



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Efecto de la Adición de Lactato de Potasio en Jamón de Cerdo
Conservado en Rebanadas a Temperatura de Refrigeración**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS**

P R E S E N T A:
JUAN CARLOS GARCÍA FLORES

ASESORAS:

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

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Este trabajo de investigación forma parte del Taller Multidisciplinario de Ingeniería en Alimentos: Procesos tecnológicos de productos cárnicos y se realizó en el Laboratorio 7 de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la FES Cuautitlán, con el apoyo del Proyecto PAPIIT-DGAPA IT202312. Procesos de Conservación y bioconservación de la carne y los productos cárnicos.

“Oinos. -Pero yo imaginé que en esta existencia todo me sería dado a conocer al mismo tiempo, y que alcanzaría así la felicidad por conocerlo todo.

Agathos. - ¡Ah, la felicidad no está en el conocimiento, sino en su adquisición! La beatitud eterna consiste en saber más y más...”

El poder de las palabras-Edgar Allan Poe

AGRADECIMIENTOS

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**, por guiarme y por darme las herramientas para mi formación profesional.

A la **Dr. Adriana Llorente Bousquets**, por el interés en el desarrollo de este proyecto y cuyo invaluable apoyo me permitieron culminar este ciclo profesional.

A la **I.A. Guadalupe Franco**, por sus ánimos y apoyo a mi trabajo.

A los profesores que integran mi jurado y que enriquecieron este trabajo con sus aportaciones.

M.A. Jorge López Perez

M. en C. Jonathan Coria Hernandez

M. en C. Guadalupe Amaya León

M. en C. Enrique Fuentes Prado

Gracias.

“Y verás sin duda el resurgir poderoso del guerrero sin miedo a leyes ni a nostalgias, y lo verás caer una y mil veces y levantarse de nuevo con la pura bandera de su raza.”

Manolillo Chinato

DEDICATORIAS

A mi madre **Alicia**, por tu amor incondicional, porque nunca te rendiste por muy dura que fuera la vida, permaneciste estoica y llena de vitalidad, porque eres mi tesoro mejor valuado, porque todo lo puedo si tu estas a mi lado, porque no hay palabras que puedan agradecerte lo mucho que has hecho por mí. Abraza este logro como tuyo y siéntete orgullosa. Lo has logrado.

A mi padre **Arturo**, porque sin tu sacrificio nunca hubiera logrado concluir esta etapa de mi vida, por enseñarme que el trabajo duro es la base del éxito.

A mis hermanas **Elizabeth y Esmeralda**, que son mi motivo para ser un mejor hombre, por su cariño y apoyo, porque sé que su determinación las llevara a cumplir sus sueños. Nunca olviden que seremos la base de una mejor familia. Las amo con todo el corazón.

A **Thalia**, que día a día me demuestra que el amor no son solo palabras si no hechos, por apoyarme y motivarme a ser un mejor hombre, porque por muy difícil que sea el futuro no lo enfrentare solo. Te amo.

A la memoria de **Eligio Bravo**, por su incondicional apoyo a mi familia, por ser un gran ejemplo de humanidad y por enseñarme que la vida se debe disfrutar en todo momento sin importar las circunstancias.

A mis amigos **Adolfo, Luis, Haen y Daniel** que siempre tuvieron la peculiar habilidad para hacer de este trayecto algo más llevadero.

“Con un corazón lleno de fantasías delirantes, de las cuales yo soy el capitán; con una lanza de fuego, y en un caballo de viento, viajo a través de mi inmensidad.”

Canción de Tom O’Bedlam

ÍNDICE

CAPITULO. 1. Marco teórico	12
1.1. Carne de cerdo	13
1.1.1. Conversión de músculo en carne.....	15
1.1.2. Factores que afectan la calidad de la carne	16
1.1.3. Parámetros indicativos de calidad de la carne.....	18
1.2. Productos cárnicos procesados	19
1.2.1. Productos cárnicos cocidos	20
1.2.2. Productos cárnicos listos para el consumo	20
1.3. Jamón cocido de cerdo.....	21
1.3.1. Ingredientes funcionales del jamón cocido de cerdo	21
1.3.2. Normatividad.....	26
1.3.3. Proceso de elaboración del jamón cóccido de cerdo.....	27
1.4. Factores relacionados con la contaminación secundaria del jamón cocido.....	33
1.4.1. Manejo post producción	34
1.4.2. Almacenamiento.....	35
1.4.3. Transporte.....	35
1.4.4. Consumo.....	36
1.5. Factores intrínsecos que influyen en el crecimiento de microorganismos	37
1.5.1. Composición del alimento.....	38
1.5.2. pH.....	38
1.5.3. Actividad de agua (a_w)	39
1.5.4. Temperatura del alimento.....	40
1.5.5. Potencial de óxido-reducción.....	42
1.5.6. Presencia de O_2	42
1.6. Tecnologías de conservación emergentes.....	43
1.6.1. Bioconservación	46
1.6.1.1. Antecedentes.....	46
1.6.1.2. Teoría de obstáculos	48
1.6.1.3. Ácidos Orgánicos y sus sales.....	48
1.6.2. Lactato de potasio.....	50
CAPITULO. 2. Metodología Experimental	52
2. Metodología Experimental	54

2.1. Objetivo general.....	54
2.2. Objetivos particulares	54
2.3. Cuadro metodológico.....	55
2.4. Descripción de actividades	56
2.5. Estandarización del proceso de elaboración de jamón cocido de cerdo	57
2.6. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de las rebanadas de jamón.....	61
2.7. Evaluación de la calidad microbiológica	61
CAPITULO. 3.- Resultados y análisis	67
3. Resultados y análisis de resultados.....	68
3.1. Resultados de pH	68
3.2. Resultados de la CRA	70
3.3. Resultados de la Evaluación de la calidad microbiológica	72
3.4. Conclusiones	79
Literatura citada.....	81

Índice de cuadros

Cuadro 1. Principales países consumidores de carne de porcino	13
Cuadro 2. Composición química de la carne de cerdo	14
Cuadro 3. Características del jamón.....	26
Cuadro 4. Denominaciones del jamón	27
Cuadro 5. Factores que influyen en el crecimiento microbiano.....	37
Cuadro 6. Intervalos de pH	39
Cuadro 7. Rangos de temperatura de crecimiento.....	41
Cuadro 8. Antecedentes de la Bioconservación	47
Cuadro 9. Formulaciones de las muestras para análisis	56
Cuadro 10. Datos de pH	68
Cuadro 11. Datos de CRA.....	70
Cuadro 12. Cuenta de mosófilos aerobios en el producto terminado.....	72

Índice de figuras

Figura 1. Efecto del ion cloruro sobre la CRA de la carne y el color.	22
Figura 2. Disminución de los espacios intercelulares	31
Figura 3. Tipos de cocción. b) cocción de un solo paso, c) cocción por pasos	32
Figura 4. Espectro de crecimiento de microorganismos en relación con sus temperaturas óptimas	41
Figura 5. Teoría de obstáculos.....	48

Figura 6. Acción antimicrobiana de ácidos orgánicos.....	50
Figura 7. Cuadro metodológico.....	55
Figura 8. Diagrama de proceso.....	57
Figura 9. Acondicionamiento de la materia prima.....	58
Figura 10. Molienda.....	58
Figura 11. Preparación de la salmuera.....	59
Figura 12. Masajeo.....	59
Figura 13. Embutido.....	60
Figura 14. Cocción.....	60
Figura 15. Enfriamiento.....	60
Figura 16. Rebanado.....	61
Figura 17. Frasco de vidrio DURAN®.....	62
Figura 18. Preparación del cultivo.....	63
Figura 19. Conteo de microorganismos.....	64
Figura 20. Medición de pH.....	65
Figura 21. Medición de la CRA.....	66
Figura 22. Anova de dos vías para el pH en función del tiempo de almacenamiento y el % de lactato de potasio.....	68
Figura 23. Anova de dos vías para la CRA en función del tiempo de almacenamiento y el % de lactato de potasio.....	71
Figura 24. Anova de dos vías para las UFC con respecto de los días de almacenamiento y el % de lactato de potasio.....	75
Figura 25. log UFC/g para mesófilos aerobios en rebanadas de jamón cocido durante 5 días de almacenamiento a 4°C.....	77

RESUMEN

En México, el jamón cocido de cerdo es un alimento ampliamente consumido, este tipo de productos presentan un contenido en sal de alrededor de (2%), valores de pH en torno a 6.0 y actividad de agua superior a 0.95, factores que por sí solos no son capaces de inhibir los microorganismos relacionados con la contaminación posterior al proceso de producción; aunado a esto, la esta creciente demanda de productos cárnicos listos para el consumo, supone un reto importante para la industria cárnica; en este contexto cobra importancia el uso combinado de barreras contra el crecimiento de microorganismos que puedan afectar la calidad y seguridad de este tipo de alimentos, lo que ha dado paso al desarrollo de diferentes técnicas de conservación, de manera que se garantice la seguridad sanitaria de los productos cárnicos sin afectar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales que los caracterizan. Dentro de estas técnicas de conservación en desarrollo se encuentra la bioconservación, la cual plantea que, mediante el uso de microbiota natural o de sus metabolitos se pretende un aumento en la seguridad sanitaria de los alimentos.

En el presente trabajo de tesis se plantea una estrategia consistente en el uso de lactato de potasio como un bioconservante adicionado a la formulación de un jamón cocido de cerdo para evaluar el efecto que tiene sobre su estabilidad microbiológica y sus propiedades fisicoquímicas de pH y CRA durante su almacenamiento en refrigeración.

Se evaluó el efecto de lactato de potasio en tres lotes de 520 g, con tres tratamientos diferentes: Ausencia de lactato de potasio, 2% de lactato de potasio y 4% de lactato de potasio; se obtuvieron rebanadas de jamón de 2 mm para cada tratamiento y se almacenaron en refrigeración a 4 °C. A estas muestras se les determinó pH y capacidad de retención de agua (CRA) los días 0, 3 y 5. Se realizaron pruebas microbiológicas para bacterias mesófilas aerobias totales en las muestras, los días 0, 3 y tras 5 días de almacenamiento en refrigeración a 4 °C. Los resultados obtenidos se analizaron con el programa estadístico Minitab 16, mediante un análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia del 5%. La adición de lactato de potasio en la formulación presentó resultados óptimos, el tratamiento con 4% de lactato y refrigeración (4 °C), desarrolló condiciones que mantuvieron la calidad sanitaria de las rebanadas de jamón de carne de cerdo en cumplimiento con la norma (NOM-213-SSA1-2002). La adición de 4 % de lactato a la formulación no modificó significativamente las características fisicoquímicas del producto, CRA y pH. La adición de 2% de lactato de potasio presentó datos microbiológicos con tendencias similares al tratamiento con 4% de lactato de potasio, modificando mínimamente las características fisicoquímicas de las rebanadas de jamón; en el caso de pH las variaciones no fueron significativas con respecto al tiempo de almacenamiento, lo que habla de la capacidad del lactato de potasio de mantener la estabilidad del pH de las rebanadas de jamón de cerdo almacenadas en refrigeración a 4 °C. Los valores de capacidad de retención de agua mostraron una tendencia ascendente presentando los datos más altos al quinto día de almacenamiento en refrigeración.

INTRODUCCIÓN

El jamón es un producto cárnico que se clasifica con base en su porcentaje de proteína que posee (NOM-158-SCFI-2003); de este modo el jamón extrafino, es el de más alta calidad, con 18% de proteína cárnica libre de grasa, deben ser elaborados exclusivamente con la carne de las piernas traseras del cerdo *Suis scrofa domesticus*, adicionado o no, con antioxidantes, aromas, acentuadores de sabor y sustancias que puedan modificar las características del jamón, es un producto cárnico curado sometido a un proceso térmico. (NOM-213-SSA1-2002). El jamón de cerdo se elabora con porciones de pulpa de carne de cerdo sin tejido adiposo y conectivo, se somete a un proceso de tenderizado, posteriormente se agregan las sales de curación, se somete a un proceso de masajeo que promueve la extracción de proteína soluble, se embute y finalmente se somete a un proceso de cocción (Pérez, 2010). La temperatura de cocción debe ser lo suficientemente alta para alcanzar una temperatura en el centro térmico de 70 °C (NOM-213-SSA1-2002). Durante su elaboración, manipulación, almacenamiento o consumo, sufre variaciones en sus características sensoriales (color, aroma, textura y sabor), composición química, valor nutritivo y principalmente en la inocuidad del producto que tiene un impacto directo sobre la salud de la población, de tal manera que su aceptabilidad para el consumo queda suprimida o sensiblemente disminuida (De la Fuente y Barboza, 2010). En México el interés por el tema de inocuidad alimentaria ha ido creciendo, debido al modo de vida que ha adoptado la población mexicana que busca productos que sean de consumo inmediato, como lo es el jamón. De esta manera, es necesario se planteen nuevas alternativas que permitan asegurar la inocuidad que junto con las características nutricionales, las sensoriales y las comerciales, componen la calidad total de los alimentos (De la Fuente y Barboza. 2010). Una de las alternativas que pueden contribuir a lograr la inocuidad de los alimentos a través de la reducción de los agentes microbiológicos y minimizar la proliferación de las enfermedades transmitidas por los alimentos contaminados es la bioconservación, que puede ser definida como la extensión de la vida de anaquel y seguridad de un alimento a través del uso de microbiota natural o controlada o sus compuestos antimicrobianos (Ananou S. y col. 2007), tal es el caso del lactato de potasio el cual es una sal del ácido láctico; tiene un amplio espectro de acción, siendo efectivo contra

microorganismos gram positivos y gram negativos, y ha sido estudiado por diversos autores (Lerasle y col., 2014; Mellefont y Ross, 2007). La acción específica del lactato de potasio se le atribuye a mecanismos que interfieren con el metabolismo microbiano, tales como la acidificación intracelular y la interferencia del transporte de protones a través de la membrana celular. (Begoña M. 2007). Se utiliza regularmente en la industria cárnica por su capacidad para aumentar y mejorar la inocuidad (Mellefont y Ross, 2007), además de brindar propiedades benéficas para el producto, al aumentar la fuerza iónica del sistema, lo que permite la reducción de los valores de a_w y la formación de exudados, también estabiliza el pH a lo largo de la vida útil del jamón. Se ha reportado que cantidades de lactato entre un 1 y 4% inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos (Begoña M. 2007; Pal, A. y col, 2008). El objetivo del presente trabajo es evaluar un método de conservación en el cual intervienen elementos indispensables para elaborar un jamón de cerdo, como los son las sales de curación y un tratamiento térmico y la adición de un bioconservante, desarrollándose un efecto de barreras que permitan asegurar la calidad microbiológica y sensorial de un jamón cocido de cerdo.

CAPITULO. 1. Marco teórico

1.1. Carne de cerdo

La carne de cerdo es una de las más consumidas en el mundo, encontrándose México, en el octavo lugar (COMECARNE, 2014). En el Cuadro 1 se muestran los datos del consumo estimado *per cápita* de carne de cerdo por país del 2013 al 2015.

Cuadro 1. Principales países consumidores de carne de porcino

Principales países consumidores de carne de porcino (miles de toneladas)			
Países	2013	2014^P	2015^E
CHINA	55406	57010	58250
UE	20125	20260	20175
USA	8662	8445	8874
RUSIA	3267	3109	3194
BRASIL	2696	2760	2795
JAPÓN	2550	2558	2552
VIETNAM	2315	2389	3414
MÉXICO	1953	1997	2005

P= preliminar

E= estimado

Fuente: COMECARNE, 2014

Por lo tanto, el mercado de consumo de carne de porcino se está moviendo hacia la producción de animales que sean eficientes productores de carne, mostrando un rápido crecimiento y tratando siempre de optimizar la obtención de un alto contenido de carne magra a un coste mínimo de producción. Para ello, se está llevando a cabo una manipulación de la composición genética de los animales y una cuidadosa selección de las razas (Rubio A. 2014).

La carne de cerdo se compone fundamentalmente de tejido muscular que contiene agua, sales minerales, diferentes proteínas, hidratos de carbono, lípidos y tejido conectivo. La composición química de la carne de cerdo depende de muchos factores: raza, edad, sexo,

condiciones de crecimiento, alimentación y los procesos a los que se haya sometido la carne (Villarino, 2004).

En el Cuadro 2. Se presenta la composición química de la carne de cerdo y los compuestos químicos implicados en la constitución del tejido muscular.

Cuadro 2. Composición química de la carne de cerdo

Parámetro	%	Especies químicas
Contenido acuoso	72	Ligada, de interfaces, libre, inmovilizada
Proteínas miofibrilares	10.5	Miosina, actina, nebulina, titina, troponinas C,I y T, tropomiosina, a, b y g actininas, desminas, etc.
Proteínas sarcoplásmicas	6.0	Mioglobina, enzimas
Proteínas de orgánulos y tejido conectivo asociado	1.5	Colágeno, elastina, enzimas mitocondriales, etc.
Lípidos	6.7	Triglicéridos, ácidos grasos, fosfolípidos, sustancias solubles en grasa, colesterol
Carbohidratos	0.3	Intermediarios metabólicos, tales como glucógeno, ácido láctico, glucosa-6-fosfato, glucosa
Sustancias solubles no proteicas	1.6	Creatinina, carnosina, anserina, nucleótidos, aminoácidos
Sales minerales	0.7	Sodio, potasio, magnesio, calcio, zinc, fosforo, Etc.

Fuente: Bello, J. 2008

1.1.1. Conversión de músculo en carne

El concepto de músculo define al tejido muscular del animal *in vivo*, mientras que la carne es el resultado de una serie de transformaciones estructurales y de reacciones bioquímicas que tienen lugar en el músculo tras la muerte del animal. El proceso de maduración *post-mortem* produce cambios que afectan a su calidad sensorial, este proceso consta de tres fases (Sentandreu y col., 2002, Varnam y col., 1998).

- La fase *pre-rigor*, durante la cual el músculo permanece excitable y se correspondería con la fase de supervivencia del sistema nervioso
- La fase *rigor*, en la que los componentes energéticos (ATP, fosfocreatina, glucosa) se agotan.
- La fase *post-rigor*, de maduración o tenderización de la carne en la que se produce una desestructuración de la arquitectura muscular.

Tras el sacrificio del animal, como consecuencia del desangrado, se produce un descenso brusco del aporte de oxígeno y nutrientes al músculo, lo que producirá un descenso gradual y progresivo de la energía disponible. En estas condiciones, el músculo se ve obligado a utilizar las reservas de glucógeno para sintetizar ATP a partir de glucosa, con el fin de mantener su temperatura e integridad estructural, produciéndose un cambio del metabolismo aerobio al anaerobio que varía en el tiempo dependiendo de las reservas mitocondriales en cada caso. A medida que se van reduciendo los niveles de ATP, se acumula fosfato inorgánico que estimula la degradación de glucosa a piruvato. Esta ruta en ausencia de oxígeno continúa hasta la formación de ácido láctico, cuyo incremento provoca un descenso gradual del pH muscular, que continuará hasta que se agoten las reservas de glucógeno o se inactiven los enzimas que rigen el metabolismo muscular. Cuando se agotan las reservas musculares, la desaparición del ATP que mantiene la integridad estructural del músculo provoca una lenta despolarización de las membranas, produciéndose entonces un incremento en la fuerza iónica, en parte debido a la incapacidad de funcionamiento de las bombas de $\text{Ca}^{2+}/\text{ATP}$ dependiente y $\text{Na}^{+}\text{-K}^{+}/\text{ATP}$ dependiente, lo que ocasiona la salida de Ca^{2+} del retículo sarcoplásmico al espacio miofibrilar, además de disminuir la capacidad

celular de mantener las condiciones reductoras. Estos iones Ca^{2+} reaccionan con la troponina que modifica su configuración, desbloqueando los sitios activos de la actina a los que se unía. Al quedar estos sitios libres, las cabezas de miosina se unen a la actina, dando lugar a una unión irreversible entre ambas, justo en los puntos ocupados antes por la troponina (Paniagua y col., 1996, Hui y col. 2006).

De esta forma, los filamentos finos son trasladados sobre los gruesos, produciéndose un acortamiento muscular, llamado acortamiento del sarcómero. La formación de actomiosina da lugar a una tensión y rigidez muscular que conduce a la instauración del *rigor mortis* o rigidez cadavérica. Tras el *rigor* comienza la etapa de tenderización, que produce la mejora de la terneza de la carne como consecuencia fundamentalmente de la rotura de la estructura miofibrilar por parte de sistemas proteolíticos endógenos que juegan un papel determinante (Sentandreu y col., 2002, Lawrie. 1998).

Sin embargo, a pesar del conocimiento acumulado a lo largo de los años sobre los procesos que conducen a la instauración del *rigor mortis* y los que ocurren durante el período de maduración *post-rigor*, no se ha conseguido explicar de forma definitiva la variabilidad en la tenderización de la carne (Rubio A. 2014).

1.1.2. Factores que afectan la calidad de la carne

La calidad y seguridad de la carne depende en gran medida de diversos factores intrínsecos propios del animal; raza, genotipo, sexo y edad y extrínsecos o ligados al proceso productivo; alimentación, sacrificio (Guerrero, I. 2007), además de otros relacionados con el manejo del animal y la canal en los momentos previos y posteriores al sacrificio, transporte, tiempo de espera, ayuno, estrés, método de aturdimiento, sangrado, enfriamiento de la canal, tiempo de maduración, envasado. Dichos factores pueden dividirse en función del espacio temporal en el que actúan:

a) Factores ante-mortem:

La raza es un factor importante que afecta en las características productivas de los animales y también a la calidad final de la carne. Todos los animales destinados a la producción de carne van a sufrir ciertos niveles de estrés al sacrificio, y esto puede tener efectos negativos

sobre la calidad y seguridad del producto. Desde que los animales salen de la granja hasta que son sacrificados están expuestos a numerosos estímulos que perturban su homeostasis. Esto estará modulado por distintos factores intrínsecos del animal (genética, sexo, edad, estado fisiológico). El estrés que sufren los animales antes del sacrificio provoca cambios en la composición de metabolitos (fosfocreatina, glucógeno), cambios en la temperatura (cambio en °C) y pH al sacrificio (Warner y col., 2000, Warner y col., 2005); también se presentan cambios en la actividad del retículo sarcoplásmico afectando especialmente al transporte de calcio, lo que puede alterar la glucólisis produciendo un consumo excesivo de glucógeno muscular y por lo tanto el pH final de la carne es alto, superior a 6 (Hui y col., 2006), como consecuencia, se favorece el crecimiento bacteriano, la vida de anaquel se reduce y en general la calidad sanitaria de la carne se ve afectada.

El tiempo que dure el transporte, el manejo aplicado durante el transporte de los animales desde la granja al matadero, las condiciones de carga y descarga y el tiempo de espera en el matadero (Warriss, 2003, Hui, Y. col. 2006). Todos estos son factores que pueden tener un gran efecto sobre diferentes atributos de calidad como son el pH, (Warner y col., 2005), la ternura, el color, la capacidad de retención de agua y también sobre la maduración de la carne y pueden determinar la aparición de carnes oscuras, duras y secas; en inglés, Dark, Firm, Dry (DFD), con un pH elevado y unas características como color, capacidad de retención de agua o textura que no son las deseables (Hui y col., 2006, Lawrie, R. 1998).

b) Factores post-mortem:

El tiempo de maduración de la carne es fundamental para la adquisición de un grado de ternura adecuado debido al ablandamiento de la carne, que se atribuye a una degradación progresiva y selectiva de la estructura de las miofibrillas a causa de la acción de enzimas proteolíticos endógenos. Además, a lo largo de la maduración ocurren fenómenos oxidativos que afectan a lípidos y proteínas y provocan cambios en el color de la carne y contribuyen de forma positiva en el desarrollo adecuado de su sabor característico. Por un lado, los procesos post-mortem acontecidos hasta la instauración de la rigidez cadavérica conducen a la degradación de ATP a inosín monofosfato (IMP), que al degradarse da lugar a ribosa, fosfato e hipoxantina. Por otro lado, también se producen durante la maduración

compuestos que contribuyen al aroma de la carne por degradación de proteínas y grasas. Marino comprobó que una extensión del tiempo de maduración de 15 a 21 días post-mortem incrementaba el sabor característico de la carne (Marino y col., 2006), probablemente debido a fenómenos de proteólisis y lipólisis que dan lugar a la formación de precursores del sabor. Además, muchos péptidos que son producidos durante la maduración podrían reaccionar con otras moléculas dando lugar a nuevos componentes.

1.1.3. Parámetros indicativos de calidad de la carne

Atendiendo a las distintas definiciones de calidad, existen diversos parámetros y atributos indicativos de la calidad de la carne, como son, el pH, el color, el contenido en pigmentos, la flora bacteriana, la capacidad de retención de agua, la composición química y energética, los niveles de oxidación lipídica, propiedades de textura, atributos sensoriales como olor, gusto, aromas percibidos durante la masticación, etc. Dichos atributos de calidad no pueden considerarse independientes, ya que están muy relacionados entre ellas y su interacción proporciona las características globales de calidad de carne (Rubio A. 2014). De todos ellos, los principales indicadores de la calidad tecnológica y organoléptica y los cuales analizaremos en este proyecto son:

a) El pH

Se define como el logaritmo negativo de la concentración de protones de una disolución. Su valor se expresa en una escala de 0 (ácido) a 14 (básico). Es un atributo determinante de la calidad de la carne, ya que afecta a los procesos bioquímicos que tienen lugar durante la transformación del músculo en carne, influyendo directamente sobre la estabilidad y propiedades de las proteínas y sobre las características fisicoquímicas de la carne. La acumulación de metabolitos intermedios tras la muerte del animal, en particular del ácido láctico y otros ácidos orgánicos, provoca un descenso del pH muscular. La evolución del pH tras el sacrificio puede tener un profundo efecto sobre aspectos sanitarios y sobre propiedades sensoriales y tecnológicas de la carne, afectando al color, la textura y el grado de exudación, así como a la degradación proteolítica de la carne

b) Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua (CRA) es un factor importante, ya que las ganancias o pérdidas de agua afectan el peso y el valor económico de la carne; por esto, cuando la carne presenta poca CRA, las pérdidas de humedad durante el almacenamiento son grandes y consecuentemente se pierde peso muscular durante esta etapa (García, I. 2006). La CRA es la principal característica buscada en la carne y productos cárnicos, ya que se relaciona con la jugosidad de este alimento. Las características finales de CRA, dependerán en gran medida del proceso bioquímico de la conversión de músculo a carne. Cuando la carne inicia su rigidez, el pH baja de 7 a 5.5. Las fibras musculares en rigor se contraen, y la presión que se ejerce hace que el agua salga entre estas. Un rigor mortis muy rápido y, en consecuencia, una baja retención de agua se observa en la contracción por descongelamiento; el goteo durante el descongelamiento aumenta rápidamente al aumentar el acortamiento. Durante el almacenamiento *post mortem* se produce relajación entre las fibras permitiendo el ingreso de agua, aunque no se recupera la jugosidad de la carne pre rigor. La retención de agua es de particular importancia en la calidad de productos procesados, tanto por que se relaciona con su succulencia, como por motivos económicos. Los cambios en la retención de agua son indicadores de los cambios y estructura de las proteínas del músculo y por tanto de la calidad de la materia prima cárnica. La acidez de la carne da como resultado menor retención de agua, esta situación se encuentra en carnes PSE (pálida-suave-exudativa). La retención de agua aumenta con la adición de sales (cloruros fosfatos, etcétera); la incorporación de almidones o gomas a la formulación afecta igualmente a la retención de agua.

1.2. Productos cárnicos procesados

La NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-213-SSA1-2002; define a los productos cárnicos como los 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. En los países desarrollados y en

desarrollo, la demanda continua de comodidad hace que la elaboración de productos cárnicos cocidos sea una importante área de la industria cárnica.

1.2.1. Productos cárnicos cocidos

El uso de los diversos tratamientos térmicos, junto con otras tecnologías de conservación, facilita la existencia de productos seguros de larga vida comercial. El calor inactiva o destruye microorganismos que afecten la calidad y seguridad del producto cárnico. Por ello, conviene usarlo adecuadamente. Una mala aplicación en el ámbito industrial puede provocar efectos contrarios a los deseados. Las proteínas miofibrilares juegan un rol importante en este tipo de productos ya que son los constituyentes encargados del desarrollo de la estructura del producto cocido, brindando, una textura firme y elástica, y un cierto grado de estabilidad bacteriana. Los microorganismos tienen una temperatura optima de crecimiento, como es el caso de organismos mesófilos y psicrótrofos, al sobrepasar esta temperatura, en el proceso de cocción, los microorganismos mueren o se les provoca una lesión sub letal que aunada a la coagulación de proteínas e inactivación de enzimas, necesarias para su normal metabolismo, se impide o anula su crecimiento.

1.2.2. Productos cárnicos listos para el consumo

De acuerdo con el *Codex Alimentarius*, la definición de productos listos para el consumo (ready to eat), hace referencia al estado del alimento, para estar listo para su consumo inmediato en el punto de venta; ya sea crudo o cocido, caliente o frio y sin la necesidad de ser sometido a un tratamiento térmico. Los productos cárnicos listos para su consumo incluyen alimentos procesados, rebanados cocidos y refrigerados para que el consumidor solo los caliente ya sea en horno de microondas, convencional o en la sartén. Este tipo de alimentos son una respuesta de la industria cárnica a los cambios de vida y sobre todo a la falta de tiempo para preparar los alimentos en casa.

En México estos productos empiezan a tener un gran auge, de este modo la industria cárnica ha empezado a desarrollar productos con valor agregado listos para su consumo. Se ha iniciado con productos tradicionales en los cuales se ha puesto énfasis en evitar altos contenidos de grasa o sales, además de brindar una mayor calidad sanitaria.

Ante toda esta nueva ola de productos cárnicos procesados es indispensable controlar todos los factores que puedan poner en riesgo la salud de la población que los consume, tomando en cuenta toda la cadena de producción hasta que llega a manos del consumidor, es indispensable controlar los procesos de producción además de poner énfasis en el uso de tecnologías de conservación que permitan asegurar la estabilidad microbiológica de este tipo de productos.

1.3. Jamón cocido de cerdo.

La norma NOM-158-SCFI-2003 define al jamón cocido como un producto alimenticio, elaborado exclusivamente con la carne de las piernas traseras del cerdo *Suis scrofa domesticus* y se clasifica con base en el porcentaje de proteína que posee; de este modo el jamón extrafino, es el de más alta calidad, con 18% de proteína. Es un producto cárnico procesado, cocido, listo para su consumo, es uno de los embutidos más populares en México. Debido a su composición química es un alimento rico en proteínas y bajo en hidratos de carbono y grasas, su calidad es influenciada por muchos factores, entre los que se considera el tecnológico que se presenta durante su producción, condiciones de almacenamiento, tipo de corte, composición de la salmuera inyectada y masajeo (Gonzales, H. y col. 2009), entre otros.

1.3.1. Ingredientes funcionales del jamón cocido de cerdo

a) Carne

La carne es el principal ingrediente en la formulación de un jamón, y se debe utilizar la carne de las piernas traseras del cerdo *Suis scrofa domesticus* (NOM-158-SCFI-2003), la carne aporta las proteínas que desempeñan la función tecnológica de emulsionar grasas, ligar agua y proporcionar color, sabor y textura en el producto final, además de representar un medio idóneo para el crecimiento de microorganismos, por lo que la evaluación de los parámetros de calidad, como los son, el pH y la CRA, es de suma importancia; ya que de ello dependerá la calidad final del producto, valores de pH de 5.8 a 6.2 pueden asegurar una buena retención de agua y una aceptable calidad microbiológica. (Toldrá F. 2010).

b) Agua añadida

El agua añadida es utilizada para la preparación de la salmuera y generalmente propicia un aumento en el rendimiento del producto cárnico. Debe cumplir con una serie de requisitos: debe ser agua de alta calidad química, higiénica y sanitaria dado el uso alimentario al que va a ser destinada. El agua debe ser lo más blanda posible libre de iones Ca^{2+} , Mg^{2+} , y metales pesados, una concentración alta de iones puede afectar negativamente la capacidad de retención de agua del producto final. Por otra parte, la presencia en solución de sales de hierro, cobre y otros metales, además de riesgos toxicológicos, puede destruir parcialmente el ascorbato, presente en la salmuera como antioxidante, afectando a la estabilidad del color del producto final (Llorenç Freixanet, 2011). La presencia del anión Cl^- en el agua, promueve el aumento de la fuerza iónica del medio, ya que es capaz de unirse a los grupos cargados positivamente de las proteínas provocando un aumento del número de cargas netas negativas aumentando la CRA. Los fenómenos de repulsión que se producen entre las cargas negativas en las proteínas, puede dar lugar a una disminución de la luminosidad de la carne, lo anterior debido a una modificación en el volumen de las de las proteínas miofibrilares, modificando la dispersión de la luz (Figura 1).

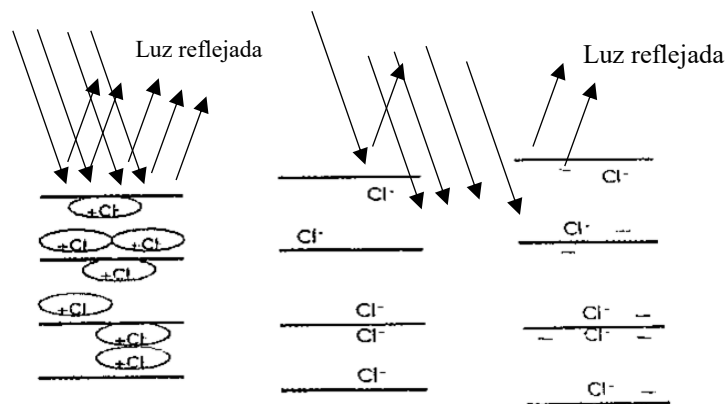


Figura 1. Efecto del ion cloruro sobre la CRA de la carne y el color.

Fuente: Adaptado de: Hui y col. 2006 y Ventanas y col. 2000

c) Cloruro de sodio

La sal juega un papel importante en la solubilización de las proteínas cárnicas y en la expansión de sus estructuras cuaternarias, ya que supone el principal aporte a la fuerza iónica del producto, debilitando las uniones electrostáticas existentes entre los grupos COO^- y NH_4^+ , contribuyendo, por tanto, a la retención de agua y a la ligazón.

En cuanto a sus propiedades antimicrobianas; la sal común no posee ninguna acción específica antimicrobiana. Sus efectos sobre los microorganismos están en función de la concentración. Las concentraciones de sal que se emplean para la elaboración de productos cárnicos cocidos oscilan entre el 1.8 % y el 2% (Vaquero, M. 2013). A concentraciones suficientemente elevadas, atrae osmóticamente el agua, haciendo que ésta no pueda ser aprovechada por los microorganismos. Esta falta de agua provoca la reducción e incluso la interrupción total de los procesos vitales. La sensibilidad de los distintos microorganismos a la sal es muy variada.

d) Nitritos

Las principales funciones que desempeñan los nitritos en el jamón cocido son: el desarrollo del color característico y el de prevenir y proteger contra el desarrollo de bacterias, tanto aerobias como anaerobias (Bazan, E., 2008). La formación del color en el jamón involucra reacciones entre pigmentos de la carne y nitritos (NO_2) y/o nitratos (NO_3), estas reacciones comienzan cuando por la reducción química del nitrito en el medio reductor de la carne (pH ácido) se forma óxido nítrico (NO) que posteriormente reacciona con la mioglobina (Mb), la evolución de la transformación de la mioglobina a nitrosil-mioglobina (NOMb) puede ser entendida a través de dos hipótesis (Bazan, E., 2008), una de las cuales afirma que; la nitrosilación puede llevarse de manera directa, cuando la mioglobina reacciona con el óxido nítrico, dando lugar al compuesto nitrosil-mioglobina, y la segunda hipótesis, afirma que puede llevarse de manera indirecta, cuando la mioglobina es reducida a metamioglobina (MMb) que posteriormente reacciona con el óxido nítrico produciendo nitrosil-metamioglobina (NOMMb), la cual se reduce a nitrosil-mioglobina. Como consecuencia

del tratamiento térmico se produce la desnaturalización de la NOMb dando lugar a la aparición del nitrosil-hemocromo, pigmento de color rosado.

Es importante que se produzca la reducción de nitrito a NO, que puede producirse por acción de nitrato reductasas, aunque normalmente se produce de manera espontánea en medio ácido (Begoña M. 2007).

Desde el punto de vista de su efecto conservante, los mecanismos de acción del nitrito no están muy claros, si bien está demostrado su efecto bacteriostático sobre enterobacterias, como; *Clostridium perfringens* y *Staphylococcus aureus*, siendo especialmente dañino para el *Clostridium botulinum*. Al ser este microorganismo muy resistente al tratamiento térmico, la adición de nitrito se convierte en una manera muy efectiva de evitar el desarrollo de *Clostridium botulinum* en productos cárnicos cocidos. A pesar de que el uso de nitritos y nitratos presenta algunas ventajas, su uso ha sido cuestionado y limitado, estableciéndose límites máximos, ya que, en ambientes ácidos, reaccionan con las aminas produciendo nitrosaminas (N-nitroso), con cualidades tóxicas, mutagénicas y carcinogénicas (Bazan, E., 2008) El límite máximo permitido por la normatividad mexicana es de 156 mg/kg (NOM-213-SSA1-2002).

e) Ácido ascórbico

Es una sustancia antioxidante que se sintetiza por medio de procedimientos enzimáticos a partir de la glucosa y es un potente agente reductor. El ácido ascórbico reduce muy rápidamente los nitritos naturales de la carne, y por ello acelera el proceso de enrojecimiento de los embutidos. La cantidad de ácido ascórbico a añadir oscila entre 30 y 50 g/100 Kg. de masa total. La sal sódica del ácido ascórbico (ascorbato de Sodio) posee un efecto análogo. Por la diferencia de peso molecular se cumple que 100 g de ascorbato sódico corresponden a 88 g de ácido ascórbico.

f) Fosfatos alcalinos

Los fosfatos son componentes naturales de casi todos los alimentos. Su empleo en todos los campos de la tecnología alimentaria obedece a sus valiosas propiedades específicas en la

fabricación de alimentos. En el tratamiento de la carne, los fosfatos encuentran empleo en la fabricación de embutidos curados y cocidos.

El compuesto eficaz es el anión difosfato. La acción de fosfatos más condensados depende de la intensidad de la hidrólisis por enzimas propias del músculo hasta el escalón difosfato. La acción de los fosfatos estriba en elevar el valor del pH y la fuerza iónica, así como en un intercambio específico con la proteína muscular fibrilar. Por tanto, el difosfato asume la “acción reblandecedora” del ATP. La disociación de la actomiosina así provocada motiva el achicamiento de la molécula filiforme. De esta forma, mejoran la absorción y solubilidad de las proteínas fibrilares. El incremento de la CRA no sólo es atribuible a un aumento del pH, sino también a la acción de los fosfatos como intercambiadores de iones.

Mediante formación de complejos solubles con iones polivalentes, los fosfatos pueden suprimir los enlaces transversales originados por los iones alcalino-térreos entre proteínas y filamentos.

Los fosfatos, y especialmente los polifosfatos, impiden o retrasan la oxidación de las grasas insaturadas de los sistemas alimentarios, a la vez que inhiben el crecimiento de muchos de los microorganismos presentes. Esto se explica por la facultad de los fosfatos de fijar iones metálicos o poli electrolitos necesarios para la oxidación de las grasas o para el crecimiento de los microorganismos.

Como ya mencionamos en este apartado, los fosfatos presentan una amplia gama de beneficios, la cantidad añadida está en función del objetivo que se persiga, en general son sustancias muy poco tóxicas, con una toxicidad comparable a la de la sal común, por lo que su uso debe ser regulado, el límite máximo permitido por la normatividad mexicana es de 3100 mg/kg (NOM-213-SSA1-2002).

g) Azúcares





La sacarosa o azúcar tiene como misión principal en las mezclas de azúcares para jamón cocido contribuir a la sapidéz del producto terminado, ya que su uso como depresor de la actividad de agua es limitado por su poder edulcorante, siendo la concentración límite a la que se puede llegar en jamón cocido de 0.8-0.9 %. Concentraciones superiores resaltan un sabor dulce anómalo que no puede ser compensado con adición de sal. En menor

proporción (alrededor del 0.5 %), permite compensar concentraciones relativamente altas de sal, que por sí solas, darían sabor salado al jamón y le confiere un agradable sabor de fondo.

1.3.2. Normatividad

En México la elaboración del jamón cocido de cerdo, así como las características sanitarias y comerciales, están reguladas por las Normas Oficiales Mexicanas NOM-158-SCFI-2003 y NOM-213-SSA1-2002, en las cuales se establece desde cómo deberán ser llamados, hasta las especificaciones que deben cumplir (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características del jamón

Según esta norma, los jamones, de acuerdo con el tipo de carne empleada, podrán denominarse de la siguiente forma.	
	Jamón o jamón de pierna: si están elaborados exclusivamente con carne de la pierna trasera del cerdo
	Jamón de pavo: si la carne proviene exclusivamente del muslo del pavo
	Jamón de cerdo y pavo: si tienen un mínimo de 55% de carne de cerdo y le resto es carne de pavo.
	Jamón de pavo y cerdo: si tienen un mínimo de 55% de carne de pavo y el resto es carne de cerdo.

Fuente: PROFECO. 2010

La norma oficial precisa que la única especie que se puede utilizar es la *Sus scrofa domesticus*, siempre y cuando se trate de ejemplares considerados “aptos para consumo” por parte de las autoridades sanitarias. Respecto del uso exclusivo de las extremidades traseras –al menos en el caso del cerdo–, hay muy buenas razones para hacerlo. Esta pieza de la anatomía de los cerdos es rica en proteínas y otros nutrimentos, como ácidos grasos

esenciales, además de poseer una menor cantidad de grasa (en comparación con otras partes de su cuerpo).

También se especifican las cantidades mínimas de proteína que deben contener, así como las cantidades máximas de “añadidos”. Dependiendo de qué tanto se utilicen, será la calidad del producto, que corresponde a las especificaciones comerciales (Cuadro 4).

Cuadro 4. Denominaciones del jamón

Clasificación comercial	%PLG* Mínimo	%Grasa Máximo	%Humedad Máximo	%Proteína adicionada máximo	%Carragenina Máximo	%Fécula Máximo
Extrafino	18	6	75	0	1.5	0
Fino	16	6	76	2	1.5	0
Preferente	14	8	76	2	1.5	5
Comercial	12	10	76	2	1.5	10
Económico	10	10	76	2	1.5	10

Fuente: NOM-158-SCFI-2003

1.3.3. Proceso de elaboración del jamón cocido de cerdo

La transformación de la carne se ha realizado desde tiempos remotos con el fin primordial de conservarla por periodos largos de tiempo. Procesar la carne, ayuda sin duda a la conservación, pero fundamentalmente produce en la carne un sabor exquisito. Los embutidos abarcan la preparación de una gran cantidad de productos y según sea el tipo de embutido el proceso de producción cambiara. En el proceso de producción de jamones cocidos, dependiendo del nivel de tecnología que se emplee en la producción y las características finales del producto terminado que se deseen, el proceso de producción variará.

Sin embargo, los principales procesos de elaboración son los siguientes:

a) Acondicionamiento de la carne

En el proceso de elaboración de este tipo de productos cárnicos, la carne precisa una fase de acondicionamiento antes de ser utilizada con los otros ingredientes, que consiste en eliminar impurezas, como; tejido conjuntivo, el cual envuelve el musculo, para facilitar la solubilización de las proteínas, facilitar el ligado muscular y evitar retracción durante el tratamiento térmico; lo mismo ocurre con tendones y nervios que pueden dar lugar a la aparición de agujeros en el producto terminado. El principal riesgo en esta fase es la contaminación de la carne, por este motivo la operación debe hacerse en las mejores condiciones posibles, a una temperatura baja y lo más rápido posible y así evitar el rápido desarrollo de los microorganismos presentes en la carne.

b) Troceado o molienda

Como mencionamos anteriormente, dependiendo de las características que se deseen en el producto final, el proceso de producción cambiará, para el caso de estudio de este trabajo se llevó a cabo un proceso de molienda el cual tiene como objetivo dar a la carne el tamaño necesario y favorecer la extracción de las proteínas solubles. El proceso consiste en pasar la carne fría por un equipo que reducirá el tamaño de la carne, para posteriormente ponerla en contacto con la salmuera. La temperatura de molienda es importante; a temperaturas más bajas el lípido presente en las células es más sólido, lo que hace a las células relativamente más rígidas, brindándole a la carne una mayor integridad durante la molienda evitando así mermas durante el proceso. En la industria cárnica, donde se busca el menor daño en la integridad de la materia prima, se lleva a cabo un proceso de tenderizado, el cual tiene como objetivo aumentar la superficie de extracción de proteínas musculares mediante la formación de una multitud de cortes en el musculo cárnico por medio de máquinas especiales para este proceso.

c) Curado de la carne

La salmuera es el vehículo de introducción en el jamón de la sal, los aromas y otros aditivos utilizados en la tecnología de producción. Su composición varía en función del tipo de

producto lo que determina el porcentaje de salmuera, además de la selección y cantidad de ingredientes y aditivos a agregar a la carne. El curado de la carne se puede llevar a cabo de distintas maneras, por inmersión, por inyección o mixta. Cuando se lleva a cabo por inmersión, la carne se coloca dentro de una salmuera por un tiempo determinado, lo que permite la penetración de la salmuera en su interior. Cuando se lleva a cabo por inyección, la salmuera se aplica dentro de la masa muscular mediante un inyector.

d) Masajeo

Es una operación mecánica que trabaja en condiciones de refrigeración y vacío, que puede ser parcial o total, y que tiene como objetivo la distribución uniforme de la salmuera dentro de la pieza cárnica, a fin de extraer las proteínas de las fibras musculares (Toldrá F. 2012). La carne puede ser sometida a un proceso de masajeo o un proceso tumbled. El masajeo consiste en colocar la carne dentro de una mezcladora por pocas horas y baja velocidad de mezclado, esto último, con el propósito de no provocar una ruptura física o daño en la carne. La operación tumbled consiste en colocar la carne dentro de un tumbler giratorio que opera con presiones de vacío, a fin de evitar oxidaciones indeseables y promover la difusión de la salmuera. El tratamiento puede ser continuo o alternar tumbling y descanso. Los equipos que se utilizan en la operación tumbled son fabricados con deflectores interiores que promueven un golpeteo entre las piezas cárnicas lo que derivara en la homogenización de la salmuera en el interior de la pieza cárnica lo que facilita la extracción de las proteínas de las fibras musculares.

e) Embutido

La operación de embutido consiste en colocar la masa cárnica obtenida de la operación de masajeo; dentro de una funda natural o sintética la cual determinará la forma y tamaño del producto. En esta operación el material que se seleccione condicionará algunos aspectos tecnológicos y el desarrollo de determinados procesos fisicoquímicos que tienen lugar en operaciones posteriores, por lo que, aspectos como resistencia a la contracción o expansión con la temperatura y permeabilidad del material, son muy importantes. En función de las

características deseadas del producto final y las condiciones con las que deberá cumplir; se seleccionara el material, comúnmente en la industria cárnica, se utilizan fundas sintéticas que pueden ser de celulosa, colágeno extruido o colágeno regenerado (Ranken M. 2003). La operación de embutido se realiza en máquinas de diferente capacidad, dependiendo de los volúmenes de producción. Se encuentran en el mercado embutidoras manuales o hidráulicas. En esta etapa del proceso una variable importante a considerar es la uniformidad de llenado.

f) Cocción

La cocción es una operación que requiere un riguroso control de tiempo y temperatura. En esta etapa; la carne, ya embutida, es sometida a un proceso térmico el cual es responsable de toda una serie de fenómenos físico-químicos, bioquímicos y microbiológicos que definirán la calidad y las propiedades organolépticas del producto final (Toldrá F. 2012). Los principales objetivos que se persiguen con dicho tratamiento térmico son: la estabilidad y desarrollo de las características sensoriales como: color, sabor, estructura, textura, y la seguridad microbiológica del producto, además de limitar los efectos de una cocción excesiva, como son: mermas o degradación de las características sensoriales.

En la cocción los dos constituyentes musculares responsables del desarrollo y estabilización de la estructura del producto cocido son: las proteínas miofibrilares (actina y miosina) y el colágeno. Las proteínas miofibrilares solubilizadas por el efecto conjunto de determinadas sales y del proceso de masaje, sufren una desnaturalización por el efecto del calor que conlleva una disminución de los espacios intercelulares, una compactación de las fibras desnaturalizadas y la formación de una red tridimensional capaz de retener agua Figura 2, confiriendo consistencia, dureza, ligado y cohesión al producto final (Josep L. 2011).

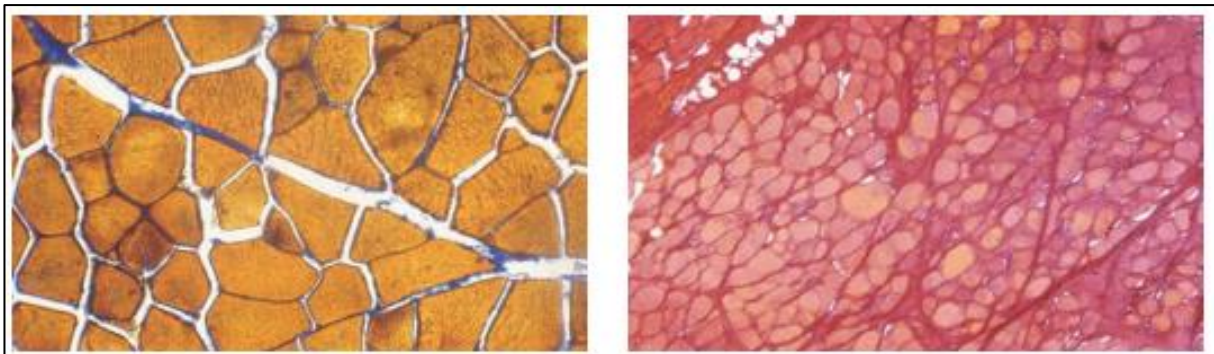


Figura 2. Disminución de los espacios intercelulares
Fuente: **Josep L. 2011**

La acción del calor juega un papel importante en la tonalidad final del jamón, ya que promueve la desnaturalización del pigmento rojo de la carne curada (nitroso mioglobina) transformándolo en el pigmento rosado característico de estos productos (nitroso miocromógeno). La estabilización de este pigmento se produce básicamente en la fase final de la cocción y la temperatura mínima para que esto ocurra es de 65°C. Por esta razón las temperaturas óptimas de trabajo estarán comprendidas entre 65-75°C, para asegurar un buen desarrollo y estabilización del color.

Durante las fases preparatorias previas a la cocción, la carne va adquiriendo cierta contaminación microbiológica, que condicionará la seguridad del producto y su fecha límite de consumo. El tratamiento térmico tendrá pues, también como objetivo, reducir esta contaminación hasta un nivel suficientemente fiable para asegurar la estabilidad del producto final (Josep L. 2011, Toldrá F. 2012).

Un tratamiento térmico está gobernado por los parámetros de temperatura y tiempo, que corresponderán a un nivel de destrucción determinado. Si la carga microbiana inicial es muy alta deberán aplicarse tratamientos más severos, teniendo en cuenta que las cualidades sensoriales del producto se verán también afectadas. En el caso de los productos curados cocidos, para conseguir el nivel de destrucción óptimo, será necesario mantener un calentamiento constante a 68°C o 80°C en el centro del producto, durante un tiempo entre 30 y 60 minutos (Josep L. 2011, Toldrá F. 2012).

Esta operación es comúnmente llevada a cabo en marmitas de cocción o en hornos, donde coexisten dos mecanismos de transferencia de calor, conducción y convección. Actualmente existen otros métodos de cocción, por medio de infrarrojo, microondas y calentamiento óhmico, aunque estas últimas aún son tecnologías en vías de desarrollo.

Un factor importante a controlar es la velocidad con la que la temperatura incrementa, por lo que la cocción puede llevarse a cabo de tres maneras diferentes: a) Cocción a una temperatura fija donde el jamón puede no alcanzar la temperatura deseada en el centro térmico; b) calentamiento hasta alcanzar una temperatura establecida en el centro térmico del jamón, este tipo de calentamiento provoca un excesivo calentamiento de la superficie del jamón debido a una sobreexposición al medio de calentamiento (Figura 3-b); c) calentamiento por pasos (ΔT), que consiste en aumentar la temperatura de centro térmico del jamón por pasos, 25-30 °C cada etapa, este calentamiento evita el sobrecalentamiento de la superficie (Figura 3-c)

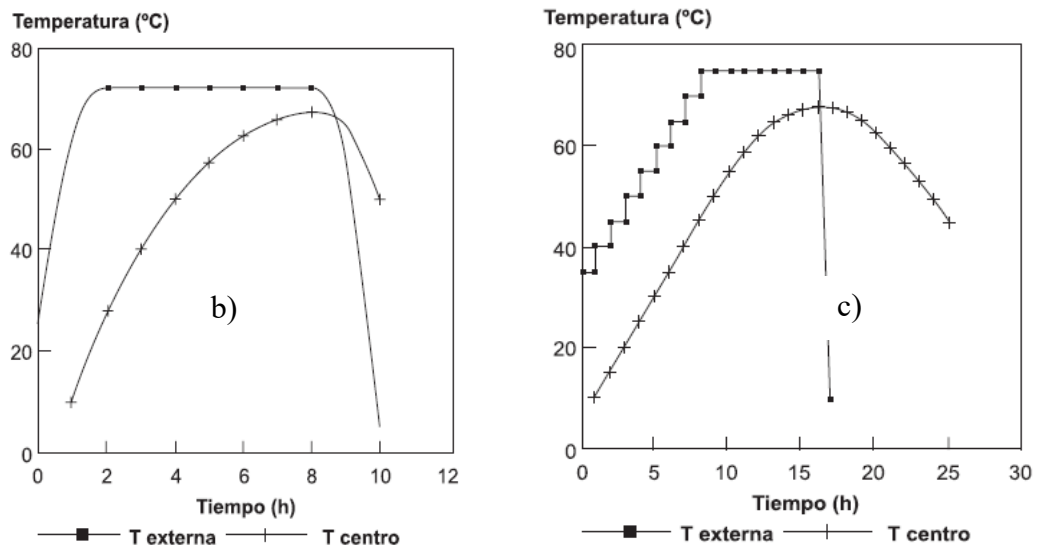


Figura 3. Tipos de cocción. b) cocción de un solo paso, c) cocción por pasos

Fuente: Josep L. 2011, Toldrá F. 2012

g) Enfriamiento

El enfriamiento es una etapa importante y se debe llevar a cabo a fin de garantizar la seguridad de los productos cárnicos, evitando el crecimiento microbiano, también facilita que las proteínas coaguladas de la carne ligan y no presenten problemas de cohesión.

Una vez que el jamón ha sido cocido debe someterse a un proceso de enfriamiento hasta que se alcance una temperatura de 2 a 5 °C (Vaquero y Toldrá). El enfriamiento debe ser lo más rápido posible, un enfriamiento lento puede ser peligroso, debido a los largos periodos con temperaturas altas lo que permitiría el crecimiento de microorganismos. Para este proceso es habitual el uso de túneles de enfriamiento, inmersión en agua fría o duchas de agua fría.

h) Envasado

Una vez concluido el proceso de elaboración, el producto cárnico ha de ser envasado y almacenado en condiciones adecuadas. En los productos cárnicos embutidos, como es el caso del jamón, es habitual que se almacenen y distribuyan en el mismo envase con el que se llevó a cabo la cocción, sin embargo, cuando se distribuyen con otra presentación debe ser envasado antes de su venta, tal es el caso de productos listos para el consumo, presentados en lonchas envasadas; en este tipo de productos es indispensable tomar en cuenta las condiciones de envasado ya que la manipulación representa un riesgo de contaminación de microorganismos alterantes que puedan afectar el periodo de vida comercial.

1.4. Factores relacionados con la contaminación secundaria del jamón cocido

El jamón cocido representa un excelente medio para el crecimiento microbiano debido a sus características fisicoquímicas; entre los factores que afectan el desarrollo de los microorganismos en el jamón se puede citar el pH. El rango de pH del jamón es óptimo para el crecimiento de casi todos los microorganismos (Guerrero I. y col. 2014), también cuenta con un valor elevado de a_w , donde pueden crecer todas las bacterias, incluyendo las patógenas.

La biota del jamón también es reflejo del proceso de producción y las posteriores condiciones de almacenamiento, aún en refrigeración llegan a crecer bacterias gram-negativas aerobias como *Pseudomonas*, BAL anaerobias como *Carnobacterium*, *Lactobacillus* y *Leuconostoc*, incluso bacterias tolerantes al CO₂, como los lactobacilos principalmente *Lactobacillus sakei* y *L. curvatus*, *Leuconostoc carnosum*, *L. gasicomitatum*, *L. mesenteroides*, *Weissella spp.* y *Carnobacterium spp.* Estos microorganismos representan la causa principal de deterioro en productos cárnicos provocando acidez, decoloración, producción de gas, formación de baba y cambios de pH (Chenoll y col., 2007). Adicionalmente, *Brochothrix thermosphacta* es un microorganismo cuyo crecimiento se favorece selectivamente en las temperaturas de refrigeración, razón por la cual es frecuentemente señalado como responsable de la descomposición de alimentos. A pesar de que no se ha comprobado su patogenicidad, se encuentra estrechamente relacionado con géneros como *Lactobacillus* y *Listeria* predominantemente en la descomposición de productos cárnicos procesados y almacenados en condiciones de atmósferas modificadas (Masana M. y col. 2000).

1.4.1. Manejo post producción

Es importante tener un manejo adecuado del producto una vez que se ha terminado su proceso de elaboración. El tipo y la cantidad de microorganismos que se encuentren presentes en los productos terminados dependen de las condiciones sanitarias bajo las cuales se manipuló, procesó y las condiciones posteriores de envase, manejo y almacenamiento.

Los productos terminados contienen un cierto número y tipo de microorganismos, que, por razones de estética, salud pública y vida de anaquel del producto, es importante que se mantengan en niveles bajos. El uso de materiales de baja calidad aunado a la inadecuada manipulación del producto puede provocar la presencia de cantidades más altas de microorganismos en el producto terminado.

Para el caso del jamón cocido, posterior a ser tratado por el calor, suele ser rebanado en lonchas y reenvasado, por lo que es crucial mantener las condiciones adecuadas, que permitan conservar la estabilidad microbiológica del producto.

1.4.2. Almacenamiento

Tanto el almacenamiento de los productos terminados, como la distribución y venta deben realizarse en perfectas condiciones de higiene y respetando siempre las temperaturas establecidas para cada producto, la NOM-213-SSA1-2002, estipula que para un jamón cocido la temperatura máxima de almacenamiento deberá ser tal que se pueda registrar una temperatura en el centro térmico de 7 °C como máximo. La estiba debe ser adecuada y los almacenes encontrarse en buen estado de limpieza, desinfectados y sin ningún tipo de plagas. Es importante resaltar que los productos cárnicos refrigerados o congelados requieren una cadena de frío ininterrumpida durante su almacenamiento, transporte y exposición, con el fin de mantener la seguridad sanitaria del producto.

1.4.3. Transporte

En el transporte de producto terminado es importante mantener las condiciones adecuadas de almacenamiento a fin de que la seguridad sanitaria no se vea comprometida. Los vehículos que transportan productos cárnicos se deben de construir de materiales lisos con uniones cóncavas en todos los ángulos con el fin de facilitar el lavado y desinfección, deben estar libres de plagas y de materiales que produzcan óxido u otro material contaminante. Las juntas y puertas deberán cerrar herméticamente de manera que se impida la salida de líquidos, las puertas no deben ser abiertas hasta que el vehículo llegue a su destino y en las condiciones adecuadas, cuidando de no romper la cadena de frío. El sistema de refrigeración debe de garantizar la cadena fría de los productos que transporta, en el caso de productos cárnicos, la temperatura que deberá tener en el interior será de 0 - 4 °C, corroborando lo anterior por medio de termómetros o bien por un termógrafo instalado dentro de la caja refrigerante del mismo. El producto debe transportarse en canastillas de plástico, perfectamente lavadas y sanitizadas, envuelto en plástico, polipapel o bien de otro

material que no sea tóxico con el fin de que en ningún momento entre en contacto con el suelo.

Los vehículos de transporte deben lavarse y desinfectarse antes y después de cada traslado, no deberá permitirse la acumulación de detritus; la limpieza se efectuará lavando primero con agua potable, de preferencia caliente a no menos de 60°C y a presión, seguida de la aplicación de un desinfectante aprobado (NOM-024-ZOO-1995, SENASICA, 2008).

1.4.4. Consumo

El acelerado ritmo de la vida actual ha promovido cambios en los hábitos de consumo y la preparación de los alimentos donde se pueden presentar casos de contaminación alimenticia, por causa de contaminantes naturales, o de contaminantes introducidos de forma accidental. En última instancia, la calidad y seguridad de los alimentos de origen cárnico depende de los esfuerzos de todos los que participan en la compleja cadena de la producción animal, procesamiento, almacenamiento, transporte y consumo de los alimentos. Tal y como expone la Organización Mundial de la Salud (OMS) la seguridad sanitaria de los alimentos, la cual se describe como la condición de los alimentos de estar libres de microorganismos peligrosos y de sustancias químicas tóxicas en niveles que podrían provocar dolencias y/o enfermedades, es una responsabilidad compartida. El consumidor es el elemento final de la cadena alimentaria pero no el menos importante y por tanto, debe tener cuidado a la hora de manipular los productos cárnicos que han sido perfectamente saludables hasta el momento de su compra, para evitar que se contaminen en casa. Uno de los factores determinantes en la calidad sanitaria de los productos cárnicos es la temperatura, por lo que mantener la cadena de frío resulta fundamental, por tal motivo los consumidores finales deben poner especial atención en preservarla, aunado a esto es importante que el consumidor mantenga unas condiciones adecuadas de higiene a la hora de preparar los alimentos.

1.5. Factores intrínsecos que influyen en el crecimiento de microorganismos

El impacto positivo o negativo de los microorganismos en los productos cárnicos se ha logrado, en gran medida, por el estudio y control de factores tanto intrínsecos como extrínsecos que regulan la proliferación microbiana; estos mismos factores que influyen sobre el crecimiento de los microorganismos varían ampliamente dependiendo del producto.

Los principales factores que afectan el desarrollo de los microorganismos en los productos cárnicos pueden clasificarse en dos grandes grupos: Factores intrínsecos y extrínsecos Cuadro 5.

Cuadro 5. Factores que influyen en el crecimiento microbiano

Tipo	Principales factores
Intrínseco	Actividad de agua (a_w) Composición química pH. Potencial redox Temperatura del alimento Presencia de O_2
Extrínsecos	Temperatura de almacenamiento Atmósfera gaseosa Humedad relativa

Fuente: Guerrero, I. y col. 2014, Hui, Y. y col. 2006

Los factores de mayor importancia respecto a la proliferación microbiana, son los de naturaleza principalmente fisicoquímica inherentes a la composición de la carne y los productos cárnicos. Los valores de estas variables son modificables en las etapas de elaboración dependiendo del grado de procesamiento.

1.5.1. Composición del alimento

La proliferación de los microorganismos durante las diversas etapas de producción y posterior almacenamiento, se debe, en un principio, a la disponibilidad de nutrientes propios del producto cárnico; los microorganismos presentes utilizan estos nutrientes para su desarrollo produciendo deterioro en el alimento. Tanto el tipo como la cantidad de nutrientes existentes tienen una gran importancia para determinar qué microorganismos son los más probables que crezcan en el mismo.

Los hidratos de carbono son comúnmente utilizados como fuente de energía, aunque pueden ser útiles otros compuestos de carbono como: ésteres, alcoholes, péptidos y ácidos orgánicos. Algunos microorganismos de naturaleza proteolítica utilizan compuestos, productos de hidrólisis de proteínas, péptidos y aminoácidos como fuente de energía cuando no disponen de otra fuente más apropiada. Los productos cárnicos presentan bajas cantidades de hidratos de carbono por lo que son susceptibles a ser deteriorados por *Pseudomonas*, microorganismos de naturaleza proteolítica, y éstos son productos con un alto contenido proteico, fuente principal de compuestos nitrogenados necesarios para el desarrollo microbiano. Bacterias ácido lácticas proliferan fácilmente en este tipo de alimentos debido a la presencia de polipéptidos los cuales utilizan como fuente de nitrógeno. Cada uno de los factores propios de la composición del alimento puede influir de forma importante en la proliferación microbiana, algunos de estos factores interactúan entre sí y de aquí que se deba valorar a fin de comprender mejor los principios que rigen tanto la alteración como la conservación de los alimentos.

1.5.2. pH

El pH es la medida de la actividad del ion hidrógeno de una solución y se define como el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno. La escala de pH se extiende de $\text{pH} = 1$ hasta $\text{pH} = 14$ y cada unidad representa un cambio de 10 veces la concentración del ion hidrógeno (Guerrero I. y col, 2014); la variación de esta concentración de iones hidrógeno afecta drásticamente el crecimiento microbiano, afectando la funcionalidad de sus actividades metabólicas. Un incremento considerable en la concentración de iones

hidrogeno (H^+) en el citoplasma resultará en la alteración de la estructura terciaria de las proteínas produciendo rupturas de uniones disulfuro y modificaciones de las interacciones electrostáticas que mantienen la estructura terciaria (Hui, Y. y col. 2006).

Cada microorganismo requiere un pH mínimo, un pH óptimo y un pH máximo de crecimiento (Cuadro 6) aunque en su gran mayoría crecen en forma óptima en un intervalo que va de 6.5 hasta 7.5 (Guerrero y col. 2014, Jay M. 2005), estos intervalos dependen de factores propios del alimento, como la a_w el contenido de nutrientes entre otros, de esta forma, en combinación con otros factores, como la temperatura el pH es un medio para controlar la proliferación microbiana ya que tiene un impacto significativo en la letalidad del tratamiento térmico; menos calor es necesario para inactivar microorganismos si el pH es reducido (Guerrero y col. 2014)

Cuadro 6. Intervalos de pH

Clasificación	Rango de pH	Microorganismos
Acidófilos	0-3.0	<i>Lactobacillus plantarum</i>
		<i>Escherichia coli</i>
		<i>Pseudomona pútrida</i>
		<i>Staphylococcus aureus</i>
Neutrófilos	5.5-8	<i>Escherichia coli (patógena)</i>
		<i>Salmonella ssp</i>
		<i>Yersinia enterocolitica</i>
Alcalófilos	8-11.5	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>

Fuente: **Guerrero I. y col. 2014**

1.5.3. Actividad de agua (a_w)

La actividad de agua (a_w) es una propiedad intrínseca que expresa la cantidad de agua disponible de un alimento capaz de propiciar el crecimiento microbiano (Badui, S. 2006) y puede ser definida como el cociente entre la presión de vapor del agua en el alimento sobre la presión de vapor de agua pura a una temperatura dada (Hui, Y. y col. 2006).

Los microorganismos son sensibles al estado del agua del medio y existen valores de a_w límites por debajo de los cuales no pueden permanecer metabólicamente activos, es decir, no pueden multiplicarse (Villanueva, C. 2006). En condiciones normales, el agua del medio fluye dentro de la célula microbiana por simple difusión generándose una presión osmótica interna, vital para las células. En cambio, en condiciones de estrés osmótico cuando la concentración de solutos es mayor en el medio, como se da durante la aplicación de la salmuera, el flujo de agua se revierte hacia el exterior provocando una detención progresiva del aparato celular, cuando el valor de a_w es reducido por debajo de los niveles mínimos para el crecimiento microbiano, las células sobreviven por algún tiempo. Aunque, si el valor de a_w se reduce drásticamente, las células perderán viabilidad rápidamente al inicio y después lo harán lentamente hasta imposibilitar su desarrollo (Ray B. 2010). Una de las formas más comunes para restringir la disponibilidad del agua en productos cárnicos es el uso de sustancias capaces de fijar el agua en sus cercanías. Entre las sustancias químicas comúnmente utilizadas podemos citar al NaCl usado en salmueras.

Cada especie o grupo microbiano requiere un óptimo, máximo y mínimo nivel de a_w para su crecimiento. Algunos de los valores mínimos para el crecimiento de los grupos de microorganismos son: levaduras, 0.85, levaduras osmófilas entre 0.6 y 0.7; bacterias Gram-positivas 0.90, bacterias Gram-negativas 0.93, bacterias halofílicas 0.75.

1.5.4. Temperatura del alimento

Las diferentes especies microbianas tienen una temperatura mínima, óptima y máxima de crecimiento. La temperatura mínima se describe como la temperatura más baja a la cual crecerá la especie microbiana, por otra parte, la temperatura óptima se considera como aquella en la cual la especie microbiana encuentra su mayor crecimiento posible (Guerrero y col. 2014).

Cuadro 7. Rangos de temperatura de crecimiento

Temperatura	Mínima	Óptima	Máxima
Termófilos	40 – 45	55 - 75	60 - 90
Mesófilos	5 – 15	30 - 40	40 - 47
Sicrótrofos	-5 - 5	25-30	30-35
Sicrófilos	-5 – 5	2 - 15	30 - 35

Fuente: **Jay M. 2005**

En función del nivel óptimo de temperatura de crecimiento, los microorganismos se clasifican en tres grandes grupos: psicrófilos, mesófilos y termófilos (Cuadro 7).

La mayor parte de las bacterias crecen sólo dentro de un rango limitado de temperaturas, y las variaciones condicionan su crecimiento (Tortora y col. 2007), cuando se alcanza una temperatura suficientemente alta, el crecimiento se detiene y el microorganismo es inactivado. Si la temperatura desciende, la tasa de crecimiento también disminuye, hasta alcanzar una temperatura mínima de crecimiento (Figura 4). Ciertos estudios señalan que los microorganismos sufren un daño sub letal, por lo cual su número decrece paulatinamente, sin llegar a una inactivación total, pudiéndose recuperar mediante diversos mecanismos enzimáticos (ICMSF, 2001).

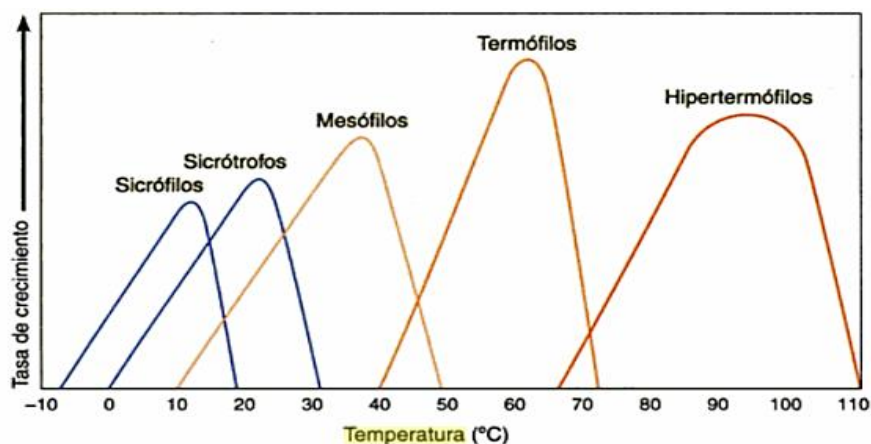


Figura 4. Espectro de crecimiento de microorganismos en relación con sus temperaturas óptimas

Fuente: **Tórtora y col. 2007**

La temperatura que permite un crecimiento óptimo en la mayoría de las bacterias es 37°C (Guerrero y col. 2014, Ranken M. 2003, Lawrie R. 1998). Esta condición ha permitido la conservación de los alimentos en temperaturas por debajo de este valor.

En la producción de jamón, una etapa crítica es el almacenamiento; cuando la temperatura se aleja del óptimo de crecimiento, se reduce la tasa de crecimiento de los microorganismos patógenos y de descomposición y el producto se podrá conservar por un mayor periodo de tiempo. Los principales microorganismos que se asocian a este tipo de productos son mesófilos y es posible encontrar algunas bacterias como: *Salmonella* spp, *Staphylococcus aureus*; *Clostridium perfringens* y *Bacillus cereus*, es común encontrar también *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli* (Tirado, J. y col. 2005).

1.5.5. Potencial de óxido-reducción

El potencial de óxido-reducción indica las relaciones de oxígeno que los microorganismos necesitan y puede ser utilizado para especificar el ambiente en que un microorganismo es capaz de generar energía y sintetizar nuevas células sin recurrir al oxígeno molecular. Jay (2000) menciona que el potencial de oxidorreducción (Eh) se puede definir como la facilidad con la que un compuesto gana o pierde electrones, medido en milivolts (mV). Los microorganismos aerobios necesitan valores de Eh positivos (oxidados) para poder crecer, mientras que los anaerobios necesitan negativos (reducidos), en productos cárnicos los componentes que colaboran para mantener condiciones reductoras en los alimentos son los grupos –SH.

1.5.6. Presencia de O₂

La presencia de oxígeno en el medio ambiente tiene influencia en el tipo de microorganismos que pueden crecer en un determinado alimento y en la velocidad a la que se multiplicarán. La manipulación y procesamiento de la carne, acaban por tener influencia en la disponibilidad de oxígeno. Por ejemplo; el tratamiento térmico hace que el oxígeno disponible se pierda. Por otro lado picar o remover la carne provoca un aumento en la concentración de oxígeno en el alimento. El oxígeno es un potente oxidante y es el mejor

aceptor de electrones, pero puede ser letal para las bacterias ya que durante el proceso de reducción hasta agua se generan formas tóxicas (radical superóxido y peróxido de hidrógeno). Las flavoproteínas, quinonas y hierro-sulfoproteínas, pueden también catalizar la reducción de oxígeno a superóxido, aunque no haya respiración aeróbica. Estos productos oxidan los compuestos orgánicos celulares, incluyendo las macromoléculas limitando el crecimiento de los microorganismos. Las bacterias que crecen en presencia de oxígeno poseen enzimas capaces de destruir estos productos tóxicos, evitando así su acción letal. Son catalasa, peroxidasa, que actúan de forma independiente o conjunta en diferentes reacciones (Carrillo R. 2003).

1.6. Tecnologías de conservación emergentes

El desarrollo de tecnologías alternativas y complementarias a los tratamientos de conservación tradicionales, responde a la demanda creciente de alimentos mínimamente procesados; aunado a esto, la tendencia general a reducir los niveles de aditivos sintéticos añadidos a los alimentos ha aumentado el interés hacia tecnologías de conservación que promuevan el uso de aditivos de origen natural, algunas de las más recientes son las siguientes:

a) Nuevos sistemas de envase:

Diversos de los nuevos sistemas de envase que se han desarrollado buscan extender la vida útil de los productos cárnicos, ejemplo de ello son los envases con atmósferas modificadas los cuales involucran la remoción del aire del empaque, seguido de la reintroducción de gases con una composición diferente que la del aire, la completa remoción del oxígeno en envases al vacío o la completa sustitución por CO₂/N₂ inhibe el crecimiento de bacterias patógenas mientras que favorece el crecimiento de bacterias productoras de ácido láctico lo que se verá reflejado en un aumento de la vida útil del producto (Toldrá, F. 2005). Cualquier residuo o ganancia de oxígeno dentro del empaque puede conducir al crecimiento de *Brochothrix* y cambios indeseables en las características del producto, como resultado de estas dificultades una nueva generación de empaques activos ha surgido, con la intención de mantener la vida útil del producto estos nuevos empaques activos involucran la

incorporación de ciertos aditivos en los empaques, tales como agentes antimicrobianos, eliminadores de oxígeno o emisores de dióxido de carbono.

b) Irradiación ionizante

La irradiación es un método seguro y efectivo para mejorar la seguridad y calidad de los productos cárnicos. La irradiación utiliza rayos gamma, Rayos X y electrones de alta energía como tratamientos para eliminar con éxito los microorganismos en los alimentos, la irradiación produce daños en el ADN microbiano lo que da como resultado la muerte celular (Toldrá, F. 2005). Esta tecnología cuenta con un excelente poder de penetración, los rayos gamma y los rayos X pueden penetrar de 80 a 100 cm mientras que los electrones de alta energía cuentan con un rango menor de penetración, de 8 a 10 cm, según el grado de irradiación o las especificaciones del producto serán utilizados los diferentes tratamientos de irradiación. Cabe resaltar que esta nueva tecnología está aprobada por la FDA y asegura que ninguno de los tratamientos hace a los alimentos radiactivos.

c) Alta Presión Hidrostática (HHP)

El proceso de conservación por Altas Presiones o HHP, por sus siglas en inglés High Hydrostatic Pressure, es un tratamiento consistente en someter el producto cárnico, previamente sellado en su envase final, a altos niveles de presión hidrostática transmitida por agua, de 100 a 900 MPa (Toldrá, F. 2005, Heperbaric. 2013) es un proceso no térmico altamente eficiente con un incremento de solo 3 grados por cada 100 MPa aplicados, lo que permite mantener las características de calidad de los alimentos tratados. El efecto del proceso de conservación por altas presiones sobre la inactivación microbiana depende de variables de tratamiento, tales como presión, tiempo y temperatura de exposición, y su efectividad ocurre a partir de producir daños morfológicos sobre la membrana microbiana siendo las bacterias Gram negativas las más susceptibles a este tipo de tratamiento (Téllez, J. y col. 2001).

d) Antimicrobianos de origen Natural

Los antimicrobianos de origen natural son compuestos químicos presentes o añadidos en los alimentos, que retardan el crecimiento microbiano o inactivan a los microorganismos y por lo tanto, detienen el deterioro de la calidad y brindan seguridad al alimento en el cual se encuentran (Davidson y col. 2005). El conocimiento de la influencia de estas sustancias, así como los efectos de la combinación de las mismas, puede permitir el desarrollo de procesos mínimos pero más efectivos para asegurar la estabilidad microbiológica de los alimentos.

Los sistemas antimicrobianos naturales por su origen pueden clasificarse como de procedencia animal, vegetal y microbiana. El primero de estos grupos incluye proteínas, enzimas como la lisozima, lipasas y proteasas y polisacáridos como el quitosán. El segundo grupo incluye compuestos fenólicos provenientes de cortezas, tallos, hojas, flores; ácidos orgánicos presentes en frutos y fitoalexinas producidas en plantas, mientras que el tercer grupo incluye compuestos producidos por microorganismos (Midgley, J. y col. 2006).

La estabilidad microbiológica y por lo tanto la seguridad de los alimentos cárnicos procesados, se basa en la combinación de diversos factores intrínsecos y extrínsecos; estos factores controlan el desarrollo microbiano previniéndolo, retardándolo o incluso inactivando a los microorganismos. La tecnología de manipulación de estos factores implica exponer a los microorganismos a un ambiente adverso y de esta manera inhibir su crecimiento al interferir, mediante la combinación de los factores, con su capacidad para estabilizar su ambiente interno. Las diversas tecnologías de preservación revisadas en apartados anteriores, tienen diferentes respuestas sobre los microorganismos y los alimentos; su uso debe basarse en un balance entre riesgos y beneficios, por lo tanto, es fundamental que, para cada tecnología, dichos riesgos y beneficios, estén identificados y definidos adecuadamente. Particularmente, en el futuro, serán aptas las técnicas de conservación que cumplan con varias funciones en los alimentos donde sean empleadas, tal es el caso de la Bioconservación, la cual es el caso de estudio de este proyecto y que se detallara en los siguientes apartados.

1.6.1. Bioconservación

La bioconservación puede ser definida como la extensión de la vida de anaquel e inocuidad de un alimento a través del uso de microbiota natural o controlada o sus compuestos antimicrobianos (Ananou, S. 2007, de la Fuente, M. y col. 2010). En la bioconservación de alimentos se incluyen desde técnicas utilizadas para obtener alimentos inocuos hasta la generación de alimentos mínimamente procesados y sin aditivos. Por lo anterior, la bioconservación ha tomado un gran auge basándose en el efecto de los llamados bioconservadores que aumentan la vida útil e incrementan la inocuidad de los alimentos.

La implementación de tecnologías modernas en el procesamiento y aseguramiento de la inocuidad microbiológica de los alimentos han disminuido, pero no eliminado los riesgos de las enfermedades relacionadas con el consumo de alimentos contaminados con microorganismos.

1.6.1.1. Antecedentes

Con el cambio de las sociedades agrícolas a través del tiempo, el deterioro, el almacenamiento y la conservación de los alimentos se convirtieron en importantes desafíos. Los primeros métodos de conservación fueron accidentales. Alimentos secados al sol, salados o congelados no se deterioraban tan fácilmente. La fermentación de alimentos empezó a ser una actividad organizada alrededor de 4000 a. C. Los humanos permanecieron ignorantes de los microbios durante miles de años. En 1665, Robert Hooke publicó *Micrographia*, el primer libro ilustrado sobre microscopía. En 1676, Antony Van Leeuwenhoek utilizó un rudimentario microscopio, con diseño de Hooke, para ver pequeños seres vivos del agua de un estanque. En el Cuadro 8 se enlistan algunos de los acontecimientos clave en la historia de la Bioconservación de los alimentos.

La conservación de alimentos se basa en la aplicación de factores de estrés, que conducen a la inhibición del crecimiento o la muerte de la comunidad microbiológica en un alimento, Por lo tanto, la conservación de alimentos implica poner a los microorganismos en un ambiente hostil para inhibir su crecimiento, reducir su supervivencia o causar su muerte (Leistner, L. 2000). La mayoría de las técnicas de conservación de alimentos se basan en el retraso o prevención del crecimiento microbiano, utilizando los factores que más influyen en el crecimiento y supervivencia de los microorganismos, tales como

temperatura, actividad acuosa (a_w), potencial redox (Eh), pH, sustratos disponibles, presencia o ausencia de oxígeno, concentración de los solutos mayoritarios presentes y sustancias inhibitorias. Por definición, la tecnología de berreras consiste en la aplicación conjunta de dos o más factores de inhibición del crecimiento microbiano, aprovechando el efecto sinérgico de los mismos. El objetivo es utilizar simultáneamente diferentes barreras para retrasar o prevenir la contaminación microbiana inicial, prolongar la fase lag y reducir la velocidad de crecimiento exponencial.

Cuadro 8. Antecedentes de la Bioconservación

Década	Acontecimiento
4000 a.C.	La fermentación de alimentos se convierte en una actividad organizada
1670 d.C.	Hooke y van Leeuwenhoek observan hongos microscópicos y bacterias
1850	Louis Pasteur demuestra que los organismos vivos causan fermentaciones lácticas y alcohólicas
1880	Robert Koch postula que las bacterias son agentes causantes de enfermedades
1890	Se inicia la pasteurización de la leche en Estados Unidos
1900	Se aprueba el acta de alimentos y medicamentos
1920	Alexander Fleming descubre los antibióticos
1930	El acta de alimentos drogas y cosméticos fortalece las regulaciones sobre alimentos
1950	Watson y Crick descubren la estructura del ADN Uso de bacterias ácido lácticas como bioconservantes
1990	Se acepta la irradiación para el control de carne vacuna y de ave

Fuente: Montville y col. 2005

1.6.1.2. Teoría de obstáculos

Los productos cárnicos, madurados o no, crudos o cocidos tienen gran estabilidad por la combinación de barreras de preservación aplicadas. La figura 5 ejemplifica la aplicación de esta tecnología en la estabilidad microbiológica de productos cárnicos donde las principales barreras son la actividad de a_w , pH, conservadores, y la temperatura, las cuales, en conjunto inhiben la carga y tipos de microorganismos asociados con los productos cárnicos (Guerrero y col. 2014)

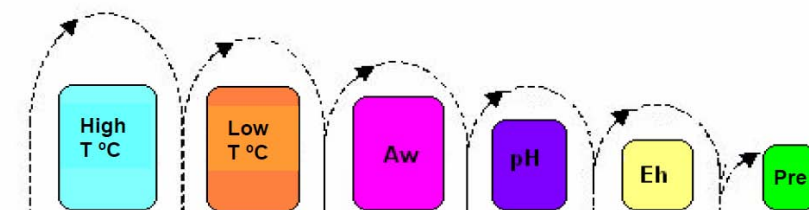


Figura 5. Teoría de obstáculos

Fuente: Ananou y col. 2007 adaptado de Leistner, 2000

1.6.1.3. Ácidos Orgánicos y sus sales

Gran variedad de ácidos orgánicos se emplean como aditivos de los alimentos, pero no todos tienen actividad antimicrobiana. Los ácidos orgánicos más utilizados como conservadores son: el ácido acético, láctico, propiónico, sórbico y benzoico (Forsythe S. 2000). Poseen la categoría de generalmente reconocido como seguro (GRAS).

La actividad de los ácidos orgánicos es altamente dependiente del pH y la forma disociada del ácido es la principal responsable de la actividad microbiana (Doyle y col. 2001, Montville y col. 2005), por tal motivo, se debe tomar en consideración tanto el pH del producto como el pK_a para la selección de un ácido orgánico.

Independiente de la estructura de la célula bacteriana, los ácidos orgánicos han demostrado su efectividad en bacterias Gram negativas y Gram positivas, se han descrito diferentes mecanismos de acción de los ácidos orgánicos, de los cuales se pueden mencionar los siguientes; acidificación del medio externo, acción sobre los lípidos y proteínas de la membrana celular, quelación de metales, acción sobre el metabolismo y acidificación del

citoplasma. Sin embargo, el mecanismo de acción más descrito es el de acidificación del citoplasma. Los ácidos orgánicos existen en forma disociada y no disociada. La forma cargada no puede cruzar la membrana y es esencialmente inútil. Es la forma descargada (no disociada) la que se introduce en la bacteria e inhibe su crecimiento. El pH en el cual las concentraciones de ácidos disociados y no disociados son iguales es el pK_a . Debido a que el pH es una escala logarítmica, a 1 unidad de pH superior al pK_a , existen 10 veces menos ácido no disociado y esta baja concentración no es inhibitoria, esta es la razón por la cual los ácidos orgánicos son más efectivos a pH próximos o inferiores a su pK_a . En condiciones normales el ácido no disociado penetra la membrana celular. El pH citoplasmático neutro causa la disociación del ácido, la liberación del protón acidifica el citoplasma. La célula utiliza adenosina trifosfato (ATP) para bombear protones hacia el exterior de la célula lo que termina por agotar la energía celular Figura 6 (Forsythe S. 2000. Doyle y col. 2001, Montville y col. 2005).

Un ácido orgánico muy utilizado en la industria cárnica es el ácido láctico que, en conjunto con sus sales, son empleados para el control del crecimiento de microorganismos que puedan afectar la calidad microbiológica de los productos cárnicos. El ácido láctico puede ser obtenido por vía química o biotecnológica; la producción biotecnológica está basada en la fermentación de sustratos ricos en carbohidratos por bacterias y tiene la ventaja de formar enantiómeros D (-) o L (+), óptimamente activos. Las bacterias que pueden utilizarse para la producción de ácido láctico son pertenecientes a los géneros *Lactobacillus*, *Carnobacterium*, *Leuconostoc*, *Tetragenococcus*.

Las sales del ácido láctico se obtienen a partir de la reacción del ácido láctico con el hidróxido o el carbonato del ion metálico deseado y se comercializan como soluciones líquidas al 50 o 60 %; siendo los lactatos de sodio y potasio los más empleados (Naidu, A. 2000). Los lactatos actúan como bacteriostáticos aumentando la fase de latencia de los microorganismos. Ha existido cierta especulación con respecto a los mecanismos de las sales lactato ya que tienen el mínimo efecto sobre el pH del producto (Doyle y col. 2001).

En general los lactatos tienen un pH neutro. Su aplicación, por tanto, no varía el balance ácido de los elaborados cárnicos; por el contrario, debido a su efecto tampón ayuda a

mantener el pH, y, por tanto, ayuda a reducir la formación de exudados en productos cárnicos cocido.

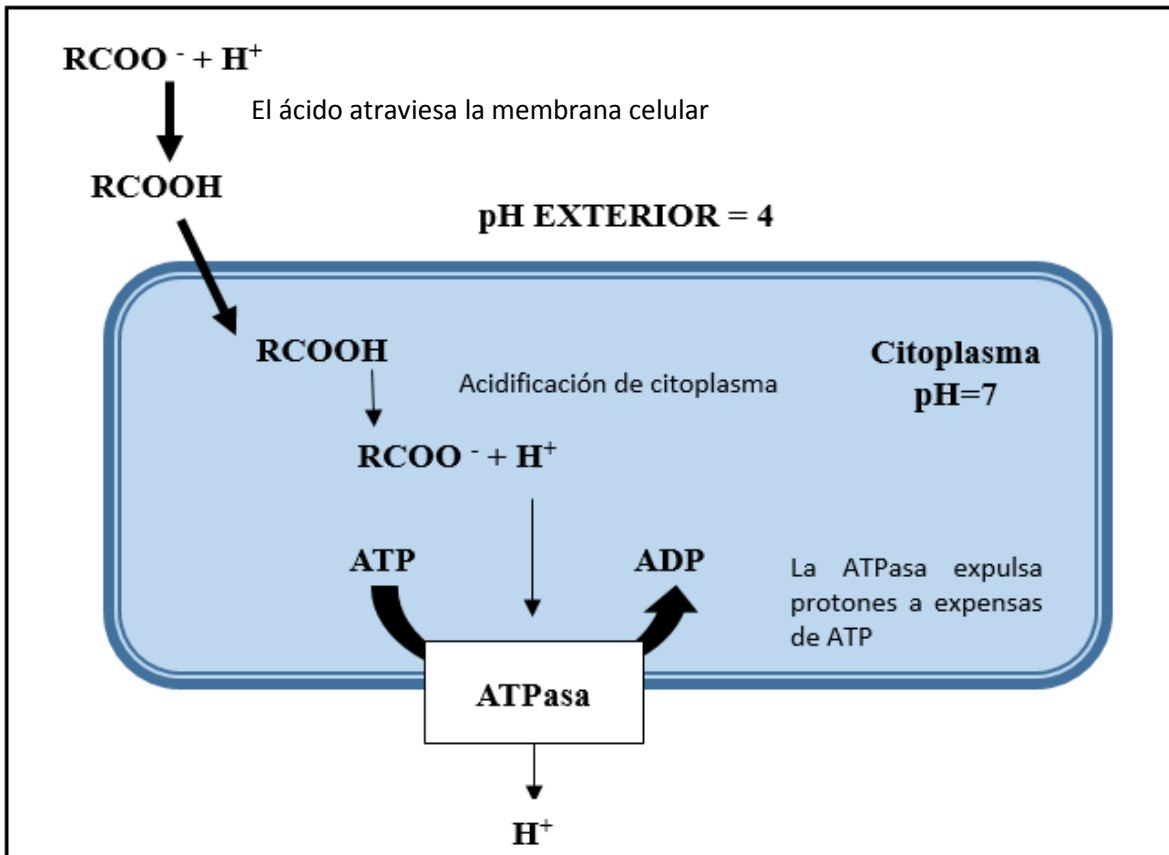


Figura 6. Acción antimicrobiana de ácidos orgánicos

Fuente: Adaptado de: Forsythe S. 2000. Doyle y col. 2001, Montville y col. 2005

1.6.2. Lactato de potasio

El lactato de potasio es una sal del ácido láctico. Actúa como bacteriostático, aumentando la fase de latencia o la fase inactiva de microorganismos (Begoña M. 2007). El lactato de potasio ayuda al control de la proliferación de microorganismos aumentando el tiempo necesario para que los microorganismos comiencen a multiplicarse de forma exponencial. Las investigaciones demuestran que el espectro de acción del lactato es muy amplio: es capaz de inhibir el crecimiento de bacterias gram-positivas y gram-negativas, de la flora alterante y también de patógenos. Estudios sobre la acción específica del lactato señalan

mecanismos que interfieren en el metabolismo de la bacteria. Entre otros, acidificación intercelular, interferencia en la transferencia de protones a través de la membrana celular y sistemas de retroalimentación negativa. Además, el lactato también reduce la actividad del agua. Esta acción antimicrobiana inhibe el crecimiento por extensos períodos de tiempo aumentando la conservación y la inocuidad intrínseca del producto (Toldrá, F. 2010).

CAPITULO. 2. Metodología Experimental

JUSTIFICACIÓN

La calidad sanitaria de los productos cárnicos está condicionada por diversos factores, entre los que destacan las condiciones de manejo de los animales antes, durante y después de la matanza, que pueden ser responsables de riesgos sanitarios, adicionalmente ocurren cambios bioquímicos y actividades autolíticas y degradativas que llevan a la transformación del músculo en carne. Debido a lo anterior la carne es considerada como alimento altamente perecedero, y su vida útil dependerá de las condiciones utilizadas para su conservación.

En la elaboración de productos cárnicos cocidos como el jamón, se aplican una combinación de barreras para el control de microorganismos, que incluyen la adición de distintos ingredientes en la formulación, asimismo la aplicación de temperaturas que reducen y controlan la carga microbiana del producto.

Las nuevas tendencias en las preferencias del consumidor, ha llevado a la comercialización de productos cárnicos cocidos, rebanados, a estos productos el Codex Alimentarius los ha denominado “Listos para su consumo” o “ready to eat”, los cuales regularmente son sometidos a procesos posproducción que aseguran un control sanitario más riguroso.

El Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos, en 1988, aprobó el uso de bacterias acidolácticas, de los ácidos orgánicos que producen, o sus sales, como agentes antimicrobianos en alimentos, como una barrera adicional que permita una mejor calidad sanitaria de los mismos. En este sentido el aumento en la producción de jamones, rebanados, envasados y refrigerados, adicionados con estos agentes antimicrobianos, ha cobrado gran importancia, en la búsqueda de nuevas estrategias de conservación, con mejores efectos sobre la estabilidad microbiológica de estos alimentos.

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo se llevó a cabo con la finalidad de evaluar el efecto que tiene la aplicación de lactato de potasio, en la elaboración de un jamón cocido de cerdo, sobre su calidad microbiológica y fisicoquímica.

2. Metodología Experimental

Hipótesis

Si la adición de 2% y 4% de lactato de potasio a la formulación de un jamón cocido de cerdo tiene efecto sobre la calidad microbiológica y fisicoquímica en rebanadas del mismo jamón, entonces la estabilidad de las rebanadas de jamón almacenadas en cámara de refrigeración (4 °C) aumentará y la calidad sanitaria será tal que cumplirá con las especificaciones respectivas establecidas en la NOM-213 -SSA1-2002

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto que tiene la adición de lactato de potasio en la formulación de un jamón de cerdo rebanado y almacenado en cámara de refrigeración, sobre sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas

2.2. Objetivos particulares

- Evaluar el efecto de la adición de dos concentraciones de lactato de potasio (2% y 4%) sobre el pH y la capacidad de retención de agua (CRA) en rebanadas de jamón cocido de cerdo, para determinar los cambios ocurridos durante su almacenamiento en refrigeración a 4 °C.
- Determinar la calidad sanitaria de rebanadas de jamón de cerdo adicionado con dos concentraciones de lactato de potasio (2% y 4%) y refrigerado a 4 °C, para analizar el efecto antimicrobiano del lactato de potasio sobre la vida útil de las rebanadas de jamón de cerdo.

2.3. Cuadro metodológico

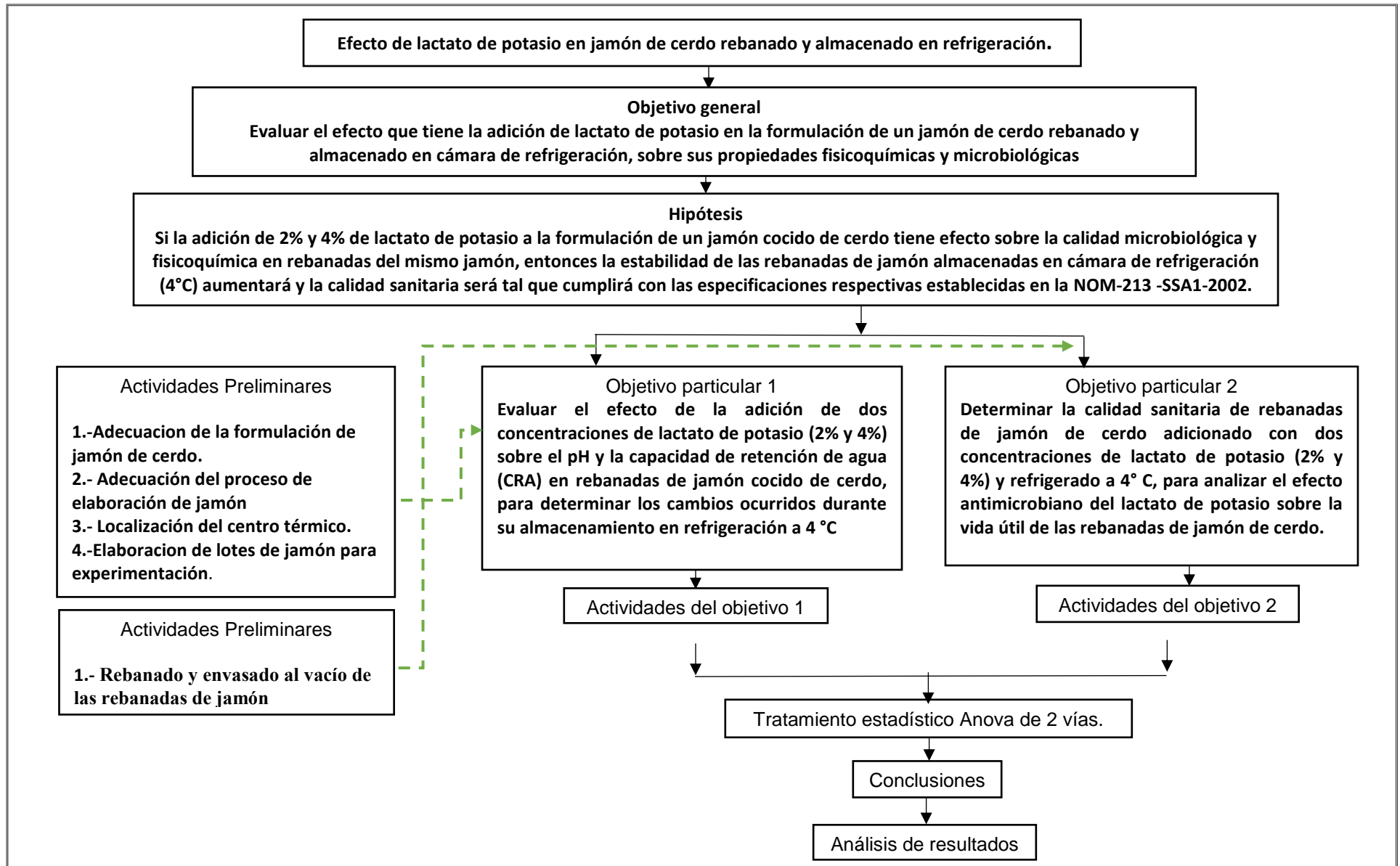


Figura 7. Cuadro metodológico

2.4. Descripción de actividades

- **Obtención de la formulación**

Se estandarizaron las formulaciones que se utilizaron para la elaboración del jamón cocido de cerdo de acuerdo con lo propuesto por Pérez, 2010 y tomando en cuenta los niveles de variación de lactato de potasio añadido a la salmuera; ausencia, 2% y 4 % de lactato de potasio. En el cuadro 9, se presentan las formulaciones que se utilizaron para elaborar los 3 diferentes lotes de jamón cocido de cerdo, con los cuales se llevó acabo la experimentación.

Cuadro 9. Formulaciones de las muestras para análisis

Ingredientes	Ausencia de lactato		2% de Lactato		4% de Lactato	
	%	Base para 520 g	%	Base para 520 g	%	Base para 520 g
Pulpa de cerdo	74	384.8 g	74	384.8 g	74	384.8 g
Agua	22	114.4 g	20	104 g	18	93.6 g
Proteína de soya	0.95	4.94 g	0.95	4.94 g	0.95	4.94 g
Sal común	0.88	4.57 g	0.88	4.57 g	0.88	4.57 g
Fosfato de sodio	0.51	2.65 g	0.51	2.65 g	0.51	2.65 g
Carragenina	0.44	2.28 g	0.44	2.28 g	0.44	2.28 g
Sal cura	0.44	2.28 g	0.44	2.28 g	0.44	2.28 g
Azúcar	0.29	1.50 g	0.29	1.50 g	0.29	1.50 g
Condimentos	0.22	1.14 g	0.22	1.14 g	0.22	1.14 g
Ligador	0.14	0.728 g	0.14	0.728 g	0.14	0.728 g
Antioxidante	0.05	0.26 g	0.05	0.26 g	0.05	0.26 g
Ac. Ascórbico	0.04	0.20 g	0.04	0.20 g	0.04	0.20 g
Glutamato	0.03	0.156 g	0.03	0.156 g	0.03	0.156 g
Colorante	0.01	0.05 g	0.01	0.05 g	0.01	0.05 g
Lactato de potasio			2	10.4 g	4	20.8 g

2.5. Estandarización del proceso de elaboración de jamón cocido de cerdo

Se elaboraron 3 lotes de jamón de acuerdo con los procesos planteados por Pérez, 2010. En la figura 8, se presenta el diagrama de proceso para la elaboración de un jamón cocido de cerdo

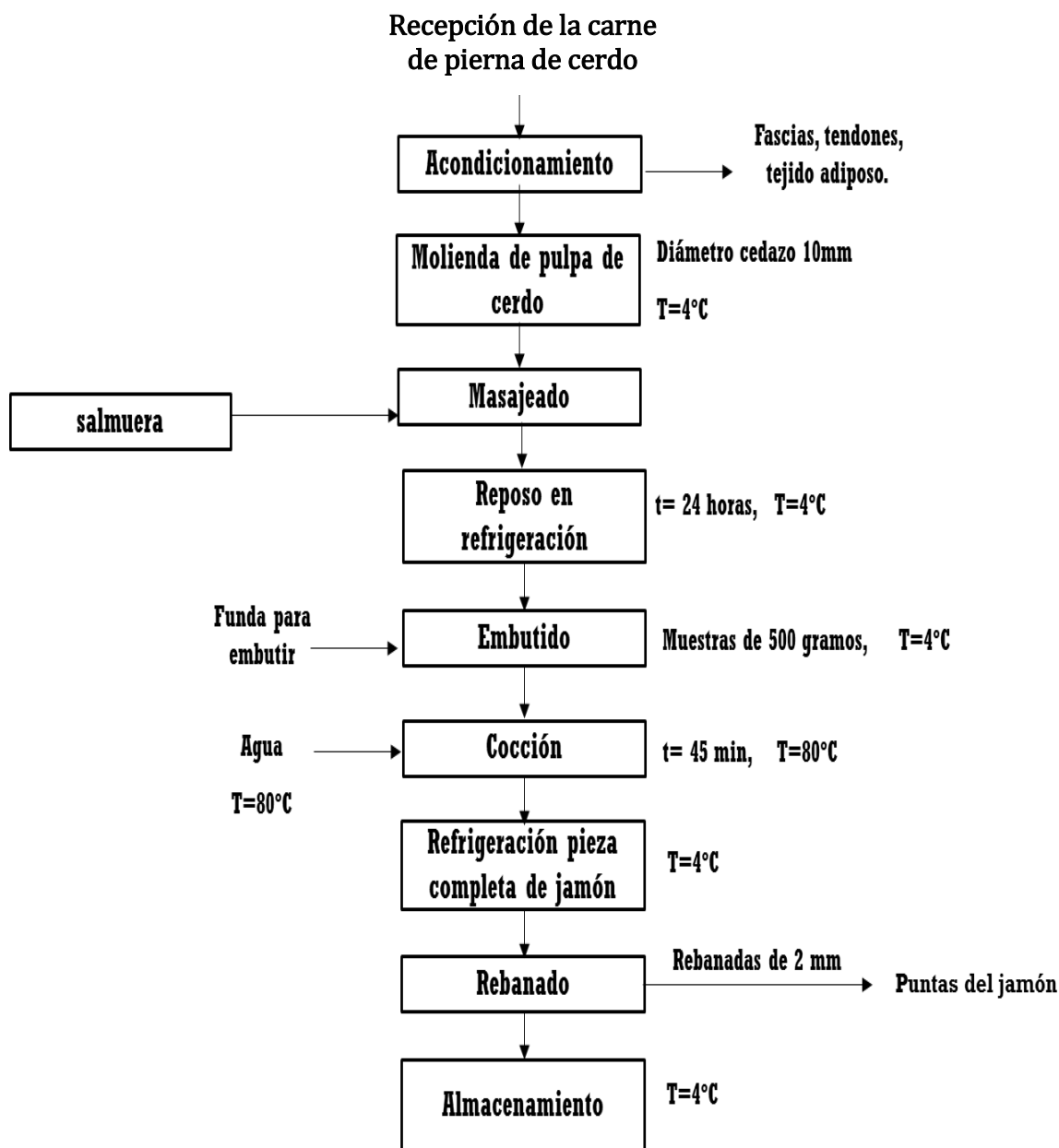


Figura 8. Diagrama de proceso

Se elaboraron los lotes de jamón siguiendo las actividades planteadas en el diagrama de proceso, las cuales se describen a continuación.

a) Acondicionamiento de la materia prima.

Se utilizó carne de las piernas traseras de cerdo a la cual se retiró parte del: tejido adiposo perimuscular, fascias, cartílagos y coágulos de sangre. La limpieza de la carne se realizó de forma manual con cuchillos y tabla para picar carne; posteriormente se mantuvo la pulpa en refrigeración a 4 °C (Figura 9)



Figura 9. Acondicionamiento de la materia prima

b) Molienda de la pulpa de carne de cerdo

La carne de cerdo se cortó en cubos de carne de aproximadamente 3 cm por lado, con el fin de facilitar la molienda. La cual se realizó en un molino TORREY modelo M-12-FS, con un cedazo de 10 mm de diámetro. Tras la molienda la pulpa se mantuvo en refrigeración a 4°C (Figura 10)



Figura 10. Molienda

c) Preparación de la salmuera

Se pesaron los ingredientes según cada lote y formulación para preparar la salmuera, posteriormente se adicionaron a un matraz Erlenmeyer de 200 mL y se homogenizaron con agua ultrapura. Las salmueras se mantuvieron en refrigeración 4°C (Figura 11).



Figura 11. Preparación de la salmuera

d) Adición de salmuera y masajeo de la pulpa de cerdo.

La salmuera se adicionó directamente durante el proceso de masajeo. El masajeo se realizó de forma manual, mediante dos ciclos de masajeo con 20 minutos de masajeo por 15 min de reposo en refrigeración con el fin de mantener la temperatura de la masa cárnica a 4 °C posteriormente se mantuvo en refrigeración por 24 horas (Figura 12).



Figura 12. Masajeo

e) Embutido

Tras un reposo en refrigeración de 24 horas, la pasta cárnica se embutió en fundas de cocimiento directo de 5.75" de ancho plano y se pesaron lotes de 520 g y posteriormente, las muestras de jamón fueron tratadas térmicamente (Figura 13).

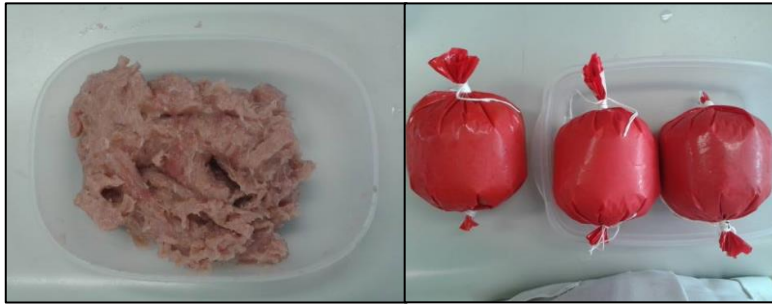


Figura 13. Embutido

f) Tratamiento térmico

Las muestras de jamón se sometieron a un tratamiento térmico por inmersión en agua, hasta alcanzaran una temperatura en el centro térmico de 70 °C (NOM-213-SSA1-2002). (Figura 14). El tiempo de cocción se determinó experimentalmente.



Figura 14. Cocción

g) Enfriamiento y almacenamiento de los jamones

Posteriormente a la cocción, las muestras de jamón fueron sometidas a un proceso de enfriamiento por inmersión en agua a 10 ± 2 °C por 20 minutos (Figura 15). Al finalizar el tratamiento los lotes de jamón se almacenaron en cámara de refrigeración a 4 °C.



Figura 15. Enfriamiento

h) Rebanado de las piezas de los jamones

Se retiraron las fundas de los jamones por lote y se rebanaron las piezas de jamón correspondientes a cada uno de los tratamientos de lactato de potasio en condiciones de asepsia con una rebanadora TORREY modelo RB-300 (Figura 16) en rebanadas de 2 mm de grosor. Previo a su uso, la rebanadora se lavó y se desinfectó con una solución de cloro 200 ppm cada vez que se rebanaba un lote diferente.



Figura 16. Rebanado

i) Envasado de las piezas de jamón de cerdo

Al finalizar el proceso de rebanado, las rebanadas obtenidas para cada tratamiento fueron colocadas en envases Ziploc™ y posteriormente se almacenaron en refrigeración a 4 °C.

2.6. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de las rebanadas de jamón

Las 3 diferentes muestras de jamón rebanado se almacenaron en refrigeración a 4°C durante 5 días, durante este periodo se evaluó pH, capacidad de retención de agua (CRA) en los días 0, 3 y 5.

2.7. Evaluación de la calidad microbiológica

Se evaluó la calidad microbiológica de las muestras de jamón rebanado tras 3 y 5 días de almacenamiento en refrigeración, también se evaluó la calidad microbiológica de las muestras de jamón tras 24 horas del tratamiento térmico y antes de ser rebanado, la evaluación se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita por las Normas Oficiales Mexicanas; NOM-110-SSA1-1994. Preparación y Dilución de Muestras de alimentos para su Análisis Microbiológico. México: Secretaria de Salud, 1994 y NOM-092-SSA1-1994.

Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Las evaluaciones se llevaron a cabo el día de elaboración de las piezas de jamón, pasados 3 y 5 días de almacenamiento a 4 °C de las rebanadas de jamón de cerdo.

a) Preparación del agua peptona al 0.1 %

La preparación del agua peptona al 0.1% se hizo con base en lo planteado por la norma NOM-110-SSA1-1994. En un frasco para esterilizar DURAN® con tapa roscada (Figura 17) con capacidad de 900 mL se añadieron 400 mL de agua destilada y 0.4 g de peptona, se disolvió hasta obtener una solución homogénea. Posteriormente en tubos de ensayo de 16 x 150 mm con tapón de rosca, se vertieron 9 mL de agua peptonada al 0.1 % en cada uno, hasta completar 6 diluciones decimales. Finalizado el proceso anterior se esterilizó el frasco y los tubos de ensayo por 15 min a 121 ± 1 °C y 15 lb/in². Terminado el proceso de esterilización el frasco y los tubos que contienen la solución 0.1% de agua peptonada se colocaron en una campana de flujo laminar, con el fin de evitar una contaminación y promover un manejo higiénico del material y los reactivos.



Figura 17. Frasco de vidrio DURAN®

b) Preparación del Medio de cultivo: Agar-Triptona- Extracto de levadura

La preparación del medio de cultivo se hizo con base en lo planteado por la norma NOM-092-SSA1-1994. En un frasco para esterilizar marca DURAN® con capacidad de 900 mL se añadieron 400 mL de agua destilada, 2 g de bactotriptona, 1 g de extracto de levadura, 0.4 g de dextros anhidra y 6 g de agar bacteriológico, los reactivos se disolvieron mediante agitación constante hasta obtener una solución homogénea y translúcida. Posteriormente se esterilizó el medio de cultivo por 15 min a 121 ± 1 °C y 15 lb/in². Al finalizar el proceso de

esterilización el medio de cultivo se colocó en una campana de flujo laminar y se trasvasó a un frasco DURAN® con tapa roscada con capacidad de 200 mL, con el fin de tener un mejor manejo del medio de cultivo (Figura 18).



Figura 18. Preparación del cultivo

c) Esterilización de material

En la autoclave se colocaron 2 cajas de puntas para micropipeta de 1 mL envueltas en papel aluminio, una probeta graduada de 100 mL y cajas petri, previamente envueltas en papel para evitar mojarlas. Los materiales se esterilizaron por 20 min a 121 ± 1 °C y 15 lb/in².

d) Preparación de la dilución primaria (Preparación de la muestra)

Los cuchillos, vidrios de reloj, pinzas, recipientes, vasos, tapas y aspas de licuadora necesarios para la preparación de la muestra se lavaron y se desinfectaron sumergiéndolos durante 30 minutos en una solución de cloro a 200 ppm. Posteriormente, dentro la campana de flujo laminar y con material estéril se pesaron 10 g de muestra, se adicionaron al vaso de licuadora con 90 mL de agua peptona estéril, se licuó por 1 minuto hasta obtener una suspensión homogénea y se dejó reposar permitiendo que las partículas grandes se sedimentaran.

e) Sembrado en profundidad

Después de que las partículas grandes de la dilución primaria se sedimentaron se prepararon 6 diluciones decimales, transfiriendo 1 mL de la dilución primaria a un tubo de ensayo que contenía 9 mL de agua peptona estéril.

Las cajas petri estériles, marcadas con los datos correspondientes, se distribuyeron bajo la campana de flujo laminar de manera que la inoculación, la adición de medio de cultivo y la homogenización, se pudieron realizar cómoda y libremente. Posteriormente se colocó 1 mL de cada dilución decimal en las cajas petri, hasta completar 6 diluciones; se adicionó de 12 a 15 ml del medio preparado (agar-triptona- extracto de lavadura), se mezcló mediante 6 movimientos, aplicados a cada caja ordenada, 6 de derecha a izquierda, 6 en el sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de atrás a adelante, sobre una superficie lisa y horizontal hasta que se logró una completa incorporación del inóculo en el medio, cuidando que el medio no mojara la cubierta de las cajas. Enseguida las cajas se dejaron solidificar. El tiempo transcurrido desde el momento en que la muestra se incorporó al diluyente hasta que finalmente se adicionó el medio de cultivo a las cajas, no excedió los 20 minutos.

Las cajas se incubaron invertidas durante 48 ± 2 h a $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Todo lo anterior se realizó por duplicado.

f) Conteo de microorganismos

El conteo de mesófilos aerobios se realizó con base en lo planteado por la NOM-092-SSA1-1994. Se utilizó un contador de colonias de campo oscuro (Figura 19), el cual cuenta con una luz de contraste, una placa de cristal cuadrículada y un lente amplificador. Se utilizaron solo las placas representativas, aquella que contenían entre 25 y 250 colonias, se calculó el número de microorganismos por g de muestra, multiplicando el número de colonias por el inverso de la dilución correspondiente (factor de dilución).

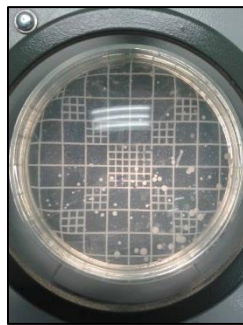


Figura 19. Conteo de microorganismos

g) Medición de pH

La determinación de pH se realizó con un potenciómetro OAKTON pH Meter, modelo ELI-030 (Figura 20) siguiendo la metodología planteada por AOAC 943.02. El electrodo de inmersión se ajustó, usando 2 soluciones buffer, una con un valor de pH 4 y otra con un pH de 7, la lectura fue directa, la temperatura se mantuvo constante durante la prueba a 25 °C. Se llevaron a cabo 3 repeticiones por tratamiento. Esto se llevó a cabo para todos los tratamientos.



Figura 20. Medición de pH

h) Medición de la capacidad de retención de agua (CRA)

La determinación de la CRA se realizó con una centrifuga CENTURION SCIENTIFIC LTD, modelo K20110R (Figura 21) siguiendo la metodología que se describe en el trabajo recopilatorio de Honikel, 1996. Para iniciar la prueba, primero se programó la centrifuga con las condiciones planteadas por la metodología. Posteriormente se pesaron 5 g de muestra que se colocaron en tubos para centrifugar, con 8 mL de una solución 0.6 M de NaCl y se dejaron reposar en un baño de agua helada, con el fin de reducir la temperatura de la muestra. Seguido de este proceso, se colocaron en la centrifuga y se centrifugaron por media hora a 6000 rpm. Una vez finalizado el proceso de centrifugación se procedió a medir el volumen de sobrenadante de las muestras y se procedió a calcular la capacidad de retención de agua CRA. Los resultados se expresan como la cantidad de mililitros de solución de NaCl 0.6M retenidos.



Figura 21. Medición de la CRA

Cálculos

$$\% \text{ CRA} = \frac{(\text{Vol. de solución de NaCl } 0.6 \text{ M}) - (\text{Vol. de sobrenadante})}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

CAPITULO. 3.- Resultados y análisis

3. Resultados y análisis de resultados

3.1. Resultados de pH

En el cuadro 10 se presentan los valores de pH correspondientes a cada uno de los tres tratamientos, obtenidos durante la experimentación los días 0, 3, y 5.

Cuadro 10. Datos de pH

Día	Concentración De lactato de potasio	Repetición			Promedio	σ	CV (%)
		1	2	3			
0	0	6.50	6.60	6.60	6.57	0.06	0.88
	2%	6.90	6.90	6.93	6.91	0.02	0.25
	4%	6.96	6.96	6.94	6.95	0.01	0.17
3	0	6.69	6.70	6.70	6.70	0.01	0.09
	2%	6.94	6.93	6.93	6.93	0.01	0.08
	4%	7.00	6.94	6.96	6.97	0.03	0.44
5	0	6.76	6.86	6.84	6.82	0.05	0.78
	2%	6.96	6.96	6.98	6.97	0.01	0.17
	4%	7.20	6.98	6.98	7.05	0.13	1.80

En la figura 22 se muestran los resultados del análisis estadístico ANOVA de dos vías obtenido mediante el programa Minitab 16

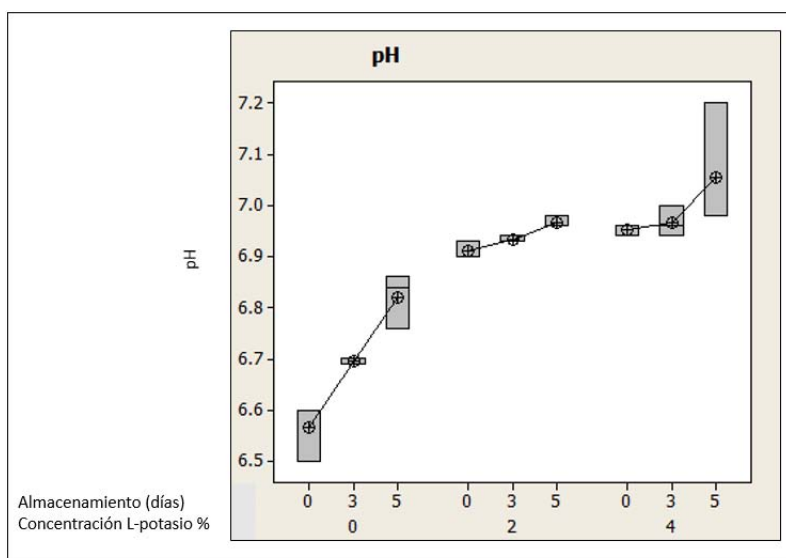


Figura 22. Anova de dos vías para el pH en función del tiempo de almacenamiento y el % de lactato de potasio

Con los datos obtenidos se llevó a cabo un análisis estadístico, ANOVA de dos vías con un nivel de significancia del 5%, para evaluar el efecto que tienen los tratamientos y el almacenamiento en refrigeración sobre el pH de las rebanadas de jamón cocido de cerdo, para este análisis estadístico los tratamientos corresponden a los niveles de variación de lactato de potasio; control (Ausencia de lactato), 2 % y 4 %, los bloques corresponden al tiempo de almacenamiento en refrigeración en días.

Como se puede observar en la figura 22, los valores de pH sufrieron un cambio significativo con respecto al tipo de tratamiento: ausencia, 2% y 4% de lactato de potasio ($P < 0.05$) y el tiempo de almacenamiento en refrigeración: 0, 3 y 5 días ($P < 0.05$), en la figura 22 se puede observar una tendencia ascendente de los valores de pH, con respecto al tiempo de almacenamiento en refrigeración, valores que concuerdan con los obtenidos por García y col. 2000, los cuales presentaron una tendencia similar. Vaquero, 2013 expone que las variaciones de los valores de pH se deben principalmente a los cambios conformacionales en las proteínas cárnicas, en donde la cocción y la adición de fosfatos condicionan de manera significativa el pH final del producto.

Los fosfatos (alcalinos) actúan elevando el pH del medio, alejándolo del punto isoeléctrico de las proteínas de la carne, lo cual reduce la interacción de las moléculas de proteína entre ellas, y coopera a disociar el complejo actina-miosina. Durante la cocción, las proteínas cárnicas se desnaturalizan, produciendo cambios conformacionales que implican un incremento del pH (Vaquero M. 2013). Debido a que los grupos carboxilo quedan libres y a que tiene una liberación de iones Mg^{2+} y Ca^{2+} . García. y col. (2000). encontraron que el pH de la carne como materia prima está relacionado con el pH final de jamones cocidos de cerdo. En músculos con pH bajos posterior al sacrificio, existe una disminución notoria en la capacidad del sistema cárnico para mantener estable el pH lo que afectará en las propiedades fisicoquímicas en el producto final. En cuanto a la adición de lactato de potasio Rodríguez, 2005, citado por Begoña M. 2007, expone que los lactatos tienen un pH cercano a la neutralidad lo que propiciaría un aumento en el pH del jamón cocido.

3.2. Resultados de la CRA

El cuadro 11 muestra los valores obtenidos durante la experimentación los días 0, 3, y 5 de CRA correspondientes a cada uno de los tres tratamientos,

Cuadro 11. Datos de CRA

Día	% Lactato	% CRA	σ	CV(%)
0	0	10	0.000	0.000
	2%	6	0.000	0.000
	4%	10	0.000	0.000
3	0	9.5	0.707	7.443
	2%	12	0.000	0.000
	4%	20	0.000	0.000
5	0	6	0.000	0.000
	2%	17	1.414	8.319
	4%	20	0.000	0.000

Con los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico, ANOVA de dos vías con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$), para evaluar el efecto que tuvieron los tratamientos y el almacenamiento en refrigeración sobre la CRA en las rebanadas de jamón cocido de cerdo, para este análisis estadístico los tratamientos correspondieron a los niveles de variación de lactato de potasio, los bloques al tiempo de almacenamiento en refrigeración. En la figura 23 se observan los resultados obtenidos del análisis estadístico realizado con el programa Minitab 16.

Como se puede observar en la figura 23, los valores de la CRA de la muestra control disminuyen con respecto al tiempo de almacenamiento en refrigeración a 4 °C. En cambio, los valores de CRA para las muestras con 2% y 4% de lactato de potasio presentaron una tendencia ascendente, por lo que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos y los días de almacenamiento ($P < 0.05$).

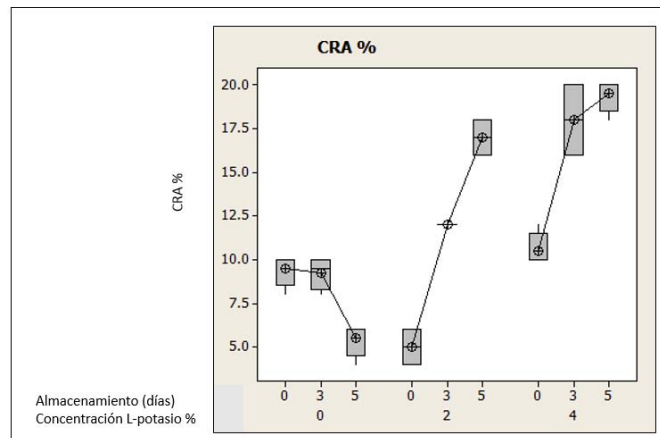


Figura 23. Anova de dos vías para la CRA en función del tiempo de almacenamiento y el % de lactato de potasio

La prueba de capacidad de retención de agua consiste en poner a prueba la capacidad de los ingredientes para formar un sistema estable, para esto se utiliza la fuerza centrífuga, que debe ser lo suficientemente alta para presionar fuera el agua que no está interaccionando y lo suficientemente baja como para no destruir el gel interno (Honikel, 1996).

El tratamiento térmico y la presencia de fosfatos alcalinos en la formulación de estos, influyen de manera significativa en la estabilidad de los valores de CRA en productos cárnicos cocidos (García J. y col. 2000. Vaquero M. 2013., Andujar G. y col. 2013). Las proteínas miofibrilares sufren una desnaturalización por el efecto del calor lo que conlleva una disminución de los espacios intercelulares, una compactación de las fibras desnaturalizadas y la formación de una red tridimensional capaz de retener agua. (Josep L. 2011). La acción de los fosfatos alcalinos es la de elevar el valor del pH y la fuerza iónica, así como en un intercambio específico con la proteína muscular fibrilar. Los fosfatos simulan el efecto del ATP y son capaces de romper los puentes entre los filamentos de actina y miosina produciendo un desplazamiento del punto isoeléctrico hacia un pH más bajo, desaparecen algunas cargas positivas que determinan la repulsión de los filamentos dejando más espacio a las moléculas de agua (Andujar G. y col. 2013).

Los datos obtenidos concuerdan con lo expuesto por García J. y col. 2000. y Andujar G. y col. 2013., los cuales encontraron que la adición de sales afecta también el número total y

relativo de grupos cargados de los filamentos, provocando que el pH se encuentre en un lado alcalino del punto isoelectrico.

3.3. Resultados de la Evaluación de la calidad microbiológica

El cuadro 12 muestra los resultados de la evaluación microbiológica del producto terminado antes de ser rebanado, cabe resaltar que esta evaluación microbiológica se llevó a cabo después de 24 horas del tratamiento térmico y a 48 horas de la adición de lactato de potasio.

Cuadro 12. Cuenta de mosófilos aerobios en el producto terminado

Día	Formulación	Diluciones			log UFC/g
		1/10	1/100	1/1000	
0	Control	72	5	0	55×10^1
		40	14	0	
	2%	41	0	0	40×10^1
		30	0	0	
	4%	25	0	0	27.5×10^1
		30	0	0	

La contaminación final de un producto cárnico, como es el caso del jamón cocido, es el resultado del crecimiento de microorganismos alterantes y/o patógenos, durante su vida útil. Estos microorganismos provienen de las materias primas contaminadas y que han sobrevivido al proceso de producción o que han sido introducidos durante el proceso por malas prácticas. Begoña M. (2007) y Leistner L. (2000) exponen que las condiciones de producción, así como los parámetros fisicoquímicos como: temperatura, pH, a_w , composición química, además de los aditivos utilizados en la producción; constituyen barreras que limitan el crecimiento de los microorganismos. En la industria cárnica se busca el uso de estos factores de una manera inteligente e intencional a fin de obtener el máximo beneficio; en este sentido se puede verificar en el cuadro 12 que tanto los ingredientes utilizados, como el tratamiento térmico y la adición de lactato de potasio fungen como barreras que limitan el desarrollo de microorganismos en el producto terminado, corroborando lo anterior con los estudios hechos por Sofos (2005), Ananou S. y col. (2007), Sánchez A. y col. (2008), Bacon y col. (2000) y Toldrá, (2009), los cuales han

demostrado que el uso ordenado de múltiples factores durante el proceso de producción propicia una mayor calidad sanitaria en productos cárnicos. En primera instancia los ingredientes que se utilizan para la elaboración del jamón cocido constituyen una barrera que colabora en el control del crecimiento de microorganismos durante el proceso de producción, ejemplo de esto es la concentración de sal adicionada en la formulación, que ayuda en el control del desarrollo de microorganismos (Tarté R. 2009), por otro lado, los fosfatos alcalinos participan en la quelación de cationes divalentes, como níquel, cobalto, cobre y zinc, lo que hace que disminuya la actividad de estos cationes como coenzimas en la cadena respiratoria de las bacterias y en la estructura de sus membranas celulares, lo que inhibe el crecimiento microbiano (Bourgeois, 2000, Tarté, 2009), los nitritos en cambio, presentan un importante efecto antimicrobiano contra el crecimiento de bacterias anaerobias como *Clostridium botulinum*, además de que contribuye en el control de microorganismos como *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas spp.*, *Escherichia Coli* y otros coliformes (Sebranek y col. 2007). La efectividad de estos aditivos como barreras para el control del desarrollo microbiano depende de diversas variables como lo son: concentración, pH, temperatura, potencial de óxido reducción, dichas variables pueden contribuir a potenciar o anular su capacidad (Prandl y col. 1994). El tratamiento térmico al que se somete este tipo de productos también constituye una barrera de suma importancia, la cual permite la reducción y/o control de microorganismos alterantes y/o patógenos, los bacilos gram-negativos son los microorganismos más sensibles a las altas temperaturas seguidos de los bacilos y cocos gram-positivos (ICMSF, 1985). La normatividad mexicana NOM-213-SSA1-2002 en su apartado 5.2.1 expone los límites máximos permitidos para microorganismos en productos cárnicos cocidos, para lo cual; en planta, solo se permiten un máximo de 1×10^4 UFC/g, lo que concuerda con los resultados expuestos en el cuadro 12, sugiriendo una buena acción de barreras del tratamiento térmico y los ingredientes utilizados para este producto, permitiéndose así una calidad sanitaria aceptable de las piezas enteras de jamón cocido antes de ser sometido a un proceso de rebanado y almacenamiento en refrigeración.

El jamón cocido es un alimento cárnico sometido a un riguroso proceso de producción, si el proceso es llevado a cabo con los controles adecuados se puede garantizar, en primera instancia, la seguridad sanitaria del mismo; sin embargo, cualquier operación posterior a su producción como reenvasado, rebanado y almacenamiento en refrigeración, en donde no se lleven los controles adecuados, puede aumentar los riesgos de contaminación por la manipulación, microorganismos procedentes del entorno o equipo de operación. Una de las operaciones habituales en este tipo de productos es el rebanado, operación que puede representar una recontaminación alcanzando niveles de entre 10^1 a 10^3 UFC/g de una flora adaptada al frío como *Lactobacillus*, bacilos psicrotrofos gram-negativos y enterobacterias mesófilas (ICMSF, 1985), aunado a lo anterior el tratamiento por el calor disminuye la cantidad de nitrito del producto final en un 50% del nitrito original, además de que la concentración de sal disminuirá al reducir el contenido acuoso del producto, lo que hace a las rebanadas de jamón un medio idóneo para el desarrollo de microorganismos alterantes. En este sentido se evaluó el efecto de la adición de lactato de potasio como bacteriostático a rebanadas de jamón cocido de cerdo tras 3 y 5 días de almacenamiento en refrigeración a 4 °C, los resultados de la evaluación microbiológica se exponen en la tabla 13.

Cuadro 13. Cuenta de mosófilos aerobios en rebanadas de jamón cocido de cerdo tras 3 y 5 días en refrigeración a 4 °C

Día	Formulación	Diluciones			log UFC/g
		1/10	1/100	1/1000	
3	control	> 250	150	25	22×10^3
		> 250	155	31	
	2%	248	108	25	10×10^3
		242	116	10	
	4%	203	104	3	5.8×10^3
		214	84	13	
5	control	> 250	> 250	> 250	1×10^5
		> 250	> 250	> 250	
	2%	> 250	260	100	6.3×10^4
		> 250	220	102	
	4%	> 250	170	88	4.5×10^4
		> 250	208	50	

Con los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico, ANOVA con un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$), para evaluar el efecto que tienen los tratamientos y el almacenamiento en refrigeración sobre el conteo de microorganismos mesófilos aerobios en las rebanadas de jamón cocido de cerdo, para este análisis estadístico los tratamientos corresponden a los niveles de variación de lactato de potasio; control (ausencia de lactato), 2% y 4%, los bloques corresponden al tiempo de almacenamiento en refrigeración. Cabe aclarar que se llevó a cabo una evaluación microbiológica a las muestras de jamón cocido antes de ser sometido a un proceso de rebanado, los datos de esta evaluación se incluyeron en el análisis solo como una referencia que permitiera visualizar el desarrollo de los microorganismos antes y después del proceso de rebanado. En la figura 24 se observan los resultados obtenidos del análisis estadístico realizado con el programa Minitab 16.

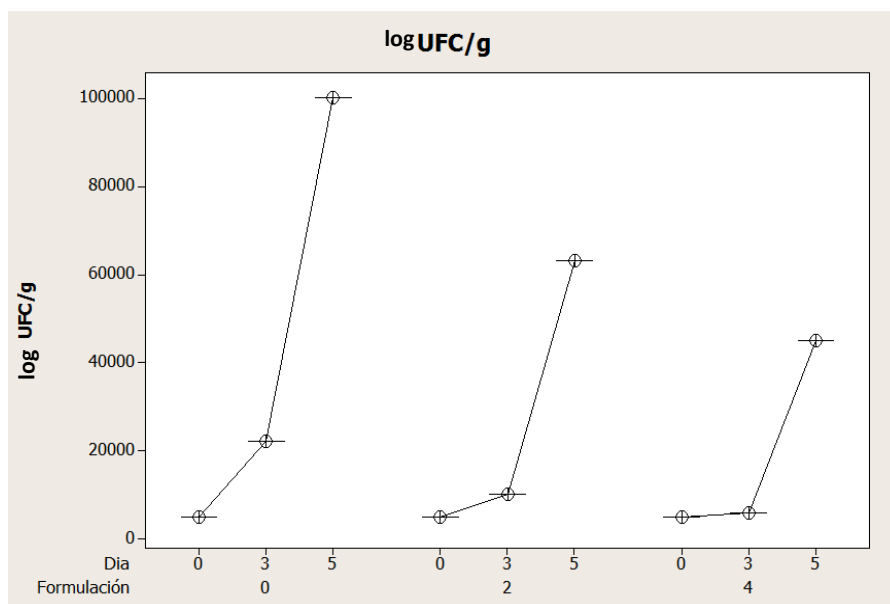


Figura 24. Anova de dos vías para las UFC con respecto de los días de almacenamiento y el % de lactato de potasio

En la figura 24 se observa que los tratamientos presentaron una tendencia similar en diferentes proporciones, el tratamiento con 4% de lactato de potasio presentó un incremento del día 3 al día 5 de 4.4×10^4 UFC/g cifra que cumple con el límite estipulado por la normatividad mexicana que expone un límite máximo de 6×10^4 (NOM-213-SSA1-2002).

La muestra con 2% de lactato presentó un incremento de 6×10^4 UFC/g mientras que la muestra con ausencia de lactato de potasio presentó un aumento de 9.9×10^4 UFC/g, esto indica que entre los días 3 y 5 existió una diferencia significativa ($P < 0.05$), con respecto a las diferentes concentraciones de lactato y la muestra control. Diversos autores han descrito los efectos antimicrobianos del lactato de potasio añadido a productos cárnicos (Espinoza, E. y col. 2010, Choi Y. y col. 2013, Uribe M. 2009, Mellefont, L. y col. 2007). Se ha reportado que cantidades de lactato de potasio entre 1 y 4% inhibieron el crecimiento de microorganismos en productos cárnicos refrigerados (Uribe M. 2009, Mellefont, L. y col. 2007. Begoña M. 2007, FSIS/USDA, 2000). En relación con el crecimiento de microorganismos con respecto a las muestras de jamón antes del proceso de rebanado y envasado se observa que para el día 3 existe una diferencia de alrededor de 22,000 UFC/g con respecto a las muestra con ausencia de lactato de potasio, sin embargo para la muestra con 2 % de lactato de potasio se observa una diferencia de alrededor de 10,000 UFC/g mientras que para las muestras con 4 % de lactato de potasio la diferencia es de apenas 5,000 UFC/g, la ICMSF, (1985) describe que la contaminación en productos cárnicos que se manipulan después del tratamiento térmico puede llegar a ser de 2 veces el número de UFC/g por día a una temperatura de 5 °C, lo que sugiere que la adición de lactato de potasio en conjunto con el contenido de nitrito y sal permite limitar el crecimiento de microorganismos en los primeros días de almacenamiento de las rebanadas de jamón, estableciéndose un efecto de barreras que evitan la rápida proliferación de microorganismos, datos muy similares obtuvo Kreyenschmit y col. (2009), que indicaron recuentos totales entre 1.8 y 2.6 log UFC en jamón cocido lonchado y envasado, al comienzo del almacenamiento.

En la figura 25 se observa la tendencia de los diferentes tratamientos a lo largo de los días de almacenamiento en refrigeración.

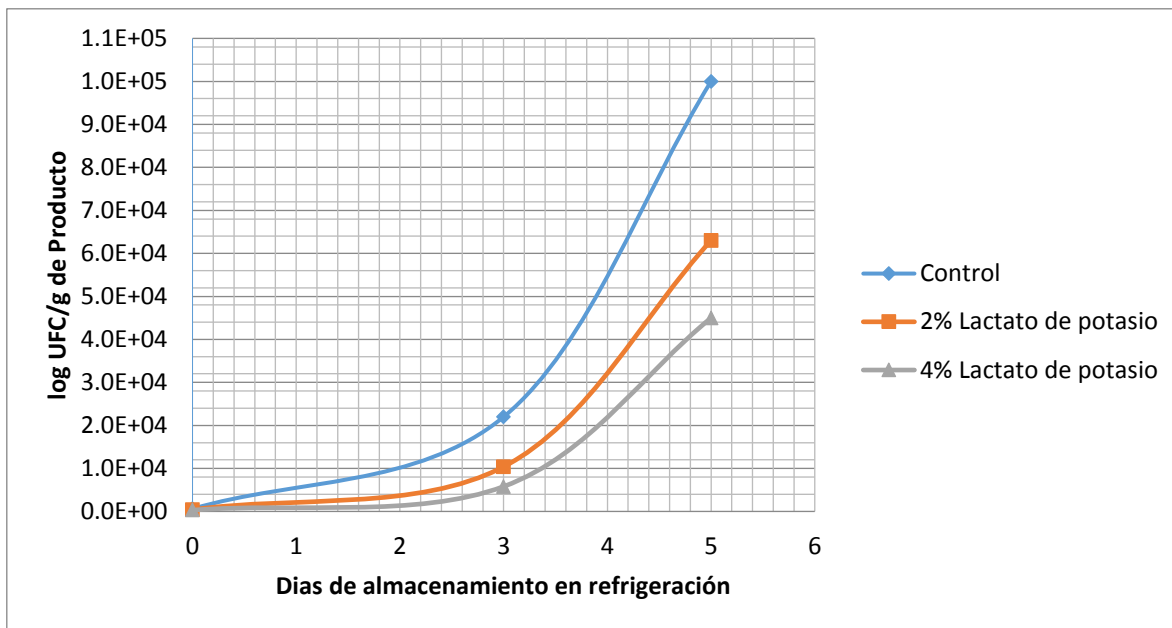


Figura 25. log UFC/g para mesófilos aerobios en rebanadas de jamón cocido durante 5 días de almacenamiento a 4°C.

Como ya se ha revisado, las características fisicoquímicas de productos cárnicos, tales como el jamón cocido, son compatibles con el crecimiento de bacterias patógenas y alterantes, que pueden proliferar a temperaturas de refrigeración durante la vida útil del producto. (Samelis y col 1998) citado por Begoña M. 2007 describieron a *Lactobacillus sakei* y *Leuconostoc mesenteroides*. provenientes de la recontaminación del lonchado, como principales agentes causantes de deterioro en jamón cocido almacenado en refrigeración. En este sentido la acción bacteriostática del lactato de potasio en las rebanadas de jamón es de suma importancia. Los mecanismos de acción del lactato de potasio sobre los microorganismos aun no son claros, sin embargo, se les atribuyen a mecanismos que interfieren con el metabolismo de las bacterias, tales como la acidificación intracelular y la interferencia de la transferencia de protones a través de la membrana celular. Esta acción antimicrobiana suprime el crecimiento por períodos de tiempo extendidos, asegurando una vida útil más larga y una mayor seguridad del producto (Uribe M. 2009. Begoña M. 2007, Naidu A. 2000). A diferencia del ácido láctico que necesita de un medio

ácido para desarrollar su máxima capacidad antimicrobiana por la necesidad de mantener una forma no disociada, las sales del ácido láctico se encuentran totalmente no disociadas, por lo que el pH del medio no afecta su capacidad antimicrobiana, por lo tanto este aumento de la permeabilidad de la membrana celular para la forma no disociada de las sales del ácido láctico, como lo son el lactato de potasio y de sodio a valores de pH superiores puede ser un factor importante en la comprensión de la actividad antimicrobiana de las sales del lactato en medios con tendencia a la neutralidad (Deulieghere y col. 2000).

3.4. Conclusiones

- Los valores pH varían con respecto al tipo de tratamiento y el tiempo de almacenamiento, las muestras con 4% y 2% de lactato de potasio presentaron un aumento del valor del pH y una diferencia significativa con respecto al control ($P < 0.05$).
- Los valores de CRA fueron mayores al 10% presentándose un aumento significativo ($P < 0.05$) en las muestras que se añadió 4 y 2 % de Lact. - de K^+ , lo que pone de manifiesto la habilidad del Lact. - de K^+ para promover la estabilidad en el sistema, permitiendo una estabilidad del pH y la CRA a lo largo del almacenamiento, concluyendo que las mejores propiedades fisicoquímicas se lograron con la adición de 4% de Lact. - de K^+ .
- La adición de Lact. - de K^+ en la formulación del jamón cocido de cerdo favoreció la estabilidad microbiológica de las rebanadas de jamón tras 3 y 5 días de almacenamiento en refrigeración; presentándose una diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$) durante el almacenamiento a 4 °C, concluyendo que la muestra tratada con 4% de Lact. - de K^+ fue la única en este estudio que logró cumplir con las características de calidad sanitaria que plantea la norma NOM-213-SSA1-2000, en su numeral 5.2.1 en planta.
- La adición de diferentes concentraciones de Lact. - de K^+ mantuvo el control del pH en las rebanadas de jamón almacenadas en refrigeración, evitando descensos o variaciones con respecto de los tratamientos lo que demuestra la capacidad de este compuesto para controlar la proliferación de bacterias ácido lácticas, en su mayoría mesófilas aerobias, principales causantes del deterioro de las características de calidad del jamón cocido de cerdo.
- La adición de 2% y 4% de Lact. - de K^+ a la formulación del jamón cocido de cerdo, ayudo a mantener una mejor calidad de las características de CRA, pH y microbiológicas, ya que al aumentar la concentración de Lact. - de K^+ aumento la CRA, el pH se mantuvo estable a lo largo del tiempo de almacenamiento. En cuanto a los UFC/g de microorganismos mesófilos aerobios, al aumentar la concentración de Lact. - de K^+ la carga microbiana (UFC/g) disminuyó significativamente, presentando los

mejores resultados al adicionar 2 y 4 % de Lact. - de K^+ . En conclusión, la muestra que presentó los mejores resultados, tanto fisicoquímicos como microbiológicos fue la adicionada con 4% de Lact. - de K^+ .

Literatura citada

- Ananou S., Maqueda M., Martinez M., Valdivia E. (2007). Biopreservation, an ecological approach to improve the safety and shelf-life of foods. *Communicating Current Research and Educational Topics and Trends in Applied Microbiology. 1*
- Andújar, G., Pérez D., Venegas O. (2013). Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos. Editorial Universitaria. Cuba. 125 pág.
- Bacon, R. T., Belk, K. E., Sofos, J. N., Clayton, R. P., Reagan, J. O., & Smith, G. C. (2000). Microbial populations on animal hides and beef carcasses at different stages of slaughter in plants employing multiple-sequential interventions for decontamination. *Journal of Food Protection*, 63(8), 1080-1086.
- Badui S. (2006). Química de los alimentos. (4ª ed.). Ed. Pearson Educación de México, S.A. de C.V, 736p.
- Bazan E. (2008). Nitritos y Nitratos: su uso, control y alternativas en embutidos cárnicos. *Nacameh*. 2(2):160-187.
- Begoña M. (2007). Mejoramiento de la seguridad alimentaria en productos cárnicos listos para el consumo mediante la aplicación combinada de tecnologías de conservación emergentes. Tesis Doctoral. Ciencias Experimentales y de la Salud. Universidad de Girona. España
- Begoña M., Jofré A., Aymerych T., Monfort J., Garriga M. (2008). Combined effect of natural antimicrobials and high pressure processing to prevent *Listeria monocytogenes* growth after a cold chain break during storage of cooked ham. *Food Control*. 19(1)76-81.
- Bello, J. (2008). Jamón curado: Aspectos científicos y tecnológicos. España: Editorial Días de Santos.
- Bourgeois C. M. (2000). Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias. Zaragoza, España: Acribia, S.A.

- Burgos M. J., Lucas R., López M.C., Pérez R., Gálvez A. 2011. Bioconservación de alimentos cárnicos. *Anales - 24* (1). Real academia de ciencias veterinarias de Andalucía Oriental.
- Carrillo L. (2003). Vida y Muerte de los Microorganismos. Departamento de microbiología agrícola: Argentina.
- Chenoll E., Macian MC, Elizaquivel P, Aznar R (2007). Lactic acid bacteria associated with vacuum-packaged cooked-meat product spoilage: population analysis by rDNA-based methods. *Journal of Applied Microbiology* 102, 498-508.
- Choi Y., Jung K., Jo H, Nam K., Choe J., Rhee M, Kim B. (2014). Combined effects of potassium lactate and calcium ascorbate as sodium chloride substitutes on the physicochemical and sensory characteristics of low-sodium frankfurter sausage. *Meat Science* 96, 21–25
- Davidson M., Sofos J., Branen A. (2005). Antimicrobials in Food. 3rd ed. EUA: Ed. Taylor & Francis Group, 706p.
- De la fuente M., Barboza E. (2010). Inocuidad y Bioconservación de Alimentos. *Acta Universitaria* 20, 43-52.
- Doyle M., Beuchat L., & Montville T. (2001). *Microbiología de Alimentos: Fundamentos y Fronteras*. España, Ed: Acribia.
- Espinoza E., Hernández Y. (2010). Efecto de tres niveles de cloruro de sodio y dos de lactato de potasio en las características sensoriales y microbiológicas de tres productos cárnicos. Tesis de Ingeniería en Agroindustrias Alimentarias. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.
- Forsythe S. (2000). The microbiology of Safe Food. 1st ed. Blackwell Science Ltd. Oxford pp. 32-34
- García J.A., Ruiz C.I., Ortega J.A., Núñez F.A. (2000). Efecto de la materia prima y de las características del proceso en la calidad del jamón cocido. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.* 15 (1-2).

- García, G. I. (2006). Métodos para incrementar la capacidad de retención de agua de la carne en la elaboración de productos. Tesis. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- González, H., Héctor, S., Martínez, O. (2009). Análisis estructural de la carne de jamón durante el proceso de cocción y temperatura de almacenamiento. *Revista MVZ Córdoba* 14(3), 1803-1811.
- Grande M. J., Lucas R., López M. C., Pérez R., Gálvez A. (2011). Bioconservación de alimentos cárnicos. Real Academia de Ciencias veterinarias de Andalucía Oriental. *Anales* - 24 (1)
- Guerrero Y., García A., Wachter R., Regalado G. (2014). Microbiología de los alimentos. 1ª ed. México DF. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V.
- Guerrero, I. (2007). Calidad de la carne. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Guerrero, L. I., Pérez- Chabela, M. L., Ponce, A. E. (2002). Curso práctico de tecnología de carnes y pescado. Unidad Iztapalapa, UAM. México.
- Honikel, O. (1996). Reference methods supported by OECD and their use in mediterranean meat products. *Food Chemistry* 59, 573-582.
- Hui, Y., Guerrero, I., Rosmini. M. (2006). Ciencia y tecnología de carnes. México: Ediciones Limusa.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). (2001). Microorganismos de los Alimentos. 1st ed. Zaragoza: Ed. Acribia. 608p.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). (1985). Ecología Microbiana de los Alimentos Vol II. Zaragoza: Ed. Acribia.
- Jay, M. (2005). Microbiología moderna de Alimentos. 6ª ed. Zaragoza: Ed. Acribia, 712pp.
- Kreyenschmidt, J., Hübner, A., Beierle, E., Chonsch, L., Scherer, A., & Petersen, B. (2010). Determination of the shelf life of sliced cooked ham based on the growth of lactic acid bacteria in different steps of the chain. *Journal of applied microbiology*, 108(2), 510-520.

- Lawrie, R. (1998). *Ciencia de la carne*. 3ª ed.. España: Editorial ACRIBIA, S. A.
- Leistner, L. 2000. Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *Int J Food Microbiol.* 55, 181–186.
- Lerasle, M., Guillou, S., Simonin, H., Anthoine, V., Chéret, R., Federighi, M., & Membré, J. M. (2014). Assessment of Salmonella and Listeria monocytogenes level in ready-to-cook poultry meat: Effect of various high pressure treatments and potassium lactate concentrations. *International journal of food microbiology*, 186, 74-83.
- Marino R, Albenzio M, Girolami A, Muscio A, Sevi A and Braghieri A (2006). Effect of forage to concentrate ratio on growth performance, and on carcass and meat quality of Podolian young bulls. *Meat Science* 72, 415-424.
- Masana MO, Baranyi J (2000). Growth/no growth interface of Brochothrix thermosphacta as a function of pH and water activity. *Food Microbiology* 17, 485-493.
- Mellefont, L. A., & Ross, T. (2007). Effect of potassium lactate and a potassium lactate–sodium diacetate blend on Listeria monocytogenes growth in modified atmosphere packaged sliced ham. *Journal of food protection*, 70(10), 2297-2305.
- Midgley, J., Small A. 2006. Review of new and emerging technologies for red meat safety. Food Science Australia. North Sydney: Ed. New Food Safety Technologies.
- Montville T., Matthews K. (2005). *Microbiología de los Alimentos*, Zaragoza (España): Editorial Acribia, 459 pp.
- Montville T., Matthews K. (2005). *Microbiología de los alimentos*. Acribia, España pag, 4-9.
- Naidu A. 2000. *Natural Food Antimicrobial Systems*. 1st ed. USA: Ed. CRC Press.
- NORMA OFICIAL MEXICANA. Bienes y servicios. NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-024-ZOO-1995. Especificaciones y Características Zoonosanitarias para el Transporte de Animales, sus Productos y

- Subproductos, Productos Químicos, Farmacéuticos, Biológicos y Alimenticios para uso en Animales o Consumo por estos, 1995.
- NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-110-SSA1-1994. Bienes y servicios. Preparación y Dilución de Muestras de alimentos para su Análisis Microbiológico.
- NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-158-SCFI-2003. Jamón-Denominación y clasificación comercial, especificaciones fisicoquímicas, microbiológicas, organolépticas, información comercial y métodos de prueba.
- NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-213-SSA1-2002. Productos y Servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2007). Manual sobre las cinco claves para la inocuidad de los alimentos. Catalogación por la Biblioteca de la OMS: Departamento de Inocuidad de los Alimentos, Zoonosis y Enfermedades de Transmisión Alimentaria.
- Pal, A., Labuza, T. P., & Diez-Gonzalez, F. (2008). Shelf life evaluation for ready-to-eat sliced uncured turkey breast and cured ham under probable storage conditions based on *Listeria monocytogenes* and psychrotroph growth. *International journal of food microbiology*, 126(1), 49-56.
- Paniagua R, Nistal M, Sesma P, Álvarez-Uría M and Fraile B 1996. Biología de las células y tejidos animales y vegetales., Madrid, España.
- Pérez Morales, A. (2010) Desarrollo de productos cárnicos como alternativa tecnológica para el procesamiento de la carne de conejo producida en la FES-Cuautitlán. México. Tesis de Ingeniería en Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán
- Prandl O., Foscher A., Scimidhofer T., Sinell H. J. (1994). Tecnología e higiene de la carne. Zaragoza, España: Acribia S. A.
- Ranken M. (2003). Manual de industrias de la carne. (1ª ed). España. Editorial: A. Madrid Vicente.

- Ray B. (2010). Fundamentos de Microbiología de los alimentos. (4 ed): Ed. McGraw-Hill, 600pp
- Rubio, A. (2014). Caracterización del daño oxidativo y de la autofagia por estrés a lo largo de la maduración de la carne de cerdo. Tesis de Maestría en Ciencias biotecnológicas. Universidad de Oviedo, España.
- Sánchez, A.; Torrescano, G. R.; Camou, J. P.; Gonzales, N. F.; Hernández, G. (2008). Sistemas combinados de conservación para prolongar la vida útil de la carne y los productos cárnicos. *Nacameh*, 2(2), 124-159.
- Sebranek J. G., Bacus J. (2007). Natural and organic cured meat products: Regulatory manufacturing, marketing, quality and safety issues. *American Meat Science Association White Paper Series*, 1, 1-15
- SENASICA. (2008). Manual de Buenas Prácticas de Manufactura y Procedimiento operacional de sanitización estándar para la industria Empacadora no TIF de carnes frías y embutidos. SAGARPA.
- Sentandreu M.A., Coulis G. and Ouali A. (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science and Technology* 13(12), 400-421.
- Sofos, J. N. (2005) Improving the Safety of Fresh Meat. Elsevier.
- Tarté R. (2009). Ingredients in Meat Products: *Properties, Functionality and Applications*. USA: Espringer Science.
- Tellez J.; Ramírez, J.; Pérez C.; Vázquez, M.; Simal-Gándara, J. (2001). Aplicación de la alta presión hidrostática en la conservación de los alimentos. *Cienc. Tecnol. Aliment.* Vol. 3, No. 2, pp. 66-80
- The Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2000). Official Methods of analysis 17th ed. Washington, D.C. USA.
- Tirado, J.; Paredes, D.; Velázquez, G.; Torres, J. (2005). Crecimiento microbiano en productos cárnicos refrigerados. *Ciencia y Tecnología Alimententaria*. 5 (1), 66-76.

- Toldrá F. (2009). *Food Microbiology and Food Safety*. EU: Springer Science.
- Toldrá F. (2010). *Handbook of Meat Processing*. (1st ed). EUA. Editorial: Blackwell Publishing.
- Tortora, G., Funke, B., Case, C. (2007). *Introducción a la Microbiología*. 9th ed. Buenos Aires: Ed. Panamericana, 988pp.
- Uribe, M. (2009). Efecto de la Adición de Lactato de Sodio Sobre la Conservación de la Carne de Bovino de Corte Oscuro Envasada al Vacío, Almacenada a 4° C. Tesis de licenciatura para obtener el título de Licenciado en Ciencia de los Alimentos. Escuela de Ingeniería en Alimentos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Vaquero, M. (2013). Estudio de la Elaboración y Conservación de lomo Sajonia ecológico mediante la incorporación de productos naturales. Tesis para obtener el título de Doctor. Departamento de química analítica, nutrición y bromatología. Universidad de Salamanca.
- Varnam, A, Sutherland, P. (1998). *Carne y productos cárnicos*. (3^a ed.). España: Editorial Chapman y hall.
- Villanueva, C. (2006). Caracterización parcial y evaluación de la estabilidad de la pulpa del fruto de *Cyrtocarpa procera* conservada por métodos combinados. Tesis de Ingeniería en Alimentos. Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Villarino, A. (2004). Carne de cerdo y alimentación saludable. Universidad Complutense de Madrid. *1*, 1-3.
- Warner R.D., Bond J.J. and Kerr MG (2000). Meat quality traits in lamb M. Longissimus thoracis et lumborum: The effect of pre-slaughter stress and electrical stimulation. In 46th International congress of meat science and technology. 154–155.
- Warner RD, Ferguson DM, McDonagh MB, Channon HA, Cottrell JJ and Dunshea FR (2005). Acute exercise stress and electrical stimulation influence the consumer perception of sheep meat eating quality and objective quality traits. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45, 553-560.

Warriss PD (2003). Optimal lairage times and conditions for slaughter pigs: a review. *Veterinary Record* 153, 170-176.

Páginas Electrónicas

Consejo Mexicano de la Carne. (2014). Compendio estadístico. Recuperado el 25 de febrero de 2016, de: <http://www.comecarne.org/estadisticas>

Llorenç Freixanet (2011). Aditivos e Ingredientes en la fabricación de productos cárnicos cocido de musculo entero. Metalquimia. Recuperado el 25 de febrero de 2016, de: <http://es.metalquimia.com/upload/document/article-es-12.pdf>

Josep Lagares. (2011). Proceso de fabricación de productos cárnicos cocidos de músculo entero V: Cocción. Metalquimia. Recuperado el 25 de febrero de 2016, de: <http://es.metalquimia.com/articulos/documentos-tecnologicos/proceso-de-fabricacion-de-productos-carnicos-cocidos-de-musculo-entero-v-coccion/>

Hiperbaric. 2013. Procesado de alimentos por altas presiones. Recuperado el 25 de febrero de 2016, de: http://www.hiperbaric.com/media/uploads/productos/documentos/Hiperbaric_flyer_meat_ENG.pdf