



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**Efecto de la adición de aislados proteicos de soya en  
las propiedades fisicoquímicas de chorizo**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERA EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:**

**Madelyn Salinas Reyes**

**Asesora:**

**Dra. Adriana Llorente Bousquets**

**Cuautitlán Izcalli, Estado de México 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

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

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

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

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

Efecto de la adición de aislados proteicos de soya en las propiedades fisicoquímicas de chorizo.

Que presenta la tesis: Madelyn Salinas Royes

Con número de cuenta: 410066637 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, obramos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 16 de Mayo de 2013.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE:	<u>Dra. Adriana Llorente Bousquet's</u>	
VOCAL:	<u>L.A. Patricia Muñoz Aguilar</u>	
SECRETARIO:	<u>L.A. Zaira Bernice Godínez Álvarez</u>	
1er. SUPLENTE:	<u>L.A. Eva Teresa González Barragán</u>	
2do. SUPLENTE:	<u>M. en C. Jonathan Corie Hernández</u>	

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

III/M/mgm

## Agradecimientos

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** gracias por permitirme ser parte de la **Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán** mi segunda casa, gracias por formarme como profesional y por la calidad humana que recibí durante este tiempo.

**Dra. Adriana Llorente** le agradezco su apoyo, comprensión, experiencia e interés para el desarrollo de este trabajo, gracias por sus consejos, su paciencia, su tiempo y dedicación para concluir con el proyecto.

**A mis profesores** gracias por su tiempo, paciencia y por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional, gracias por los consejos y experiencias compartidas.

## **Dedicatorias**

### **A mis padres**

Gracias por creer en mí, por demostrarme que todo es posible en la vida, por darme el apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida. Mamá Geo te amo, gracias por apoyarme con mi hija, por enseñarme a ser madre, por apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida, sin ti no lo hubiera logrado. Gracias por escucharme, por tu perseverancia, por tu paciencia y determinación eres un ejemplo a seguir. Papá George te adoro con toda mi alma, gracias por el apoyo incondicional, por estar conmigo, por permitirme y darme la oportunidad de realizar una carrera universitaria, sin ti no hubiera sido posible.

Gracias por todo, pero sobre todo por creer siempre en mí. Los amo.

### **A mi hija Daphne Colin**

Mi pequeña eres la luz en mi vida, mi felicidad, mi inspiración, llegaste a mi vida a cambiarlo todo, tu transformas mi mundo, ha sido un tiempo difícil pero este trabajo es para ti, espero estés muy orgullosa de mi. Te amo princesa.

### **A mis hermanos Jorge y Carol**

Gracias por su compañía, por las enseñanzas, las alegrías y por ser parte de mi vida. Mis dos pequeños hermanos deseo de todo corazón que cumplan sus metas.

### **A mi esposo Francisco Javier**

Por compartir mis sueños y metas, y darme siempre el apoyo y el amor para alcanzarlos. Gracias por tus consejos y palabras de aliento en los momentos más difíciles, porque a lo largo de mi carrera y en todo momento siempre has estado conmigo. Por lo bellos momentos a tu lado y por ser mi compañero de vida. Gracias por todo. Te amo

### **A Elenita Juárez**

Pequeña amiga eres parte esencial en esta etapa de mi vida, te agradezco tu amistad y apoyo, por alentarme a seguir con este proyecto, tantas alegrías, te quiero mucho amiga.

## Contenido

Resumen.....	9
Introducción.....	10
1 Marco teórico.....	11
1.1 Definición de carne de cerdo .....	11
1.2 Calidad de la carne .....	12
1.2.1 Calidad comercial .....	12
1.2.2 Calidad sanitaria .....	13
1.2.3 Parámetros de calidad .....	17
1.3 Composición química .....	17
1.3.1 Agua .....	18
1.3.2 Proteínas .....	19
1.3.3 Lípidos .....	21
1.3.4 Carbohidratos.....	22
1.4 Parámetros fisicoquímicos .....	22
1.4.1 Potencial Hidrogeno (pH).....	22
1.4.2 Actividad de agua ( $a_w$ ) .....	23
1.4.3 Acidez titulable .....	25
1.4.4 Microbiota de la carne.....	26
1.5 Producto cárnico procesado .....	27
1.5.1 Clasificación de los productos cárnicos procesados .....	28
1.5.2 Producto cárnico crudo.....	28
1.6 Chorizo .....	28
1.6.1 Constituyentes del chorizo .....	30
1.7 Aislado proteico de soya (APS).....	32
1.7.1 Propiedades funcionales del APS.....	33
1.7.2 Beneficios tecnológicos .....	34
1.8 Maduración de los productos cárnicos crudos.....	35
1.9 Cambios químicos, físicos y biológicos que ocurren durante el proceso de maduración del chorizo .....	36
2 Metodología experimental.....	42
2.1 Cuadro metodológico.....	42

2.2	Elaboración del chorizo .....	43
2.2.1	Formulaciones.....	43
2.2.2	Diagrama de proceso.....	44
2.3	Determinación del % de pérdida de peso.....	49
2.4	Determinación de $a_w$ .....	50
2.5	Determinación de pH .....	51
2.6	Determinación de acidez titulable .....	53
3	Análisis y discusión de resultados .....	56
3.1	% de Pérdida de peso.....	56
3.2	$a_w$ .....	59
3.3	pH.....	63
3.4	% de acidez titulable .....	66
	Conclusiones.....	71
	Bibliografía.....	73

## Índice de Cuadros

Cuadro 1. Composición de la carne de cerdo.....	18
Cuadro 2. Lípidos presentes en la carne de cerdo .....	21
Cuadro 3. Composición de aislado proteico de soya (APS).....	33
Cuadro 4. Formulaciones para la elaboración de chorizo .....	43
Cuadro 5. Resultados de % Pérdida de peso del chorizo adicionado con 0.5 y 1% de APS .....	56
Cuadro 6. ANOVA de dos vías para el % de Pérdida de peso.....	58
Cuadro 7. Resultados de la $a_w$ del chorizo adicionado con 0.5 y 1% de APS.....	59
Cuadro 8. ANOVA 2 vías para $a_w$ .....	61
Cuadro 9. Resultados de pH del chorizo adicionado con 0.5 y 1% APS .....	63
Cuadro 10. ANOVA de dos vías para el pH.....	65
Cuadro 11. Resultados del % de acidez titulable de los chorizos adicionados con 0.5 y 1% de APS .....	66
Cuadro 12. ANOVA de dos vías para el % de acidez titulable .....	69

## Índice de Figuras

Figura 1. Ilustración esquemática del patrón de acidificación en PSE, normal y DFD de carne.....	16
Figura 2. Velocidad relativa de las reacciones degradativas en función de actividad de agua.....	25
Figura 3. Cuadro metodológico.....	42
Figura 4. Diagrama de proceso de elaboración de chorizo.....	44
Figura 5. Carne y lardo de cerdo picada.....	45
Figura 6. Ingredientes utilizados en la elaboración de chorizo.....	46
Figura 7. Mezclado de la carne y lardo de cerdo.....	46
Figura 8. Incorporación de los ingredientes a la masa cárnica.....	47
Figura 9. Embutido de la pasta cárnica.....	47
Figura 10. Chorizo.....	48
Figura 11. Chorizo en la cámara climática Binder KBF 240.....	48
Figura 12. Determinación del % de pérdida de peso.....	49
Figura 13. Higrómetro de punto de rocío marca Decagon Devices con las sales de calibración.....	50
Figura 14. Muestra en el dispositivo y determinación de $a_w$ .....	51
Figura 15. Calibración del electrodo de inmersión.....	51
Figura 16. Preparación de la muestra.....	52
Figura 17. Medición del pH de chorizo.....	53
Figura 18. Filtración de la muestra.....	54
Figura 19. Fenolftaleína 0.1% e Hidróxido de Sodio 0.1N.....	54
Figura 20. Muestras para la determinación de % acidez.....	55
Figura 21. Promedios de % de pérdida de peso.....	57
Figura 22. Análisis estadístico ANOVA % de Pérdida peso.....	58
Figura 23. Promedios de $a_w$ , para los diferentes tratamientos.....	60
Figura 24. Análisis estadístico ANOVA $a_w$ .....	62
Figura 25. Promedios de pH, para los diferentes tratamientos.....	64
Figura 26. Análisis estadístico ANOVA pH.....	65
Figura 27. Promedios de % acidez titulable para los diferentes tratamientos.....	68
Figura 28. Análisis estadístico ANOVA % de acidez titulable.....	70

## Resumen

En la industria cárnica uno de los objetivos principales es elaborar productos estables y mejorar las características organolépticas de los mismos, aumentar los rendimientos y disminuir los costos de producción, de este modo se utilizan ingredientes funcionales, entre los más sobresalientes se encuentran las proteínas de origen vegetal y los polisacáridos que permiten adicionalmente el desarrollo de productos más estables. Uno de los objetivos del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de aislado proteico de soya (APS) en un sistema cárnico tipo chorizo. Su uso como ingrediente funcional se debe a sus propiedades fisicoquímicas: solubilidad, capacidad emulsificante, estabilizante y mejorador de textura, que permite la sustitución de la porción de carne y aumenta los rendimientos al reducir las pérdidas de grasa y humedad durante el proceso de preparación. De esta manera el efecto de la adición de APS permitirá una mayor estabilidad del producto cárnico chorizo, respecto de los lotes sin adición.

Tomando en cuenta la información técnica se desarrollaron tres lotes de una formulación de chorizo: 1) uno sin adición de APS y dos con adición de 2) 0.5% y 3) 1% de APS, la estabilidad se evaluó mediante las determinaciones de las propiedades fisicoquímicas: pH,  $a_w$  y % ácido láctico y físicas: % pérdida de peso. Las evaluaciones se realizaron al inicio (tiempo 0) y a las 24, 48, 72 y 96 h, de elaboración, durante los cuales fueron mantenidos en una cámara climática a condiciones controladas de temperatura (13°C) y 75% de humedad relativa.

Los resultados más relevantes indican que el % de pérdida de peso aumentó al ascender el tiempo en cámara, con resultados significativos ( $P < 0.05$ ) al adicionar 0.5% y 1% de APS respecto del lote control.

Los valores de  $a_w$ , evaluados con un Higrómetro de punto de rocío (pawkit), resaltan que a las 96 h el chorizo con 0.5% y 1% de APS fue de 0.9, en el control sin APS fue de 0.888.

El pH se evaluó con un potenciómetro marca ORION, con electrodo de inmersión según método del AOAC 981.12. El valor inicial fue de 5.88 en el lote sin adición y con adición (0.5% y 1%) 5.69 y 5.76 respectivamente, a las 24 h se observaron incrementos similares en los valores de pH y a partir de las 48 h, estos descendieron hasta 4.938 sin APS, 4.472 con 0.5% y 4.526 con 1%.

Los resultados de acidez titulable a las 24 h (0.175-0.185%), a las 48 h el lote con 1% aumentó significativamente ( $P < 0.05$ ) (0.24%) respecto de 0.2% de los otros dos lotes, a las 96 h los valores continuaron siendo significativos ( $P < 0.05$ ), con 0.275% (1%) en contraste de 0.244% (0.5%) y 0.2502% sin adición.

El lote de chorizo formulado con 1% de APS, permitió los mejores parámetros fisicoquímicos en términos de estabilidad del producto, al obtener la menor pérdida de peso, la mayor acidez titulable y sin diferencia en pH respecto de los otros dos lotes, con 0.5% y control sin adición.

## Introducción

La carne es el resultado de la transformación del tejido muscular posterior al sacrificio del animal, producto de procesos fisicoquímicos y bioquímicos (Ros *et al.*, 1999). La calidad de la carne es definida por sus características sensoriales (color, olor, sabor, textura, firmeza, etc.) que satisfacen las necesidades de los consumidores y sanitarias que dependen del manejo antes, durante y posterior al sacrificio. El sacrificio desencadena cambios bioquímicos que transforma el tejido muscular a carne. Con un rápido descenso del pH  $<5.4$ , se obtendrá carne pálida, suave, exudativa (PSE), con pérdida de funcionalidad de la carne y obtención de productos cárnicos defectuosos. Asimismo, valores de pH  $>6$ , se obtendrá carne oscura, firme y seca (DFD), con reducida capacidad de agua, capacidad emulsificante y defectos en los productos cárnicos. Por este motivo las características organolépticas, dependen de manera importante del pH, por lo que esta variable se considera principal indicador de la calidad de la carne refrigerada, así como su capacidad tecnológica para la elaboración de productos cárnicos (Lawrie y Ledward, 2013).

La industria de alimentos tiene como objetivo elaborar productos cárnicos estables y mejorar las características organolépticas para el consumidor, aumentar rendimientos y disminuir los costos de producción, por este motivo se ha ampliado la investigación en la adición de ingredientes funcionales para estabilizar los sistemas cárnicos y aumentar la calidad del producto terminado, por su alto contenido proteico se encuentran los cereales como el trigo, frijol, soya, garbanzo, lenteja, etc. ((Lawrie y Ledward, 2013).

En México se elaboran diferentes productos cárnicos adicionados con soya, con objeto de mejorar las características estructurales del sistema cárnico y disminuir los costos de producción.

El aislado proteico de soya (APS), presenta un alto contenido proteico, alrededor del 90%. El uso como ingrediente funcional se debe a sus propiedades fisicoquímicas: solubilidad, capacidad emulsificante, estabilizante y mejorador de textura, permite la reducción de la porción de carne y aumenta los rendimientos al reducir las pérdidas de grasa y humedad durante el proceso de cocción (Luna, 2006).

Debido a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue utilizar las propiedades funcionales del APS, para mejorar la estabilidad en un sistema cárnico, evaluando el efecto en las propiedades fisicoquímicas: pH,  $a_w$  y % ácido titulable y físicas: % pérdida de peso; en un sistema cárnico tipo chorizo. Se trabajaron tres lotes de formulaciones de chorizo: 1) sin adición de APS como control y dos lotes adicionados con 2) 0.5% y 3) 1.0% de APS. Los lotes de pastas cárnicas fueron embutidos en funda natural (tripa de cerdo) y mantenidos en cámara climática a 13° C y humedad relativa de 75%.

# 1 Marco teórico

## 1.1 Definición de carne de cerdo

La carne es el resultado de la transformación del tejido muscular posterior al sacrificio del animal, producto de procesos fisicoquímicos y bioquímicos. Estos cambios tienen una influencia fundamental en el producto con una serie de características sensoriales (Ros *et al.*, 1999).

De acuerdo con la NOM-009-ZOO-1994, la carne de cerdo se define como la estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conjuntivo elástico, grasa, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos, de las especies animales autorizadas para el consumo humano.

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”. La carne se compone de agua, proteínas, minerales, lípidos, vitaminas y otros componentes bioactivos, así como pequeñas cantidades de carbohidratos.

El cerdo es un animal vertebrado, mamífero que pertenece a la familia de los *Suidos*. Se crían en casi todo el mundo, principalmente como fuente de alimento por su alto valor nutricional, proteínas y su sabor exquisito (SAGARPA, 2009).

La carne debe ser de animales de entre 5-7 meses de edad, porque exhibe una consistencia suave y color gris rosado o blanquecino. La carne de cerdo se vuelve color blanco grisáceo cuando se cocina, lo que la hace diferente de la carne de res y pollo (Belitz *et al.*, 2009).

La carne de cerdo es una excelente fuente de nutrimentos; contiene vitaminas y minerales, asimismo un balance de aminoácidos superior al de la mayoría de las proteínas de origen animal. Los lípidos de la carne de cerdo se dividen en tres principales categorías: la grasa asociada con los músculos (grasa intra e intermuscular), la grasa subcutánea y la grasa abdominal (Lewis & Lee, 2001).

Por todo lo anterior la carne de cerdo es generalmente reconocida como un alimento con propiedades nutricionales importantes, debido al contenido en proteínas de alto valor biológico, ácidos grasos mono insaturados, vitaminas del grupo B y minerales de hierro en proporción superior al resto de las carnes, aunque la carne de cerdo también contribuye a la ingesta de grasas, ácidos grasos saturados, colesterol y otras sustancias poco saludables al estar implicados directamente en el aumento de colesterol en la sangre (.Reiga *et al.*, 2012).

## 1.2 Calidad de la carne

La carne posee una de las estructuras más complejas de todos los alimentos y cada uno de sus componentes estructurales influye significativamente sobre su calidad. La calidad de la carne es definida por sus características sensoriales y sanitarias que satisfacen las necesidades de los consumidores entre las cuales se encuentran:

### 1.2.1 Calidad comercial

Las características y atributos de la carne refrigerada son factores que ayudan a definir la calidad comercial, de acuerdo con su utilidad para el comerciante, la percepción para el consumidor y la aptitud tecnológica para procesos posteriores. La calidad comercial de la carne está definida por:

- El color
  - La textura
  - La firmeza
  - La ternesa
  - La jugosidad
  - El sabor
  - El aroma
- (Llorente *et al.*, 2009).

Es importante considerar que el concepto de calidad se define en función del objetivo, dependiendo del eslabón de la cadena de producción y comercialización de la carne. La calidad se considera de manera diferente para el ganadero que vende animales, para el industrial que distribuye la carne en canal o para el comerciante que vende cortes directamente al consumidor. Existe una serie de intereses diferentes que dificultan una definición única de la calidad que sea válida

para los niveles de producción cárnica, ya que no es posible satisfacer todos los objetivos sensoriales o tecnológicos.

### 1.2.2 Calidad sanitaria

La carne es susceptible al crecimiento y desarrollo de los microorganismos ya que por sus características (pH,  $a_w$  y nutrientes) constituyen un medio excelente para su desarrollo; por ello se debe controlar la higiene en las operaciones para la obtención de la carne y procesamiento de esta, para evitar riesgos de contaminación bacteriana por patógenos como *Salmonella*, *Campylobacter*, etc. y microbiota responsable del deterioro de la misma (Llorente *et al.*, 2009).

La calidad sanitaria de la carne depende del manejo de los animales antes (*ante-mortem*), durante y posterior al sacrificio (*post-mortem*).

Los factores *ante mortem*, se pueden clasificar en intrínsecos y extrínsecos:

1. Factores intrínsecos: son aquellos que se refieren a aspectos propios de animal:
  - Raza
  - Especie
  - Conformación
  - Edad
  - Sexo
  - Variabilidad

Factores extrínsecos: corresponden a aspectos ambientales y de manejo de los animales de acuerdo a la etapa de la cadena en que se encuentre:

- Manejo sanitario
- Condiciones de transporte

- Reposo
- Situación de rastros
- Alimentación

Es importante considerar que no se podrá sacrificar ningún animal dentro del establecimiento sin previa autorización del médico veterinario oficial o aprobado. Se examinarán los animales en estática y en movimiento, con el fin de apreciar posibles claudicaciones, lesiones de piel y cualquier otra anomalía (NOM-009-ZOO-1994).

El descuido y el trato brusco del personal hacia los animales como por ejemplo: el ayuno prolongado, el método de arreo y el método de sacrificio, son factores que someten al animal a periodos prolongados de tensión (estrés) y daño físico por golpes, estos factores irrumpen el bienestar del ganado lo que afecta su metabolismo y como consecuencia, la pérdida de calidad de la carne (Llorente y col., 2009)

De acuerdo a la Norma NOM-033-ZOO-1995, el sacrificio se debe realizar por personal capacitado, responsable del establecimiento y bajo la supervisión del médico veterinario responsable. Es necesario evitar toda crueldad innecesaria.

Los factores manejo *post-mortem* a considerar que afectan la calidad de la carne, son los siguientes:

1. Higiene en el manejo de la carne: En la producción de la carne se debe mantener la higiene y sanidad y el control de la calidad de forma continua. En un rastro, la inspección ante mortem e inspección post mortem, son indicadores sanitarios y de calidad.
2. La temperatura de enfriamiento de las canales tiene efecto sobre el pH de la carne, debido a que la actividad de las enzimas es dependiente de la temperatura. El grado de enfriamiento incide en el grado de la caída del pH

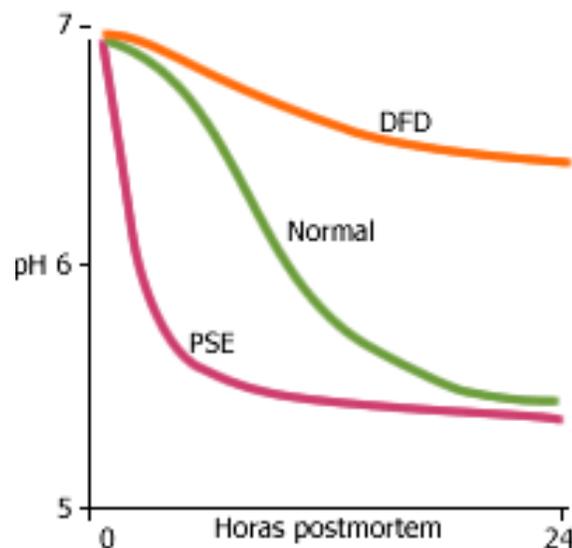
por la producción de ácido láctico. La temperatura está relacionada al ritmo de consumo del ATP muscular (Domínguez, 2011).

3. Transporte: El transporte de carne y sus productos frescos o industrializados, solo se permitirá en vehículos en buen estado, limpios y acondicionados para el objeto; requiriéndose para los productos refrigerados o congelación y forrados de materiales lisos, impermeable, de fácil aseo, aprobados por la secretaria. Las vísceras deberán depositarse en compartimientos o recipientes adecuados debidamente protegidos para evitar contaminación y contacto directo con la carne (NOM-009-ZOO-1994).
4. Venta final: todo manejo que tienda a enmascarar o a desaparecer lesiones en la carne será causa de decomiso parcial o total. Se debe asegurar un buen estado para el consumo humano (NOM-009-ZOO-1994).

#### 1.2.2.1 Aspectos bioquímicos

La energía requerida para la actividad muscular en un animal vivo se obtiene de los azúcares (glucógeno) presentes en el músculo. En un animal sano y descansado, el nivel de glucógeno de sus músculos es alto. Una vez sacrificado el animal, este glucógeno se convierte en ácido láctico y el músculo y la canal se vuelven rígidos (*rigor mortis*). Este ácido láctico es necesario para producir carne tierna, buen sabor, calidad y color. Pero si el animal está estresado antes y durante el sacrificio, se consume todo el glucógeno y se reduce el nivel de ácido láctico que se desarrolla en la carne luego de su sacrificio. Esto puede tener efectos adversos muy graves en la calidad de la carne. El proceso de obtención de carne inicia con el traslado de los animales de abasto a la planta de sacrificio; ésta y todas las operaciones *ante-mortem* provocan un estado de estrés, por lo que es necesario mantener las condiciones que contribuyan al bienestar animal. El sacrificio desencadena múltiples cambios bioquímicos que llevan a la transformación del tejido muscular a carne. A medida que disminuye la concentración de oxígeno muscular se establece un metabolismo anaerobio y acumulación de ácido láctico que provoca una reducción del pH, desde valores próximos a 7 en el animal vivo, hasta alcanzar un pH entre 5.3-5.7 a las 24 horas *post-mortem*. Un rápido descenso del pH *post-*

*mortem* generará carne pálida, exudativa y suave, PSE (pale, soft exudative, por sus siglas en inglés), esta condición anormal es ocasionada por estrés excesivo durante la matanza. Por otra parte, valores de pH a las 24 horas *post-mortem* mayores a 6.2 son indicativos de carne oscura, firme y seca, DFD (dark, firm, dry, por sus siglas en inglés), resultado de un ayuno excesivo y/o estrés prolongado previo a la matanza (figura 1). El pH de la carne aumenta gradualmente por el incremento en bases volátiles a medida que se suscitan reacciones de proteólisis, descarboxilación y oxidación, entre otras, que en estado avanzado son responsables de su deterioro. Las características de color, jugosidad y textura, además de otras propiedades como la capacidad de retención de agua (CRA) y la capacidad de emulsión (CE), dependen en gran medida del pH de la carne, por lo que estas variables se consideran los principales indicadores de la calidad de la carne fresca, así como de su aptitud tecnológica para la elaboración de productos.



**Figura 1. Ilustración esquemática del patrón de acidificación en PSE, normal y DFD de carne**

**Fuente:** Warriss et al., 1998

#### 1.2.2.2 Raza y alimentación

La producción de carne de cerdo en México proviene de cerdos criollos (cerdo pelón, cerdo cuino y pata de mula) y de cruza de las razas *Landrace* y *Yorkshire*, principalmente hembras, con machos *Duroc* o *Hampshire* (Villamar, 2004).

La dieta de los animales es complementada con algunos compuestos que tienen la función de regular o retardar la respuesta del estrés, así como de mejorar las características de la carne, a continuación se mencionan algunos de éstos:

- *Triptófano*, es un aminoácido que actúa como precursor de la serotonina, la cual es un neurotransmisor encargado de regular la agresión y la temperatura corporal, entre otras (Ferguson *et al.*, 2008).
- *Magnesio*, (en especial el MgO) reduce la liberación de hormonas del estrés antes del sacrificio. En el ganado porcino, además de mantener su estado emocional, mejora el color y disminuye las pérdidas de agua por goteo (Ferguson *et al.*, 2008)
- *Vitamina E*, mejora la estabilidad del color de la carne, funciona como antioxidante reduciendo el proceso de transformación de la mioglobina a metamioglobina.
- *Vitamina C*, retiene dos de las vitaminas que conforman el complejo B como son la tiamina (B<sub>1</sub>) y la riboflavina (B<sub>2</sub>) (Ferguson *et al.*, 2008).

### 1.2.3 Parámetros de calidad

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) describe que la calidad se refiere a diferentes parámetros de tipo nutricional (proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales y lípidos), microbiológicos, sensorial (color, olor, sabor, terneza y jugosidad) y tecnológicos (capacidad de retención de agua, pH y consistencia de la grasa). Estos elementos afectan directamente la calidad de los productos cárnicos, ya que determinan la vida útil y la aceptación del consumidor.

### 1.3 Composición química

La composición química de los alimentos es un parámetro de importancia, ya que se relaciona de manera directa con la salud humana. Existen distintos elementos que contiene la carne tales como: proteínas, carbohidratos, agua, lípidos, vitaminas y minerales, como se muestra en el cuadro 1.

La carne de cerdo ha mejorado su calidad en los últimos años; actualmente, ofrece 31% menos de grasa, 14% menos de calorías y 10% menos de colesterol en relación con el cerdo producido hace 10 años.

La composición de la carne y su contenido en nutrimentos depende de muchos factores tales como: raza y especie, edad, sexo, sistema de producción, tipo de alimentación y su composición y los cortes específicos / músculos.

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

<b>Contenido por 100g</b>	
<b>Agua</b>	68-70
<b>Proteínas</b>	19-20
<b>Lípidos</b>	9-11
<b>Carbohidratos</b>	0.8
<b>Cenizas</b>	1.4

**Fuente: Fennema, 2010**

### 1.3.1 Agua

De acuerdo con la forma en que se encuentra el agua en los alimentos, se divide en libre y ligada; la primera se encuentra disponible para el crecimiento de microorganismos e interviene en reacciones hidrolíticas, químicas, enzimáticas, etc., mientras que la segunda está fuertemente unida al alimento por medio de puentes de hidrógeno teniendo como características principales que no congela a  $-20^{\circ}\text{C}$  y no puede intervenir en las reacciones antes mencionadas.

El contenido de agua de los alimentos es uno de los factores individuales que más influye en su alterabilidad, aunque alimentos con el mismo contenido de agua pueden sufrir un proceso de alteración diferente y tener distintas vidas de anaquel, ya que su estabilidad está en función de la actividad de agua (Badui, 2006).

La carne de cerdo contiene alrededor de 68% de agua. El contenido de agua varía inversamente con el de grasa: si aumenta el contenido de grasa, el de agua decrece, aproximándose al contenido de agua del tejido adiposo. La presencia del agua influye poderosamente en los cambios que ocurren en la carne durante la refrigeración, almacenamiento y procesamiento.

El tejido adiposo es pobre en agua. Son las proteínas las principales sustancias captadoras de agua de los organismos vivos, por tanto, son de gran importancia las interacciones agua-proteína y proteína-proteína, determinantes del tamaño de los espacios del retículo proteico en los que se retienen las moléculas de agua (Andújar *et al.*, 2003).

### 1.3.2 Proteínas

En el organismo humano las proteínas cumplen un papel importante para formarlo, mantenerlo y repararlo. La calidad de proteínas de cualquier fuente alimenticia se mide por el valor biológico que comprende la cantidad y la disponibilidad de los aminoácidos contenidos en ellas.

La proteína es el componente mayoritario de la carne, cada especie animal e incluso cada tejido tiene sus propias proteínas características, la mayor parte de las cuales son materias constituidas de los tejidos blandos de los organismos, y otras desempeñan su misión actuando como enzimas, que catalizan los procesos bioquímicos (López de Torre *et al.*, 2001).

Estas proteínas se clasifican de diversas formas en función de su distribución en el músculo, forma, origen y solubilidad. Esta última característica permite dividir las en tres grupos:

- Proteínas miofibrilares

Son las que conforman estructuralmente el tejido muscular, y además, las que transforman la energía química en mecánica durante la contracción y relajación del músculo. Es la fracción más abundante ya que equivale a 50% del total de las

proteínas de la carne; son solubles en soluciones salinas concentradas y sus principales componentes son la miosina, la actina, la tropomiosina y la troponina.

- Proteínas sarcoplásmicas

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

- Proteínas del tejido conectivo.

Las proteínas del tejido conectivo tienen como función la protección mecánica del organismo, así como la de conectar músculos, órganos y otras estructuras del esqueleto. En el músculo transmiten la fuerza generada dentro de las fibras musculares al esqueleto. Constituyen el 3% del total del músculo, integrado fundamentalmente por colágeno y elastina (López de Torre *et al.*, 2001).

Las proteínas de la carne de cerdo se consideran de alto valor biológico, por el contenido de aminoácidos esenciales y su facilidad de asimilación por nuestro organismo. Estos aminoácidos esenciales deben ser aportados en la dieta ya que el organismo es incapaz de sintetizarlos en cantidades suficientes. Se trata de la fenilalanina, valina, triptófano, treonina, metionina, leucina, isoleucina y lisina. En general las proporciones en que se encuentran son tales, que fácilmente cumplen las necesidades nutricionales. Del contenido total de nitrógeno de músculo, aproximadamente el 95% es proteína y el 5% son péptidos pequeños, aminoácidos y otros compuestos (Restrepo *et al.*, 2001).

### 1.3.3 Lípidos

El contenido de lípidos en la carne es el componente más variable. Es muy importante porque afecta directamente el sabor y la textura. La cantidad y la estructura de la grasa animal dependen sobre todo de la especie, la edad, la raza y la alimentación. En los lípidos de la carne predominan los ácidos grasos, libres y esterificados (Fennema, 2010).

En la carne, el tejido adiposo se presenta como grasa subcutánea, intermuscular e intramuscular. El cuadro 2 indica el contenido de ácidos grasos saturados, mono y poli insaturados de la carne de cerdo. Cerca del 70% de la grasa del cerdo está por debajo de la piel (Fennema, 2010). La grasa intramuscular desempeña un papel importante en la calidad sensorial de la carne, considerándose un contenido de 3.2% en el músculo como óptimo para el sabor de carne de cerdo.

La distribución total de los lípidos en diferentes fracciones (mono, di, triacilglicéridos, ácidos grasos libres y fosfolípidos) determinan el alcance y la intensidad de la lipólisis y la oxidación que afecta a las propiedades de los productos cárnicos finales. Las grasas naturales se componen fundamentalmente de ésteres formados por el glicerol y ácidos carboxílicos de cadena recta que poseen un número par de átomos de Carbono. En la carne predominan los ácidos grasos saturados y los monoinsaturados.

**Cuadro 2. Lípidos presentes en la carne de cerdo**

	<b>Contenido %</b>
<b>Ácidos grasos saturados</b>	39-49
<b>Ácidos grasos monoinsaturados</b>	43-70
<b>Ácidos grasos poliinsaturados</b>	3-18

**Fuente: Fennema 2010**

### 1.3.4 Carbohidratos

Los carbohidratos constituyen menos del 1% del peso de la carne, la mayoría de los cuales lo compone el glucógeno. En la mayoría de los animales, el glucógeno se almacena en el hígado, por lo que los cortes de carne son realmente una fuente muy pobre de carbohidratos (Pérez, 1999).

El glucógeno es un polisacárido de reserva energética formado por cadenas ramificadas de glucosa, se almacena en casi todos los tejidos, hasta que se necesite, pero fundamentalmente en el músculo esquelético y en el hígado, en donde puede alcanzar valores del 2% al 8% del peso húmedo de este último en los mamíferos. El contenido normal de glucógeno en el músculo oscila entre el 0.5% y el 1.3%. La reserva de glucógeno se agota cuando se produce una demanda alta de energía; el ayuno por ejemplo, disminuye el glucógeno hepático y el muscular disminuye con el ejercicio.

### 1.4 Parámetros fisicoquímicos

Las características de la carne, como lo son la textura, ternura, jugosidad, así como su comportamiento ante los diversos sistemas de cocción o conservación, están ligados a la estructura del sistema proteico muscular, así mismo como a las reacciones químicas que en él se realizan (Hui *et al.*, 2010).

#### 1.4.1 Potencial Hidrogeno (pH)

El pH se define como el logaritmo de la concentración de iones hidrogeno,  $H^+$ :

$$pH = -\log [H^+] \dots (1)$$

Donde  $[H^+]$  es la concentración de iones hidrogeno en moles por litro. Debido a que los iones  $H^+$  se asocian con las moléculas de agua para formar iones hidronio,  $H_3O^+$  (Fennema, 2010).

Como el pH es una función logarítmica, un cambio de una unidad de pH representa un cambio de diez veces en la concentración de iones de hidrógeno, donde una mayor concentración de  $H^+$  corresponde a un valor de pH inferior (Wiley, 2010).

El pH de la carne es una característica fisicoquímica importante en la conservación de este alimento, debido a que en carnes refrigeradas sometidas a fermentación láctica, la reducción del pH provoca inhibición de la flora contaminante.

Este parámetro está determinado en carne por la concentración de ácido láctico producido a partir del glucógeno durante la glucólisis anaerobia. La caída del pH en el músculo de animales se da en forma gradual desde valores de aproximadamente 7, en el músculo del animal vivo hasta valores de 5.6-5.7 después de que han transcurrido de 6-8 horas del sacrificio para alcanzar, transcurridas 24 horas, un pH final de 5.3-5.7 (Forrest, 1979).

Este parámetro determina en gran medida la calidad sanitaria y aceptación por parte del consumidor debido a que influye sobre el color, textura, sabor, capacidad de retención de agua, entre otros. El pH de la carne depende de varios factores, entre los que destacan, las condiciones *ante* y *post-mortem* del animal, e incluyen el acondicionamiento y condiciones durante y después del sacrificio (Quintero, 2001).

#### 1.4.2 Actividad de agua ( $a_w$ )

De acuerdo con la forma en que se encuentra el agua en los alimentos, el agua se divide en libre, ligada y estructural; la primera se encuentra disponible para el crecimiento de microorganismos e interviene en las reacciones hidrolíticas, químicas, enzimáticas, etc. (Badui, 2006).

Existe una relación entre el contenido de agua de un alimento y su vida útil. Los procesos de concentración y deshidratación se aplican primariamente para reducir el contenido de agua de un alimento, aumentando simultáneamente la concentración de solutos y reduciendo su alterabilidad y perecibilidad. La estabilidad, sanidad y otras propiedades de los alimentos pueden predecirse en forma más realista a partir de la  $a_w$  en función al contenido de agua. Aun así la  $a_w$  no es un índice predictivo totalmente exacto (Fennema, 2010).

La actividad de agua representa el grado de interacción del agua con los demás constituyentes o la porción que está disponible en unos productos para sustentar las reacciones ya mencionadas, este valor puede predecir la estabilidad del alimento.

La actividad de agua puede representarse de la siguiente manera:

$$a_w = \frac{f}{f^o} = \frac{P}{P_o} = \frac{HR}{100} = \frac{Ma}{Ma+Ms} \dots\dots (2)$$

En donde:

$f$  = fugacidad en un determinado estado a temperatura  $T$

$f^o$  = fugacidad en un estado estándar a  $T$

$HR$  = humedad relativa

$P$  = presión de vapor del agua del alimento a  $T$

$P_o$  = presión de vapor del agua pura a  $T$

$M_s$  = moles de soluto

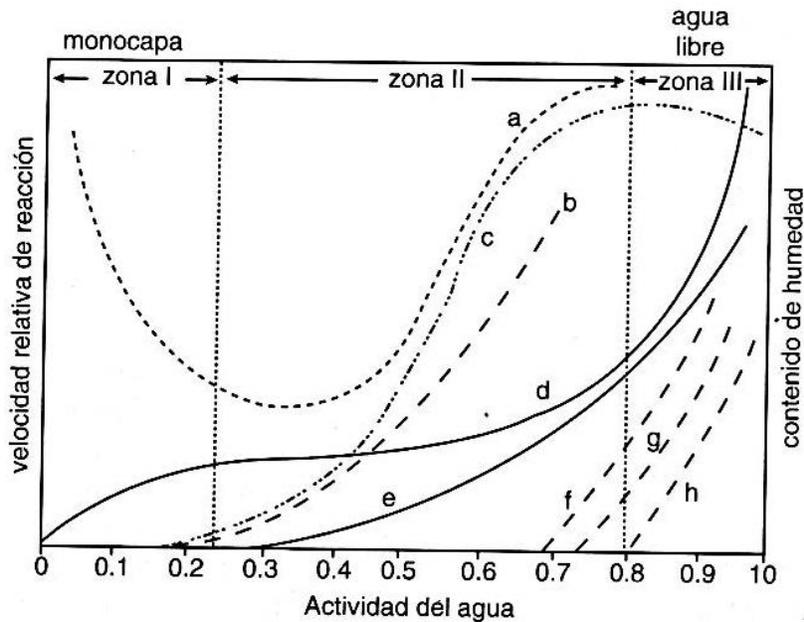
$M_a$  = moles de agua

La fugacidad es una medida de la tendencia de una sustancia a escaparse, en virtud de que el vapor de agua se comporta aproximadamente como un gas ideal, se puede emplear la presión de vapor en lugar de la fugacidad. La escala de medición de este parámetro es de cero (alimento absolutamente seco) a uno (agua pura), mientras que la humedad es de 0 a 100% (Badui, 2006).

La actividad de agua también está relacionada con la textura de los alimentos. Los alimentos con una actividad de agua elevada tienen una textura más jugosa, tierna y masticable. Cuando la actividad de agua de estos productos disminuye, aparecen atributos de textura indeseables como dureza, sequedad y endurecimiento. En cambio, los alimentos con una actividad de agua baja son crujientes y quebradizos; si su actividad de agua aumenta, la textura cambia, produciéndose el reblandecimiento del producto. La actividad de agua es un factor crítico que determina la vida útil de los productos. Este parámetro establece el límite para el

desarrollo de muchos microorganismos, mientras que otros parámetros como temperatura, pH o contenido de azúcares, generalmente influyen en la velocidad de crecimiento.

Como se muestra en la figura 4, la actividad de agua más baja para el crecimiento de la mayoría de las bacterias que producen deterioro en alimentos está alrededor de 0.90. La actividad de agua para el crecimiento de hongos y levaduras está próxima a 0.61. El crecimiento de hongos micotoxigénicos se produce con valores de actividad de agua cercanos a 0.78. (Belitz *et al.*, 2009).



**Figura 2. Velocidad relativa de las reacciones degradativas en función de actividad de agua**

a) Oxidación de lípidos, b) Reacciones hidrolíticas, c) Oscurecimiento no enzimático, d) Isotherma de adsorción, e) Actividad enzimática, f) Crecimiento de hongos, g) Crecimiento de levaduras, h) Crecimiento de bacterias

**Fuente: Badui 2006**

### 1.4.3 Acidez titulable

El contenido de ácidos volátiles es una variable de importancia en el proceso de maduración de los productos cárnicos. Los ácidos orgánicos influyen en las características organolépticas del producto terminado.

La acidez se considera como el ácido orgánico más abundante en el alimento, el cual varía dependiendo del producto cárnico, por lo que se expresa en términos del ácido dominante (Fennema, 2010).

Las bacterias ácido lácticas responsables del descenso del pH, debido a la transformación de la sacarosa en ácido láctico y la acidificación de los embutidos, produce una desnaturalización de las proteínas en la fase inicial del proceso de fermentación, provocando descenso en el pH (López de Torre, 2001).

La producción de ácido láctico, inhibe el crecimiento de otros microorganismos causantes de deterioro e incluso patógenos, extendiendo la vida útil de los productos y aumenta la seguridad de los productos cárnicos, con influencia deseable sobre la calidad del producto.

#### 1.4.4 Microbiota de la carne

El músculo *post mortem* ofrece un ambiente altamente nutritivo a la microflora contaminante, logrando satisfacer sus necesidades de desarrollo. La flora inicial de las canales proviene fundamentalmente de los organismos del suelo y de origen fecal, presentes en el cuero. La mayoría de estos organismos son Gram positivos mesófilos, por ejemplo *Micrococcus Spp.*, *Staphylococcus Spp.*, *Bacillus Spp.*, *Brochothrix thermosphacta*, *Carnobacterium Spp.*, *Lactobacillus Spp.*, *Leuconostoc Spp.* y *Weissella Spp.*

El crecimiento de microorganismos en la carne se debe al aprovechamiento de compuestos de bajo peso molecular como fuente de energía, por ejemplo: glucosa, glucosa-6-fosfato, ribosa, glicerol, aminoácidos y lactato, siendo la alteración el resultado de cambios en el olor, sabor y aspecto (Hui *et al.*, 2010).

Los microorganismos pueden causar las siguientes características de alteración en la carne:

- Mucosidad en la superficie: la temperatura y la humedad disponible influyen en el tipo de microorganismo que la produce algunas especies como:

*Pseudomonas, Alcaligenes, Streptococcus, Bacillus, Micrococcus y Lactobacilos.*

- Cambios en el color de los pigmentos de la carne: la mioglobina responsable del color rojo puede cambiar a manchas verdes, marrón o gris como resultado de los compuestos oxidados y el sulfuro de hidrogeno producido por las bacterias de las especies *Lactobacillus* y *Leuconostoc*.
- Fosforescencia: es poco común y es causada por bacterias fosforescentes o luminosas (*Photocaterium*) que crecen en la superficie de la carne.
- Sabores y olores desagradables: es el resultado del crecimiento de microorganismos sobre la superficie y la producción de compuestos volátiles, una superficie viscosa y pegajosa, con la posterior decoloración de la carne (Hui *et al.*, 2010).

Los principales compuestos responsables de los malos olores en la carne son los compuestos sulfurados, ésteres, aldehídos, ácidos orgánicos y las aminas biogénicas (Quintero, 2001).

### **1.5 Producto cárnico procesado**

Los productos cárnicos procesados se definen como los productos alimenticios preparados, total o parcialmente, con carnes, despojos, grasas y subproductos comestibles, que proceden de los animales de abasto y que pueden ser complementados con aditivos, condimentos y especias. Son los productos específicos de la industria cárnica de transformación, que para su elaboración acude a las tecnologías más variadas (Flores & Sánchez, 2010).

De acuerdo con la NOM 213-SSA1- 2002, los productos cárnicos procesados son elaborados a partir de carne, vísceras, estructuras anatómicas, sangre o sus mezclas, provenientes de mamíferos o aves, que pueden someterse a ahumado, cocción, curación, desecación, maduración, salado, entre otros.

### **1.5.1 Clasificación de los productos cárnicos procesados**

Existe una gran variedad de productos cárnicos procesados. La NOM-213-SSA1-2002 establece la clasificación de estos productos en crudos, curados, desecados secos o salados, empanados o rebozados congelados, fritos, marinados o en salmuera.

### **1.5.2 Producto cárnico crudo**

De acuerdo con la NOM-213-SSA1-2002, los productos cárnicos crudos son elaborados con carne, vísceras o sus mezclas, que pueden ser o no curados o madurados, y que no son sometidos a algún tratamiento térmico.

Los productos cárnicos crudos no pasan por un proceso térmico y pueden consumirse en estado fresco o cocinado posteriormente a una maduración. Según la capacidad de maduración, los productos cárnicos crudos se pueden clasificar en embutidos de larga, media y corta duración.

Algunos tipos de embutidos crudos son:

- Chorizo común
- Longaniza
- Salami tipo húngaro
- Salami tipo italiano

Estos productos sufren un proceso de maduración dirigida donde ocurren cambios físicos, químicos y biológicos. Esta maduración inicia con una rápida deshidratación produciendo una infinidad de transformaciones en los elementos componentes de la pasta carne-grasa, que dan al producto final un sabor, aroma, olor y textura características (Flores & Sánchez, 2010).

## **1.6 Chorizo**

El chorizo es un producto incluido en la clasificación de los productos cárnicos procesados crudos (NOM-213-SSA1-2002) o embutido crudo. Los cuales son elaborados con una mezcla de carne cruda, vísceras o sus mezclas, con adición de

sal común, nitratos y nitritos, azúcar, condimentos y algunos aditivos e ingredientes funcionales, todo ello introducido a manera de relleno en una tripa natural o artificial, que pueden ser o no curados o madurados, y que no son sometidos a algún tratamiento térmico (González *et al.*, 2010).

Actualmente, en América latina es posible encontrar a menudo productos de carne con los mismos nombres que en algunas regiones de España, pero con diversos aspectos y/o sabores diferentes. Varios ejemplos, que en la mayoría de los casos se han adaptado a las particularidades de cada región, son los productos llamados: Chorizos, salchichas o longanizas. Aunque alrededor del mundo tienen diversos significados, la característica principal es que son productos elaborados con carne y grasa de cerdo. En México, son embutidos frescos madurados muy populares, que presentan diferencias regionales con respecto a receta y el proceso de elaboración (Kuri *et al.*, 1995).

Algunos de los tipos de chorizos que se consumen en México son similares a los producidos en España y una gran cantidad de países europeos como son:

- Chorizo cantimpalo. Los ingredientes básicos de este chorizo son la carne de cerdo, pimentón rojo, sal, también se puede añadir especias como orégano y ajo.
- Chorizo asturiano. Es un tipo de chorizo de carne de cerdo muy condimentado con pimentón, sal, dextrosa y ajo de tamaño no superior a los 15 cm de longitud y los 5 cm de diámetro. Se caracteriza por estar muy ahumado.
- Chorizo de pamplona. Se caracteriza por contener carne de vacuno y porcino, su color es de un rojo claro (casi anaranjado). Se añade sal, pimentón y diversas especias.

- Chorizo ibérico. Elaborado exclusivamente con la carne y la grasa del cerdo, es único en su sabor, tiene los mismos ingredientes que el resto de los chorizos elaborados, pero la calidad de la carne le diferencia bastante del resto. La proporción de carne es del 30% de presa de paletilla, frente al peso del total de la pieza. Suele pasar casi 50 días de curación en bodega.
- Chistorra. Es un chorizo fresco de pequeño tamaño que se embute en tripas, contiene pimentón y hierbas. Participa en asados de carne, como acompañamiento de platos con papas y arroz (Kuri *et al.*, 1995).

### 1.6.1 Constituyentes del chorizo

#### 1.6.1.1 Carne

Dentro de los productos cárnicos crudos la carne de cerdo es el principal ingrediente, es un buen alimento porque contiene proteínas y todos los aminoácidos esenciales en cantidad suficiente (Lawrie, 1998).

El lardo debe de estar congelado antes de ser usado y la carne debe de estar a temperatura de  $-4 \pm 2$  °C. La finalidad de usar a esta temperatura es para evitar la coagulación de las proteínas por el calentamiento provocado por la acción del picado.

La carne debe ser firme consistente, de buen color, fresca y con un pH de entre 5.5 y 6.2 bien madurada. El lardo debe de ser de corte consistente para que los trozos no se vuelvan viscosos al ser picados y evitar que se empasten durante este proceso (Coretti, 1986).

#### 1.6.1.2 Grasa

La grasa forma parte de la masa cárnica del embutido bien infiltrada en los magros musculares o bien añadidos en forma de lardo. Se trata de un componente esencial, ya que sirve para dar sabor y añade la consistencia deseada al producto final, siempre y cuando se añada en las cantidades específicas, de lo contrario se podría tener un embutido grasoso y se verían afectadas las características sensoriales así como la conservación del producto final.

### **1.6.1.3 Cloruro de sodio (NaCl)**

La cantidad de cloruro de sodio utilizada en la elaboración de productos cárnicos varía entre el 1% y el 5%. El cloruro de sodio es uno de los ingredientes básicos que tienen muchas funciones en los productos cárnicos.

1. Sabor
2. Efecto bacteriostático
3. Retención de humedad
4. Desnaturalización de proteínas
5. Efectos pro-oxidantes

La presencia de cloruro de sodio retarda el crecimiento de los organismos en la putrefacción en el embutido, esto se relaciona con la fuerza iónica que tiene el cloruro de sodio en la salmuera de la carne. Conforme mayor sea la concentración de las partículas ionizadas, alrededor de las fibras musculares, mejor será la capacidad de unión de moléculas de agua de las fibras y mejor será la posibilidad de resistir la pérdida de moléculas de agua (Rust, 1991).

### **1.6.1.4 Carbohidratos**

Los carbohidratos adicionados, son la sacarosa, lactosa, dextrosa, glucosa, jarabe de maíz, almidón y sorbitol. Se utilizan para dar sabor, y principalmente como fuente de energía para las bacterias ácido lácticas que a partir de ellos producen ácido láctico por glucolisis anaerobia (Lawrie, 1998).

### **1.6.1.5 Nitratos y nitritos**

En la industria cárnica los más utilizados son el nitrito de sodio, el de potasio y la sal de nitrito. Desempeñan un papel importante en el desarrollo de características esenciales en los productos cárnicos estas sustancias se añaden a la carne con la finalidad de fijar el color rojo así como aumentar su poder de conservación, las reacciones que sufran los nitratos son muy complejas, al principio por acción de las bacterias se convierten nitritos.

La adicción de nitritos en la carne se puede llevar acabo siempre que su pH sea ácido 5.4 a 6.0 que se convertirá en ácido nítrico y por reacciones espontáneas se

convierte en óxido nitroso que al combinarse con la mioglobina que es un compuesto de color rojo. Desde el punto de vista bacteriológico los nitritos tienen un poder antimicrobiano, sobre todo hacia el grupo anaerobios (Rust, 1991).

#### **1.6.1.6 Condimentos y Especies**

Son sustancias de origen vegetal que, añadidas a la carne, masa o pasta a embutir, aportan una acción sazonzadora y aromática, mejorando el gusto y textura del producto al que se agrega.

Existe una gran variedad de especias tales como: cebolla, ajo, almendra, canela, azafrán, cilantro, menta, alcaravea, orégano, comino, hinojo, jengibre, lavándula, clavo, hierbabuena, pimentón, pimienta (blanca y negra), nuez moscada, entre otras (Frey, 1995).

#### **1.6.1.7 Ácido acético (vinagre)**

El vinagre es un ingrediente que se le utiliza en productos cárnicos como la longaniza y los chorizos, para marinar, por su sabor y por su efecto bacteriostático (Rust, 1991).

#### **1.6.1.8 Tripas naturales**

Para la elaboración del chorizo se utilizan las tripas de origen animal o natural ya que son económicamente accesibles y resistentes. Las tripas naturales frenan la desecación del producto ya que reducen los riesgos de formación de una corteza en la superficie. Las tripas naturales deben ser adquiridas a través de proveedores confiables, regidos por normas higiénicas y de calidad vigentes y que realicen una adecuada calibración y clasificación; esta media asegura una uniformidad del tamaño y calibrado de los productos elaborados. Este tipo de tripas han sido los envases tradicionales para los embutidos; y es muy importante que antes de su uso, estén perfectamente limpias y secas ya que pueden ser vehículo de contaminación microbiana (Coretti, 1986).

### **1.7 Aislado proteico de soya (APS)**

El aislado proteico de soya es una forma altamente concentrada de proteína de soya con un contenido proteico mínimo del 90% sobre una base libre de humedad. Se

elabora a partir de harina de soja desgrasada, a la que se elimina la mayor parte de sus componentes no-proteicos, grasas y carbohidratos a través de la precipitación de la proteína. Debido a esto, tiene un sabor neutral (Campano, 2002).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define el aislado proteico de soya como la principal fracción proteínica de soya, procesada a partir de semillas de soya descascarilladas mediante la eliminación de la mayoría de los componentes no proteicos y no debe contener proteínas de menos de 90% sobre una base libre de humedad.

**Cuadro 3. Composición de aislado proteico de soya (APS)**

<b>Componente</b>	<b>% Peso</b>
<b>Proteína</b>	90
<b>Lípidos</b>	0.5
<b>Cenizas</b>	4.5
<b>Carbohidratos</b>	0.3

**Fuente:** Kolar *et al.*, 1995

### **1.7.1 Propiedades funcionales del APS**

La habilidad de un ingrediente alimenticio para interactuar con otros e impartir propiedades deseables a un sistema de alimentos es conocido como funcionalidad. Las propiedades funcionales incluyen a aquellas dependientes de la interacción proteína-agua (solubilidad, absorción, retención de agua y viscosidad), las dependientes de las interacciones proteína-proteína (formación de geles, precipitación) y las propiedades superficiales (formación-estabilización de espumas y emulsiones) (Munive 2009).

El aislado proteico de soya se produce con la extracción alcalina de la harina, a un intervalo de pH de 8 a 9. Los polisacáridos insolubles en agua y proteínas residuales son separados por tamizado, filtración o centrifugación. El extracto acuoso se acidifica a pH 4.5 con una disolución ácida, lo cual provoca la precipitación de las proteínas en su punto isoeléctrico. Esta precipitación de proteínas se filtra o se

centrifuga, se lava con agua y se seca por aspersión para obtener la forma isoeléctrica de la proteína, que es insoluble en agua y prácticamente no tiene propiedades funcionales.

Es más común re disolver la precipitación, neutralizando a un pH de 7.0; para obtener una disolución concentrada de aniones de proteínas de sodio. Posteriormente, esta dispersión es secada por aspersión, para producir una forma proteica fácilmente dispersible en agua (Liu, 1999; Miller *et al.*, 2001).

Las proteínas aisladas de soya se utilizan como una alternativa nutricional, funcional o económica de las proteínas tradicionales (The Solae Company, 2003). El aislado proteico de soya es un polvo fino homogéneo de color beige al café claro.

Las proteínas de soya contienen numerosas cadenas polares laterales que, junto con las uniones peptídicas, hacen que sea hidrofílica, por lo tanto, las proteínas tienden a absorber y retener agua cuando están presentes en sistemas de alimentos. Ciertos sitios polares en las moléculas de las proteínas de soya, tales como los grupos carboxilo y amino son ionizables, así que la polaridad es cambiada por las condiciones de pH.

En productos cárnicos desmenuzados, las proteínas de soya promueven la absorción y retención de agua, por lo tanto se disminuyen las pérdidas durante la cocción y se mantiene la estabilidad dimensional. Los aislados de soya absorben del 50-90% de agua de su peso seco.

### **1.7.2 Beneficios tecnológicos**

La proteína de soya es una forma económica de reducir grasa y de alcanzar o incrementar los niveles de proteína en una gran variedad de productos cárnicos. Estos incluyen: productos emulsificados, carne molida, reestructurada, troceada, productos de músculo completo, análogos, productos de pollo y de origen marino.

La capacidad de emulsión o la capacidad de una proteína para emulsionar la grasa es el parámetro funcional más importante en muchos productos alimenticios. Los

aislados pueden emulsionar de 10 a alrededor de 35 mL de aceite por cada 100 mg de proteína (Rakowsky, 1994).

Las ventajas del aislado proteico de soya son: a) proporcionar un buen equilibrio en la composición de aminoácidos, ya que están contenidos todos los aminoácidos esenciales, b) contiene componentes fisiológicamente beneficiosos para reducir el colesterol y el riesgo de enfermedades cardiovasculares, c) excelente capacidad como gelificante, emulsificante y capacidad de retención de agua (Nishinari *et al.*, 2014).

La mayoría de los aislados proteicos de soya se utilizan para conseguir uno a más de los siguientes objetivos tecnológicos:

- Unir o inmovilizar grasa y agua
- Mejorar las características sensoriales
- Ampliar la vida útil
- Regular la viscosidad al modificar la estructura de productos cárnicos.

Los aislados proteicos de soya son adicionados a la pasta cárnica con los ingredientes secos, no necesitan pre-hidratarse y son tolerantes a las sales. Se recomienda utilizar concentraciones de 0.5% a 4%, dependiendo del sistema alimenticio y la funcionalidad que se requiere (Hoogenkamp, 2005).

### **1.8 Maduración de los productos cárnicos crudos**

El concepto de maduración del embutido crudo comprende diferentes procesos que tienen lugar en el embutido una vez elaborada la masa cárnica y embutida en la tripa.

Los procedimientos de maduración son los que realmente originan las características típicas de los distintos embutidos crudos.

La maduración se desarrolla en dos fases, durante la primera predominan las actividades reproductoras y metabólicas de las bacterias; esta fase concluye con la diferenciación bacteriana y se caracteriza por la aparición de numerosos ácidos

grasos volátiles, sobre todo ácido pirúvico y ácido láctico. Durante la segunda fase comienza una lenta, pero constante, disminución del número de bacterias por falta de nutrientes, dominan los procesos de descomposición y transformación; lo más relevante es la descomposición de los ácidos grasos producidos en la primera fase, formándose así el típico aroma del producto (Coretti, 1986).

Durante la maduración, los cambios que se producen son la pérdida de agua y es durante este período que el producto adquiere su textura y sabor característicos (Fernández *et al.*, 2002).

En el caso de una mala maduración, ésta puede ser ocasionada por una mezcla deficiente de la carne o por utilizar demasiada humedad, lo que ocasionan fermentaciones inadecuadas y huecos en la masa del embutido (Sandoval, 2011).

### **1.9 Cambios químicos, físicos y biológicos que ocurren durante el proceso de maduración del chorizo**

- Unión entre los ingredientes.
- Pérdida de peso. El embutido crudo debe de perder de 25-30% de su peso inicial y no deben de existir defectos en el proceso de maduración como color, aroma, sabor y apariencia, si las condiciones climáticas cambian temporalmente y de forma no intensa (Coretti, 1996).
- Descenso de la  $a_w$  de 0.95 a 0.84. las bacterias ácido lácticas se desarrollan a esta condición.
- Desarrollo de color característico a partir de la mioglobina de la carne por fijación de radicales NO (óxido nítrico).
- Acidificación especialmente láctica a partir de los carbohidratos propios de la carne y carbohidratos añadidos.
- La disminución del pH por la formación de ácido láctico conduce a la pérdida de agua; esta pérdida por evaporación resulta en la obtención de productos más firmes al corte. El pH en los embutidos es importante debido a que valores superiores a 6.0 pueden ocasionar el desarrollo de bacterias

alterantes del producto durante su secado o conservación y pH bajos (<4.5) pueden ser responsables de sabores ácidos y desagradables al consumidor (González *et al.*, 2012).

- Producción de aromas y sabores específicos del embutido por acción microbiana sobre los componentes de la carne.
- Hidrolisis proteica, que produce cambios en los parámetros texturales tales como: dureza, elasticidad, cohesividad, fracturabilidad, adhesividad, gomosidad y masticabilidad (Muller & Ardoino, 2006).

El embutido crudo debe adquirir un estado de conservación, el cual se logra por medio de la maduración y en consecuencia la desecación (Schiffner *et al.*, 1996). La estabilidad del chorizo se basa en la producción de ácidos y en consecuente descenso en los valores de pH por la fermentación microbiana de los carbohidratos, la disminución de la  $a_w$  a causa de los solutos añadidos a la pasta cárnica y de la deshidratación producida durante la maduración (Marcos, 2007).

Para llevarse a cabo el proceso de maduración se introducen los embutidos en las cámaras o dispositivos climatizados en los que se exponen a la influencia de temperatura, humedad relativa y ventilación, estas variables deben combinarse entre sí de manera que el embutido crudo vaya perdiendo paulatinamente la humedad desde el interior hasta el exterior, es conveniente realizar la maduración a una temperatura de 12-15°C con una humedad relativa de 70-80% (Coretti, 1986).

## **Justificación**

El chorizo es un producto cárnico de importancia en la gastronomía mexicana, éste contiene como materia prima base la carne cerdo. Esta contiene lípidos pocos saludables por estar implícitos directamente en el aumento de colesterol en la sangre y enfermedades cardiovasculares. Una alternativa favorable es el aislado proteico de soya que es un ingrediente funcional con 90% de proteína, que aporta estabilidad, consistencia y textura permitiendo la reducción de la proporción de carne. Así mismo, proporciona una alta calidad de proteína, ya que contiene aminoácidos esenciales, reduce las concentraciones de colesterol sanguíneo, previene enfermedades del corazón y es única entre las proteínas vegetales.

En la presente investigación se evaluaron las concentraciones de aislados proteicos de soya (0, 0.5 y 1%) en las propiedades fisicoquímicas y físicas de chorizo elaborado a partir de carne de cerdo; en el proceso de maduración (96 horas) en una cámara climática a condiciones constantes 13 °C y 75 % de humedad relativa. El objetivo de la investigación es contribuir a difundir el desarrollo tecnológico de la elaboración del chorizo utilizando como alternativa nutricional, funcional y económica el aislado proteico de soya, sin disminuir el contenido de proteína o sacrificar la calidad nutricional del chorizo.

## **Objetivos**

### **General**

Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de aislado proteico de soya, en chorizo elaborado a partir de carne de cerdo mediante la determinación de sus propiedades fisicoquímicas y físicas para determinar los cambios durante la maduración.

### **Particulares**

1. Evaluar el efecto de la adición de aislado proteico de soya 0, 0.5 y 1%, en chorizo elaborado a partir de carne de cerdo en el comportamiento del pH y la  $a_w$  durante el proceso de maduración, para contrastar los cambios de las variables.
2. Verificar la producción de ácido durante el proceso de maduración en 0, 0.5 y 1% de aislado proteico de soya en chorizo elaborado a partir de carne de cerdo, mediante la determinación de la acidez titulable durante el proceso de maduración para corroborar la acidificación láctica.
3. Analizar el porcentaje de pérdida de peso de chorizo de carne de cerdo adicionado o no con 0.5 y 1% de aislado proteico de soya, durante el proceso de maduración, mediante un análisis de varianza.

## **Hipótesis**

Si a la pasta cárnica se le adiciona 1% de aislado proteico de soya para posteriormente elaborar chorizo de carne de cerdo y se madura por 96 horas en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, entonces el pH y la  $a_w$  descenderán por efecto de la fermentación microbiana y pérdida de humedad, el % de ácido láctico y el % de pérdida de peso aumentarán, lo que genera mayor estabilidad en el sistema cárnico, por ser variables relacionadas con la calidad de los productos cárnicos.



# Cuadro metodológico

## 2 Metodología experimental

### 2.1 Cuadro metodológico

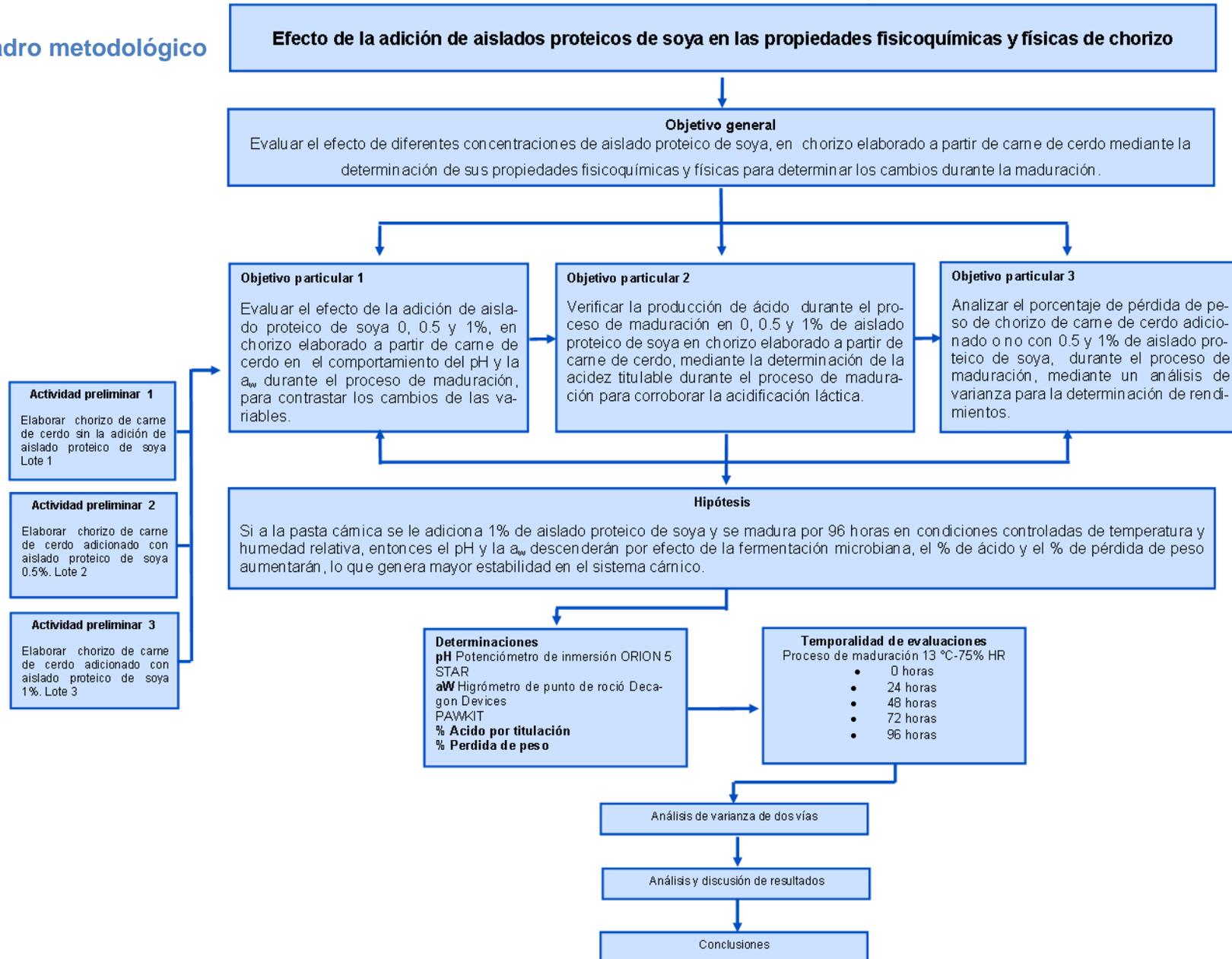


Figura 3. Cuadro metodológico

## 2.2 Elaboración del chorizo

En el presente proyecto se desarrollaron formulaciones para la elaboración de chorizo, elaborando tres lotes de producto aproximadamente 18 piezas de 50 g, cada uno adicionado con diferentes concentraciones de APS (0.5 y 1% de APS respectivamente), y un lote control, sometiéndose a condiciones controladas de temperatura y humedad relativa en una cámara climática BINDER (MOD. KBF 240) a 13°C y 75% de HR.

### 2.2.1 Formulaciones

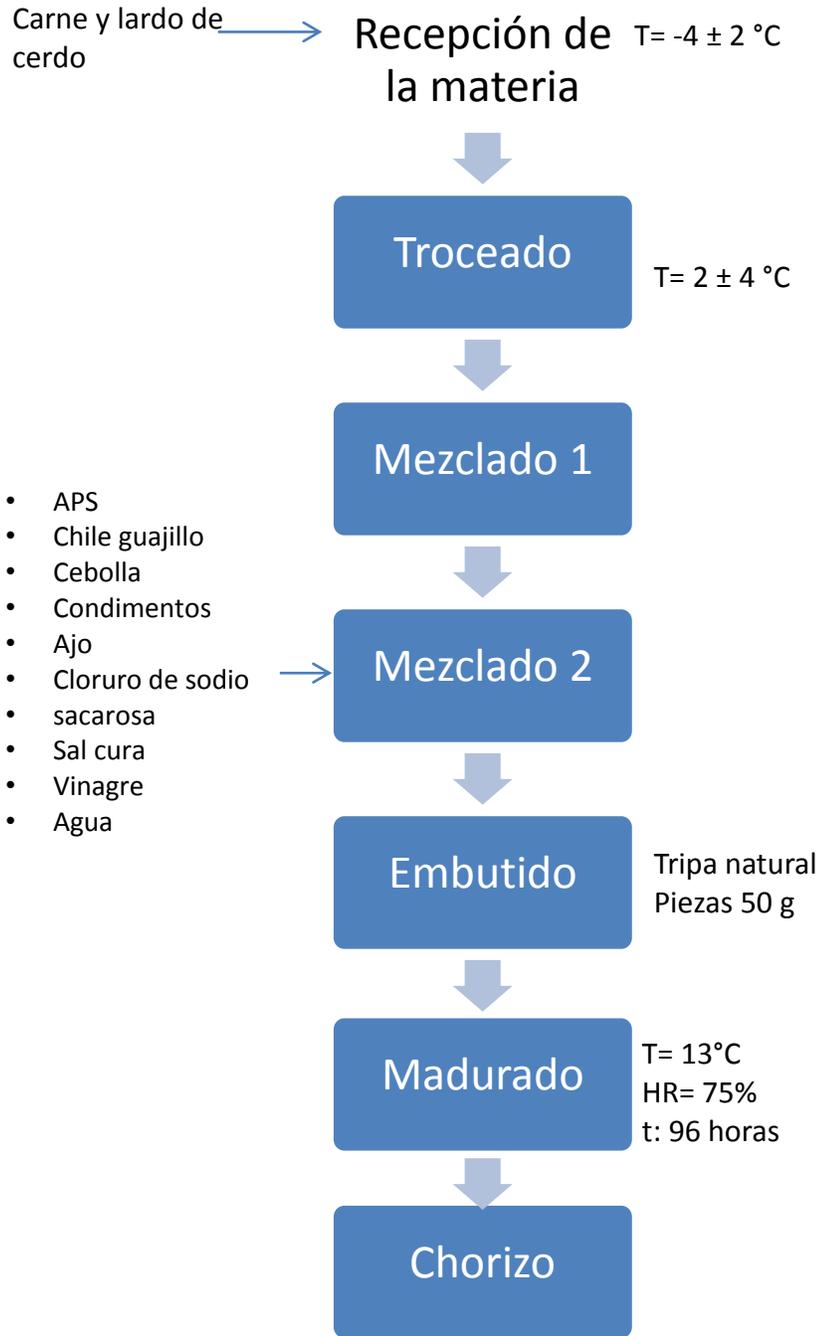
Las formulaciones empleadas para la elaboración de chorizo de carne de cerdo se muestran en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Formulaciones para la elaboración de chorizo**

<b>Formulación Chorizo</b>	<b>0 APS</b>	<b>0.5 % APS</b>	<b>1% APS</b>
<b>Ingrediente</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
<b>carne de cerdo</b>	71.22	68.22	65.22
<b>Lardo de cerdo</b>	17.8	17.8	17.8
<b>Chile guajillo</b>	3.81	3.81	3.81
<b>Vinagre</b>	3.56	3.56	3.56
<b>Cebolla</b>	1.78	1.78	1.78
<b>Condimentos</b>	0.44	0.44	0.44
<b>Ajo</b>	0.44	0.44	0.44
<b>Cloruro de sodio</b>	0.44	0.44	0.44
<b>sacarosa</b>	0.36	0.36	0.36
<b>Sal cura</b>	0.15	0.15	0.15
<b>APS</b>	0	0.5	1
<b>Agua</b>	0	2.5	5
<b>Total</b>	100	100	100

El diagrama de proceso de elaboración de chorizo con carne de cerdo se observa en la figura 4.

**2.2.2 Diagrama de proceso**



**Figura 4. Diagrama de proceso de elaboración de chorizo**

### Descripción del diagrama de proceso

1. La pulpa y el lardo de cerdo se mantuvieron a temperaturas de  $-4 \pm 2$  °C, esto con la finalidad de evitar el fenómeno de exudación, posteriormente la carne y el lardo de cerdo fue troceada manual y homogéneamente para facilitar la molienda (Figura 5).

La carne se pesó de acuerdo a los balances correspondientes para la formulación.



**Figura 5. Carne y lardo de cerdo picada**

2. Se pesaron los ingredientes secos: chile guajillo, condimentos, ajo, cebolla, sal común, azúcar, sal cura y aislado proteico de soya, en una balanza semi analítica marca Ohaus, para incorporarlos a la masa cárnica en la molienda (Figura 6).



**Figura 6. Ingredientes utilizados en la elaboración de chorizo**

3. Se mezcló la carne con el lardo de cerdo en un molino de carne, con la finalidad de obtener una masa cárnica de molienda gruesa para embutidos, con consistencia y textura características del chorizo, con el cedazo  $\frac{3}{4}$ " de acero inoxidable (Figura 7).



**Figura 7. Mezclado de la carne y lardo de cerdo**

4. Se incorporaron los ingredientes a la masa cárnica en el siguiente orden: chile guajillo, cebolla, condimentos, ajo, NaCl, sacarosa, sal cura y aislado proteico de soya, vinagre y agua (Figura 8).



**Figura 8. Incorporación de los ingredientes a la masa cárnica**

5. Se embutieron las masas cárnicas mezcladas con los ingredientes en tripa natural de cerdo desalada previamente con abundante agua destilada, en el molino de carne.



**Figura 9. Embutido de la pasta cárnica**

6. Se elaboraron 18 piezas de 50 g de cada lote para realizar las determinaciones posteriores (Figura 10).



**Figura 10. Chorizo**

7. Se introdujeron los lotes de chorizo crudo a la cámara climática Binder, modelo KBF 240, a condiciones constantes de temperatura 13 °C y humedad relativa de 75%, con la finalidad de llevar a cabo el proceso de maduración y posteriormente realizar las determinaciones en los tiempos establecidos (0,24,48,72 y 96 horas) (Figura 11).



**Figura 11. Chorizo en la cámara climática Binder KBF 240**

### 2.3 Determinación del % de pérdida de peso

Se determinó el % de pérdida de peso por diferencia de pesos utilizando la ecuación 3, se realizaron 5 repeticiones por cada determinación en los siguientes tiempos de prueba (0, 24, 48, 72 y 94 horas) para los tratamientos en el chorizo de carne de cerdo (Figura 14).

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \left[ 1 - \left( \frac{M_2}{M_1} \right) \right] * 100 \dots (3) \text{ (Martínez et al., 2009).}$$

En donde:

$M_1$  = Masa inicial (g)

$M_2$  = Masa final (g)



Figura 12. Determinación del % de pérdida de peso

## 2.4 Determinación de $a_w$

La determinación de  $a_w$  de las muestras se realizaron con un Higrómetro de punto de rocío pa<sub>w</sub>kit, marca DECAGON (Figura 15). Se realizaron 5 repeticiones por cada determinación en los siguientes tiempos de prueba (0, 24, 48, 72 y 94 horas) para los tratamientos en el chorizo de carne de cerdo.

Previo a su uso, se calibró el equipo con las soluciones salinas de  $a_w = 0.76$ , según instrucciones del fabricante (Figura 13).



**Figura 13. Higrómetro de punto de rocío marca Decagon Devices con las sales de calibración**

### **Prueba**

Se colocaron 5 g de muestra dentro de los dispositivos de plástico del equipo. No se debe llenar el dispositivo ya que se dañan los sensores en la cámara de muestreo. La muestra debe ser homogénea y representativa como se muestra en la figura 14.

Colocar el dispositivo dentro del equipo y presionar “READ”. El equipo emite un sonido, registra la lectura de  $a_w$  y la temperatura en la pantalla. Limpiar el dispositivo y repetir la prueba.



**Figura 14. Muestra en el dispositivo y determinación de  $a_w$**

### **2.5 Determinación de pH**

En la determinación de pH se empleó la metodología del AOAC. 981.12 y el potenciómetro de inmersión marca ORION modelo 5 STAR (Figura 15).

Se realizaron 5 repeticiones por cada determinación en los siguientes tiempos de prueba (0, 24, 48, 72 y 94 horas) para los tratamientos en el chorizo de carne de cerdo. Previo a las determinaciones de pH se calibraron los electrodos con soluciones buffer estándar de pH 4 y 7.



**Figura 15. Calibración del electrodo de inmersión.**

Para cada determinación se realizó la homogenización de la muestra con 10 g de chorizo y 100 mL de agua destilada mezclándolo durante 30 s a velocidad baja en licuadora, con la finalidad de evitar que se formara una emulsión (Figuras 16). Se midió el pH con el electrodo de inmersión asegurando la limpieza con agua destilada y un pañuelo en cada prueba de acuerdo a la AMSA 2012 (Figura 17).



**Figura 16. Preparación de la muestra**



**Figura 17. Medición del pH de chorizo.**

## **2.6 Determinación de acidez titulable**

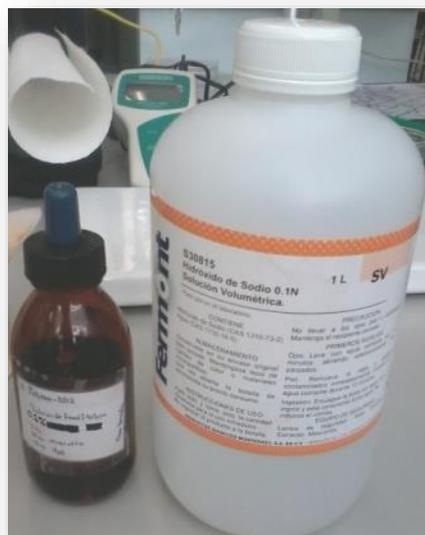
El método del AOAC 947.05, se basa en determinar el volumen de NaOH 0.1 N (Sigma-Aldrich, USA) necesario para neutralizar el ácido contenido en la alícuota que se titula, determinando el punto final por medio del cambio de color que se produce por la presencia del indicador ácido-base empleado. Para la preparación de la muestra se pesaron 10 g de chorizo en la balanza semianalítica y se homogeneizaron con 100 mL de agua destilada, tras lo cual se filtró con papel de filtración rápida. (Figura 18).

Se realizaron 5 repeticiones por cada determinación en los siguientes tiempos de prueba (0, 24, 48, 72 y 94 horas) para los tratamientos en el chorizo de carne de cerdo.



**Figura 18. Filtración de la muestra**

Se tomaron alícuotas de 25ml, se vaciaron en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, se agregaron tres gotas de fenolftaleína a cada uno y se titularon con NaOH 0.1 N (Figuras 19 y 20), cuidando de mantener las alícuotas en agitación durante la titulación, para observar el vire de color, con claridad.



**Figura 19. Fenolftaleína 0.1% e Hidróxido de Sodio 0.1N**



**Figura 20. Muestras para la determinación de % acidez**

Se registraron los valores del volumen de hidróxido de sodio consumido en cada muestra y se realizó el cálculo de acidez expresando el resultado como porcentaje de ácido láctico.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V \times N \times meq}{m_1} \times 100 \dots (4)$$

En donde:

V= Volumen de hidróxido consumido (ml)

N=Normalidad del NaOH

Meq= Miliequivalentes del ácido predominante (g)

M1=masa de la muestra utilizada (g)

### 3 Análisis y discusión de resultados

A continuación se presentan los análisis estadísticos y las discusiones de los resultados obtenidos durante la experimentación para cada variable evaluada, mediante análisis de varianza y gráficos.

#### 3.1 % de Pérdida de peso

En el cuadro 5 se muestran las determinaciones de % de pérdida de peso en los tratamientos 0, 0.5 y 1% de aislado proteico de soya en los diferentes tiempos de maduración del chorizo de carne de cerdo. La pérdida de peso en los chorizos aumenta en función a los días, lo que denota que durante el almacenamiento a condiciones controladas de temperatura y humedad relativa la desecación superficial aumenta.

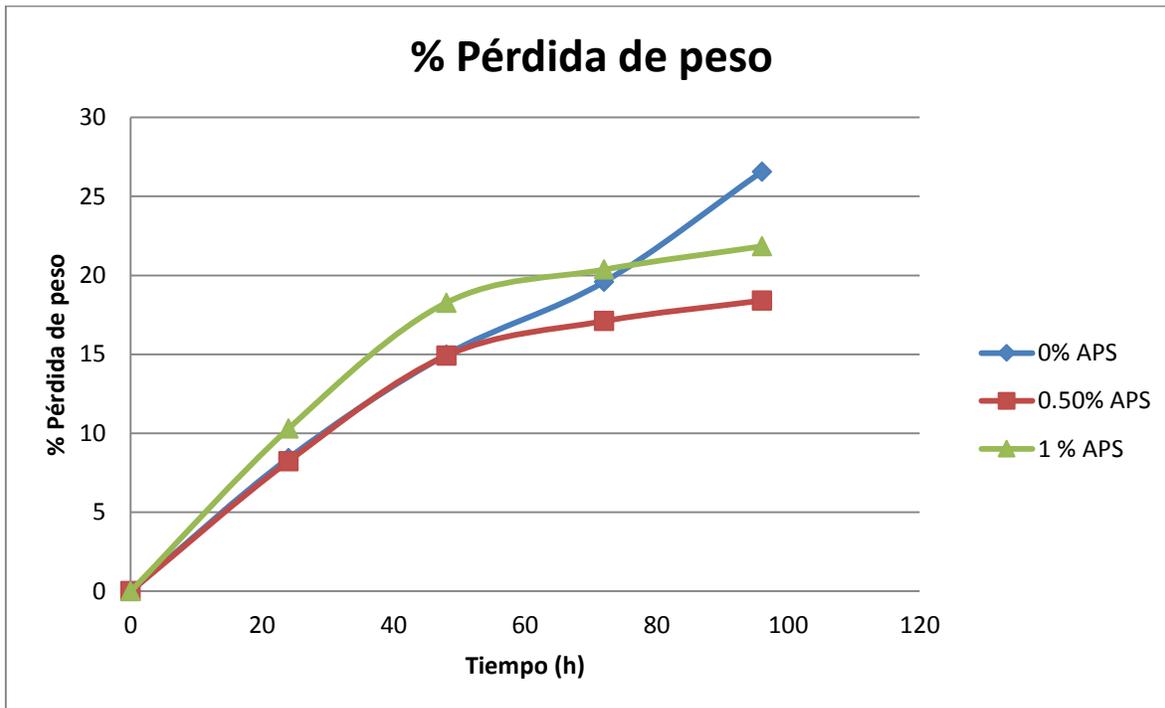
**Cuadro 5. Resultados de % Pérdida de peso del chorizo adicionado con 0.5 y 1% de APS**

<b>Horas/Tratamientos</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>96</b>
<b>0% APS</b>	8.42%	14.98%	19.59%	26.57%
<b>0.5% APS</b>	8.26%	14.92%	17.1%	18.71%
<b>1% APS</b>	10.29%	18.27%	20.37%	21.84%

En la figura 21 se muestran los promedios del % de pérdida de peso para cada uno de los tiempos en los tratamientos realizados. El proceso de maduración de chorizo de carne de cerdo fue de 96 horas, en la gráfica se puede observar que aparentemente existe un comportamiento similar a las 24 horas para las tres concentraciones y estabilidad en los valores del chorizo de carne de cerdo con la adición de APS.

El % de pérdida de peso es un cambio físico importante, resultado del proceso de maduración, de él dependen características organolépticas como la textura y estabilidad del sistema en el chorizo. De acuerdo con la bibliografía, el producto cárnico debe perder entre el 25 y 35% de su peso inicial, percibiendo que los valores están dentro del intervalo de los parámetros reportados por Coretti, 1986. Para el

caso de las muestras que no contienen APS, la pérdida de peso aumenta significativamente después de las 72 h, hecho que orienta que la proteína puede colaborar con la estabilización de la pérdida de agua por efecto de la formación de puentes de hidrogeno entre la proteína y el agua.



**Figura 21. Promedios de % de pérdida de peso**

Se realizó un análisis estadístico de los resultados, utilizando el programa MINITAB versión 15, en el cual se ingresaron los datos obtenidos durante la experimentación con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ) en un ANOVA de dos factores para identificar diferencias entre los distintos tratamientos: 0, 0.5 y 1% de APS; y los bloques al cual se asignó el tiempo de maduración del chorizo, donde se plantearon la siguientes dos pruebas de hipótesis:

**Tratamientos:**

$$H_0 = \mu_0 = \mu_{0.5} = \mu_1$$

$$H_1 = \text{al menos } 1\mu \text{ es diferente}$$

**Bloques:**

$$H_0 = \mu_0 = \mu_{24} = \mu_{48} = \mu_{72} = \mu_{96}$$

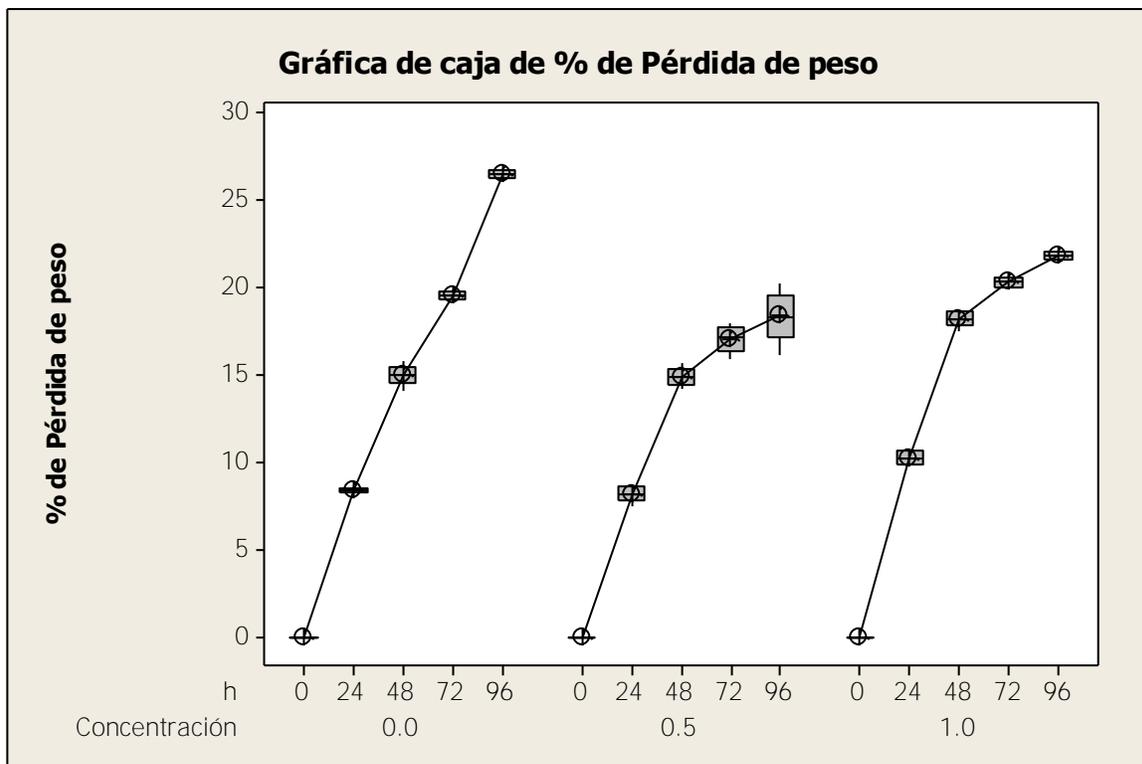
$$H_1 = \text{al menos } 1\mu \text{ es diferente}$$

Los datos obtenidos del ANOVA son los siguientes:

**Cuadro 6. ANOVA de dos vías para el % de Pérdida de peso**

	GL	SC	F	P
Concentración	2	89.01	153.12	0.000
h	4	4744.99	4081.06	0.000
Error	60	17.44		
Total	74	5009.22		

El ANOVA de dos vías (cuadro 6), muestra un valor de significancia para las concentraciones y las horas de  $P=0.000$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula, indicando que al menos una de las medias es diferente, por lo tanto existe diferencia significativa estadística en los valores del % de Pérdida de peso.



**Figura 22. Análisis estadístico ANOVA % de Pérdida peso**

Como se aprecia en la figura 22, las determinaciones del % de pérdida de peso inician en el tiempo cero; para las 24 y 48 horas del tiempo de maduración se presenta un comportamiento similar ya que no existe diferencia significativa entre las medias de la concentración 0 y 0.5% de aislado proteico de soya, sin embargo si existe diferencia significativa en la concentración de 1%. En el tiempo de maduración de chorizo 72 y 96 horas, existe diferencia significativa entre las concentraciones de 0, 0.5 y 1% de APS, esto se puede evidenciar en la posible interacción del APS y las proteínas cárnicas respecto al tiempo del proceso de maduración. En los productos cárnicos no emulsificados, los aislados proteicos de soya promueven la absorción y retención de agua, por lo que auxilia en la disminución de la pérdida de agua.

### 3.2 $a_w$

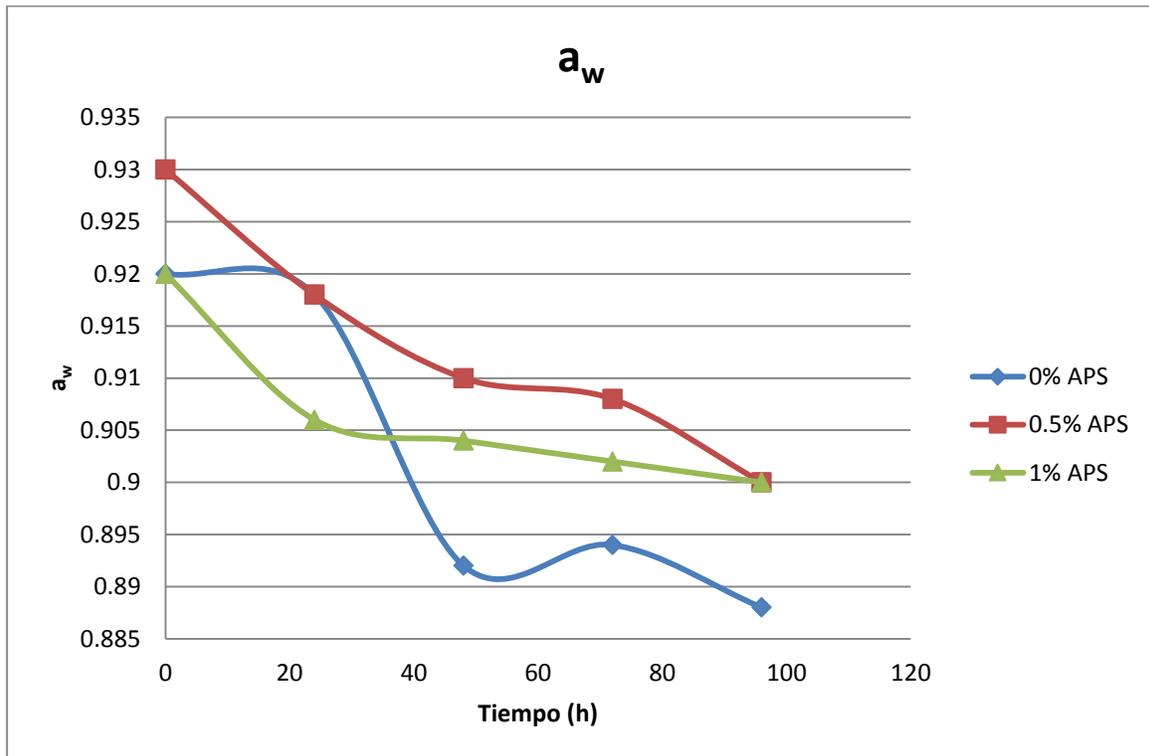
En el cuadro 7 se muestra las determinaciones de  $a_w$  en los tratamientos 0, 0.5 y 1% de aislado proteico de soya en los diferentes tiempos de maduración del chorizo de carne de cerdo, el descenso de los valores de  $a_w$  se aprecia que es estable en comparación con el chorizo sin adición de aislado proteico de soya.

**Cuadro 7. Resultados de la  $a_w$  del chorizo adicionado con 0.5 y 1% de APS**

<b>Horas/Tratamientos</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>96</b>
<b>0% APS</b>	0.92	0.918	0.892	0.894	0.888
<b>0.5% APS</b>	0.93	0.918	0.91	0.908	0.9
<b>1% APS</b>	0.92	0.906	0.904	0.902	0.9

La pérdida de agua en el proceso de maduración implica un descenso de los niveles de actividad de agua, propiedad fisicoquímica que indica la cantidad de agua disponible para que los microorganismos crezcan y lleven a cabo sus funciones metabólicas (Sayas *et al.*, 1998). De acuerdo con Martínez (2013) el nivel oscila desde valores iniciales próximos a 0.96 hasta valores finales de 0.84 en chorizo, por ende los resultados obtenidos durante la experimentación están dentro del intervalo durante este proceso. Al adicionar APS la  $a_w$  disminuye por efecto de la interacción

de ésta con la proteína, contrario a lo que sucede con la muestra control (la  $a_w$  es mayor) en la cual se ve reflejado un cambio importante a las 24 h, se percibe disminución drástica de la  $a_w$ , puesto que no existe interacción del agua libre del sistema provocando una posible evaporación al medio.



**Figura 23. Promedios de  $a_w$ , para los diferentes tratamientos**

Se realizó un ANOVA de dos vías, con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ), en el programa MINITAB versión 15, donde se plantearon la siguientes dos pruebas de hipótesis:

**Tratamientos:**

$$H_0 = \mu_0 = \mu_{0.5} = \mu_1$$

$$H_1 = \text{al menos } 1\mu \text{ es diferente}$$

**Bloques:**

$$H_0 = \mu_0 = \mu_{24} = \mu_{48} = \mu_{72} = \mu_{96}$$

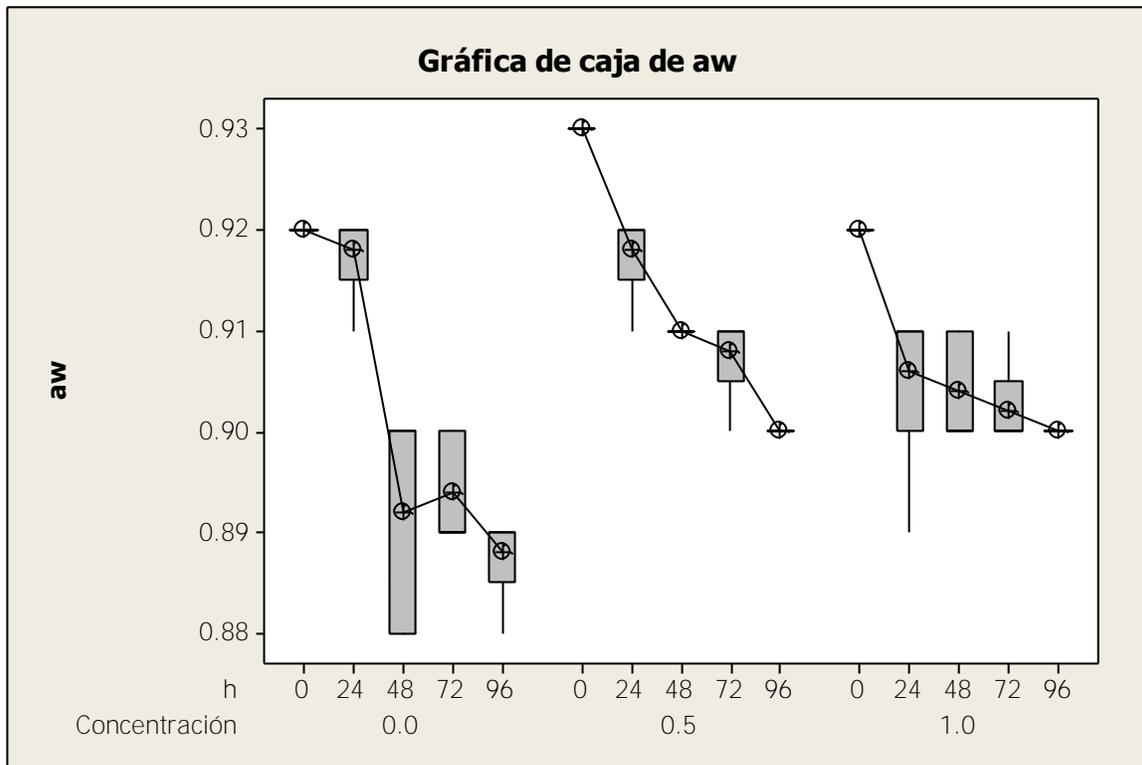
$$H_1 = \text{al menos } 1\mu \text{ es diferente}$$

Los datos obtenidos del ANOVA son los siguientes:

Cuadro 8. ANOVA 2 vías para  $a_w$

	GL	SC	F	P
Concentración	2	0.00149	31.06	0.000
h	4	0.00740	77.08	0.000
Error	60	0.00144		
Total	74	0.01146		

El ANOVA de dos vías (cuadro 8), muestra un valor de significancia para las concentraciones y las horas de  $P=0.000$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula, indicando que al menos una de las medias es diferente, existiendo diferencia significativa estadística en los valores de  $a_w$ , por ello las concentraciones 0, 0.5 y 1% de APS junto con el tiempo de maduración, poseen un efecto directo en la estabilidad del sistema, viéndose reflejado en la actividad de agua de los chorizos elaborados.



**Figura 24. Análisis estadístico ANOVA  $a_w$**

Como se aprecia en la figura 24 los valores de  $a_w$  en el tiempo cero para la concentración 0 y 1 % de aislado proteico de soya es de 0.92, para la concentración de 0.5% es de 0.93 mientras que en las 24 horas del tiempo de maduración no existen diferencia significativa entre la concentración 0 y 0.5%, pero si existe diferencia significativa con la concentración de 1% de aislado proteico de soya.

De igual forma en la figura 26 a las 48 y 72 horas del proceso de maduración se aprecia un comportamiento similar, ya que existió diferencia significativa entre las tres concentraciones 0, 0.5 y 1% de aislado proteico de soya utilizadas en la elaboración de chorizo. Para las 96 horas, existe diferencia significativa en el chorizo sin adición, respecto a la concentración de 0.5 y 1% de aislado proteico de soya. La actividad de agua representa la porción de agua que está disponible para interaccionar con otros compuestos, se presume que existe mayor actividad de agua en los chorizos con aislado proteico de soya por tratarse de una proteína hidrofílica, es decir, que tiende a absorber y retener agua cuando está presente en sistemas

alimenticios (Hoogenkamp, 2005). Los valores de actividad de agua en los chorizos adicionados con 0.5 y 1% de aislado proteico de soya son estables, pero se requiere de mayor tiempo de maduración para que la actividad de agua sea igual o menor a 0.9 en donde se inhibe el crecimiento de bacterias y algunas levaduras que producen el deterioro del chorizo (Belitz *et al.*, 2009).

### 3.3 pH

Los resultados del pH se observan en el cuadro 9, para los tres tratamientos: 0, 0.5 y 1% de aislado proteico de soya, en las horas de maduración indicadas. Las determinaciones se realizaron el día cero de la elaboración y cada 24 horas.

**Cuadro 9. Resultados de pH del chorizo adicionado con 0.5 y 1% APS**

<b>Horas/Tratamientos</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>96</b>
<b>0% APS</b>	5.886	6.204	5.614	5.362	4.938
<b>0.5% APS</b>	5.694	6.316	5.71	5.288	4.472
<b>1% APS</b>	5.76	6.268	5.504	5.192	4.526

En la figura 25 se muestran los promedios de pH de los tratamientos en cada uno de los tiempos. Considerando que el proceso de maduración del chorizo de carne de cerdo fue de 96 h; se observa en la gráfica un comportamiento similar en el descenso de los valores de pH con y sin aislado proteico de soya. El pH en el proceso de maduración desciende por efecto de la fermentación microbiana de 6-4.5 (Martínez, *et al.*, 2009), hecho que asegura la calidad microbiológica en el chorizo ya que se reduce la capacidad de retención de agua y predomina la microflora láctica.

Analizando la información anterior, se expone que los resultados obtenidos se encuentran dentro del intervalo que se lleva a cabo en el proceso de maduración del chorizo.

El pH dentro de la elaboración del chorizo es una variable importante a controlar, puesto que los valores superiores a 6.0 ocasionan el desarrollo de bacterias

alterantes para el producto durante el proceso de maduración y conservación, mientras que los valores de pH inferiores a 4.5 pueden ser los responsables de originar sabores ácidos y desagradables (Martínez, *et al.*, 2009).

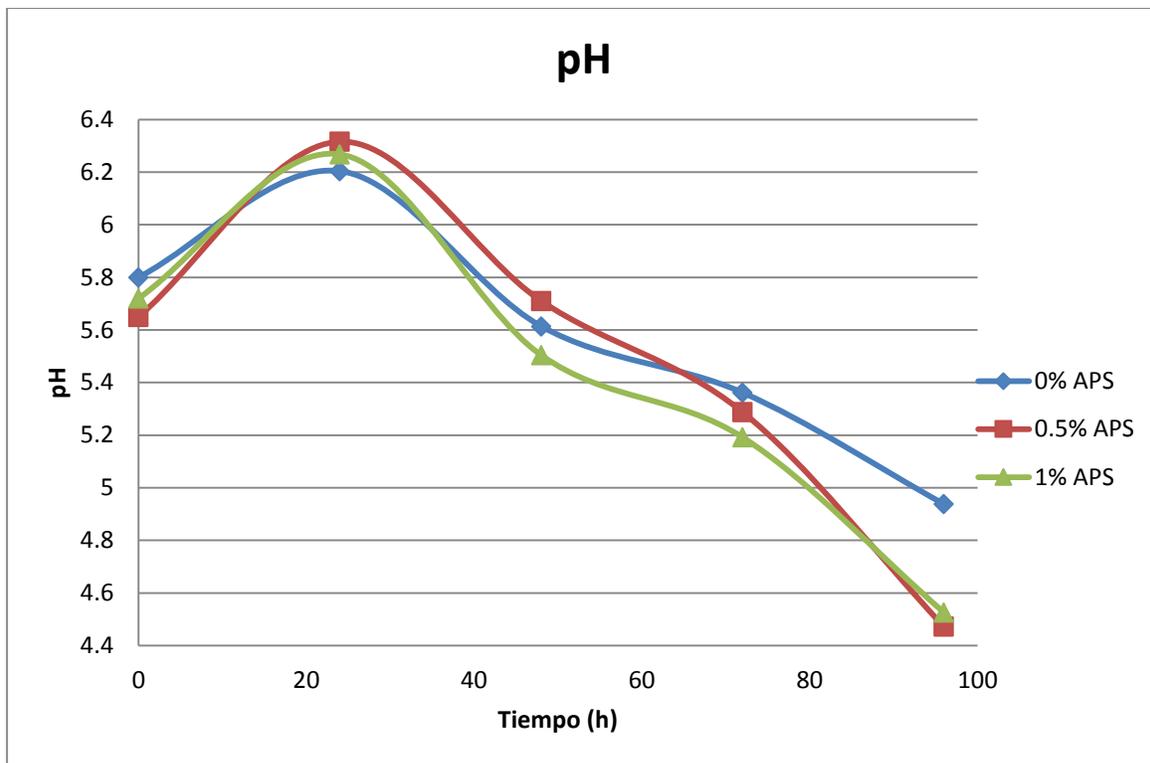


Figura 25. Promedios de pH, para los diferentes tratamientos.

De igual forma, se realizó un ANOVA de dos vías, con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ), en el programa MINITAB versión 15, donde se plantearon la siguientes dos pruebas de hipótesis:

**Tratamientos:**

$$H_0 = \mu_0 = \mu_{0.5} = \mu_1$$

$$H_1 = \text{al menos } 1\mu \text{ es diferente}$$

**Bloques:**

$$H_0 = \mu_0 = \mu_{24} = \mu_{48} = \mu_{72} = \mu_{96}$$

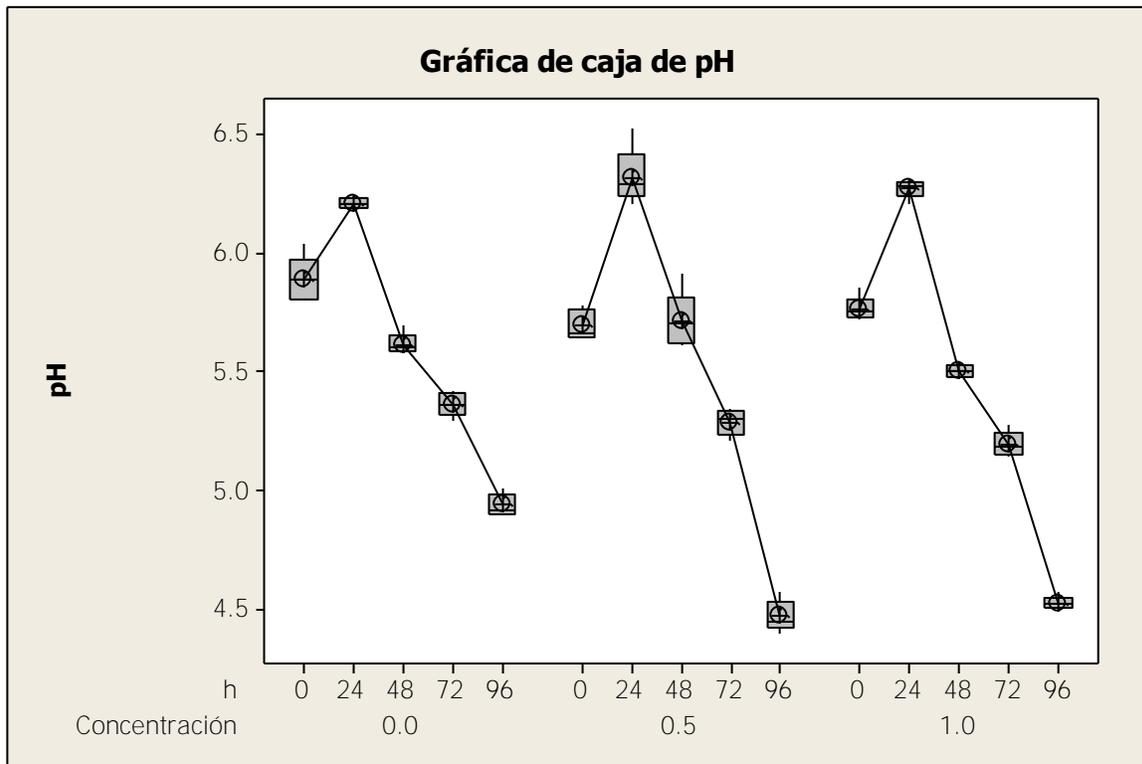
$$H_1 = \text{al menos } 1\mu \text{ es diferente}$$

Los datos obtenidos del ANOVA son los siguientes:

**Cuadro 10. ANOVA de dos vías para el pH**

	GL	SC	F	P
Concentración	2	0.2987	34.13	0.000
h	4	21.7404	1242.21	0.000
Error	60	0.2625		
Total	74	22.9582		

El ANOVA de dos vías (cuadro 10), muestra un valor de significancia para las concentraciones y las horas de  $P=0.000$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula, indicando que al menos una de las medias es diferente, existiendo diferencia significativa estadística en los valores del pH de los chorizos elaborados.



**Figura 26. Análisis estadístico ANOVA pH**

En la figura 26 se muestra el ANOVA de los valores de pH, se observan diferencias significativas entre las concentraciones 0, 0.5 y 1% de aislado proteico de soya

respecto al tiempo de maduración, es decir las variables (concentración y tiempo) tienen efectos significativos en el pH de chorizo de carne de cerdo.

Es importante destacar la tendencia de los valores de pH, tomando en cuenta que en el tiempo 0 el pH de la masa cárnica es similar al de la carne de cerdo refrigerada 5.3-5.7; a las 24 horas del proceso de maduración se observa un incremento en los valores de pH y a partir de las 48 horas tiende a descender. Este comportamiento puede tener cabida en diversos factores, pudiendo ser que la capacidad amortiguadora de la carne de cerdo pueda mantener hasta ciertos valores el pH (Bacus, 1994) o bien, el uso de carne congelada reduce la velocidad inicial de fermentación debido a la menor cantidad de agua fluida en el sistema.

En los chorizos adicionados con 0.5 y 1% de aislado proteico de soya, se observa mayor estabilidad, causada por la producción de ácidos, obteniendo un descenso de los valores de pH por consecuencia de la fermentación microbiana de los carbohidratos añadidos. Cabe mencionar que de acuerdo con lo analizado es admisible la posibilidad de un crecimiento y fermentación de las bacterias ácido lácticas por el efecto de mayor captación de agua del aislado proteico de soya y su disponibilidad de la misma en el sistema.

### 3.4 % de acidez titulable

Los resultados del % de acidez titulable se observan en el cuadro 11, para los tres tratamientos: 0, 0.5 y 1% de aislado proteico de soya, Las determinaciones se realizaron el día cero de la elaboración y cada 24 horas.

**Cuadro 11. Resultados del % de acidez titulable de los chorizos adicionados con 0.5 y 1% de APS**

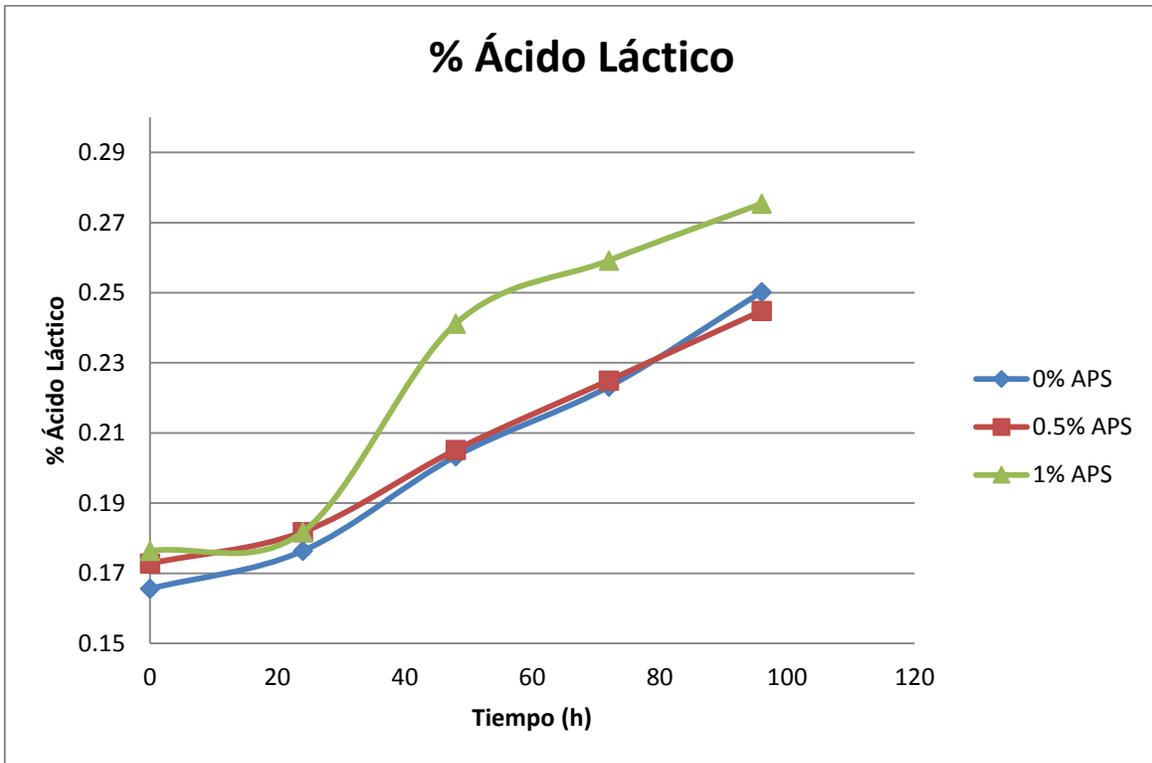
<b>Horas</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>96</b>
<b>0% APS</b>	0.165	0.1764	0.2034	0.2232	0.2502
<b>0.5% APS</b>	0.172	0.181	0.205	0.225	0.2448
<b>1% APS</b>	0.176	0.181	0.241	0.259	0.275

En la figura 27 se muestran los promedios del % de acidez de los tratamientos en cada uno de los tiempos. El proceso de maduración de chorizo de carne de cerdo fue de 96 h, en la gráfica se puede apreciar un comportamiento similar en el ascenso de los valores de % de acidez titulable de los chorizos 0 y 0.5% de aislado proteico de soya. Existe mayor producción de ácidos en el chorizo con 1% de aislado proteico de soya, por lo tanto puede hallarse mayor estabilidad contra bacterias alterantes de acuerdo con Martínez *et al.*, (2009).

La acidificación puede mantener la calidad microbiológica del embutido, por este motivo se suele controlar el pH del chorizo. Un valor final de pH en torno a 5 garantiza el predominio de la microflora láctica sobre posibles microorganismos patógenos y alterantes (Sayas *et al.*, 1998).

El pH y el comportamiento de la acidez durante el proceso de maduración es el esperado para un chorizo. El pH disminuyó debido al aumento de la acidez como resultado del metabolismo microbiano a partir de los carbohidratos adicionados. En esta etapa, se establecen las condiciones ideales de crecimiento de microorganismos, el pH está estrechamente relacionado con el contenido de acidez (Fernández *et al.*, 2008).

Contrastando los resultados obtenidos en la experimentación con la bibliografía en el producto cárnico existe 0.33% de acidez en los primeros 5 días de maduración, por lo tanto los resultados están por debajo del valor reportado por Martínez, 2009. Esto puede ser atribuido al porcentaje de sacarosa añadida en la formulación y a diversos factores. De acuerdo con Mollins (1993) la obtención de acidez por fermentación anaeróbica de sustratos ricos en carbohidratos por bacterias ácido lácticas requieren condiciones óptimas de pH, temperatura, fuente de carbohidratos y nitrógeno.



**Figura 27. Promedios de % acidez titulable para los diferentes tratamientos**

De igual forma, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ), en el programa MINITAB versión 15, donde se plantearon la siguientes dos pruebas de hipótesis:

Tratamientos:

$$H_0 = \mu_0 = \mu_{0.5} = \mu_1$$

$$H_1 = \text{al menos } 1\mu \text{ es diferente}$$

Bloques:

$$H_0 = \mu_0 = \mu_{24} = \mu_{48} = \mu_{72} = \mu_{96}$$

$$H_1 = \text{al menos } 1\mu \text{ es diferente}$$

Los datos obtenidos del ANOVA son los siguientes:

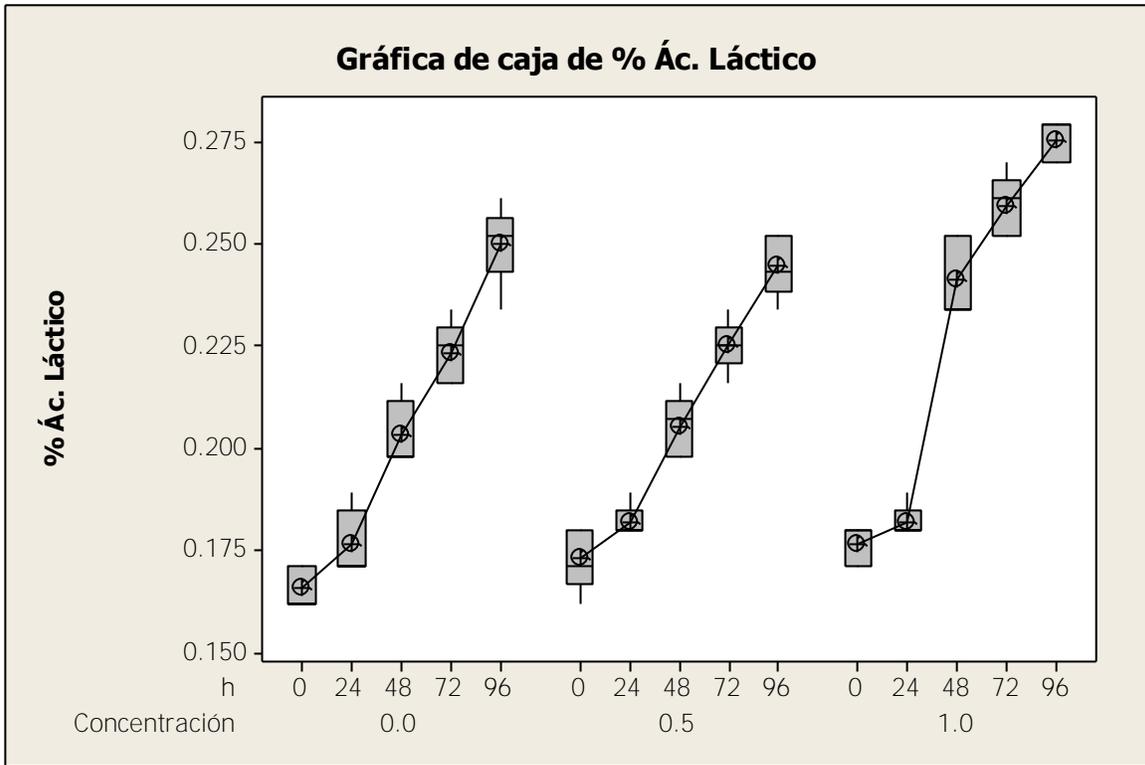
**Cuadro 12. ANOVA de dos vías para el % de acidez titulable**

	GL	SC	F	P
Concentración	2	0.0080	80.60	0.000
h	4	0.0787	392.08	0.000
Error	60	0.0030		
Total	74	0.935		

El ANOVA de dos vías (cuadro 12), muestra un valor de significancia para las concentraciones y las horas de  $P=0.000$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula, indicando que al menos una de las medias es diferente, existiendo diferencia significativa estadística en los valores del % de acidez de los chorizos elaborados.

En la figura 28 se muestran el ANOVA de los valores de % de acidez titulable, se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones 0, 0.5 y 1% de aislado proteico de soya y el tiempo de maduración, es decir las variables: concentración y tiempo tienen efectos significativos en el % de acidez titulable de chorizo de carne de cerdo.

En la concentración de 1% de aislado proteico de soya se observa mayor incremento en el % de acidez después de las 48 horas. Esto puede deberse a la mayor actividad metabólica de las bacterias lácticas al inicio de la fermentación gracias a que su crecimiento es más alto durante las primeras 48 horas (Minor, 1999).



**Figura 28. Análisis estadístico ANOVA % de acidez titulable**

Se presenta mayor porcentaje de ácido láctico en el chorizo adicionado con 0.5 y 1% de aislado proteico de soya por la fracción de agua disponible del aislado proteico de soya ya que posiblemente favorece el crecimiento de las bacterias ácido lácticas generando así una mayor producción de acidez.

## Conclusiones

1. La contrastación entre las concentraciones 0, 0.5 y 1% y el tiempo de maduración indicaron resultados significativos ( $P \leq 0.05$ ), para los valores del % de pérdida de peso, ya que fueron menores en el chorizo con APS a 1%. Los valores obtenidos para las tres concentraciones están dentro del intervalo para un chorizo (25 a 35% de su peso inicial). Ya que el aislado proteico de soya promueve la absorción y retención de agua.
2. Se obtuvieron valores significativos ( $P \leq 0.05$ ), para los valores de  $a_w$  entre las tres concentraciones, fue mayor al adicionar 0.5 y 1% aislado proteico de soya por tratarse de una proteína hidrofílica, tiende a absorber y retener agua cuando está presente en sistemas alimenticios. Se requiere de mayor tiempo de maduración para que la actividad de agua sea menor a 0.9 en donde se inhibe el crecimiento de bacterias y algunas levaduras que producen el deterioro del chorizo.
3. En los chorizos adicionados con 0.5 y 1% de aislado proteico de soya, se observa mayor estabilidad, por la producción de ácidos y en consecuente descenso de los valores de pH. Se obtuvieron valores significativos ( $P \leq 0.05$ ) para los valores de % de acidez y pH.
4. La hipótesis es rechazada por que los resultados obtenidos durante la experimentación, indican que al adicionar 1% de aislado proteico de soya a la pasta cárnica, los valores de los parámetros fisicoquímicos: el pH y la  $a_w$  descenderán por el efecto de la fermentación microbiana, mientras que el porcentaje de ácido láctico y pérdida de agua aumentarán. El chorizo no es estable por que los parámetros obtenidos favorecen las condiciones para el crecimiento de bacterias y algunas levaduras que producen el deterioro del mismo. Se sugiere aumentar el tiempo de maduración del chorizo.

5. Las condiciones de tiempo, temperatura y humedad relativa utilizadas en este proceso de maduración del favorecieron en la obtención de productos con características sensoriales apropiadas.
  
6. El análisis estadístico de los resultados permitió establecer que existe un efecto significativo del tiempo de proceso de maduración y la concentración de 0, 0.5 y 1% de aislado proteico de soya en los parámetros físicos y fisicoquímicos evaluados en los chorizos.

## Bibliografía

- Alvarado, G. (2010). Caracterización física, química y fisicoquímica de la materia prima cárnica utilizada en la elaboración de embutidos madurados. Tesis de Ingeniería en alimentos. UNAM FESC, México.
- American Meat Science Association [AMSA], (2012). Meat Color Measurement Guidelines, Illinois, USA
- Andújar, G., Pérez, D., y Venegas, O. (2003) Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos. Ed. Universitaria, Cuba.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. 981.12. pH of Acidified Foods. Official methods of analysis. 2005. 18<sup>th</sup> ed. Washington.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. 947.05 Acidity of Milk Titrimetric Method. Official methods of analysis. 2005. 18<sup>th</sup> ed. Washington.
- Bacus, J. (1994). Utilization of microorganism in meat processing. Research Studies Press, Elsevier Science Publishers Ltd., Londres.
- Badui, S. (2006) Química de los alimentos. 2a reimpresión. Editorial Alhambra Mexicana., México D. F. pp 258.
- Belitz, H. D. y Grosch, W. (2009). Química de los alimentos. 2<sup>a</sup> ed., Ed. Acibia. Zaragoza
- Campano, S. 2002. productos de proteína de soya en carnes procesadas. Central Soya Company, Inc., Oficial Regional para México, Centro América y el Caribe. Disponible en: <http://asamex.nsruiuc.edu/carnico4.html>
- Coretti, K. (1986) Embutidos: Elaboración y defectos. 1<sup>a</sup> ed., Ed. Acribia. España. Pp.9-45, 81-126.
- Coria, J. (2011). Evaluación de efecto de la liofilización-hidratación en las proteínas miofibrilares en carne de cerdo fresca y cocida. México: Tesis de Licenciatura. Ingeniería en alimentos. Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán. U. N. A. M
- Domínguez, J. (2011). Inspección ante mortem y post mortem en animales de producción Patologías y lesiones. Servet. México.

- Gonzales, H. M., Suarez, M.h., Martínez, A.O. (2010). Influencia del proceso de cocción y temperatura de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de jamón de cerdo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 23, 336-348.
- Fennema, O.R. (2010). *Química de los alimentos*. 3° ed. Acribia. México.
- Fernández, J., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C., Pérez, J. (2008). Physico-chemical and microbiological profiles of "Salchichón" (Spanish dry-fermented sausage) enriched with orange fiber. *Meat Sci* 80: 410-417.
- Ferguson, D. M. and Warner, R. D. (2008). Have we underestimated the impact of preslaughterstress on meat quality in ruminants? *Meat Science*.80:12-19.
- Flores, F. & Sánchez, M. (2010). Desarrollo de un embutido cárnico madurado tipo salami mediante la aplicación de bacterias ácido lácticas. México: Tesis de Licenciatura. Ingeniería en alimentos. Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán. U. N. A. M
- Fontana, A. J. (2001). Dew- Point Method for the Determination of Water Activity. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*.
- Forrest, J.C. (1979). *Fundamentos de la Ciencia de la Carne*. Editorial Acribia, Zaragoza (España), pp 2-4, 64,65, 66,
- Frey, W. (1995). *Fabricación fiable de embutidos*. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Quintero, R., García, G., y López, M. (2013). *Biotechnología alimentaria*. Editorial Limusa, México.
- Hoogenkamp, H. (2008). *Proteínas de soya y fórmulas para productos cárnicos*, Editorial Acribia, Zaragoza (España).
- Hui, Y. H., Guerrero, I. y Rosmini, M. (2010). *Ciencia y tecnología de carne*, Limusa, México.
- Kolar, CW, SH Richert, CD Decker, FH Steinke, y RJ Van der Zanden (1995) Proteína de soja aislada en "New Protein Foods", AM Altschul y HL Wilke eds. Academic Press Inc., Orlando, Florida.

- Kuri, V., Madden, R.H., Collins, M.A., (1995). Hygienic quality of raw pork and chorizo (raw pork sausage) on retail sale in Mexico City. *Journal of Food Protection*, 59, No. 2, 141-145 .
- Lawrie, R. A. (1998). Ciencia de la carne. 3ª ed. Ed., Acribia, España. Pp 246-275.
- Lawrie and Ledward, D. (2013). Lawrie's meat science. Editorial Woodhead publishing. London, England. pp 237-239.
- López de Torre, G., Carballo, B. y Madrid, A. (2001). Tecnología de la carne y los productos cárnicos. 2ª ed. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España, pp 15-23.
- Llorente, B. A. (1997). Influencia en el manejo de los animales antes del sacrificio en la calidad de la carne.
- Llorente, B. A. Alvarado, C. G. A., Mercado, M. C., Leonor, L. C. Y Rico, P. J. (2009). Manual del manejo relacionado con el sacrificio de los animales.
- Lewis, J. and Lee, L. (2001). Swine Nutrition, 2ª Edicion, CRC Press, The United States of America. pp. 88,110.
- Luna, J. A. (2006). Valor Nutritivo de la Proteína de Soya Investigación y Ciencia, Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal vol. 14, Núm. 36, pp. 29-34.
- Liu, K., (1999). Soybeans: Chemistry, Techology and Utilization, A Champan y Hall Food Science Bool, Maryland.
- Martínez, P., Bedia, M., Méndez, L. y Bañón, S. (2009). Contribución de la etapa de secado a la maduración de la longaniza crudo-curada fermentada. Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología, 25, 123-134.
- Mollins, A. R. (1993). Microbiología cárnica. Lácteos y Cárnicos Mexicanos. 8 (4), 12-25.
- Munive, L. P. (2009). Elaboración de un suplemento alimenticio en polvo para consumo humano a partir de una mezcla hidrolizada de soya y almidón de maíz. Tesis de licenciatura. Escuela politécnica Nacional, Facultad de Ingenieria Química y agroindustria.

- Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994. Proceso sanitario de la carne.
- Norma Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2002. Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Método de pruebas.
- Pérez, H. (1999). Cambios en parámetros fisicoquímicos relacionados con la calidad de la carne de cerdo sometida a fermentación láctica como método de bioconservación. (Tesis de Maestría) Universidad Nacional Metropolitana Unidad Iztapalapa.
- Prandl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T. y Sinell, H. (1994). Tecnología e higiene de la carne, Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- Quintero, B. (2001). Empleo de cultivos bioprotectores y nisina sobre la calidad microbiológica y fisicoquímica de carne de pollo almacenada en condiciones de abuso de temperatura. (Tesis de Maestría) Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.
- Restrepo, D., Arango, C., Amezquita, A. y Restrepo, R. (2001). Industria de carnes. Universidad Nacional de Colombia.
- Ros, B., Periago, C. y Martínez, G. (1999). Bromatología e inspección veterinaria de los alimentos. España: ICE-Universidad de Murcia.
- SAGARPA. (2009). Anuario Estadístico de la Producción Pecuaria de los E. U. M. (varios años).
- Sayas, E., Pérez, A., Fernández J, Oñate M. (1998). Caracterización física y fisicoquímica de la Longaniza Imperial de Lorca. *Alimentaria* 7: 27-32.
- Schiffner, E., Opper, k., Lört, D. (1996). Elaboración casera de carnes y embutidos. Acribia. Pp 83-179.
- Villamar, L. A. (2004). Informe sobre la situación de los recursos genéticos pecuarios (RGP) de México. FAO. México. pp 6-8.
- Wiley, E., Chakravarati, N. & Slade, M. (2010). Measurement of pH. *Current Protocols Essential Laboratory Techniques*.
- Warriss, P, Brown, S. (1998). A survey of mortality in slaughter pigs during transport and lairage. *Vet Rec.* pp 513-515.