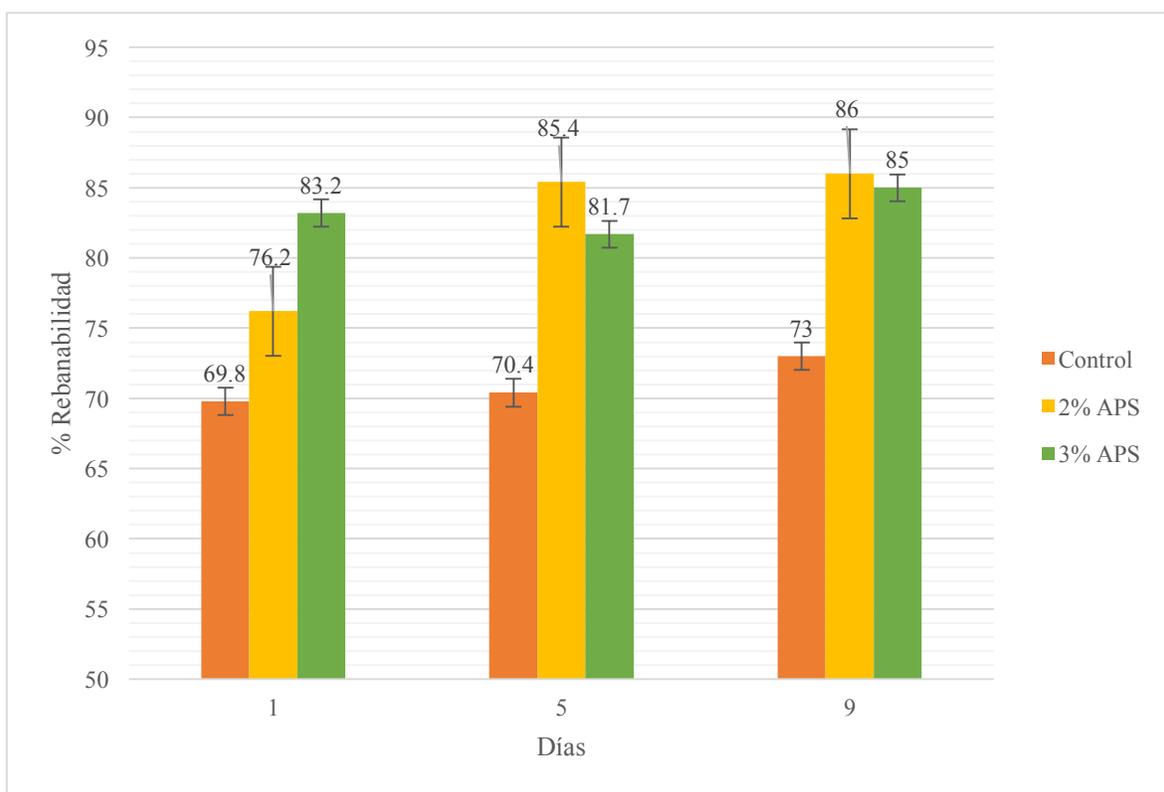


Figura 24. Gráfica de porcentaje de rebanabilidad

Se puede observar en los resultados obtenidos en la Figura 24 de porcentaje de **rebanabilidad**, que el lote control sin adición de APS presenta valores bajos en comparación con los lotes adicionados con APS existiendo una diferencia porcentual relevante. Con el

---

paso de los días de almacenamiento se presenta un incremento en el lote 2 con 2% de APS, siendo muy similares entre los días 5 y 9. Y para el lote 3 con 3% APS el porcentaje se comportó de manera uniforme desde el primer día siendo mayores al 80%.

En el lote control donde no se agrega APS de soya se tiene un porcentaje de rebanabilidad del 71% promedio de los diferentes días en los que se realizó la prueba, en el lote 2 con la sustitución de la proteína cárnica por proteína de origen vegetal se puede observar un mejor resultado ya que la interacción de la proteína con el agua y grasa fueron favorables para la sinergia entre los ingredientes de la emulsión cárnica, obteniendo así una mejor rebanada del producto terminado, el lote 3 presento un porcentaje de rebanabilidad por debajo del lote 2 por la cantidad de APS utilizada del 3% debe llevar más agua para su hidratación por lo cual al rebanar el producto se obtiene menor cantidad de rebanadas íntegras.

Autores mencionan que son importantes las interacciones proteína-grasa para un buen rebanado, especialmente cuando se utilizan emulsiones para hacer embutidos cocidos, entre otros productos (CARNETEC, 2012). Existen varios 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 molienda 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 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 (Secofi, 2000).

Algunas de las ventajas que se pueden obtener con el uso adecuado del APS son el mejoramiento en la estabilidad de la emulsión y una mejor rebanabilidad del producto.

### 3.4 pH de los lotes experimentales

Una vez realizado el producto cárnico se llevó a cabo la determinación de pH, el producto se almacenó en refrigeración de 0 a 4 °C, donde fueron evaluados durante los días 1, 5 y 9.

En el Cuadro 9 se muestra el valor promedio con desviación estándar de los valores de pH obtenidos de la medición en los diferentes días para el lote uno se obtuvo un pH de  $5.56 \pm 0.01$ , para el lote 2 un valor de pH de  $5.7 \pm 0.02$  y para el lote 3 de  $5.72 \pm 0.02$  siendo estos los valores de nuestras mediciones.

<b>Cuadro 9. Valores de pH del producto cárnico tipo emulsión</b>			
Días de almacenamiento	Lote 1 Control	Lote 2 (2% APS)	Lote 3 (3% APS)
1	5.57	5.68	5.72
5	5.55	5.72	5.74
9	5.56	5.68	5.70
<b>Promedio</b>	<b>5.56</b>	<b>5.70</b>	<b>5.72</b>
<b>D.S.</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>

En la Figura 25 se puede observar el comportamiento del pH de los tres lotes experimentales, en los intervalos de confianza del análisis estadístico son más bajos los del lote control, en lotes con APS al 2 y 3% el pH es ligeramente mayor debido a la interacción que se tiene al añadir el aislado de proteína de soya, con estos valores se determina que cumple con los estándares propios de un producto cárnico tipo emulsión garantizando primeramente su vida de anaquel por el pH bajo que tiene por lo cual ayuda a controlar la carga microbiana que se pudiera llegar a desarrollar.

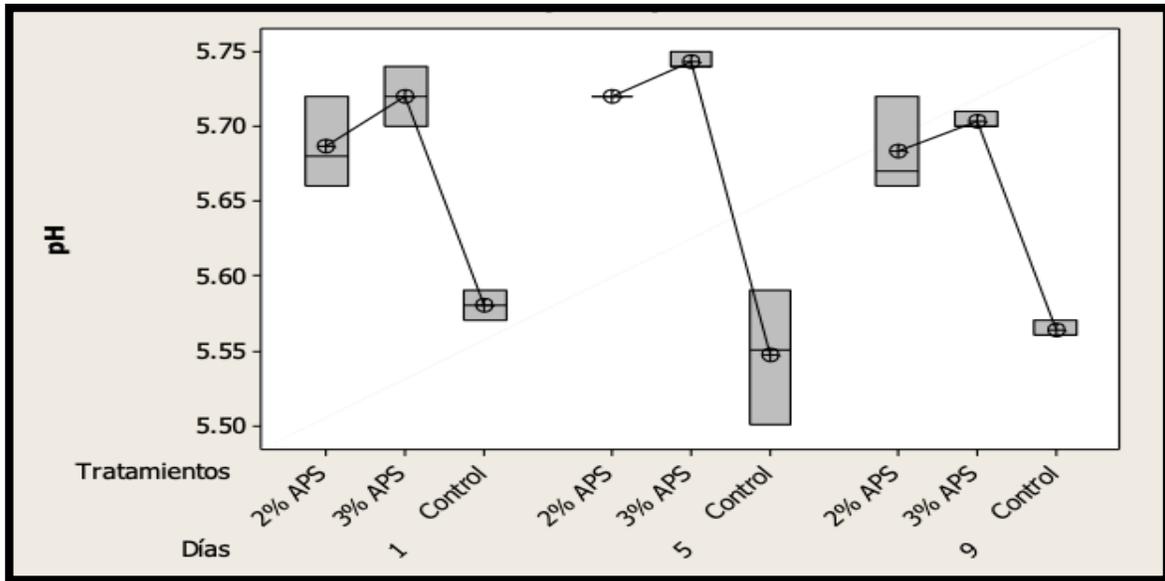


Figura 25. pH del producto cárnico cocido tipo emulsión evaluado en diferentes días

Los embutidos escaldados y jamones cocidos, tienen un valor aproximado de pH de 5.8 a 6.2. Los valores experimentales obtenidos con el APS al 2 y 3% quedaron muy cerca de estos valores de pH reportados por (Hofmann, 1988). Existen características específicas que determinan la vida de anaquel de los productos cárnicos, como el pH. Cuanto más ácido es el alimento (pH más bajo), con más dificultades se reproducen los microorganismos en sistema cárnico, en cambio con un pH más elevado (>6.0) ofrecen condiciones más favorables para el desarrollo de la mayoría de las especies microbianas. Los lotes no se encuentran dentro de este intervalo ya mencionado, aunque si cuentan con un nivel de acidez mayor que es favorable para el producto (Whirt, 1992).

### 3.5 Capacidad de retención de agua de los lotes experimentales

Se realizó la prueba de CRA en las muestras del producto cárnico cocido tipo emulsión, siendo evaluados los lotes los días 1, 5 y 9 de almacenamiento de 0 a 4 °C, obteniendo así el promedio y la desviación estándar para el lote 1 de  $1.23 \pm 0.03$ , lote 2 de  $0.96 \pm 0.04$  y lote 3 de  $1.00 \pm 0.10$ .

**Cuadro 10. Valores promedio de la CRA, gramos perdidos en 5 g de muestra**

Días de Almacenamiento	Lote 1 Control	Lote 2 (2% APS)	Lote 3 (3% APS)
1	1.21	0.91	0.90
5	1.18	0.98	0.98
9	1.26	0.99	1.11
<b>Promedio</b>	1.23	0.96	1.00
<b>DS</b>	0.03	0.04	0.10

En la Figura 26 se pueden observar los resultados obtenidos en la prueba de capacidad de retención de agua del producto terminado, se realizó por triplicado cada prueba para poder evaluar el efecto de la adición del aislado de proteína de soya en la estabilidad del producto cárnico cocido tipo emulsión.

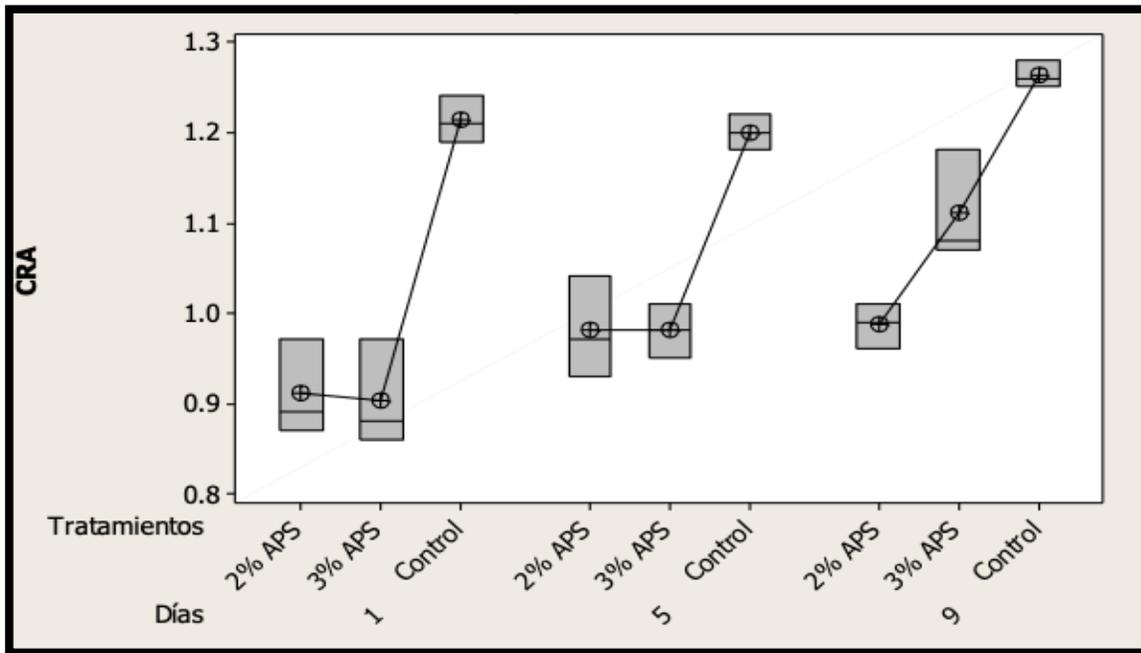


Figura 26. CRA del producto cárnico cocido tipo emulsión

---

Este aumento en la CRA, se atribuye a la sustitución de APS, ya que las proteínas de la soya poseen numerosas cadenas laterales polares que, junto con las uniones peptídicas, hacen que las proteínas sean hidrofílicas, reteniendo así más cantidad de agua por lo que al aumentar la concentración de APS aumenta la CRA (Wijeratne, 2005).

Durante esta experimentación los tratamientos que presentaron mejor estabilidad del producto cárnico cocido tipo emulsión durante el almacenamiento en refrigeración 0 a 4 °C, fueron los lotes 2 y 3 con la adición del 2 y 3% de APS, donde se evidenciaron los valores de rebanabilidad, rendimiento y CRA comparados con la formulación control. Por otra parte, los valores de pH se encuentran por debajo de lo establecido en literatura lo cual puede beneficiar al producto cárnico cocido tipo a emulsión para el no desarrollo de carga microbiana. Se perdieron 1.21 g de agua / 5 g de muestra en el lote 1 se pudo observar que al realizar estas mediciones de la CRA la falta de APS fue notoria dando un resultado negativo para la emulsión cárnica en el lote al 2% de adición de APS la CRA se mantuvo muy similar durante los días a los que se llevó a prueba teniendo un drenado de 0.96 g agua / 5 g de muestra, en el lote 3 al 3% de APS se obtuvo un resultado de drenado similar entre los días 1 y 5 de 0.94 g agua / 5 g de muestra en el día 9 se volvió significativo este resultado ya que se obtuvo 1.11 g agua / 5 g de muestra teniendo una mayor cantidad de pérdida el producto. Si lo que se busca es un mejor rendimiento de la formulación se debe trabajar con la adición del APS al 2% para obtener una mayor cantidad de producto aprovechando la mejor funcionalidad de los ingredientes lo cual puede ser conveniente a un nivel industrial.

---

## CONCLUSIONES

-El uso de aislado proteico de soya al 2% en formulaciones de emulsiones cárnicas permitió evidenciar las siguientes ventajas: disminución de mermas de cocción y aumento de los rendimientos de una manera significativa ( $P < 0.05$ ) dando como resultado la obtención de productos cárnicos más estables, con rebanadas más firmes e íntegras en el producto cárnico tipo emulsión.

-La rebanalidad del producto a un porcentaje de adición del 2% de aislado de proteína de soya se vio mejorada al obtener mayor número de rebanadas íntegras durante la prueba, superando el porcentaje de rebanabilidad del lote con el 3% de APS con lo que se puede decir que a mayor cantidad de agua, el producto también se puede desestabilizar y no tener una buena consistencia en el producto terminado para rebanarlo.

-La CRA de agua se incrementó con la adición del aislado proteico de soya, las propiedades de este ingrediente permitieron adicionar mayores cantidades de agua de acuerdo con su funcionalidad, y esto se vio reflejado en los resultados del rendimiento del producto cárnico obteniendo hasta un 40% más de producto.

-La adición de soya aumenta ligeramente los niveles de pH pasando de 5.5 a 5.7 en los lotes del 2 y 3% de APS estos valores se mantienen cerca a los niveles apropiados que señala la literatura de 5.8 a 6.2 para productos escaldados, con lo cual podemos decir que son niveles aptos para nuestro producto y ayudara a que con dificultad se reproduzcan los microorganismos.

---

## Bibliografía

- Carballo, B. y López, D. (2001). *Tecnología de la carne y de los productos cárnicos*. España: Antonio MV.
- CARNETEC. (2012). Recuperado el 5 de Diciembre de 2016, de <http://www.carnetec.com/Industry/TechnicalArticles/Details/28058>
- Lin, K. W. y 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.
- Alvarado, C. Z. y Johnson, L. (2007). *Carnetec*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2016, de sitio web carnetec: <http://www.carnetec.com/Industry/TechnicalArticles/Details/28058>
- Andújar, G. P. (2009). *Química y Bioquímica de la carne y de los productos cárnicos*. La Habana, Cuba: Editorial Universitaria.
- Badui, D. (2006). *Química de los alimentos*. 4 ed. Mexico, Pearson Educación.
- FAO. (marzo de 2015). Recuperado el 5 de Diciembre de 2016, de Composición química de la carne: [http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr\\_composition.html](http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_composition.html)
- Forrest, J. A. (1979). *Fundamentos de ciencias de la carne*. España: Acribia Zaragoza.
- Hofmann, K. (1988). *El pH. Una característica de calidad de la carne*. *Fleischwirtsch, Español 1*, 13-18.
- Honikel, K. O. (1998). Reference Methods for Assessment of Physical Characteristics of Meat. *Meat Science*, 49(4), 447-457.
- Hoogenkamp, K. (2005). *Soy protein and formulated meat products*.
- Huff, L. E. y Lonergan, S. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of post mortem biochemical and structural changes. *Meat Science*(71), 194-204.
- Kinsella, J. E. (Marzo de 1979). Functional Properties of Soy Proteins. *Department of Food Science*, 56, 242-246.
- NOM-009-Z00-1994. (1994). Proceso sanitario de la carne.

- 
- NOM-213-SSA1-2018. (2018). *Norma Oficial Mexicana. Productos y Servicios. Productos cárnicos porcesados. Especificaciones sanitarias. Metodos de prueba.*
- Offer G. y Cousins, T. (1992). The mechanism of drip production formation of 2 compartments of extracellular space in muscle. *Journal of the Science of Food and Agriculture*(58), 107 - 116.
- Ospina, M. R. (2011). Derivados cárnicos como alimentos funcionales. . *Revista Lasallista de nvestigación*, 163-172.
- Price, J. F. y Scheweigert, B. (1994). *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos* (2 edición ed.). España: Acribia Zaragoza.
- PROFECO. (2004). Recuperado el 18 de Septiembre de 2016, de [http://www.profeco.gob.mx/tecnologias/caryemb/pcarne\\_tipopoll.asp](http://www.profeco.gob.mx/tecnologias/caryemb/pcarne_tipopoll.asp)
- RCP/CAC 58. (2005). CODEX ALIMENTARIUS.
- Ramírez, J. S. (2010). *Propiedades Funcionales de los Quesos: Énfasis en quesos de pasta hilada* (Vol. 10). Cali, Colombia: ReCiTelA.
- Robinson, D. S., Calvo, R. M., & Sevillano, C. E. (1991). *Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.
- SAGARPA. (2011). *Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne*.
- Secofi. (2000). *Embutidos, Guisa Empresariales México*. Limusa.
- Whirt, F. (1992). *Tecnología de los embutidos escaldados* . zaragoza, España.
- Wijeratne, B. (2005). *Propiedades funcionales de la proteína de soya en un sistema de alimentos, Programa INTSOY (International Soybean Program), Universidad de Illinois*.

## ANEXOS



ESPECIFICACIONES

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

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

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

#### DATOS TÉCNICOS:

Aspecto:	Polvo ligeramente-amarillo
Humedad:	≤ 7 % (*)
Proteína cruda:	≥ 90 % (*)
pH (10%):	7.0 ± 1 (*)
Cenizas:	≤ 6.0 %
Grasa:	≤ 1.0 %
Tamaño de partícula (pasa malla 100)	min. 97%

#### DATOS MICROBIOLÓGICOS:

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

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

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

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

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

Ácido Aspártico:	9.49
*Treonina:	3.39
Serina:	3.94
Ácido Glutámico:	14.11
Glicina:	3.36
Alanina:	3.37
*Valina:	3.58
*Metionina:	1.08
*Isoleucina:	3.53
*Leucina:	6.74
Tirosina:	3.07
*Fenilalanina:	4.37
*Lisina:	5.12
Histidina:	1.83
Arginina:	6.04
Prolina:	4.77
*Triptofano:	0.75
Cistina:	1.66

\* Amino ácidos esenciales



Makymat S. A. P. I. de C. V.

Calle San Luis Tlatilco No. 6-A, Col. San Luis Tlatilco, Naucalpan, Edo. de México C.P. 53580

Conn. +52 (55) 5312-0530 Fax: +52 (55) 5312-4298 E-mail: info@makymat.com / ventas@makymat.com

Fecha: 11/Ago/11

Ver: 02





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

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

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

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

**PROPIEDADES:**

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

**EMPAQUE:**

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

**ALMACENAMIENTO:**

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

**CERTIFICADO**

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

**INFORMACIÓN SOBRE ALÉRGENOS:**

Sustancia Alérgena: Soya