

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL NITRITO NO AÑADIDO,  
OBTENIDO DE LA REACCIÓN ENTRE EL EXTRACTO DE  
APIO Y UN CULTIVO MICROBIANO EN EL DESARROLLO  
DEL JAMÓN COCIDO DE PIERNA EN LA EMPRESA  
PLUMROSE LATINOAMERICANA C.A.**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Br. Angulo M. Neglin N.  
Para optar al Título de  
Ingeniero Químico

Caracas, 2009

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL NITRITO NO AÑADIDO, OBTENIDO DE LA REACCIÓN ENTRE EL EXTRACTO DE APIO Y UN CULTIVO MICROBIANO EN EL DESARROLLO DEL JAMÓN COCIDO DE PIERNA EN LA EMPRESA PLUMROSE LATINOAMERICANA C.A.**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Alí Lara.

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Johmi Rodríguez.

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Br. Angulo M. Neglin N.  
Para optar al Título de  
Ingeniero Químico

Caracas, 2009

Caracas, Noviembre de 2009.

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado por el consejo de Escuela de Ingeniería Química, para evaluar el trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Neglin Nazarelys Angulo Mendoza, titulado:

**“Estudio de la influencia del nitrito no añadido, obtenido de la reacción entre el extracto de apio y un cultivo microbiano en el desarrollo del jamón cocido de pierna en la empresa Plumrose Latinoamericana C.A.”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Químico y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Johnny Vasquez  
Jurado

Prof. Jaime Hernández  
Jurado

Prof. Alí Lara  
Tutor Académico

Ing. Johmi Rodríguez  
Tutor Industrial

**DEDICADO A:**

*Mi MAMI, mi compañera de tesis, mi mejor amiga y guía, tú que luchaste y me apoyaste para que saliera adelante y cumpliera una de las mayores metas de mi vida, ser ingeniero.*

*Para mi tía y mi abuela que siempre han estado ahí para lo que sea, atentas a cada paso que doy y no dejarme caer.*

*LAS ADORO, ESTO ES DE USTEDES.*

## AGRADECIMIENTOS

*Gracias mi DIOS, por darme la fortaleza necesaria para no rendirme ante las adversidades y seguir el camino hacia el éxito, gracias por permitir que mi familia y amigos disfruten de este triunfo a mi lado.*

*A la ilustre Universidad Central de Venezuela, en donde me formé no sólo como profesional, sino como mejor persona, bajo sus techos viví los mejores momentos de mi vida, llenos de alegrías, tristezas y un sinfín de emociones, por eso estoy orgullosa de ser UCEVISTA hoy y siempre.*

*A mi mami, soy lo que soy gracias a ti, este triunfo es tuyo, eres la mejor madre del mundo y tus sabias palabras han sido el mayor impulso de mis logros, te quiero muchísimo.*

*A mi papá, por haber confiado en mí y saber en todo momento, que el triunfo llegaría.*

*A mis hermanos Mervin y Nelson, estoy orgullosa de ustedes, gracias por apoyarme y estar ahí para lo que sea.*

*A mi tía Carmen y abuela, mis segundas madres, siempre creyeron en mí y me dieron las bases necesarias para ser feliz y lograr las metas propuestas.*

*A mis tutores Ali y Johmi, de ambos aprendí muchísimo y obtuve los conocimientos y experiencias, que hoy en día me abren las puertas hacia el éxito, gracias por permitirme crecer profesionalmente.*

*Al profesor Kum y Johnny, quienes me tendieron su mano cuando lo necesitaba, ahora somos colegas y espero atribuir lo que hicieron por mí.*

*A mis dos hermanas (sin orden de importancia) Ana María y Bianca, ustedes de verdad se comportaron como tal, además de los maravillosos momentos que hemos pasado juntas en las buenas y malas, ayudaron en gran parte, a que yo esté escribiendo estas letras. Espero seguir compartiendo vivencias junto a ustedes,*

*conocer Venezuela sólo con una mochila, reír sin parar, llorar o simplemente conversar, son mis mejores amigas, las quiero por igual ok.*

*A mi Dani, quien siempre estuvo pendiente de mi tesis y desde el inicio de la carrera coincidimos como los mejores amigos, por prestar su casa para poder compartir de momentos únicos e inolvidables.*

*A Napo y Alfonsina, también parte de mi vida, amigos incondicionales, llenos de alegrías, que a pesar de ya casi no compartimos mucho no dejarán de ser mis mejores amigos.*

*A mi nuevo amigo Luis Miguel, gracias por tu apoyo y ayuda, ahora que eres como mi cuñadito, espero que sigamos cosechando triunfos, y que la sociedad sea todo un éxito algún día.*

*A amigas Josne, Janny y Ali, gracias por todas las experiencias compartidas durante la estadía en la uni, fueron momentos excelentes.*

*A mis compañeros de la universidad Paty, David, Ramón, Cesar, Kathy, Raque, Fran, Jonamet, Gaby, Ari, Nela, Angela, Eduardo, Benito, Therry, Iralis, Nacho, Chichi, René y Mariana, con quienes viví el día a día en la escuela, además de experiencias inolvidables como los congresos, días de parroquia, King Garden, la LLanera y Cuyagua. Ojalá sigamos viviéndolas.*

**Angulo M., Neglin N.**

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL NITRITO NO AÑADIDO, OBTENIDO DE LA REACCIÓN ENTRE EL EXTRACTO DE APIO Y UN CULTIVO MICROBIANO EN EL DESARROLLO DEL JAMÓN COCIDO DE PIERNA EN LA EMPRESA PLUMROSE LATINOAMERICANA C.A.**

**Tutor Académico: Prof. Alí Lara. Tutor Industrial: Ing. Johmi Rodríguez.  
Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.  
Año 2009, 143 pp**

**Palabras Claves:** Carne, Jamón, Nitrito, Curado, Extracto de apio

**Resumen:** El jamón cocido de pierna, es un embutido elaborado exclusivamente a base de carne proveniente de los miembros posteriores del cerdo. Durante su proceso productivo, se lleva a cabo la inyección de la salmuera, mezcla de aditivos e ingredientes no cárnicos, entre los que se encuentra el nitrito de sodio, agente de curado, que por medio de una compleja serie de reacciones químicas forma óxido nítrico, el cual se combina con el pigmento mioglobina de la carne y proporciona el color rosado, sabor y olor de carne curada e inhibe el crecimiento del Clostridium Botulinum, bacteria patógena causante del botulismo. La Norma Venezolana COVENIN 3802:2002, denota el uso de nitrito como punto crítico de control, considerando el riesgo biológico por el desarrollo de microorganismos patógenos y el riesgo químico por la adición excesiva o mal uso, que pueden provocar la formación de nitrosaminas agentes cancerígenos y la oxidación de la hemoglobina en metahemoglobina, que bajo esta forma no es apta para transportar oxígeno a los tejidos del organismo. En vista a esta situación, se propuso estudiar la influencia del nitrito no añadido, que a diferencia del nitrito convencional es sintetizado a partir de la reacción nitrato-reductasa entre el extracto de apio y un cultivo microbiano (Staphylococcus Carnosus y Staphylococcus Vitulinus). Para llevar a cabo esta investigación se elaboraron muestras de jamón cocido sin nitrito añadido y muestras de jamón convencional para control, cuyas etapas se especificaron mediante un diagrama de flujo de proceso. Las muestras control y prueba se caracterizaron fisicoquímicamente y los resultados obtenidos en la primera evaluación del jamón prueba fueron pH=6,3; %Proteína=15,5; %Grasa=2,8; %Ceniza=4,3; %Sal=3,4 y 21,3 ppm de nitrito residual, todas las características cumplieron con los parámetros establecidos por la empresa y la norma, aunque se observó una diferencia significativa en la proporción de nitrito prueba con respecto al control con 161 ppm de nitrito residual, ocho más que la cantidad presente en la prueba. El factor crítico en la evaluación sensorial fue el sabor no característico a carne curada, también se observaron agujeros y puntos de ingredientes no mezclados. En cuanto a los análisis microbiológicos se detectó una mayor carga microbiana en el producto prueba. Luego de la caracterización se estimó el tiempo de vida útil del jamón prueba, resultado 3 meses de durabilidad, seguidamente se realizó un diagrama causa-efecto, y se determinó como principal causa de la menor durabilidad, la concentración de cultivo iniciador utilizado.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁG.</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
OBJETIVOS.....	7
Objetivo General .....	7
Objetivos Específicos .....	7
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>8</b>
<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....</b>	<b>8</b>
JAMÓN COCIDO DE PIERNA.....	8
Materia Prima Cárnica.....	8
Materia Prima No Cárnica.....	16
PROCESO DE ELABORACIÓN DEL JAMÓN COCIDO DE PIERNA .....	21
NITRATO Y NITRITO.....	26
Toxicidad del Nitrato y Nitrito.....	27
Fuentes Naturales de Nitrato y Nitrito.....	27
Cultivos Iniciadores.....	28
QUÍMICA DEL CURADO .....	30
Efectos del Curado .....	31
Pigmento de la Carne Curada.....	33
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>35</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>35</b>
DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES Y EQUIPOS.....	35
METODOLOGÍA GENERAL .....	40
Revisión Bibliográfica.....	40

Conocer el Proceso Actual de Elaboración del Jamón Cocido de Pierna .....	41
Caracterización de la Materia Prima .....	51
Elaboración de Muestras de Jamón Cocido de Pierna mediante Nitrito No Añadido y Muestras de Jamón Cocido de Pierna de Manera Convencional, para Control.....	53
Determinación de las Características Organolépticas, Fisicoquímicas y Microbiológicas del Jamón Cocido de Pierna Convencional y Prueba.....	54
Evaluar la Vida útil del producto Prueba .....	56
Realizar un Estudio Económico .....	56
<b>CAPÍTULO IV. ....</b>	<b>57</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>57</b>
CONOCIMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL JAMÓN COCIDO DE PIERNA .....	57
Caracterización de la Materia Prima .....	57
Elaboración de Muestras de Jamón Prueba y Control.....	59
CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE LAS MUESTRAS PRUEBA Y CONTROL.....	72
Caracterización Fisicoquímica .....	72
Caracterización Microbiológica .....	81
Caracterización Sensorial .....	84
EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL PRODUCTO PRUEBA .....	89
EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	93
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>97</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>102</b>
<b>APÉNDICE.....</b>	<b>106</b>
APÉNDICE A. PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS .....	106
APÉNDICE B. PROCEDIMIENTOS FISICOQUÍMICOS PARA MUESTRAS CÁRNICAS.....	108
APÉNDICE C. REQUISITOS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.....	123

APÉNDICE D. PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL PARA LA LÍNEA DE PROCESO DEL JAMÓN COCIDO DE PIERNA.....	125
APÉNDICE E. CÁLCULOS TIPO .....	126

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>PÁG.</b>
<b>TABLA N° 1.</b> VARIABLES EXPERIMENTALES DEL ESTUDIO DEL JAMÓN ENDIABLADO A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE NITRITO.....	3
<b>TABLA N° 2.</b> RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DEL JAMÓN COCIDO DE CHIGÜIRE.....	4
<b>TABLA N° 3.</b> FORMACIÓN DE NITRITO RESIDUAL.....	6
<b>TABLA N° 4.</b> ESPECIES COMERCIALIZADAS COMO CULTIVOS INICIADORES .....	30
<b>TABLA N° 5.</b> ADITIVOS E INGREDIENTES UTILIZADOS EN EL DESARROLLO DEL JAMÓN COCIDO DE PIERNA. ....	35
<b>TABLA N° 6.</b> FICHA TÉCNICA DEL CULTIVO INICIADOR.....	37
<b>TABLA N° 7.</b> FICHA TÉCNICA DEL EXTRACTO DE APIO.....	37
<b>TABLA N° 8.</b> EQUIPOS PARA ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DE LA MATERIA PRIMA Y PRODUCTO TERMINADO.....	38
<b>TABLA N° 9.</b> ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS: NORMA Y OBJETIVO .....	52
<b>TABLA N° 10.</b> ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS: NORMA Y OBJETIVO.....	54
<b>TABLA N° 11.</b> CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA CÁRNICA.....	58
<b>TABLA N° 12.</b> FORMULACIÓN GENERAL DEL JAMÓN COCIDO DE PIERNA. ....	59
<b>TABLA N° 13.</b> FORMULACIÓN DE LA SALMUERA CONTROL. ....	60
<b>TABLA N° 14.</b> FORMULACIÓN DEL GEL CONTROL Y PRUEBA. ....	61
<b>TABLA N° 15.</b> FORMULACIÓN LA SALMUERA PRUEBA .....	61
<b>TABLA N° 16.</b> RESULTADOS DEL PROCESO DE INYECCIÓN PARA EL JAMÓN COCIDO DE PIERNA CONTROL .....	63
<b>TABLA N° 17.</b> RESULTADOS DEL PROCESO DE TENDERIZACIÓN PARA EL JAMÓN COCIDO DE PIERNA CONTROL .....	64
<b>TABLA N° 18.</b> RESULTADOS DEL PROCESO DE INYECCIÓN PARA EL JAMÓN COCIDO DE PIERNA PRUEBA.....	67
<b>TABLA N° 19.</b> RESULTADOS DEL PROCESO DE TENDERIZACIÓN PARA EL JAMÓN COCIDO DE PIERNA PRUEBA.....	68

<b>TABLA N° 20.</b> RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PRUEBA Y CONTROL (SEMANA 1).....	72
<b>TABLA N° 21.</b> RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS SENSORIALES DE LA MUESTRA PRUEBA (SEMANA 1).....	84
<b>TABLA N° 22.</b> RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS SENSORIALES DE LA MUESTRAS CONTROL (SEMANA 1).....	85
<b>TABLA N° 23.</b> COSTOS DE LA MATERIA PRIMA DEL JAMÓN COCIDO DE PIERNA .....	93
<b>TABLA N° 24.</b> COSTOS DE LOS COMPONENTES VARIABLES EN LA FORMULACIÓN DE LA SALMUERA .....	94
<b>TABLA N° 25.</b> COSTOS MANO DE OBRA Y MAQUINARIA.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>PÁG.</b>
<b>FIGURA Nº 1.</b> CORTES DE LA CARNE DE PORCINO .....	9
<b>FIGURA Nº 2.</b> ESTRUCTURA DE LA FIBRA MUSCULAR.....	12
<b>FIGURA Nº 3</b> COMPARACIÓN DE COLOR DE PIEZAS DE CARNE DE CORDERO .....	16
<b>FIGURA Nº 4.</b> DIAGRAMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL JAMÓN COCIDO DE PIERNA.....	23
<b>FIGURA Nº 5.</b> CARNE ANTES DE COCCIÓN (IZQUIERDA) CARNE DESPUÉS DE COCCIÓN (DERECHA). .....	25
<b>FIGURA Nº 6.</b> CICLO DEL NITRÓGENO.....	26
<b>FIGURA Nº 7.</b> ESQUEMA DE REDUCCIÓN DEL NITRATO EN ÓXIDO NÍTRICO. ....	31
<b>FIGURA Nº 8.</b> CAMBIOS QUÍMICOS QUE PUEDE EXPERIMENTAR LA MIOGLOBINA DURANTE EL DESARROLLO DEL PIGMENTO FINAL DE LA CARNE CURADA .....	34
<b>FIGURA Nº 9.</b> DIAGRAMA DE LA METODOLOGÍA GENERAL.....	40
<b>FIGURA Nº 10.</b> PREPARACIÓN DE LA SALMUERA .....	43
<b>FIGURA Nº 11.</b> INYECTADORA Y DOSIFICACIÓN DE LA SALMUERA EN LA CARNE.....	44
<b>FIGURA Nº 12.</b> EFECTO DEL TRATAMIENTO MECÁNICO EN LA ESTRUCTURA MUSCULAR. 45	
<b>FIGURA Nº 13.</b> TENDERIZADORA CON ABLANDADORES CILÍNDRICOS DE CUCHILLA ....	45
<b>FIGURA Nº 14.</b> MASAJE POR IMPACTO Y MASAJE POR FRICCIÓN.....	47
<b>FIGURA Nº 15.</b> MASAJEADOR AUTOMÁTICO Y DISPOSICIÓN DE LAS PALAS INTERNAS..	47
<b>FIGURA Nº 16.</b> EMBUTIDORA AL VACÍO PARA PRODUCTOS DE MÚSCULO ENTERO.....	49
<b>FIGURA Nº 17.</b> HORNO PARA COCCIÓN DE EMBUTIDOS .....	50
<b>FIGURA Nº 18.</b> PERFIL DE TEMPERATURA DEL JAMÓN COCIDO DE PIERNA CONTROL .....	65
<b>FIGURA Nº 19.</b> PERFIL DE TEMPERATURA DEL JAMÓN COCIDO DE PIERNA PRUEBA.....	69
<b>FIGURA Nº 20.</b> DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO .....	70
<b>FIGURA Nº 21.</b> DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (CONTINUACIÓN) .....	71
<b>FIGURA Nº 22.</b> COMPORTAMIENTO DEL NITRITO EN LA MUESTRA PRUEBA Y CONTROL	73
<b>FIGURA Nº 23.</b> COMPORTAMIENTO DEL PH EN LA MUESTRA PRUEBA Y CONTROL .....	75

<b>FIGURA N° 24.</b> COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO GRASO EN LA MUESTRA PRUEBA Y CONTROL.....	75
<b>FIGURA N° 25.</b> COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD EN LA MUESTRA PRUEBA Y CONTROL.....	77
<b>FIGURA N° 26.</b> COMPORTAMIENTO DE LA SAL EN LA MUESTRA PRUEBA Y CONTROL ...	78
<b>FIGURA N° 27.</b> COMPORTAMIENTO DE LAS CENIZAS EN LA MUESTRA PRUEBA Y CONTROL.....	79
<b>FIGURA N° 28.</b> COMPORTAMIENTO DE LA PROTEÍNA EN LA MUESTRA PRUEBA Y CONTROL.....	80
<b>FIGURA N° 29.</b> RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LA MUESTRA CONTROL.....	81
<b>FIGURA N° 30.</b> RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LA MUESTRA PRUEBA .....	82
<b>FIGURA N° 31.</b> APARIENCIA INTERNA DEL JAMÓN COCIDO DE PIERNA PRUEBA. ....	86
<b>FIGURA N° 32.</b> COLOR FORMADO EN EL PRIMER DÍA DE VIDA ÚTIL DE LAS MUESTRAS PRUEBA Y CONTROL .....	87
<b>FIGURA N° 33.</b> COLOR DE LA MUESTRA PRUEBA Y CONTROL EN EL TERCER MES DE ALMACENAMIENTO. ....	88
<b>FIGURA N° 34.</b> DIAGRAMA CAUSA-EFECTO DE LA VIDA ÚTIL DEL JAMÓN COCIDO DE PIERNA PRUEBA. ....	90

## **CAPÍTULO I.**

### **FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN**

En este capítulo se presenta el problema que motivó la realización de este Trabajo Especial de Grado; así como los estudios realizados que proveyeron la base para su desarrollo, el objetivo general y los objetivos específicos que se alcanzaron.

#### **Planteamiento del Problema**

En la industria de los alimentos, los productos cárnicos cocidos han adquirido cuotas importantes del mercado, y a lo largo del tiempo la implementación de nuevas tecnologías, en cuanto a procesos, maquinarias y materia prima, han logrado la automatización del mismo, versatilidad y rentabilidad del producto terminado. Plumrose Latinoamericana C.A, es una empresa dedicada a la elaboración de productos alimenticios de consumo masivo, y su principal línea operativa la comprende la producción del jamón cocido de pierna, embutido cuya elaboración depende de diferentes procesos físicos, químicos y biológicos, algunos de ellos aún no bien entendidos y que en la actualidad son objeto de investigaciones.

La calidad del jamón cocido de pierna, está ligada a diversos factores: materia prima, composición de la salmuera, porcentaje de inyección de la salmuera en la carne, tecnología de elaboración, temperatura, tiempos y modalidades de cocción. La materia prima cárnica está constituida por el músculo entero, mejor conocido como el pernil del cerdo y la no cárnica por ingredientes como el agua, sal, azúcar, fosfatos, hidrocoloides, nitrito y eritorbato, los cuales, contribuyen a las características del producto e interactúan con el bloque cárnico para producir cambios adicionales, entre ellos mejor sabor, textura, olor, apariencia física, y mayor conservación, originando un incremento de la vida útil del producto terminado.

En la actualidad, la empresa emplea un proceso convencional para la adición de los ingredientes a la carne, cuya tecnología, consiste en la inyección de la salmuera, mezcla que contiene nitrito de sodio como agente de curado, que por medio de una serie compleja de reacciones químicas forma óxido nítrico, que se combina con el

pigmento mioglobina de la carne y proporciona el color rosado y sabor de carne curada, y, en conjunto con otros factores, inhibe el crecimiento de bacterias patógenas como el *Clostridium Botulinum*, microorganismo anaerobio que produce una neurotoxina, la toxina botulínica, causante del botulismo, siendo éste el principal argumento para su uso (Lowa, 1996).

Sin embargo, de acuerdo a la Norma Venezolana COVENIN 3802:2002, que establece las directrices generales para la aplicación del sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) en el sector alimentario, se denota la adición de nitrito como un punto crítico de control; considerando el riesgo biológico, por el desarrollo de microorganismos patógenos sobrevivientes al proceso de cocción y el riesgo químico, por la adición excesiva de nitrito, tanto en la preparación de mezclas de condimentos como en la elaboración de salmueras y geles.

En Venezuela, se permite un máximo de 150 ppm de nitrito para el jamón cocido de pierna terminado; mejor conocido como concentración de nitrito residual (Fondonormal602:2005) ya que, de acuerdo a investigaciones realizadas su mal uso, está relacionado con la posible formación de nitrosaminas, agentes cancerígenos sintetizados por reacciones de nitrosación entre el nitrito y compuestos N-nitrosos presentes en los alimentos. Por otro lado, el consumo excesivo del produce la oxidación de hemoglobina presente en la sangre en metahemoglobina, que bajo esta forma no es apta para transportar oxígeno a los tejidos del organismo (Coultate, 1984).

Con la finalidad de disminuir los riesgos mencionados, proponer mejoras en el proceso y evitar las complicaciones asociadas a la documentación para la adquisición y almacenamiento del nitrito de sodio, se planteó el desarrollo y evaluación del jamón cocido de pierna producido con una fuente natural de nitrito, denominado “nitrito no añadido”, que a diferencia del nitrito de sodio convencional, fue sintetizado a partir de la reacción nitrato-reductasa entre el extracto de apio (Celery), vegetal rico en concentración de nitrato y un cultivo microbiano a base de *Staphylococcus Carnosus* y *Staphylococcus Vitulinus* indispensables para la conversión de nitratos a nitritos y

además cumplían funciones específicas como la formación de color en combinación con el nitrato. Para finalmente conocer la incidencia de su uso como posible sustituto del nitrito de sodio, en la industria cárnica.

### **Antecedentes de la Investigación**

A continuación, se presentan estudios previos realizados en el proceso de productos cárnicos, así como, evaluaciones de ingredientes orgánicos y naturales en carnes procesadas que permiten una base de información importante para la correcta visualización de los posibles resultados que se obtendrán en este Trabajo Especial de Grado.

Santos y Rojas (2000), estudiaron los efectos de diferentes concentraciones de nitrito de sodio sobre algunas características fisicoquímicas y organolépticas en jamón endiablado, elaborado con carne refrigerada y carne congelada. El diseño experimental consistió en la variación de los factores que se presentan a continuación.

**Tabla N° 1.** Variables experimentales del estudio del jamón endiablado a diferentes concentraciones de nitrito (Santos y Rojas 2000).

<b>Concentración de Nitritos</b>	<b>Tiempo de Almacenamiento</b>	<b>Tipo de Carne</b>
A: 50% < que la estándar (700 ppm)	T0: Día de elaborado el producto	Cf: Perniles y paletas refrigerados (7°C)
B: estándar (1400 ppm)	T30: A los 30 días de almacenamiento	Cg: Perniles y paletas congeladas (-35°C)
C: 50% > que la estándar (2100 ppm)	T60: A los 60 días de almacenamiento	

Las muestras analizadas se dividieron de la siguiente forma: nueve (9) con carne congelada variando la concentración de nitrito y tiempo de almacenamiento y nueve (9) con carne refrigerada y las mismas variaciones; en total dieciocho (18) tratamientos realizados. De acuerdo a los resultados de los análisis fisicoquímicos (pH, sal y nitrito de sodio) a los 30 y 60 días de almacenamiento a temperatura ambiente del producto elaborado con carne congelada y con carne refrigerada, se

observó que no hubo diferencia significativa al variar las concentraciones de nitrito. De igual manera los análisis sensoriales permitieron concluir, que la empresa puede variar la concentración de nitrito de sodio en su formulación original, sin que esto conlleve a cambios organolépticos y fisicoquímicos no deseados en el jamón endiabado como producto final.

Marín y Arias (2001), formularon y elaboraron un producto tipo jamón cocido conservado al vacío con carne de chigüire. Como principal materia prima se utilizó el pernil, paleta y recortes, se determinó el porcentaje de humedad, proteína, grasa, sal y pH de las carnes. En cuanto a la formulación se basó en el esquema tecnológico de jamón cocido realizado por García (2000). Los pasos de dicho esquema son: la preparación de la materia prima, molienda, curado, llenado, moldeado, cocción, enfriamiento, refrigeración, desmoldeado, empaque al vacío y almacenamiento. Una vez obtenido el producto final, se realizaron análisis microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales. En la Tabla N° 2 se destacan los resultados promedios correspondientes a los análisis fisicoquímicos de la materia prima y producto terminado.

**Tabla N° 2.** Resultados de los análisis fisicoquímicos del jamón cocido de chigüire  
(Marín y Arias, 2001).

<b>Análisis</b>	<b>Materia Prima</b>	<b>Producto Terminado</b>
<b>Humedad (%)</b>	76,03	76,11
<b>Proteína (%)</b>	22,04	18,85
<b>Grasa (%)</b>	0,81	0,88
<b>pH</b>	6,10	6,03
<b>Sal (%)</b>	-	2,13
<b>Ceniza (%)</b>	1,12	3,67
<b>Nitrito (ppm)</b>	-	160
<b>Fosfatos (ppm)</b>	-	979

Los valores obtenidos cumplieron satisfactoriamente con requisitos fisicoquímicos exigidos por la norma COVENIN 1602-96 tomada como referencia. En cuanto al

contaje de microorganismos mesófilos aerobios y *Staphylococcus Aureus* en el jamón cocido de chigüire se mantuvo en todos los casos, por debajo de los valores establecidos por la norma tomada como referencia.

Desde el punto de vista organoléptico, los penalistas no detectaron cambios en los atributos evaluados (color, olor, sabor y textura) con respecto al tiempo establecido para el estudio de su vida útil. Una vez evaluado completamente el jamón cocido de chigüire, se concluyó que representa una alternativa para los consumidores que en la actualidad no consumen carne de cerdo.

En el año 2006, Sebranek, analizó algunas hortalizas disponibles comercialmente y determinó que la zanahoria, apio, remolacha y jugo de espinacas contienen 171, 2114, 2273 y 3227 ppm de nitratos, respectivamente. Después de 10 días de almacenamiento a temperatura ambiente, los niveles de nitrato en estos jugos disminuyeron en un 14-22%. El Nitrito no se detectó inicialmente pero después de los 10 días, se encontraron las concentraciones de 128-189 ppm de nitrito, probablemente como resultado de la reducción de los nitratos por las bacterias. Específicamente, el jugo de apio en polvo comercial indicó un contenido de nitrato en el orden de 27.500 ppm, lo que refleja el aumento de la concentración con el secado de la hortaliza. Evidentemente, los productos vegetales son los que ofrecen mayor potencial para introducirlos como fuentes naturales de nitratos en carnes procesadas. Las hortalizas en polvo tienen ventajas en el suministro de los nitratos en forma concentrada. Del estudio se concluyó que el apio y el extracto de apio parecen ser altamente compatible con los productos cárnicos procesados, por su poca pigmentación vegetal (a diferencia de la remolacha, por ejemplo) un leve sabor similar al apio crudo que no resta mucho sabor al producto acabado. Además, estos productos vegetales pueden aparecer como sabor natural de la carne en las etiquetas de los productos (Sebranek y Bacus, 2007).

Por su parte, Sindelar en el año 2007 llevó a cabo un experimento con jamones utilizando 0,2 y 0,35% de apio en polvo con un tiempo de incubación de 0 y 90 días. Los resultados mostraron que no hubo diferencias en mediciones de color o

concentraciones de pigmentos para los jamones curados, todos los productos y tratamientos fueron similares al jamón control con nitrito añadido directamente, en cuanto a las propiedades de color. Evaluaciones sensoriales indicaron que la mayor cantidad de apio en polvo (0,35%) dio lugar a un mayor aroma y sabor a vegetal y menos aroma y sabor a jamón. Los tratamientos con un menor nivel de apio en polvo (0,2%) fueron similares al control para todas las propiedades sensoriales evaluadas (Sebranek y Bacus, 2007).

En la Tabla N° 3 se observa que el nitrito residual fue significativamente menor para los jamones con jugo de apio en polvo a baja concentración y mayores días de incubación.

**Tabla N° 3.** Formación de nitrito residual (Sindelar, 2007).

	<b>Apio en polvo (%)</b>	<b>Nitrito residual (ppm)</b>
<b>DÍA 0</b>	0,2	21,00
	0,35	36,00
	Control	63,40
<b>DÍA 90</b>	0,2	7,2
	0,35	21,3
	Control	34,1

Una vez expuestos algunos de los estudios de investigación y diseño de experiencias previas, relacionadas con los diferentes métodos y tecnologías utilizados en la elaboración de embutidos, vale la pena considerar el uso del nitrito no añadido, sintetizado a partir de fuentes naturales, como una alternativa en la formulación del jamón cocido de pierna; proyecto cuya motivación abarca los siguientes objetivos.

## **Objetivos**

A continuación se establecen los objetivos que pretenden cumplirse en este Trabajo Especial de Grado.

### **Objetivo General**

Estudiar la influencia del nitrito no añadido, sintetizado a partir de la reacción nitrato-reductasa entre el extracto de apio y un cultivo microbiano (*Staphylococcus Carnosus* y *Staphylococcus Vitulinus*) en las propiedades del jamón cocido de pierna.

### **Objetivos Específicos**

1. Realizar una revisión bibliográfica, que permita establecer los antecedentes, fundamentos prácticos y teóricos que definirán la base de conocimientos relacionados con el desarrollo de este proyecto.
2. Conocer el proceso productivo del jamón cocido de pierna utilizado actualmente en la empresa, para así comprender cada una de las etapas, al poner en práctica la propuesta planteada.
3. Caracterizar la materia prima cárnica y no cárnica que componen el jamón cocido de pierna, para garantizar que cumplan con los requerimientos establecidos por la norma.
4. Elaborar muestras de producción de jamones cocidos de pierna mediante nitrito no añadido y muestras de jamón convencional, para control, y evaluación de sus propiedades a lo largo del tiempo.
5. Determinar las características organolépticas, fisicoquímicas y microbianas, de las muestras a base de nitrito no añadido y compararlas con las obtenidas de los embutidos producidos convencionalmente, con el fin de establecer los parámetros con mayor variación.
6. Evaluar la vida útil del producto prueba, para estimar su factibilidad en el mercado y proponer soluciones, en caso de que sea necesario.
7. Realizar una evaluación económica que refleje la incidencia del nitrito no añadido, sobre el desarrollo del jamón cocido de pierna.

## CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En el presente capítulo se destacan los fundamentos teóricos que describen jamón cocido de pierna, su proceso de elaboración, las variables fisicoquímicas y microbiológicas que deben ser controladas para asegurar la inocuidad en el producto final y una serie de conceptos que son necesarios para comprender todos los aspectos involucrados en el desarrollo de este proyecto.

### **Jamón Cocido de Pierna**

El jamón cocido es un producto elaborado exclusivamente a base de carne proveniente de los miembros posteriores de: porcino, bovino, pollo o pavo; curado, cocido, ahumado o no y envasado. Este embutido puede contener o no especias, condimentos y productos proteínicos (FONDONORMA 1602:2005, 2005).

La calidad de los jamones cocidos está ligada a diversos factores: materia prima, composición de la salmuera, porcentaje de inyección de la salmuera, tecnología de elaboración, temperatura, tiempos y modalidades de cocción

La composición del jamón cocido de pierna se basa en dos grupos fundamentales, la materia prima cárnica y la materia prima no cárnica o aditivos químicos.

### **Materia Prima Cárnica**

En Venezuela, se define la carne como el tejido muscular de fibra estriada, obtenido en condiciones higiénicas apropiadas, acompañadas o no de porciones variables de tejido conjuntivo, adiposo, vasos sanguíneos y ganglios (Stalik, 1991).

En la formulación del jamón cocido, la carne de porcino es el principal ingrediente y se conoce como el producto proveniente del desposte de la pierna del porcino sin cartílagos, tendones y ligamentos, fácilmente removibles (FONDONORMA 1602: 2005, 2005); tal como se muestra en la Figura N° 1.

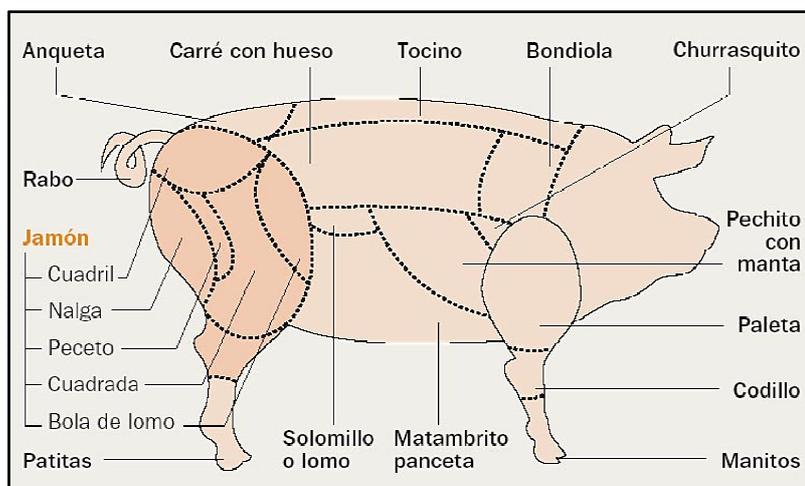


Figura N° 1. Cortes de la carne de porcino (López, 2001)

### *Composición Química de la Carne*

Los tres componentes principales de la carne son el agua, la proteína y la grasa. Aunque los carbohidratos, minerales y vitaminas se encuentran en la carne de cerdo, los mismos están en bajas proporciones. A continuación se profundiza sobre las características de los principales componentes antes mencionados.

**Agua:** El agua es el constituyente principal de los músculos (70-75%) y por lo tanto determina en forma considerable, las características de la materia prima, del producto terminado y las técnicas de transformación. La cantidad de agua presente y la fuerza con que está ligada a los otros componentes, determinan algunas características organolépticas (jugosidad, plasticidad), el crecimiento microbiológico o la velocidad de muchas reacciones químicas y enzimáticas, responsables del aroma, del sabor y del color.

Durante el secado, el curado y la cocción, se produce un decrecimiento del agua presente en el músculo y como consecuencia un bajo rendimiento, debido a la pérdida de peso del producto. La importancia económica de la retención del agua por parte de los diversos componentes cárnicos hacen necesaria la adición de agua o salmuera, mediante la inyección del músculo entero (Lowa, 1996).

**Grasa:** La grasa es el componente más variable de las carnes procesadas. Es muy importante porque afecta directamente el sabor, la textura, la vida útil y el beneficio. Las células del tejido adiposo contienen grandes cantidades de lípidos, siendo los más abundantes en el animal los triglicéridos, constituidos por tres ácidos grasos ligados a una molécula de glicerina.

La grasa de cerdo es más susceptible a oxidarse que la de vacuno u ovino, en virtud de que aquella contiene una mayor cantidad de ácidos no saturados que éstas. La oxidación ocurre en el punto donde se encuentran las dobles ligaduras, llegándose a fragmentar la cadena en el proceso, y formándose compuestos tales como los aldehídos, las cetonas y ácidos de cadena corta. Estos compuestos imparten aroma y sabores atípicos que, en conjunto, constituyen la denominada rancidez.

La oxidación de la grasa ocurre espontáneamente y no se detiene en el congelador. La carne debe congelarse antes de que se inicie el proceso de oxidación de los ácidos grasos. Una vez que se oxidan los ácidos grasos, se forman compuestos que reaccionan rápidamente y hacen que la rancidez se propague en todo el producto. Es mejor descartar grasas y carnes rancias que utilizarlas en productos cárnicos de alta calidad (López, 2001).

**Proteína:** Las proteínas cárnicas se dividen en tres grupos, las miofibrilares, las sarcoplásmicas y las del sarcolema. Cada grupo de proteínas posee propiedades diferentes que inciden en la manufactura de los productos cárnicos.

Las proteínas miofibrilares son responsables de la transformación de energía química en energía mecánica, es decir de la relajación y contracción muscular. Generalmente, las materias primas cárnicas más claras son aquellas que contienen proteína miofibrilar en abundancia, por lo tanto, una buena parte de la tecnología cárnica gira en torno a estas proteínas.

Una de las características que diferencia las proteínas miofibrilares de otras proteínas cárnicas es su solubilidad en soluciones salinas concentradas, e insolubilidad en ausencia de sal. Es por esta razón, que en presencia de cloruro sódico, se tornan

solubles y son capaces de absorber agua en abundancia. Una vez solubilizada, la proteína miofibrilar tiene la posibilidad de encapsular la grasa, impidiendo que se desprenda el producto durante el cocimiento. Entre las proteínas miofibrilares se encuentran la actina, miosina y actomiosina.

Las proteínas sarcoplasmáticas constituyen la masa fluida que baña a las miofibrillas, proporcionándoles energía y capacidad de sintetizar proteína, y haciendo posible la eliminación de ciertos desechos metabólicos. La mioglobina es una de las proteínas sarcoplásmicas más importante, ya que está asociada al color de los productos cárnicos. La porción hemo de la mioglobina tiene un sitio activo en el que se ligan diferentes componentes tales como el oxígeno y el óxido nítrico, que imparten diferentes colores a la carne.

La membrana que envuelve las fibras musculares se denomina sarcolema, esta proteína constituye el tejido conectivo y adiposo, transmiten al esqueleto el movimiento que genera la contracción de las proteínas miofibrilares. En el músculo, dentro de este grupo de proteínas predomina el colágeno, que también se encuentra en la piel, los ligamentos y tendones. Estas proteínas son responsables de la dureza de la carne. Son insolubles en agua y en soluciones salinas. Por lo tanto, las tripas colagénicas, presentan características de resistencia ideales para la protección de productos embutidos (Lowa, 1996).

Todas las proteínas sufren ciertos cambios durante el calentamiento, lo que se denomina como desnaturalización, fenómeno que se determina como la pérdida de la función biológica de la proteína. La desnaturalización puede ser reversible o irreversible, durante la última se producen cambios en las cadenas peptídicas, donde se destruyen los puentes de unión, como son los enlaces disulfuros, los puentes salinos de fosfatos y de hidrógeno.

En la producción de embutidos cocidos, durante la cocción, con la destrucción de los enlaces disulfuros se libera sulfuro de hidrógeno ( $\text{SH}_2$ ) que reduce la metamioglobina a mioglobina, e influye positivamente en la coloración de los embutidos.

La desnaturalización de las proteínas de la carne comienza desde 40-43°C, a 50°C se inicia la insolubilidad de las mismas y a 70-80°C todas están desnaturalizadas (López, 2001). En la Figura N° 2, se puede observar la estructura de la fibra muscular, y la disposición de las diferentes proteínas.

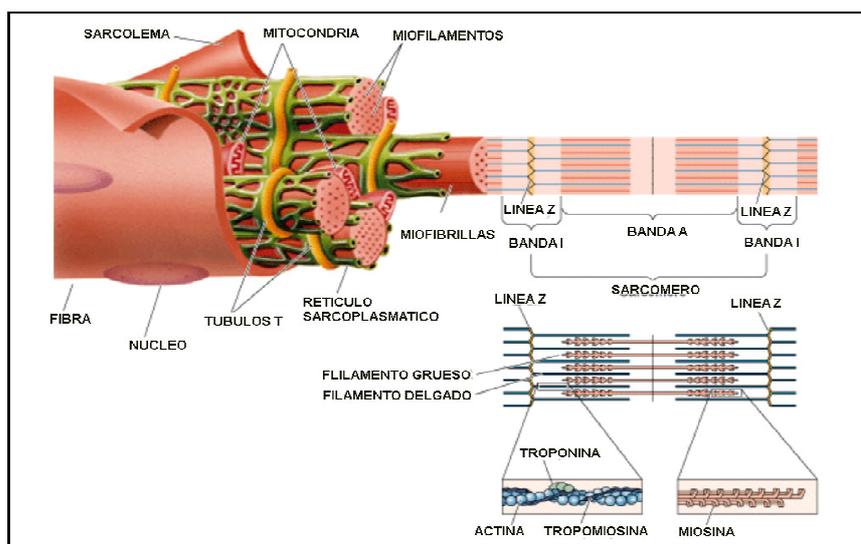


Figura N° 2. Estructura de la fibra muscular (López, 2001)

**Carbohidratos:** Como en todas las carnes, los carbohidratos están presentes en muy bajo porcentaje, pues son compuestos sintetizados más fácilmente por componentes de origen vegetal. El porcentaje que posee la carne de cerdo es el 1% y está básicamente representado en glicolípidos

**Minerales:** De igual manera sólo se encuentran en 1%, siendo los más importantes el hierro, manganeso y fósforo, los cuales son de gran importancia para el organismo humano, pues intervienen en la formación de huesos y dientes.

**Vitaminas:** En pequeñas cantidades son necesarias para el crecimiento, desarrollo y reproducción humana. En la carne de cerdo sobresalen las vitaminas del complejo B.

#### *Composición Microbiológica de la Carne*

La composición química y celular de la carne la convierten en un excelente sustrato para los microorganismos (Hirooka, 1982). Dentro del amplio grupo de microorganismos de la carne pueden diferenciarse tres categorías:

**Microorganismos Deteriorantes:** son microorganismos que alteran las propiedades organolépticas de los productos cárnicos, éstos adquieren importancia durante el eviscerado del animal, ya que es probable que muchos de estos microorganismos de la superficie y de las vísceras como la *Salmonella* u otras enterobacterias, lleguen a entrar en contacto con el músculo. El riesgo más elevado de contaminación se da en la manipulación de la carne y en la entrada de la misma en los canales de distribución, pues, aunque el transporte se realiza en condiciones de refrigeración, las superficies de corte van incrementando la carga microbiana.

**Microorganismos Patógenos:** son aquellos que pueden causar infecciones y toxiinfecciones alimentarias, la *Salmonella*, *Staphylococcus Aureus*, *Clostridium Botulinum*, *Escherichia Coli* y *Listeria Monocytogenes*, son representaciones de este tipo de microorganismos. También puede darse el crecimiento de una amplia variedad de mohos y levaduras, sobretodo en la etapa de almacenamiento de la carne y secado de embutidos. Este tipo de microorganismos pueden producir alteraciones de las características organolépticas.

**Microorganismos Iniciadores:** son microorganismos que conducen la fermentación e influyen en las determinadas características finales del embutido como la textura, el sabor, el color y el aroma. Éstos son microorganismos de interés tecnológico.

El desarrollo microbiológico es afectado por factores inherentes en el alimento en sí. Estos incluyen los nutrientes, el agua, la acidez (pH) y las estructuras biológicas.

El músculo contiene aproximadamente un 75% de agua con una gran variedad de importantes sustratos de crecimiento y otros micro-nutrientes, por lo tanto, el músculo es un medio apto para el crecimiento de microorganismos, en especial aquellos que se ven favorecidos por las condiciones de humedad.

En condiciones naturales, la carne presenta un pH post-mortem cercano a la neutralidad (6-6,5), muy próximo al pH óptimo de muchos microorganismos patógenos y causantes de alteración. Un pH alrededor de 5,5 es muy desfavorable para el desarrollo de un gran número de bacterias, y combinado con condiciones

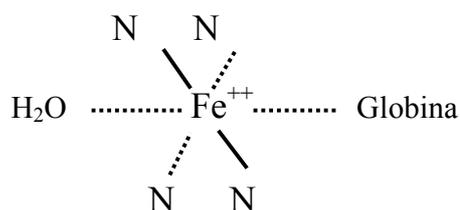
críticas, como temperaturas bajas, puede prevenir el crecimiento bacteriano casi en su totalidad. Sin embargo, algunas cepas de *Pseudomonas*, *Enterobacter* y *Micobacterium thermosphactum* crecen a su máxima velocidad en un rango de pH comprendido entre 5,5 y 7. El pH bajo, combinado con las sales del curado es especialmente eficaz ante las bacterias que suelen desarrollarse en las carnes curadas.

Químicamente, tanto la carne fresca como aquella procesada industrialmente, se caracterizan realizando análisis de contenido microbiano y con la medida de atributos sensoriales como la textura, el sabor y el color, también se pueden describir de acuerdo a los constituyentes principales como la humedad, el nivel de proteínas con respecto a la grasa, el pH, y las cenizas o material inorgánico (Moreno, 1993).

#### *Color de la Carne*

El color de la carne depende del contenido de mioglobina del músculo y de la pequeña cantidad de hemoglobina de la sangre que queda en el músculo. El color de cada músculo depende de la edad del animal, los más jóvenes tienen un color más claro, también de su ubicación anatómica, es decir, el músculo que más trabaja, necesita más oxígeno y por eso tiene color más oscuro.

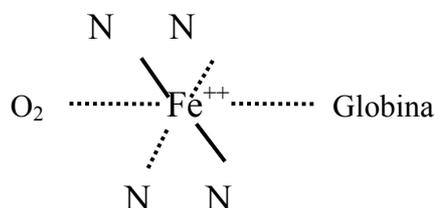
En el interior de la fibra muscular existe la proteína mioglobina, que es el principal pigmento de la carne, y el color de este producto depende fundamentalmente del estado en el que se encuentra la misma. En el músculo, el hierro se encuentra en la mioglobina en forma de ión ferroso, y así se encuentra también en la carne fresca.



#### **Mioglobina-Rojo**

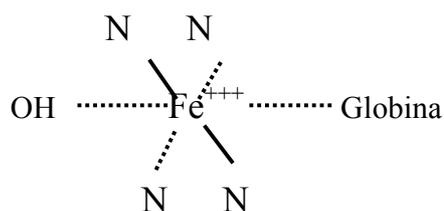
La molécula de agua de la mioglobina puede ser reemplazada por una molécula de oxígeno, formando entonces la oximioglobina, de color rojo brillante, que es el que se observa en la parte exterior de la carne. En el interior del músculo, la mioglobina no

tiene oxígeno unido, estando entonces en forma de desoximioglobina, que tiene un color rojo púrpura más intenso y oscuro que el de la oximioglobina.



### **Oximioglobina-Rojo brillante**

La metamioglobina es la forma oxidada de la mioglobina que tiene un color pardo nada atractivo. Se produce cuando la mioglobina se oxida (el átomo de hierro del grupo hemo específicamente) y esto se puede producir por las atmósferas ricas en oxígeno, o la luz, catalizador de la oxidación. En otras palabras, el hierro bivalente de la mioglobina se oxida a hierro trivalente formando metamioglobina marrón.



### **Metamioglobina-Marrón**

En las condiciones de una atmósfera normal, el ion ferroso es inestable, pasando a ion férrico. En la mioglobina, la presencia del grupo hemo y de la cadena de proteína lo protege, pero aún así, la oxidación se produce con cierta rapidez, especialmente si la superficie de contacto es grande, como en el caso de la carne picada (Stalik, 2002).

En la Figura N° 3 se presenta una comparación de color de piezas de carne de cordero con la mioglobina en forma de oximioglobina (rojo vivo) y metamioglobina (marrón).

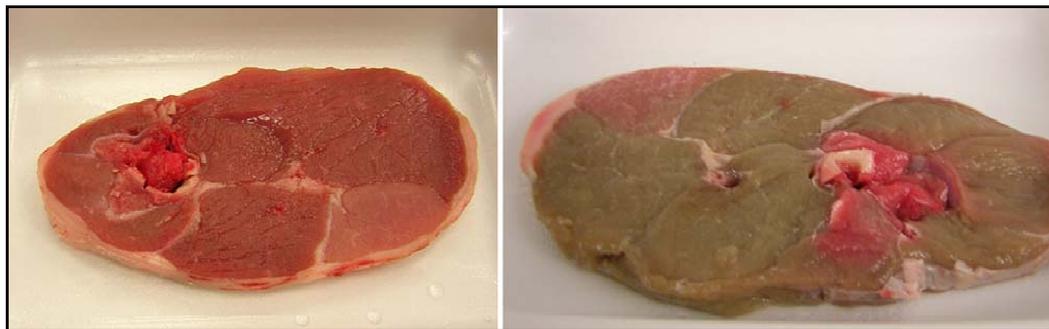


Figura N° 3 Comparación de color de piezas de carne de cordero (Stalik, 1991).

### **Materia Prima No Cárnica**

La mayoría de las propiedades únicas de los productos de carne procesada, se obtienen por el uso de ingredientes no cárnicos. Estos ingredientes no solo contribuyen a las características del producto, sino que frecuentemente interactúan con los ingredientes cárnicos para producir cambios adicionales en el producto. Se debe mencionar que cada ingrediente permitido, ha sido aprobado para un propósito específico y normalmente es más efectivo a niveles definidos.

La clave para utilizar los ingredientes no cárnicos más eficientemente, está en comprender las funciones y los efectos de cada uno. A continuación, se van a describir los ingredientes no cárnicos utilizados en las carnes procesadas, particularmente, los involucrados en la elaboración del jamón cocido de pierna.

#### *Agua Agregada*

Aunque el músculo en sí contiene una gran cantidad de agua, con frecuencia se añade más agua a las carnes procesadas por razones funcionales. El agua es un ingrediente no cárnico caracterizado por su capacidad de disolver. El carácter solvente del agua sirve para macerar y distribuir uniformemente los demás aditivos no cárnicos, así como para solubilizar las proteínas presentes en las carnes, necesario para el buen desempeño de la emulsión y propiedades de ligazón. Asimismo, es importante tanto para la textura como para los rendimientos del producto, ya que contribuye a una blandura y calidad sensorial agradable aunque el exceso puede resultar en un producto muy blando de baja calidad.

La adición de agua también puede ocasionar algunos problemas potenciales. El agua dura, por ejemplo, puede contener metales pro-oxidantes en forma iónica (hierro, cobre) que inducen la rancidez y problemas de color. También puede hacer que algunos ingredientes, como los fosfatos, sean menos efectivos (Lowa, 1996).

### *Sal*

La sal es el ingrediente más crítico en la elaboración de embutidos después de la carne. Para actuar completamente como conservante se requieren concentraciones de salmuera en el producto de aproximadamente 17%.

Una de las funciones más importantes de la sal o cloruro de sodio (NaCl) es combinarse con agua para formar una salmuera, donde la concentración determina el grado de extracción de proteína cárnica. Las proteínas cárnica más importantes son solubles en soluciones salinas (miofibrilares). Después de la extracción de proteína, la sal puede ser diluida a niveles apropiados con el resto de los ingredientes. Este concepto provee una ventaja potencial siempre que se necesiten las proteínas miofibrilares, indispensables para la estabilidad de la grasa, ligazón y retención de agua.

Otra función de la sal es su contribución al sabor, el cual ha sido uno de los factores limitantes en cuanto a la reducción de los niveles de sodio. Algunos sustitutos parciales como el cloruro de potasio o los intensificadores de sabor, tales como el glutamato monosódico o las proteínas hidrolizadas, también se han usado con éxito, pero dado que el sabor proviene principalmente del ión sodio, la sustitución total del cloruro de sodio no es factible.

Mientras que el ión sodio es el elemento de la sal contribuyente al sabor, el ión cloruro es el que cumple la función de retener agua en las carnes procesadas. El cloruro altera el ambiente iónico de las moléculas de proteína, es decir, que éstas son capaces de captar mayor cantidad de agua a cualquier pH dentro de valores normales. Las miofibrillas se hinchan y absorben agua generando mayores rendimientos y

textura. Un contenido de sal elevado contribuye al control bacteriano y prolonga la vida útil del producto terminado (Lowa, 1996).

### *Fosfatos*

Los Fosfatos proveen funciones similares a la sal en cuanto a retención de agua. Por otro lado, hay evidencias de que también reducen la rancidez oxidativa, probablemente reduciendo la actividad pro-oxidante de metales pesados en la sal. Los fosfatos ayudan a solubilizar las proteínas musculares y a disminuir la acidez (elevan el pH) de la carne, lo cual incrementa el espacio alrededor de las proteínas y así mayor cantidad de agua puede mantenerse entre las proteínas.

Con la mayor capacidad de retención de agua, el rendimiento del producto incrementa, las superficies del producto son más secas y más firmes, y las emulsiones son más estables a temperaturas más elevadas. También se han argumentado mejores estabilidades en color y mejor sabor y olor.

Por otra parte, tienen la propiedad de modificar el pH del medio al que se adicionan. En el caso de la carne, los fosfatos utilizados aumentan el pH hasta en 0,5 unidades lo que ocasiona que ésta se aleje del punto isoeléctrico aumentando su capacidad de retención de agua. Sin embargo, dichos compuestos no son fácilmente solubilizados en la mayoría de las salmueras por ello se recomienda disolver los fosfatos primero y así evitar su precipitación (Lowa, 1996).

### *Azúcares*

Los azúcares como aditivos en productos embutidos, mejoran el sabor debido a que combaten los picos de los sabores salados, ácidos, amargos y el gusto acre de algunas sustancias e ingredientes.

En los productos cárnicos se usan una gran variedad de azúcares, que van desde la sacarosa (azúcar de caña o de remolacha) a la dextrosa (azúcar de maíz). Se incluyen en este grupo los jarabes de maíz y el sorbitol.

Los azúcares han sido identificados de servir como medio para el crecimiento de algunos microorganismos indeseables como las levaduras, otros proveen una

condición químicamente reductora en los productos embutidos y como resultado son acreditados como mejoradores del color de los embutidos frescos. Los niveles de uso para los azúcares están limitados tanto a las regulaciones como a las consideraciones prácticas de su efecto sobre el sabor (Badui, 2006).

#### *Hidrocoloides*

Son agentes ligadores o extendedores que se utilizan para mejorar las propiedades ligadoras de una mezcla cárnica y obtener una ventaja económica. Una emulsión más estable, mayores rendimientos y mejor rebanado son algunas de las ventajas que se pueden obtener con su buen uso. Estos ingredientes generalmente se permiten en embutidos cocidos a un 3,5%.

En el proceso de elaboración del jamón cocido de pierna se utilizan agentes ligadores o extendedores, tales como gomas y carrageninas.

#### *Agentes de Curado*

Los nitratos y los nitritos son los agentes de “curado” adicionados para elaborar el jamón cocido de pierna. Su efecto más reconocido es el desarrollo del color rojo o rosado, además de la textura, sabor y olor característicos de un embutido curado, y provee un efecto conservante, especialmente frente al crecimiento de microorganismos que podrían estar presentes. El nitrito es el componente más importante usado para el curado de las carnes, siendo también un potente antioxidante.

En la industria cárnica son comúnmente usadas las sales de sodio, aunque también se pueden usar el nitrato de potasio o el nitrito de potasio.

El nitrito de sodio es un inhibidor muy efectivo del crecimiento del *Clostridium botulinum*, la bacteria causante del botulismo. Sin nitrito no sería posible producir con cierta seguridad los jamones enlatados no esterilizados (aquellos que requieren refrigeración), así como productos cocidos empacados al vacío.

Los nitritos proveen la fuente de óxido nítrico que se combina con el pigmento mioglobina. Para la formación del color de curado se consideran necesarios

aproximadamente 50 ppm de nitrito en el producto terminado, dependiendo de la cantidad de pigmento disponible para reaccionar con el nitrito.

Cuando el nitrito es adicionado a sistemas cárnicos complejos biológicamente, reacciona con varios componentes químicos presentes naturalmente como las proteínas. Las condiciones de calentamiento normalmente usadas en el proceso de curado aceleran estas reacciones, y cuando se completa el proceso de elaboración, sólo aproximadamente del 10-20% del nitrito agregado es detectado analíticamente. Este así denominado nivel de nitrito residual disminuye más durante el almacenamiento y la distribución, cuando el producto se traslada hasta llegar al consumidor final para su preparación y consumo.

Ya que el nitrato y el nitrito son adicionados en pequeñas cantidades, ellos deben ser disueltos en agua antes de su uso para asegurar una distribución uniforme. También pueden disolverse en mezclas de sal, aunque ello podría ser peligroso ya que estas pre-mezclas fácilmente pueden ser confundidas con sal pura (Carballo, 2001).

#### *Agentes Reductores*

Las dos principales reacciones que ocurren después de que los ingredientes de curado son introducidos en la carne son una reducción de la metamioglobina a mioglobina y una reducción de nitrito a óxido nítrico. El óxido nítrico está entonces disponible para combinarse con la mioglobina para formar nitrosomioglobina. Para acelerar estas reacciones con el fin de acortar los tiempos de curado, se adiciona un fuerte agente reductor. Los compuestos más utilizados son el ascorbato de sodio o el eritorbato de sodio, que son compuestos muy similares aunque el ascorbato tiene actividad de Vitamina C. El ascorbato o el eritorbato aceleran la conversión de metamioglobina y nitrito a mioglobina y óxido nítrico y también suprime la reacción inversa. Esto resulta en una conversión más completa del pigmento muscular a forma de pigmento curado. Las cantidades residuales de ascorbato o eritorbato también ayudarán a estabilizar el pigmento de curado en el embutido reduciendo el deterioro del nitrosohemocromo y dando así al color una más larga vida útil (Carballo, 2001).

### **Proceso de Elaboración del Jamón Cocido de Pierna**

Para el desarrollo del jamón cocido de pierna, se debe pasar por una serie de operaciones y procesos definidos. En la Figura N° 4 se muestra un esquema del proceso de producción del jamón cocido de pierna.

El proceso comienza con la selección de la materia prima cárnica, la cual debe tener ligazón homogénea en todos y cada uno de los trozos, para que incluso en rebanadas delgadas, el jamón se mantenga compacto. Para conseguir una ligazón óptima, es necesario utilizar carne magra, es decir, libre de grasa visible (Wirth, 1992).

Una vez seleccionado y analizado fisicoquímica y microbiológicamente el bloque cárnico, se procede al pesado de los ingredientes y aditivos químicos que serán utilizados en la formulación de la salmuera y el gel.

La salmuera es el vehículo de introducción en el jamón de los aditivos utilizados en la tecnología de producción. Su composición varía en función del tipo de producto lo que determina el porcentaje de inyección, además de la selección y cantidad de ingredientes y aditivos a agregar al producto terminado. Su preparación se realiza a partir de agua suavizada y fría; para el ajuste de la temperatura se añade hielo, se enciende el agitador y se agregan los condimentos conservadores y saborizantes previamente analizados en el laboratorio (sal, azúcar, nitrito de sodio y fosfato) el ingrediente final adicionado es el eritorbato de sodio o agente reductor, se mezcla por 15 min hasta disolver completamente. De la misma manera, se prepara el gel, difiriendo en la adición de los hidrocoloides (gomas y carragenina) en lugar del azúcar. Antes del proceso de inyección se deben enviar muestras al laboratorio para verificar que el contenido de nitrito, sal y fosfato cumplan con los requerimientos establecidos por la empresa.

A continuación, la salmuera se adiciona uniformemente a la carne mediante el uso de una inyectora, con el fin de preservarla, fijar el color, mejorar la textura, evitar la oxidación e inhibir el crecimiento del *Clostridium Botulinum*.

En el proceso de inyección en primer lugar debe programarse la presión de inyección. Esta presión puede variar debido al tipo de inyector y al tamaño de las porciones de carne a inyectar. Los trozos grandes de carne normalmente requieren una presión mayor de inyección que los trozos pequeños que se utilizan para preformar el jamón. Antes de cada arranque se debe verificar el funcionamiento de la misma, determinando el rendimiento y la desviación estándar de seis trozos de pernil inyectados por separado.

Luego se transportan las piezas de carnes inyectadas a la ablandadora o tenderizadora, en donde ocurre la acción mecánica mediante la cual se obtiene un daño de las estructuras conectivas que envuelven los músculos y las fibras musculares individuales con el objetivo de favorecer la extracción de las proteínas miofibrilares durante el masaje sucesivo, mejorando el rendimiento de cocción y la textura del rebanado en el producto terminado. Además se obtiene un sustancial ablandamiento del trozo de carne que resulta útil al permitir una fácil adaptación del jamón al prensado y una completa ligazón de los diferentes músculos entre sí durante el prensado. El ablandamiento debe realizarse inmediatamente después, y no antes de la inyección, para evitar que la salmuera liberada por las agujas de la inyectora se posicione en los cortes realizados por las cuchillas antes que en el espesor de la carne, reduciendo la cantidad realmente inyectada.

Una vez completada la materia prima, se procede a la adición del gel en el bloque cárnico inyectado, esta mezcla se somete a un masaje continuo por medio de revoluciones y bajo vacío por aproximadamente 5 horas, dando lugar a la fase de curado. Con este paso se desea la mayor absorción de gel y salmuera, para así lograr un mayor rendimiento, ablandamiento de la carne y liberación de la proteína. Es importante para la estructura del jamón que se deje reposar suficientemente la carne después de muchas horas de masaje.

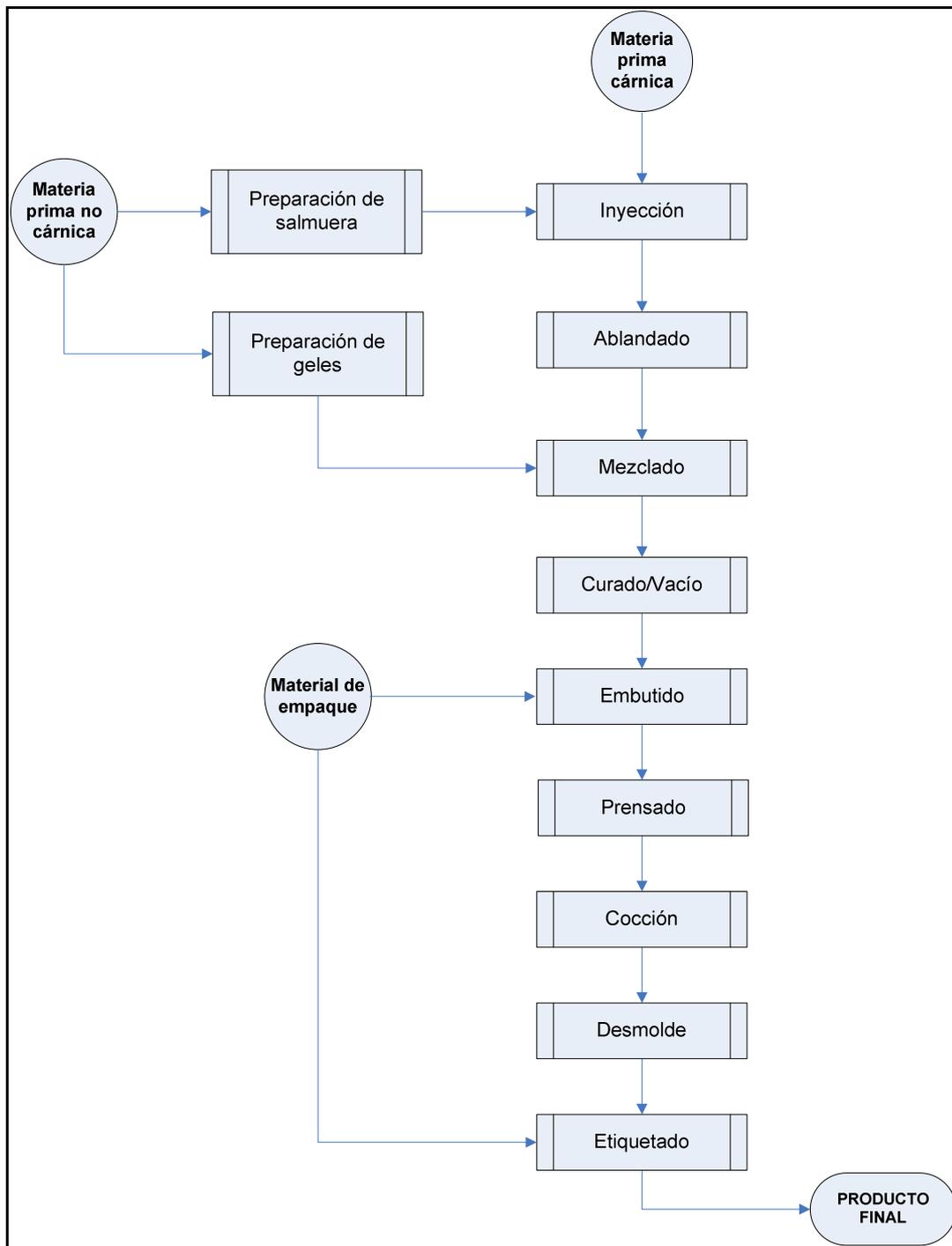


Figura N° 4. Diagrama del proceso de fabricación del Jamón Cocido de Pierna

Se recomienda un período de reposo de al menos 12 horas, si es posible durante la noche. La carne deberá mantenerse en el masajeador, o en todo caso al ser descargada del mismo, cubrirse y almacenarse en cámara fría a un máximo de 4 °C, para prevenir el crecimiento de microorganismos perjudiciales. Se debe tener muy en cuenta que la carne fresca después del masaje ofrece un medio ideal para el desarrollo de bacterias debido a la liberación de la proteína en la superficie de la carne.

Una vez que el período de reposo se ha completado, la carne se embutirá en tripas, bolsas, películas o moldes. Es necesario evitar la presencia de oxígeno, para que no ocurra la separación del gel de la carne que dificulta el rebanado y además evitar el desarrollo de microorganismos.

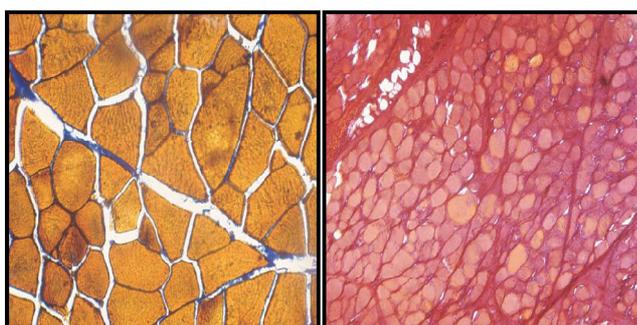
Se colocan los productos embutidos en los moldes para originar la forma deseada, y se presan manual o mecánicamente, luego se trasladan las torres de los embutidos hasta el equipo de cocción. Se inicia la operación del horno hasta lograr una temperatura del producto final de 68 °C. Durante el procedimiento se pierde agua en medida proporcional a la temperatura a que se someta. Esta pérdida hace que aumente la concentración de otros componentes, pero paralelamente hay disminución de nutrientes hidrosolubles, fundamentalmente minerales y vitaminas. Se rocía agua de enfriamiento a  $4 \pm 1$  °C. El tiempo total cocción-enfriamiento es de nueve horas.

Se traslada la torre con los jamones cocidos hacia la zona de desmolde en donde se libera la presión de cada pieza, las cuales posteriormente son enviadas por bandas transportadoras a la sección de etiquetado, en donde se coloca la identificación del producto terminado para finalmente llegar al consumidor (Rodríguez, 2009).

El proceso de cocción se define como el tratamiento térmico al que es sometida la carne y que es responsable de una serie de fenómenos físicoquímicos, bioquímicos y microbiológicos que definirán la calidad y las propiedades organolépticas del producto acabado.

Los principales objetivos que se persiguen con dicho tratamiento térmico son:

- La coagulación de las proteínas musculares: Las proteínas miofibrilares solubilizadas por el efecto conjunto de determinados ingredientes (fosfatos y sal) y del proceso de masaje, sufren una desnaturalización por el efecto del calor que conlleva una disminución de los espacios intercelulares (ver Figura N° 5), una compactación de las fibras desnaturalizadas y la formación de una red tridimensional capaz de retener agua, confiriendo consistencia, dureza, ligado y cohesión al producto acabado.



**Figura N° 5.** Carne antes de cocción (izquierda) carne después de cocción (derecha) (Lagares, 2007).

- Estabilización del color: La acción del calor es la causa de la desnaturalización del pigmento rojo de la carne curada (nitrosomioglobina) transformándolo en el pigmento rosado característico de estos productos (nitrosohemocromo). 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.
- Estabilización microbiológica: El tratamiento térmico tiene como objetivo reducir la contaminación microbiológica hasta un nivel suficientemente para asegurar la estabilidad del producto final.

En el caso de los productos curados cocidos, para conseguir el nivel de destrucción óptimo, es necesario mantener un calentamiento constante a 68 °C ó 70°C en el centro del producto, durante un tiempo entre 30 y 60 minutos. Otro factor a tener en cuenta es la velocidad a la cual se produce el aumento de la

temperatura durante la cocción, ya que velocidades lentas pueden dar lugar a fenómenos de estrés bacteriano y al desarrollo de bacterias termo-resistentes. Por lo tanto se debe intentar limitar o reducir el tiempo de permanencia del producto a temperaturas favorables a la termo tolerancia (40-50 °C) (Lagares, 2007).

### Nitrato y Nitrito

Los iones nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) son aniones inorgánicos de origen natural que forman parte del ciclo del nitrógeno, cuando los organismos mueren, sus cuerpos se descomponen y llevan el nitrógeno al suelo, tierra u océanos. A medida que las plantas y los animales muertos se descomponen, el nitrógeno adquiere formas orgánicas como las sales de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) mediante un proceso llamado mineralización. Las sales de amonio son adsorbidas por la arcilla del suelo y luego son alteradas químicamente por las bacterias en nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y posteriormente en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). El nitrato se disuelve en el agua fácilmente y es separado del sistema de suelos para regresar a la atmósfera mediante ciertas bacterias en un proceso llamado desnitrificación o reducción del nitrato a nitrógeno gaseoso, tal como se describe en la Figura N° 6.

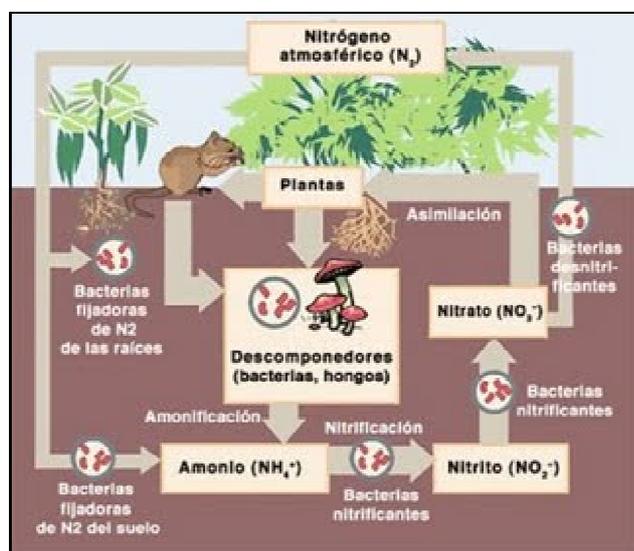


Figura N° 6. Ciclo del Nitrógeno (Harrison, 2003).

### **Toxicidad del Nitrato y Nitrito**

En los humanos, el nitrato ingerido se absorbe rápidamente en el intestino delgado y se distribuye en el organismo, llegando al intestino grueso a través de la sangre, en donde se convierte por acción de los microorganismos en nitrito, el cual es muy reactivo y se reabsorbe a la sangre. Esta reducción requiere una reacción nitrato-reductasa. Después de la absorción, tanto nitratos como nitritos, se distribuyen con rapidez a todos los tejidos.

Una vez en la sangre, el nitrito reacciona con el ión ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) de la desoxihemoglobina, formando metahemoglobina en el cual el hierro se encuentra en estado férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ), por lo que es incapaz de transportar oxígeno a los tejidos.

Otro efecto asociado a la toxicidad del nitrito, es la posibilidad de reaccionar con las aminas o amidas de las proteínas y formen nitrocompuestos, muchos de los cuales son potentes carcinógenos.

Las reacciones de nitrosación pueden tener lugar durante la maduración o procesado de los alimentos o bien en el tracto gastrointestinal, a partir de los precursores. En la valoración del riesgo de formación de nitrosaminas/nitrosamidas se ha de tener en cuenta la presencia de inhibidores o potenciadores de las reacciones de nitrosación. Entre los primeros se encuentran la vitamina C y la vitamina E que son activos tanto en los alimentos como en el organismo.

Aunque aún no hay pruebas concluyentes de que la ingestión de nitratos y nitritos causen estos efectos y se requieren más estudios al respecto, esta posibilidad no debe desestimarse (Valverde, 2001).

### **Fuentes Naturales de Nitrato y Nitrito**

Los nitratos se encuentran de forma natural en muchos alimentos y especialmente en vegetales, donde pueden alcanzar concentraciones muy elevadas. Las espinacas, la lechuga y el apio, por ejemplo, pueden contener de forma natural más de 2.000 mg de nitratos por kg, también pueden estar presentes en otras verduras como la remolacha o acelga, pero en concentraciones muchísimo menores. Adicionalmente, los nitratos

se encuentran en el agua potable, bien de forma natural o a causa de la contaminación por prácticas agrícolas. Por otra parte, el organismo segrega en la saliva del orden de 12 mg al día de nitritos, mientras que la flora del intestino produce unos 70 mg diarios.

La concentración de nitratos en los vegetales depende principalmente del uso de fertilizantes nitrogenados, aunque otros factores como, la actividad de ciertas enzimas y la presencia o deficiencia de otros elementos esenciales como potasio, hierro o molibdeno también contribuyen en dicha concentración (Harrison, 2003).

Actualmente, en la industria cárnica, se han incorporado saborizantes o especias, como el jugo de apio o concentrado de apio como ingredientes naturales porque son ingredientes de origen vegetal. Una de las ventajas de estos ingredientes es su contribución potencial como fuente de nitrato, por lo cual, se encuentran disponibles comercialmente y pueden ser utilizados como ingredientes en alimentos naturales y orgánicos (Sebranek y Bacus, 2007).

Al utilizar fuentes naturales de nitrato en carnes procesadas, se hace necesaria la actividad de un cultivo bacteriano, denominado cultivo iniciador, cuya principal acción es la reducción de nitrato a nitrito, lo cual se profundiza a continuación.

### **Cultivos Iniciadores**

Los cultivos iniciadores son empleados con el fin de conseguir en el producto cárnico, un rápido descenso del pH por la producción de ácido láctico, una textura y consistencia más firme, un sabor y aroma característicos, con propiedades físico-químicas y sensoriales como el desarrollo del color típico de carne curada. Los cultivos iniciadores usualmente se emplean en combinación de dos microorganismos, uno de ellos produce ácido láctico y el otro desarrolla el sabor y el aroma del producto.

Estos fermentos son comercializados y sembrados según tres grandes criterios:

- **Inocuidad:** ausencia de poder patógeno o tóxico.

- **Aptitud para crecer en los productos cárnicos:** es necesario que las cepas se desarrollen sin oxígeno, a pH ácido, en presencia de nitrato y/o nitrito, a temperaturas de 12 a 25°C y a bajo coeficiente de actividad de agua ( $A_w$ ).
- **Eficacia tecnológica:** buena implantación, regularidad de las expresiones bioquímicas (pH, color), efecto aromático, sabor entre otras.

En la producción de embutidos procesados, a partir de cultivos iniciadores y fuentes naturales de nitrato, el ácido láctico cumple funciones de suma importancia, entre ellas, el efecto de conservación, ya que los microorganismos patógenos sensibles a estos tipos de ácidos son inhibidos, el embutido se hace firme, debido a la coagulación de las proteínas cárnicas, el secado del producto es acelerado al igual que la producción de óxido nítrico.

Algunas de las bacterias utilizadas son los lactobacilos y pediococos. Sin embargo, también se emplean algunas levaduras y mohos en la elaboración de salchichón y salamis, para lograr la capa blanca que recubre la superficie de estos productos. Por otro lado, también aportan modificaciones del sabor y olor en estos productos por actividad enzimática.

Adicionalmente, en la elaboración de embutidos las *Micrococcaceae* (*Staphylococcus xylosum*, *S. carnosus*, o *S. simulans*) constituyen un grupo importante de los cultivos iniciadores empleados en esta industria, ya que ellas reducen los nitratos a nitritos (mejorando el color del producto e inhiben el crecimiento de *Clostridium botulinum*). También cumplen un importante papel en la lipólisis ya que sintetizan aromas esenciales para la calidad organoléptica del producto. Su catalasa destruye los peróxidos responsables de los defectos de coloración y de sabores rancios. Además, si se complementa con la levadura *Debaryomyces hansenii* se mejora la aromatización de los productos debido a la suma de la actividad lipolítica de la levadura.

Los diferentes tipos de bacterias, levaduras y hongos mayormente utilizados en la industria cárnica como cultivos iniciadores, se presentan en la Tabla N° 4.

**Tabla N° 4.** Especies comercializadas como cultivos iniciadores (Martín, 2005).

<b>BACTERIAS</b>			
<i>Lactobacillus</i>	<i>Pediococcus</i>	<i>Staphylococcus</i>	<i>Micrococcus</i>
L. Sake L. Plantarum L. Curvatus L. Pentosus	P. Acidilactici P. Pentosaceus	S. Xylosus S. Carnosus	M. Varians Kocuria Varians
<b>LEVADURA</b>		<b>HONGOS</b>	
<i>Debaryomyces</i>	<i>Candida</i>	Penicillium	
D. Hansenii	C. Lypolytica C. Famata	Penicillium Nalgiovense Penicillium Chrysogenum Penicillium Camenberti	

Los *Staphylococcus* son seleccionados por su ausencia de patogenicidad. Algunas cepas producen toxinas (*S. Aureus*), por tanto estas cepas se deben evitar. Los *Staphylococcus* son muy resistentes a la sal, pero son rápidamente frenados por el pH (aprox. 5,2 – 5,3) y por la actividad de agua. Son indispensables para la formación del color cuando se emplea nitratos., ya que son responsables por la síntesis de la nitrato reductasa. Del hecho de su sensibilidad al pH y a la actividad de agua, es importante conducir bien el embutido para no tener defectos de coloración interna (caída de pH demasiado rápida) o periférica (secado demasiado rápido) (Martín, 2005)

### **Química del Curado**

No se puede determinar con exactitud cuando se empleó por primera vez la palabra “curado” para designar cierta clase de productos cárnicos. Desde la antigüedad, la carne se ha conservado en sal. Cuando la carne tratada con sal se cuece, presenta un color rosa, distinto al de la carne cruda. Los investigadores al ahondar en este fenómeno descubrieron que la causa radicaba en las impurezas de nitrato potásico que lleva la sal, que son las verdaderas responsables de la reafirmación de color. A partir de este descubrimiento, los nitratos son añadidos sistemáticamente a los productos cárnicos. Actualmente se sabe que es necesaria la participación de flora microbiana

para reducir los nitratos a nitritos, los cuales son realmente los responsables del desarrollo de color (Lawrie, 1967).

El nitrato en sí mismo no es efectivo en la producción de reacción de curado hasta que es convertido en nitrito. Esto es un proceso lento y habitualmente dependerá de la acción bacteriana. En consecuencia, el uso de nitratos está limitado a los embutidos secos y semi-secos. Además actúa indirectamente como fijador de color y es ligeramente bacteriostático en solución ácida, especialmente contra los anaerobios (Coulter, 1984).

Si se usa para el curado el nitrato, éste debe primero transformarse en nitrito, con ayuda de las enzimas de los microorganismos (bacterias desnitrificantes) y de la carne. El nitrito se transforma bajo influencia de acidez (ácido láctico presente en las carnes) en ácido nitroso, el cual es inestable y se transforma a gas óxido nítrico, tal como se muestra en la Figura N° 7 (Stalik, 2002).



**Figura N° 7.** Esquema de reducción del nitrato en óxido nítrico.

En la química del nitrito, la formación de óxido nítrico (NO) es un requisito previo necesario para muchas reacciones de curado de la carne. La manera más eficaz para comprender este fenómeno, es examinar los efectos prácticos que su adición genera en el bloque cárnico. La más importante es el desarrollo del color curado (Carballo, 2001).

### **Efectos del Curado**

En el curado de la carne de los productos cárnicos se manifiestan cuatro efectos principales, los cuales se especifican a continuación:

- **Formación del Aroma.** Por acción del nitrito sobre la carne y los productos cárnicos, se manifiesta un típico aroma y sabor diferente, de aquel que se origina a partir de un producto tratado sólo con sal común, designándose como “aroma a curado”.

El aroma a curado se origina a partir de diversas sustancias que se encuentran en la carne y reaccionan con el nitrito y óxido nítrico. Entre estas sustancias se conoce hasta ahora: alcoholes, aldehídos, inosina, hipoxantina y especialmente compuestos sulfurados. Para la formación del típico aroma a curado en el producto cárnico, son suficientes 20 a 40 ppm de nitrito.

- **Conservación.** Desde principios de siglo se conoce que el nitrito en dosis relativamente pequeña, inhibe el desarrollo de un gran número de especies microbianas. Así, las especies que provocan intoxicación alimentaria, como son *Clostridium Botulinum*, *Salmonellas* y *Staphylococcus*, son frenadas en su desarrollo por concentraciones de nitrito de 80 a 150 ppm. Sin embargo, la acción conservadora del nitrito está relacionada con factores influyentes, como son: la actividad de agua, el pH y la temperatura.
- **Antioxidante.** Estudios recientes, han demostrado que el nitrito posee también un efecto inhibitor sobre la degradación oxidativa de la grasa de los productos cárnicos. No se conoce aún la concentración mínima necesaria de nitrito, sin embargo se sabe que el mecanismo antioxidante se localiza en la unión del mismo con sustancias oxidables del producto, como por ejemplo el hierro.
- **Formación de Color.** En la formación del color de curado, el pigmento de la mioglobina reacciona con el óxido nítrico (NO), formado a partir del nitrito en medio ácido. La misma reacción se produce en la hemoglobina, presente en pequeñas concentraciones en la carne, musculatura y eventualmente en el plasma sanguíneo. La cantidad mínima de nitrito necesaria para la formación del color de curado en la carne y productos cárnicos es de 30-50 ppm.

La reacción del óxido nítrico con el pigmento muscular o con el de la sangre, es afectada por factores como la temperatura, pH, oxígeno y sustancias reductoras. Este efecto se detalla a continuación.

### **Pigmento de la Carne Curada**

La mioglobina tiene la capacidad de unirse débilmente no solo con el oxígeno sino también con el óxido nítrico. Cuando la carne se expone a un calor bajo durante el curado, parte de la mioglobina con óxido nítrico cambia a un complejo más estable, con el hierro aún en el estado ferroso.

Aunque el calor no perjudica el color de la carne curada, la exposición a la luz cuando la carne está en contacto con el oxígeno, hace que se atenúe su color. La luz acelera la disociación del óxido nítrico del pigmento después que se realiza la oxidación. El hierro cambia de la forma ferrosa a la férrica.

En la Figura N° 8, se muestran algunas de las reacciones que los pigmentos hemo sufren durante el desarrollo de color de las carnes curadas. Dado que el nitrito es un agente oxidante de la mioglobina muy eficaz, posiblemente la reacción inicial consiste en la conversión de la mioglobina y oximioglobina en metamioglobina.

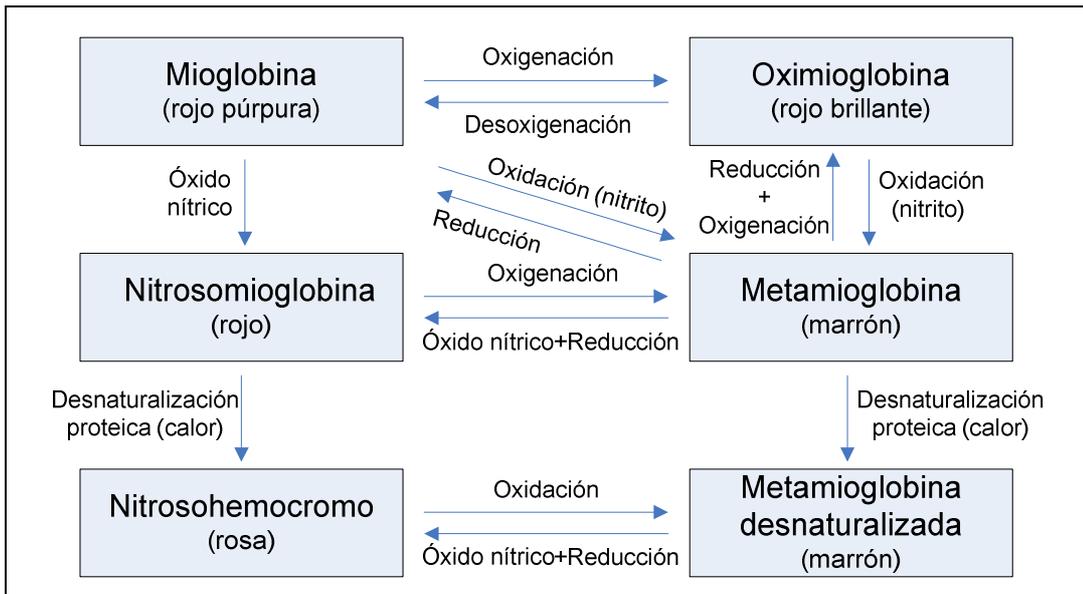
El óxido nítrico se combina entonces con la porción hemo de la metamioglobina para originar nitrosomioglobina, el cual proporciona el color rojo-rosado de la carne curada. Este fenómeno implica la adición de un electrón al ión férrico ( $Fe^{+3}$ ) del hemo que se convierte en ión ferroso ( $Fe^{+2}$ ). Dicha reducción puede realizarse en la carne, bien naturalmente, o por los reductores adicionados a la mezcla del curado.

La reducción natural es un proceso lento que juega un papel significativo únicamente en los procesos de curado muy largos. La actividad reductora de las sales de ácido ascórbico (ascorbato) acelera la reducción de la nitrosomioglobina donando electrones al hierro férrico del hemo. Los grupos sulfidrilo ( $-SH$ ) liberados durante el tratamiento térmico de la carne curada, son también compuestos que contribuyen significativamente a la reducción de la metamioglobina o de la nitrosomioglobina.

La reacción final que se muestra en la Figura N° 8, la formación de nitrosohemocromo implica la desnaturalización de la porción proteica de la mioglobina. La desnaturalización se debe al calor durante el proceso culinario, el color del nitrosohemocromo es rosa, en contraste con el color más rojizo de la

nitrosomioglobina. El color del pigmento desnaturalizado es más estable que el del pigmento nativo.

El nitrosohemocromo es un pigmento termoestable, por lo que no sufre cambios significativos de color durante el tratamiento térmico adicional del producto curado. Sin embargo, los pigmentos de la carne curada pueden experimentar otras reacciones que determinarán cambios de color; frecuentemente tales cambios suponen pérdida de color. La nitrosomioglobina y el nitrosohemocromo son muy susceptibles a la decoloración por la luz. Esta acción es importante cuando las carnes se exhiben bajo una fuerte iluminación fluorescente, al mismo tiempo que están expuestas al aire. Bajo estas condiciones el color superficial de las carnes curadas se debilita en una hora aproximadamente (Lawrie, 1967).



**Figura N° 8.** Cambios químicos que puede experimentar la mioglobina durante el desarrollo del pigmento final de la carne curada (Lawrie, 1967)

## CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

El cumplimiento de los objetivos planteados, implicó la descripción y desarrollo de un plan de trabajo, basado en una serie de investigaciones y experimentaciones, que constituyeron la metodología de este Trabajo Especial de Grado.

### Descripción de Componentes y Equipos

Los componentes no cárnicos utilizados para el desarrollo del jamón cocido de pierna, abarcaron dos categorías: la materia prima cárnica, representada por el pernil de cerdo o músculo entero que el departamento de recepción de materia prima cárnica (MPC) proporcionó. Este departamento recibe la carne despostada, de un matadero perteneciente a la empresa, ubicado a cercanías de la misma.

En cuanto a los aditivos e ingredientes, fueron suministrados por el almacén de materia prima no cárnica (MPNC) a excepción del agua y hielo. Estos componentes se recibieron en bolsas plásticas transparentes, previamente pesados e identificados, para una cantidad estimada de producto final. A diferencia de los demás componentes el nitrito de sodio, se recibió en bolsa plástica azul, por razones de seguridad.

Los aspectos más importantes de la materia prima no cárnica, se destacan en la Tabla N° 5

Tabla N° 5. Aditivos e ingredientes utilizados en el desarrollo del Jamón Cocido de Pierna.

Sustancia	Peso y Fórmula Molecular	Figura
Agua (Ingrediente)	18,00 g/mol $H_2O$	

Sustancia	Peso y Fórmula Molecular	Figura
<b>Sal (Ingrediente)</b>	58,44 g/mol <b>NaCl</b>	
<b>Azúcares (Ingrediente)</b>	342,30 g/mol <b>C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub></b> <b>Sacarosa</b>	
<b>Nitrito de Sodio (Aditivo)</b>	69 g/mol <b>NaNO<sub>2</sub></b>	
<b>Eritorbato de Sodio (Aditivo)</b>	216,12 g/mol <b>C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>NaO<sub>6</sub>·H<sub>2</sub>O</b>	
<b>Goma Xanthan (Aditivo)</b>	2-16×10 <sup>6</sup> Dalton (PM promedio) <b>C<sub>32.34</sub>H<sub>49.94</sub>O<sub>28.34</sub>Na<sub>1.38</sub></b> (FM promedio)	
<b>Carragenina (Aditivo)</b>	1×10 <sup>5</sup> -1×10 <sup>6</sup> Dalton (PM promedio)	
<b>Tripolifosfato de Sodio (Aditivo)</b>	368 g/mol <b>Na<sub>5</sub>O<sub>10</sub>P<sub>3</sub></b>	

Para la elaboración del jamón cocido de pierna, a base de fuentes naturales de nitrito se utilizó un cultivo microbiano, cuyas especificaciones se presentan en la Tabla N° 6

**Tabla N° 6.** Ficha técnica del cultivo iniciador

<b>Característica</b>	<b>Especificación</b>
<b>Composición</b>	Staphylococcus Carnosus Staphylococcus Vitulinus
<b>Salmonella (25g)</b>	Negativo
<b>Listeria (25g)</b>	Negativo
<b>Aerobios Mesófilos</b>	<500 cfu/g
<b>Recuento total de células estafilococos</b>	$\geq 1 \times 10^{11}$ cfu/g
<b>Peso</b>	100 g

Otro componente utilizado fue el extracto de apio, sus características se presentan en la Tabla N° 7

**Tabla N° 7.** Ficha técnica del extracto de apio

<b>Característica</b>	<b>Especificación</b>
<b>Sabor</b>	Celery fresco
<b>Color</b>	Verde tostado
<b>Apariencia</b>	Polvo disperso
<b>Humedad</b>	$\leq 5\%$
<b>Nitrato</b>	30000 ppm aprox.
<b>pH (5% solución)</b>	6,0-7,0
<b>Aerobios Mesófilos</b>	$\leq 20000$ cfu/g
<b>Hongos y Levaduras</b>	$\leq 100$ cfu/g
<b>E. Coli</b>	Negativo
<b>Coliformes Totales</b>	Negativo
<b>Peso</b>	1000 g

Por otra parte, los equipos industriales utilizados para la elaboración del jamón cocido de pierna fueron los siguientes:

- Mezclador de salmuera
- Inyectadora
- Ablandora o Tenderizadora
- Masajeador
- Embutidora
- Horno

Los equipos utilizados para llevar a cabo los procedimientos y las mediciones relacionadas con los análisis fisicoquímicos, que permitieron la caracterización de la materia prima y del producto terminado, se detallan en la Tabla N° 8.

**Tabla N° 8.** Equipos para análisis fisicoquímicos de la materia prima y producto terminado.

Equipo	Usos y Características	Figura
<p>Centrífuga</p> <p><b>Rolco SRL</b> <b>Modelo CGU 3012</b></p>	<p><i>Determinar el porcentaje de grasa en muestras cárnicas.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Construido en acero inoxidable</li> <li>▪ Capacidad para 12 butirómetros</li> <li>▪ Freno manual</li> <li>▪ Velocidad fija de 1100 rpm</li> </ul>	
<p>pH-metro</p> <p><b>Hanna Instruments</b> <b>Modelo HI 8424</b></p>	<p><i>Medir el pH de las carnes y los productos terminados.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Consta de un electrodo patrón de calomel, un electrodo de vidrio y un potenciómetro</li> <li>▪ Apreciación de 0,01 pH</li> <li>▪ Rango de 0-14 pH</li> </ul>	
<p>Unidad de Destilación</p> <p><b>Foss Tecator</b> <b>Modelo 2200</b></p>	<p><i>Determinación del nitrógeno total (proteína) en muestras cárnicas.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manejo automático por arrastre de vapor controlado por microprocesador</li> <li>▪ Tiempo de destilación típico 3,5 min</li> <li>▪ Capacidad de destilación 40 ml/min</li> <li>▪ Rango de trabajo de 0,1 a 200 mg. de nitrógeno con reproducibilidad de +/- 1%</li> </ul>	

Equipo	Usos y Características	Figura
<p style="text-align: center;">Estufa <b>Carbolite</b> <b>Modelo ED 23-720</b></p>	<p><i>Determinar el porcentaje de humedad en las muestras cárnicas.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪Controlador de temperatura programable</li> <li>▪Temperatura máxima de 300 °C</li> <li>▪Exactitud de +/- 0,1 a +/- 0,5</li> <li>▪Consta de (2) rejillas de acero inoxidable</li> <li>▪Trabaja a convección forzada de aire</li> </ul>	
<p style="text-align: center;">Espectrofotómetro <b>Spectronic 20</b> <b>Milton Roy</b> <b>Company</b></p>	<p><i>Determinar colorimétricamente el contenido de nitrito en carnes y productos cárnicos.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪Emplea un filamento de wolframio como fuente de luz</li> <li>▪Con un ajuste de 0% y de transmitancia y otro de 100%</li> <li>▪Intervalo espectral de 340 a 625 nm</li> <li>▪Exactitud de la longitud de onda de +/- 2,5nm</li> </ul>	
<p style="text-align: center;">Mufla <b>Indef</b> <b>Modelo 134</b></p>	<p><i>Determinar el contenido de cenizas (sales inorgánicas) presentes en la muestra.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪Temperatura máxima 1200 °C</li> <li>▪Aislación de fibra cerámica</li> <li>▪Controlador de temperatura manual</li> <li>▪Exactitud de la temperatura de +/- 0,5 °C</li> </ul>	
<p style="text-align: center;">Titulador <b>Metrohm</b> <b>Modelo 702 SM</b> <b>Titrimo</b></p>	<p><i>Determinar la cantidad de sal como cloruro de sodio presente en la muestra.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪Consta de un sistema de valoración con agitador</li> <li>▪Entrada de data programable</li> <li>▪Capacidad de muestra máxima 100 ml</li> <li>▪Rango entre -1270mV y +1270mV</li> </ul>	
<p style="text-align: center;">Balanza Analítica <b>Gehaka</b> <b>Modelo</b> <b>AG-200THP</b></p>	<p><i>Determinar el peso de diferentes muestras cárnicas y no cárnicas.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪Carga máxima 200 g</li> <li>▪Rango 0,0001g</li> <li>▪Apreciación +/- 0,0002</li> </ul>	

Luego de definida la materia prima no cárnica, proporcionada para la formulación del jamón cocido de pierna y descritos los equipos de laboratorio necesarios para los análisis fisicoquímicos de las muestras cárnicas, a continuación se presenta la metodología general implementada para el desarrollo de los objetivos planteados.

### Metodología General

En esta sección se describen los procedimientos y métodos necesarios para llevar a cabo las pruebas requeridas en este proyecto. En la Figura N° 9 se presenta el diagrama general seguido, en este Trabajo Especial de Grado.

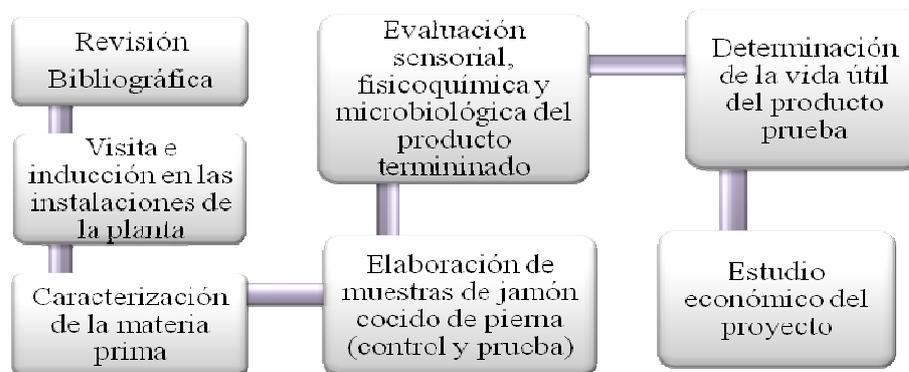


Figura N° 9. Diagrama de la metodología general

### Revisión Bibliográfica

Inicialmente se llevó a cabo una revisión bibliográfica, que permitió conocer los fundamentos operacionales de la línea de producción del jamón cocido de pierna y familiarizarse con el manejo de los equipos y las técnicas que componen el proceso convencional. A su vez, se obtuvo información de estudios previos realizados en productos cárnicos, con variaciones en su fórmula original. Se investigó acerca de las fuentes naturales de nitrato y su uso en la industria cárnica como posible sustituto del nitrito de sodio, para esto se consultaron libros, documentos, publicaciones periódicas, normas alimentarias, trabajos de grado y entrevistas personalizadas respecto al tema, con las cuales se lograron obtener las bases necesarias para cumplir con los objetivos propuestos.

### **Conocer el Proceso Actual de Elaboración del Jamón Cocido de Pierna**

Se procedió a efectuar un recorrido por las instalaciones de la planta, en especial por la línea de los jamones cocidos, con el propósito de conocer detalladamente el proceso productivo del jamón cocido de pierna.

Se realizó una inducción técnica del manejo de las maquinarias y equipos involucrados en la elaboración del embutido, la cual abarcó: el sistema de preparación de salmueras, inyectora, tenderizadora, masajeadora, embutidora, horno y sistema de empaque, para así conocer el funcionamiento de los mismos, las condiciones operacionales y propósito de cada etapa. Para el desarrollo de este objetivo, se hizo el seguimiento de un lote (1000 kg) de jamón cocido correspondiente a la producción normal del día, tomando en cuenta las condiciones operacionales de los equipos y funciones de cada una de las etapas llevadas a cabo durante el recorrido, las cuales serán detalladas a continuación.

#### *Preparación de la Salmuera y Gel*

Corresponde a la etapa inicial del proceso. Los aditivos e ingredientes que componen la salmuera, fueron proporcionados por el departamento de materia prima no cárnica (MPNC) previamente pesados, de acuerdo a la formulación establecida para el producto y analizados por el departamento de control de calidad.

Una vez recibida la MPNC, se procedió a agregar agua suavizada y fría a una temperatura de  $2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$  en un tanque de 950 kg de capacidad, hasta completar la cantidad indicada en la fórmula, se trasladó hacia la zona de mezcla de salmueras y se dispuso el agitador en el interior del tanque, se encendió y posteriormente se suministraron los aditivos e ingredientes de la siguiente manera, manteniendo la agitación continua:

- Se disolvieron los fosfatos completamente por acción del agitador durante 5 minutos, teniendo en cuenta, que siempre se agregarán antes que la sal.
- Una vez, disueltos completamente los fosfatos, se agregó la sal.

- Debido a que la sal previene la hidratación y aumento del volumen del grano de carragenato, se incorporó la carragenina, para evitar la formación de grumos, que pueden tapar las agujas de la inyectora.
- Inmediatamente se adicionó el azúcar.
- Luego se agregó el nitrito de sodio.
- Y el último aditivo incorporado, fue el eritorbato de sodio, disuelto previamente en agua, para evitar una reacción violenta que provoque la salida de los gases nitrosos y disminución en la cantidad de nitritos presentes.

Finalmente, se agregó hielo hasta lograr una salmuera completamente homogénea y una temperatura final entre  $-7$  y  $0$  °C que permita el enfriamiento del bloque cárnico en el proceso de inyección y la estabilidad de los ingredientes que la componen. Una parte del hielo también puede ser agregada al inicio del proceso, para ajustar la temperatura del agua, en caso de que no se encuentre dentro de las especificaciones, sin embargo antes de adicionar cualquier ingrediente seco, el hielo debe estar disuelto completamente, para evitar que dichos ingredientes se adhieran en los trozos del mismo, causando una distribución no homogénea de los aditivos en la salmuera que afectará la calidad del producto final.

El orden de la adición de cada uno de los componentes, permite la completa disolución, y evita que el nitrito y el eritorbato de sodio puedan interactuar entre sí, formando óxido nítrico y provocando su prematura descomposición en la salmuera. Además se debe destacar que la vida útil de la salmuera refrigerada a una temperatura de  $1$  °C aproximadamente, es máximo 24 horas, pues a temperaturas mayores, se aceleran las reacciones químicas entre los nitritos y eritorbatos, originando la degradación del agente curante y por ende, disminución de su efectividad.

Al obtener la salmuera, se enviaron muestras al laboratorio, para la determinación de la cantidad de nitrito presente en la misma. En la Figura N° 10 se observa el agitador utilizado en la preparación de la salmuera.



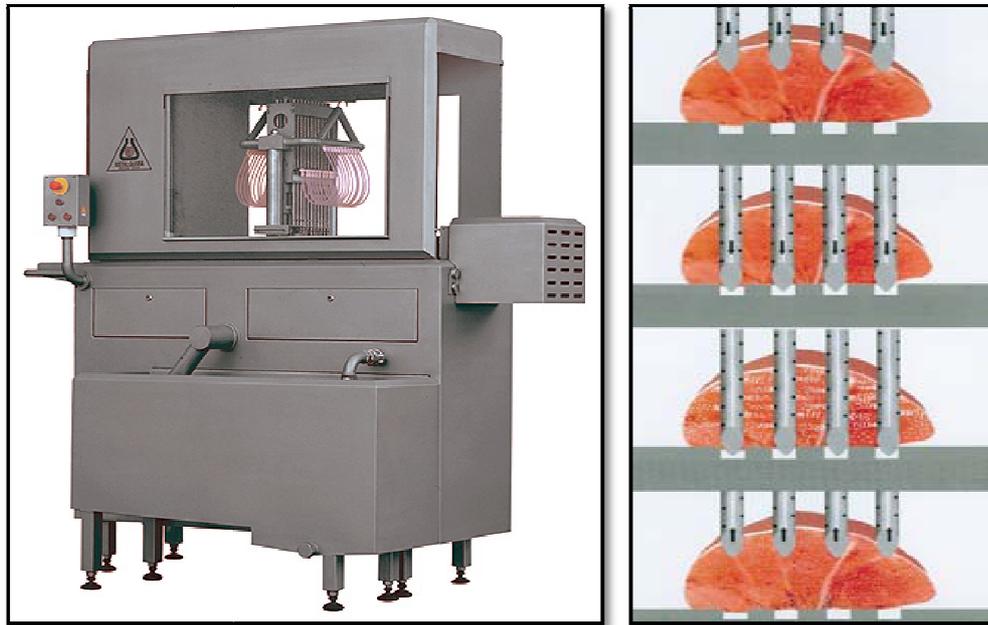
**Figura N° 10.** Preparación de la salmuera (Freixanet, 2007)

Debido a la poca cantidad de gel utilizado en la formulación del jamón cocido de pierna, éste se preparó en un contenedor de menor capacidad (250 kg), el procedimiento es el mismo al descrito anteriormente, la diferencia se encuentra en los componentes agregados, los cuales se adicionaron en el siguiente orden: fosfato, sal, goma xanthan y goma algarrobo. El gel no es inyectado al bloque cárnico, por lo tanto permanece en refrigeración a 1 °C antes de ser utilizado.

Finalizado el proceso de preparación de la salmuera y el gel, los tanques se trasladaron a la línea de jamones, específicamente al área de inyección.

#### *Inyección de la Salmuera*

La inyectora es la maquinaria utilizada para tal fin, consta de un sistema de agujas con una serie de agujeros a lo largo de la misma que van de 0,6 a 0,8 mm. Las agujas penetran en el músculo dosificando la salmuera en forma de spray, mediante la acción de una bomba de pistón hidráulica (ver Figura N° 11). Los parámetros variables son la presión de la inyección que comprende un rango de 2 - 9 bar y el avance de la banda transportadora de la carne, la cual se encuentra entre 2 y 12 cm . El tanque contenedor de salmuera consta de un sistema de enfriamiento (serpentín), cuya función es mantener la salmuera a una temperatura baja.



**Figura N° 11.** Inyectadora y dosificación de la salmuera en la carne (Xargayó, 2007)

Inicialmente el departamento de recepción de materia prima cárnica, proporcionó la cantidad de carne correspondiente a la producción de un lote de jamón, previamente analizada por el departamento de calidad.

Seguidamente, se procedió al llenado del tanque de la inyectadora con la salmuera y se verificó que el rendimiento de la inyección estuviera dentro del rango establecido por la empresa ( $35 \pm 3\%$ ), para ello se tomaron los rendimientos de seis pernils inyectados por separado, cuya desviación estándar no debía ser mayor a 4%.

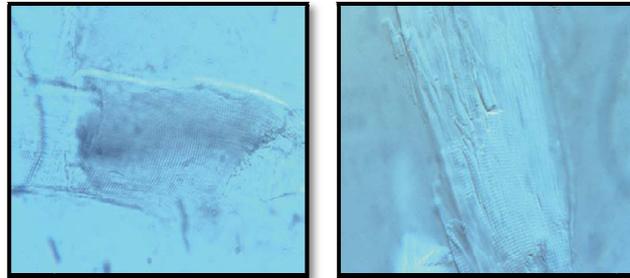
Una vez verificado que el porcentaje de inyección cumpliera con lo establecido por la empresa, se procedió a inyectar todo el bloque cárnico. Se tomó en cuenta que la temperatura en la carne estuviera alrededor de  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  al final del proceso.

A continuación los músculos inyectados, fueron dispuestos para el tratamiento mecánico antes del curado, la tenderización.

#### *Tenderizado o Ablandado*

Esta etapa también aporta beneficios como la penetración de la salmuera hacia el interior del músculo, lo cual conlleva a la disminución de las mermas de cocción. En la Figura

Nº 12 se observa la estructura muscular de la carne sin tenderizar (izquierda) y la estructura muscular de la carne sometida a tratamiento mecánico (derecha).



**Figura Nº 12.** Efecto del tratamiento mecánico en la estructura muscular (Xargayó, 2007)

Para lograr estos beneficios, la carne inyectada se hizo pasar por una tenderizadora, equipo cuya acción mecánica es producida por un ablandador, el cual consiste en dos cilindros paralelos provistos de cuchillas redondas dentadas, distanciadas entre sí de 1-3 cm (ver Figura Nº 13). Los dos cilindros rotan en sentido contrario de modo que la carne impulsada entre ellos recibe cortes superficiales durante el paso a través de la máquina. La forma de los rodillos y la separación entre ambos determinarán el grado del tenderizado.



**Figura Nº 13.** Tenderizadora con ablandadores cilíndricos de cuchilla (Xargayó, 2007)

En la preparación del jamón cocido de pierna, se usó una separación entre las cuchillas de 1cm. Durante este procedimiento ocurrió una pérdida de la salmuera inyectada, debido a la ruptura de la estructura muscular, esta pérdida se conoce como merma del tenderizado, cuyos valores deben ser menores a 6%, para garantizar el rendimiento del producto. En la Figura N° 13 se puede observar la tenderizadora y la disposición de los ablandadores cilíndricos de cuchilla.

Los contenedores de carne tenderizada, son llevados al área de curado, en la cual se encuentran los masajeadores.

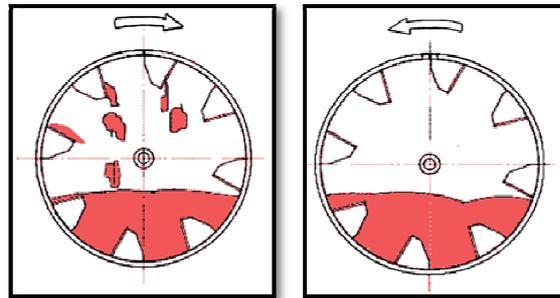
#### *Mezclado y Curado*

El curado ocurre en un masajeador automático (tumblers) que consta de un sistema de palas que permite dos tipos de masajes, en función del sentido de giro: el masaje por caída o impacto y el masaje suave por fricción.

En el masaje por caída o impacto, el equipo gira en sentido horario elevando las piezas de carne hasta la parte superior del tambor, desde donde caen al fondo, golpeando el resto de piezas cárnicas. Este tipo de masaje tiene efecto en todo el volumen interior de los músculos, maximizando la extracción proteica, mejorando el ligado y aumentando la capacidad de retención de agua y absorbiendo rápidamente la salmuera sobrenadante.

Por su parte, en el masaje suave o por fricción, la acción mecánica se produce mediante la fricción de los diferentes músculos entre sí y con las paredes y palas internas del reactor. En este masaje se obtiene la extracción proteica necesaria para el ligado intermuscular. En la Figura N° 14 se puede detallar la diferencia entre ambos masajes.

En el masajeador, se pueden variar las velocidades de giro y los ciclos operacionales, para la elaboración de diferentes tipos de embutidos.



**Figura N° 14.** Masaje por impacto (izquierda) masaje por fricción (derecha) (Xargayó, 2007).

Este equipo tiene incorporado una camisa de regulación térmica de la carne y trabaja bajo un sistema de vacío, favorable para la formación de color debido a la extracción de oxígeno, evita la aparición de espuma en las proteínas extraídas, al igual que el desarrollo de microorganismos no deseados y hay menores mermas de nitrito, ocasionadas por la oxidación a nitrato. En la Figura N° 15 se detalla el masajeador y la disposición de las palas en el interior del tambor.



**Figura N° 15.** Masajeador automático y disposición de las palas internas (Xargayó, 2007)

En el proceso de elaboración del jamón cocido de pierna, el ciclo de operación es de 3 horas a 12 RPM para el masaje por impacto y continuamente 2 horas a 12 rpm para el masaje por fricción. Manteniendo la temperatura en un rango de 4°C - 8 °C.

La carne tenderizada, se incorporó por acción de un elevador mecánico hacia el interior del tambor, se adicionó el gel y la salmuera necesaria para el ajuste del

rendimiento, se cerró el masajeador e inmediatamente se inició el ciclo estandarizado para el jamón cocido de pierna.

Al concluir las 5 horas de masaje, se dejó en reposo la mezcla cárnica, en el interior del reactor para aprovechar el vacío. Este reposo es por un tiempo de 12 horas, lo cual es importante pues, permite la solubilización de las proteínas que forman el exudado y una mejor distribución de color en el producto final.

Luego del tiempo de maduración o curado, la mezcla cárnica está lista para ser embutida.

#### *Embutido y Prensado*

El embutido utilizado para el jamón cocido es al vacío, con el fin de obtener un producto terminado sin presencia de agujeros y burbujas, evitar la oxidación de las grasas, proporcionar un color más estable y obtener mayor durabilidad del embutido, debido a la ausencia de oxígeno.

Inicialmente por acción de un elevador eléctrico se introduce la mezcla cárnica hacia la tolva de vacío, para ser dosificada, a través de un tubo volumétrico y por presión, en plástico multicapa, adecuado para evitar las mermas de cocción y que es incorporado a la embutidora como cartucho corrugado para que la dosificación de la mezcla sea continua y regulada por una válvula. El sellado es por medio de clips en cada extremo.

Los parámetros para el embutido del jamón cocido están estandarizados, velocidad del embutido entre 1,8 - 2,2 avance/minutos, peso de la pieza de  $6,2 \pm 0,050$  Kg. En la Figura N° 16 se presenta una embutidora utilizada para la producción de jamones cocidos.



**Figura N° 16.** Embutidora al vacío para productos de músculo entero

Continuamente, al obtener la pieza embutida se procedió a colocarlos en los moldes de acero inoxidable, que permiten unir los músculos por el aumento de la presión y obtener una forma uniforme deseada, en este caso forma ovalada. La presión de la tapa del molde asegura la adherencia de las lonjas y elimina o disminuye la separación de la gelatina. Los productos moldeados se colocan en una torre de varios pisos y se trasladan a la zona de cocción.

#### *Cocción, Enfriamiento, Desmolde y Etiquetado*

Para la realizar el proceso de cocción, se colocaron las torres con los moldes en el interior del horno, el cual se encontraba a una temperatura ambiente, una vez completada la carga, se inició el proceso de cocción. El horno opera con transmisión de calor por convección forzada de aire y vapor.

La cocción para el jamón está estandarizada de manera que la temperatura externa aumente continuamente, con el aumento de temperatura en el centro de pieza cárnica, manteniendo una diferencia medio-núcleo entre 20 °C y 25 °C. Este proceso térmico se denomina *Cocción con Delta T*. Al final de este tratamiento la temperatura externa alcanza entre 75 °C y 80 °C y se mantiene constante hasta que el centro del producto llegue a  $68 \pm 2$  °C, lo cual se logra en 6 horas aproximadamente. En la Figura N° 17 se observa el horno utilizado para la fabricación de embutidos cocidos.



**Figura N° 17.** Horno para cocción de embutidos

Culminado el tratamiento térmico, la torres se trasladaron hacia la zona de enfriamiento, en donde por medio de duchas se dispersa agua hacia los moldes a una temperatura de  $4 \pm 1$  °C con el fin de frenar el aumento de temperatura en el núcleo y evitar un calentamiento excesivo en las cámaras de refrigeración. La temperatura en el núcleo del producto debe llegar a  $40 \pm 4$  °C. El tiempo de enfriamiento es de 3 horas aproximadamente.

Al alcanzar esa temperatura, los moldes se dejaron en una cava de refrigeración por 24 horas antes de realizar el desmoldado; para así evitar la ruptura de la estructura del jamón, que trae como consecuencia una mala consistencia y cohesividad. Además la refrigeración garantiza la estabilidad de las propiedades organolépticas del producto, menor exudado durante el almacenamiento y asegura el color de curado.

Para realizar el desmolde se debe alcanzar una temperatura en el centro del producto de 4 °C. En este proceso se libera la presión suministrada por la tapa del molde de acero inoxidable.

Finalmente el producto cocido, se colocó en bandas transportadoras para su posterior etiquetado y encajado.

Antes de ser comercializado, se almacena en una cava de productos terminados que proporciona bajas temperaturas, garantizando su vida útil. Dicha cava se encuentra entre -1 °C y 1 °C.

Una vez conocido el proceso actual utilizado para la elaboración del jamón cocido de pierna, se destaca que la etapa variable al poner en práctica la propuesta planteada, es la fase de preparación de salmuera, la cual involucra directamente el uso del nitrito de sodio, componente que va a ser sustituido por una solución compuesta por extracto de apio, cultivo microbiano y agua suavizada, previamente preparada.

Esta variación no afecta directamente las demás etapas del proceso, las condiciones operacionales, luego de preparada la salmuera serán las mismas para ambos productos (prueba y control). La sustitución del nitrito de sodio, se verá reflejada en las propiedades del producto terminado.

Luego de comprender cada una de las etapas, se conformó el diagrama de flujo del proceso actual.

#### **Caracterización de la Materia Prima**

Una vez conocido el proceso productivo, condiciones operaciones y funcionamiento de los equipos, se procedió a la selección y preparación de la materia prima (ver apéndice A1), específicamente el pernil de cerdo, el cual fue sometido a análisis para hallar la cantidad de humedad, proteína, grasa y microorganismos presentes, y así garantizar el cumplimiento de los parámetros establecidos por la Norma Venezolana COVENIN.

***Plan de Trabajo:*** los análisis microbiológicos fueron realizados por el personal de microbiología del Departamento de Calidad. La materia prima a la cual se le aplicó análisis fue la siguiente:

- **Muestra Cárnica:** una vez proporcionados los pernils por el Departamento de Recepción de Materia prima Cárnica, los análisis fisicoquímicos (% grasa, % humedad y % proteína) se realizaron por triplicado en el Laboratorio del Departamento de Calidad, al igual que los análisis microbiológicos (Salmonella,

Staphylococcus Aureus, Mesófilos Aerobios, Escherichia Coli y Coliformes Totales)

- Extracto de Apio: fue analizado fisicoquímicamente para garantizar la ausencia de nitrito en el mismo.
- Cultivo Microbiano (Staphylococcus Carnosus y Staphylococcus Vitulinus): se le aplicó un análisis microbiológico para descartar la presencia de cepas patógenas, específicamente Staphylococcus Aureus.

En la Tabla N° 9 se observa el objetivo de cada análisis microbiológico aplicado a la materia prima y la norma que lo fundamenta.

**Tabla N° 9.** Análisis microbiológicos: norma y objetivo

<b>Análisis</b>	<b>Norma</b>	<b>Objetivo</b>
<b>Salmonella</b>	COVENIN 1291:1988	Determinar la presencia de Salmonella contenida en el material de ensayo.
<b>Staphylococcus Aureus</b>	COVENIN 1292:1989	Determinar cuantitativamente las colonias de Staphylococcus Aureus contenidas en el material de ensayo.
<b>Escherichia Coli y Coliformes Totales</b>	COVENIN 3276:1997	Determinar cuantitativamente las colonias de Escherichia Coli y Coliformes Totales contenidas en el material de ensayo.
<b>Mesófilos Aerobios</b>	COVENIN 3338:1997	Determinar cuantitativamente las colonias de bacterias Aerobias Mesófilas contenidas en el material de ensayo.
<b>Listeria Monocytogenes</b>	COVENIN 3718:2001	Determinar la presencia de Listeria Monocytogenes contenida en el material de ensayo.

**Elaboración de Muestras de Jamón Cocido de Pierna mediante Nitrito No Añadido y Muestras de Jamón Cocido de Pierna de Manera Convencional, para Control.**

Esta etapa se inició con la formulación del embutido, de acuerdo al programa SAP utilizado por la empresa, el cual expresa los porcentajes de los diferentes componentes cárnicos y no cárnicos previamente analizados y aprobados, para una cantidad de 1000 kg de producto terminado, para cada formulación (control y prueba).

La elaboración de las muestras control se realizó de acuerdo al procedimiento anteriormente descrito (ver Figura N° 4). La diferencia entre las muestras sin nitrito añadido, con respecto a las muestras control, se llevó a cabo en la etapa de preparación de la salmuera, en donde se sustituyó el nitrito por el extracto de apio y el cultivo iniciador.

Para esto se estableció como base, el peso de una unidad de jamón cocido de pierna convencional (6,2 kg), el número de piezas de jamón elaboradas fue 158 para control y 160 para prueba.

Para conocer el número de piezas utilizadas en el desarrollo del proyecto, también se tomó como referencia la vida útil del jamón control, es decir 16 semanas, período empleado para realizar la caracterización del producto terminado, tanto prueba como control. Esta caracterización está determinada por los análisis fisicoquímicos, los cuales se realizaron por triplicado semanalmente, lo que da un total de 48 piezas utilizadas.

Por otro lado, las evaluaciones microbiológicas y sensoriales se ejecutaron quincenalmente (8 semanas), de igual manera por triplicado, lo que resultó con el uso de 24 piezas para el desarrollo de cada análisis. Finalmente se utilizaron 96 unidades de jamón prueba y 96 unidades de jamón control tomadas al azar, para lograr el desarrollo de este objetivo.

**Determinación de las Características Organolépticas, Fisicoquímicas y Microbiológicas del Jamón Cocido de Pierna Convencional y Prueba.**

Una vez elaboradas las muestras de jamón cocido prueba y control, se procedió a estudiar las características que influyen en su comportamiento a lo largo del tiempo y permiten determinar su vida útil.

Entre los análisis fisicoquímicos realizados se encuentran: % grasa, % humedad, % proteína, ppm de nitrito, % sal, % ceniza y el pH. Estos análisis se describen en la Tabla N° 10 y fueron realizados semanalmente.

**Tabla N° 10.** Análisis fisicoquímicos: norma y objetivo

Análisis	Norma	Objetivo
<b>% Grasa</b>	COVENIN 1219:2000	Conocer el contenido lípido del material de ensayos para el establecimiento de la relación proximal de la muestra y garantizar el cumplimiento con las normas y requisitos preestablecidos (Ver Apéndice.B.2)
<b>% Humedad</b>	COVENIN 1120:1997	Obtener valores relacionados con las proporciones, agua-proteínas, agua-sal, para establecer las cualidades organolépticas y durabilidad del material en estudio; así como para determinar su cumplimiento con los requisitos preestablecidos (Ver Apéndice.B.1).
<b>% Proteína</b>	COVENIN 1195:1980	Determinar el porcentaje de nitrógeno, proteínas presentes en una muestra, para así verificar si la misma cumple con las normas y parámetros establecidos por organismos oficiales y especificaciones internas (Ver Apéndice.B.3).

Análisis	Norma	Objetivo
<b>Nitrito (ppm)</b>	FONDO NORMA 1221:2007	Determinar colorimétricamente el contenido de nitrito en carnes, productos cárnicos y salmueras, con el fin de controlar las formulaciones y asegurar los niveles establecidos en la norma (Ver Apéndice.B.4).
<b>% Sal</b>	COVENIN 1223:2002	Determinar el contenido Cloruro de Sodio de una muestra en procesos de producción o producto terminado a fin de garantizar cualidades organolépticas y durabilidad de los mismos (Ver Apéndice.B6.)
<b>% Ceniza</b>	COVENIN 1220:1980	Conocer el contenido de sales inorgánicas presentes en el material de ensayo para el establecimiento de la relación proximal de la muestra y determinar el cumplimiento con las normas y requisitos preestablecidos (Ver Apéndice.B.5).
<b>pH</b>	COVENIN 1315:1979	Medición de los valores de la acidez iónica presente en la muestra expresada como el logaritmo del inverso de los iones hidronio (Ver Apéndice.B.7).

Tanto a las muestras pruebas como a los controles, se les realizó un seguimiento para conocer la carga microbiana que se desarrolla a lo largo del estudio. Los análisis determinaron específicamente la presencia o no de salmonella, coliformes totales, listeria monocytogenes, staphylococcus aureus y mesófilos aerobios. Las muestras se enviaron quincenalmente al laboratorio en su empaque original. Las normas de los procedimientos aplicados, están referidas en la Tabla N° 9

En cuanto a las evaluaciones sensoriales, tuvieron lugar en la sala de inspección del departamento de calidad, se efectuó un análisis cuantitativo descriptivo, que se llevó a cabo mediante una división formada por 6 panelistas entrenados para tal fin.

Las características evaluadas fueron la apariencia externa (empaque) e interna (rebanado), color, sabor, olor y textura. La valoración de los descriptores de todos los

análisis, se efectuó sobre una escala no estructurada de 1 a 6, donde 1 representa el defecto crítico y sucesivamente se determina la calidad óptima con la calificación 6.

### **Evaluar la Vida útil del producto Prueba**

Una vez comparadas las características que determinaron el comportamiento del producto prueba y control durante cuatro meses de evaluaciones, se estimó el tiempo de vida útil para la propuesta planteada.

Luego de estimada la vida útil del producto prueba, se aplicó una herramienta estadística, el diagrama causa-efecto, que consiste en la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). Este análisis se utilizó con la finalidad de conocer los factores que intervinieron en la durabilidad de la muestra sin nitrito añadido y así proponer posibles mejoras.

Para la elaboración del diagrama se realizaron los siguientes pasos:

1. Identificar el problema.
2. Registrar la frase que resume el problema.
3. Dibujar y marcar en una caja las categorías (espinas principales).
4. Realizar una lluvia de ideas de las causas del problema.
5. Identificar los candidatos para la “causa más probable” (Eduteka, 2006).

### **Realizar un Estudio Económico**

Finalmente se realizó una evaluación económica del proyecto, para determinar el costo de la inversión de la propuesta planteada y compararlo con el costo del jamón bajo producción convencional.

Para el análisis de los costos de la materia prima, la información suministrada fue por medio del sistema SAP utilizado en la empresa, con respecto a los nuevos componentes incorporados en la formulación del producto prueba (extracto de apio y cultivo microbiano) los costos fueron suministrados por el proveedor.

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos de cada una de las etapas de la metodología descrita en el capítulo anterior.

### **Conocimiento del Proceso Productivo del Jamón Cocido de Pierna**

En esta sección se efectuó inicialmente el seguimiento de la elaboración del jamón cocido de pierna, correspondiente a un lote de producción normal, tomando en cuenta las condiciones operacionales de los equipos y funciones de cada una de las etapas, llevadas a cabo durante el recorrido y que luego fueron puestas en práctica en la elaboración de las muestras necesarias para el desarrollo del proyecto, las cuales serán detalladas a continuación.

### **Caracterización de la Materia Prima**

Con el fin de garantizar, el uso de una materia prima apta, para el desarrollo del jamón cocido de pierna. Se realizaron evaluaciones fisicoquímicas y microbiológicas a los siguientes componentes:

*Materia Prima Cárnica:* se aplicó análisis fisicoquímicos y microbiológicos, de acuerdo a los procedimientos determinados por la norma Venezolana COVENIN, cuyos resultados promedios se presentan en la Tabla N° 11.

Los valores fisicoquímicos obtenidos, fueron verificados con la ficha técnica del sistema SAP utilizado en la empresa, cuyos parámetros se acatan a las Normas Venezolanas de Alimentos. De igual manera se comparó con la composición química promedio de la carne de cerdo, según resultados reportados por Stalik (1991).

**Tabla N° 11.** Caracterización de la materia prima cárnica

Análisis	Resultado	SAP	STALIK
Grasa (%)	<b>7,9</b>	<10	8-12
Proteína (%)	<b>20,3</b>	18	18-20
Humedad (%)	<b>68,0</b>	71	68-72
Salmonella (en 25g)	<b>AUSENTE</b>	Ausente	-
Escherichia Coli y Coliformes Totales (ucf/g)	<b>&lt;10</b>	<10	-
Staphylococcus Aureus (ucf/g)	<b>&lt;10</b>	<1x10 <sup>3</sup>	-
Mesófilos Aerobios (ucf/g)	<b>1x10<sup>2</sup></b>	<1x10 <sup>5</sup>	-

De la tabla se puede observar que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la empresa. La pulpa de pernil 98% se caracteriza por presentar un bajo contenido graso indispensable para la elaboración de un producto de calidad superior, es por ello que representa el mínimo valor de la cantidad de grasa promedio en la carne de cerdo. Este valor en conjunto a la cantidad proteína disponible, hacen que la materia prima proporcione las propiedades deseadas en el producto final como jugosidad, textura y sabor.

También se puede destacar que la humedad obtenida arrojó un valor menor al estandarizado por la empresa, lo cual corresponde al límite inferior del promedio de la carne de cerdo, esto se puede atribuir a las variaciones de merma provocadas por los cambios de temperatura existentes entre las cavas refrigeradas durante el transporte y la temperatura del área de recepción de materia prima.

Por otro lado, la suma de los porcentajes de los componentes fisicoquímicos es de 96,2 %, el resto representa la cantidad de minerales, carbohidratos y vitaminas que contiene la carne, mejor conocido como sales inorgánicas o cenizas.

En cuanto a los resultados de los análisis microbiológicos, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango permitido, sin embargo se nota la presencia de mesófilos

aerobios, lo cual se atribuye a factores como la manipulación de la carne durante el desposte y el transporte, a factores ambientales o enzimáticos.

*Extracto de Apio:* a este componente se le aplicó una evaluación colorimétrica, debido a requerimientos por parte de la empresa, con el fin de descartar la presencia de nitrito, ya que la ficha técnica suministrada no proporcionaba tal información.

Una vez realizado el análisis, se obtuvo 0 ppm de nitrito en la muestra de extracto de apio, originando su aprobación para el desarrollo de las muestras sin nitrito añadido.

*Cultivo Microbiano:* al igual que el extracto de apio, se trataba de un componente nuevo en el desarrollo de productos cárnicos cocidos producidos en la empresa, por lo tanto fue necesario aplicar un análisis microbiológico para descartar la presencia de cepas patógenas.

En una disolución de  $10^{10}$  se obtuvo un contenido  $<10$  ufc de *Staphylococcus Aureus*, por lo que fue aprobado para la formulación de las muestras de jamón a base de nitrito sintetizado por fuentes naturales de nitrato, también se observó recuento de otras cepas de *Staphylococcus* correspondientes a la composición del cultivo.

### **Elaboración de Muestras de Jamón Prueba y Control**

El proceso de elaboración del jamón cocido de pierna, se inició con la formulación del embutido. En la Tabla N° 12 se presenta el contenido de carne, salmuera y gel utilizado para elaborar 1000 kg de producto final, tanto prueba como control.

**Tabla N° 12.** Formulación general del jamón cocido de pierna.

<b>FORMULACIÓN GENERAL</b>		
<b>Jamón Cocido Control y Prueba</b>		
<b>Componente</b>	<b>Cantidad (Kg)</b>	<b>Cantidad (%)</b>
<b>Pernil 98%</b>	709,27	70,93
<b>Salmuera</b>	266,49	26,65
<b>Gel</b>	24,24	2,42
<b>TOTAL</b>	<b>1000,00</b>	<b>100,00</b>

La formulación de la Tabla N° 12 está dada para un rendimiento de inyección total de 37,5% la cual se debe cumplir para garantizar los 1000 kg de producto final.

La preparación de la salmuera, se formuló con una base de 300 kg totales para garantizar el rendimiento de inyección, en cuanto al gel se preparó la mezcla para 100 kg con la finalidad de obtener una mezcla homogénea y disminuir los errores asociados al pesaje de los condimentos. A continuación, en la Tabla N° 13 se presenta la formulación de la salmuera control, con las cantidades de los diferentes ingredientes y aditivos utilizados para su preparación.

**Tabla N° 13.** Formulación de la salmuera control.

<b>SALMUERA CONTROL</b>		
<b>Componente</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Cantidad (%)</b>
<b>Agua</b>	180,00	60,00
<b>Hielo</b>	78,60	26,20
<b>Azúcar</b>	9,00	3,00
<b>Sal</b>	18,00	6,00
<b>Carragenina</b>	1,50	0,50
<b>Tripolifosfato de Sodio</b>	6,00	2,00
<b>Nitrito de Sodio</b>	6,00	2,00
<b>Eritorbato de Sodio</b>	0,90	0,30
<b>TOTAL</b>	<b>300,00</b>	<b>100,00</b>

Para la preparación del gel control, se utilizaron los componentes, expresados en la Tabla N° 14

Debido a que en la formulación del gel no hay presencia de nitrito y de eritorbato sodio, la composición del mismo, para producto prueba permanece igual a la del producto control.

**Tabla N° 14.** Formulación del gel control y prueba.

<b>GEL CONTROL Y PRUEBA</b>		
<b>Componente</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Cantidad (%)</b>
<b>Agua</b>	61,00	61,00
<b>Hielo</b>	27,00	27,00
<b>Goma Xanthan</b>	1,50	1,50
<b>Goma Algarrobo</b>	1,50	1,50
<b>Sal</b>	7,00	7,00
<b>Tripolifosfato de Sodio</b>	2,00	2,00
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Los componentes de la salmuera prueba permanecieron constante, a excepción del nitrito de sodio, sustituido por el extracto de apio y el cultivo microbiano. De acuerdo a las especificaciones dadas por el proveedor, se utilizó 0,2% de extracto de apio y 0,02% de cultivo microbiano en la formulación de la salmuera. También se descartó el uso del agente reductor, eritorbato de sodio, por indicaciones dadas, con la finalidad de lograr un jamón con la menor concentración de aditivos químicos posibles.

El extracto de apio y el cultivo iniciador se hacen reaccionar en medio acuoso antes de incorporarse a la salmuera, es por ello que la concentración de agua se ve modificada en la formulación, con un aumento del 2% aproximadamente. Esto se ve expresado en la Tabla N° 15

**Tabla N° 15.** Formulación la salmuera prueba

<b>SALMUERA PRUEBA</b>		
<b>Componente</b>	<b>Cantidad (Kg)</b>	<b>Cantidad (%)</b>
<b>Agua</b>	186,24	62,08
<b>Hielo</b>	78,60	26,20
<b>Azúcar</b>	9,00	3,00
<b>Sal</b>	18,00	6,00

<b>SALMUERA PRUEBA</b>		
<b>Carragenina</b>	1,50	0,50
<b>Tripolifosfato de Sodio</b>	6,00	2,00
<b>Extracto de Apio</b>	0,6	0,20
<b>Cultivo Iniciador</b>	0,06	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>300,00</b>	<b>100,00</b>

Completado el proceso de formulación, se inició la preparación de la salmuera, tomando en cuenta los parámetros que deben cumplirse, como el orden de adición de cada uno de los componentes, la temperatura del agua y la temperatura final de la salmuera.

*Jamón Cocido de Pierna Control*

Para la preparación de la salmuera control se pesaron los 180 kg de agua en un tanque de acero inoxidable de 950 kg de capacidad, la temperatura del agua se encontraba a 5 °C, inmediatamente, el tanque se trasladó hacia la zona de mezclado de salmuera, en donde se incorporaron todos los componentes hasta lograr una solución homogénea, la cual alcanzó una temperatura de -2 °C. Parte de esta salmuera se analizó para determinar la cantidad de nitrito presente, resultando 2066 ppm. Se realizó el mismo procedimiento para la preparación del gel, el cual obtuvo una temperatura final de -2 °C.

La materia cárnica se recibió a una temperatura de 3°C y fue dividida en cuatro partes iguales en contenedores de 250 kg. Antes de iniciar el proceso de inyección se verificó el rendimiento de 35% con seis pernils. Seguidamente se comenzó a inyectar el primer contenedor de carne, y los parámetros de la inyectora que lograron el rendimiento deseado fueron, presión de las agujas sobre el bloque cárnico a 6 bar y 3 cm de avance del transportador. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla N° 16

**Tabla N° 16.** Resultados del proceso de inyección para el jamón cocido de pierna control

Temp. 1 Carne (°C)	Temp. 1 Salmuera (°C)	Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	% Inyección	Temp. 2 Carne (°C)	Temp. 2 Salmuera (°C)
3	-2	177,5	235,0	32,0	1	-2
3	-2	177,5	240,5	36,0	2	0
4	0	177,5	240,0	35,0	2	2
3	2	177,5	243,0	37,0	3	3
<b>3 °C</b>	<b>-2 °C</b>	<b>710 kg</b>	<b>958,5 kg</b>	<b>35 %</b>	<b>2 °C</b>	<b>3 °C</b>

Culminado el proceso de inyección del bloque cárnico para el jamón control, se obtuvo un porcentaje de rendimiento de 35% con una desviación estándar de 2% (Ver Apéndice E.1).

En cuanto a la temperatura se puede observar una disminución promedio de 1 °C en la carne, lo cual se refleja en el aumento de la temperatura de la salmuera de -2 °C al inicio del proceso a 3 °C una vez inyectado todo el bloque cárnico, por transferencia de calor, pues la inyectora cuenta con un sistema de recirculación que recupera la salmuera que no permanece en el músculo, pero de igual manera retira calor al penetrar en él, sin embargo el serpentín presente en el tanque de la salmuera evita el aumento brusco de la temperatura. Por lo tanto, se tiene que los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la empresa.

Seguidamente, los contenedores con carne inyectada, son sometidos al proceso de tenderizado, haciendo pasar la carne por los ablandadores, en esta fase se toma como temperatura y peso inicial, los valores finales de la inyección. En la Tabla N° 17 se presentan los resultados obtenidos.

**Tabla N° 17.** Resultados del proceso de tenderización para el jamón cocido de pierna control

<b>Temp. 1 Carne (°C)</b>	<b>Peso Inicial (kg)</b>	<b>Peso Final (kg)</b>	<b>% Merma</b>	<b>Temp. 2 Carne (°C)</b>
1	235,0	230,0	2,0	1
2	240,5	240,0	0,0	3
2	240,0	238,0	1,0	3
3	243,0	243,0	0,0	5
<b>2 °C</b>	<b>958,5 kg</b>	<b>951,0 kg</b>	<b>0,8 %</b>	<b>3 °C</b>

De la Tabla N° 17, se puede observar, en primer lugar el aumento de la temperatura promedio producido por la acción mecánica que ejercen los ablandadores sobre la superficie del músculo.

La segunda observación, es la pérdida de salmuera fría o merma del tenderizado, durante el proceso se pierde menos del 1% de la salmuera inyectada (Ver Apéndice E.2) aunque dicha salmuera faltante se debe recuperar en la siguiente etapa.

Inmediatamente, se procede con la fase del mezclado y curado. Los contenedores con la carne ablandada, se vacían en el mezclador para su posterior masaje, adicionalmente se le incorpora el gel previamente pesado (24,24 kg) y la cantidad de salmuera de ajuste (25,49 kg) para asegurar el rendimiento final de inyección de 37,5 % que se reflejan en los 1000 kg totales de producto terminado (Ver Apéndice E.3).

Completada la carga se inició el proceso de masaje continuo por 5 horas a 12 rpm, transcurrido el tiempo se obtiene una especie de mezcla cárnica a 7 °C, la cual se tomó luego de haberse cumplido las 12 horas de reposo indispensables para garantizar el curado de la carne. Es importante destacar que luego de las horas de masaje y el tiempo de reposo, se logra obtener la mezcla a una temperatura adecuada, debido a la condición de la cava, en la cual se ubica el masajeador de 4 a 7 °C.

La mezcla cárnica se descarga en los contenedores, y proceden a ser embutidas en plástico multicapa y moldeadas. Cada molde pesó aproximadamente 6,2 kg y se

colocó en torres para continuar con su cocción. Al final del embutido se obtuvo un total 158 piezas de jamón control, los kilos faltantes se deben a la pérdida de masa, asociada a la descarga y carga en el proceso de curado y embutido respectivamente, al igual que la poca materia acumulada en la embutidora.

Se introdujeron las torres con los moldes de jamón en el horno, antes de llevar a cabo el proceso de cocido, se tomó una muestra testigo y se le colocó una termocupla que permite conocer la temperatura en el interior del jamón (núcleo). Luego se inició la cocción estandarizada para el producto. En la Figura N° 18 se describe el perfil de temperatura correspondiente a la cocción del jamón tipo control.

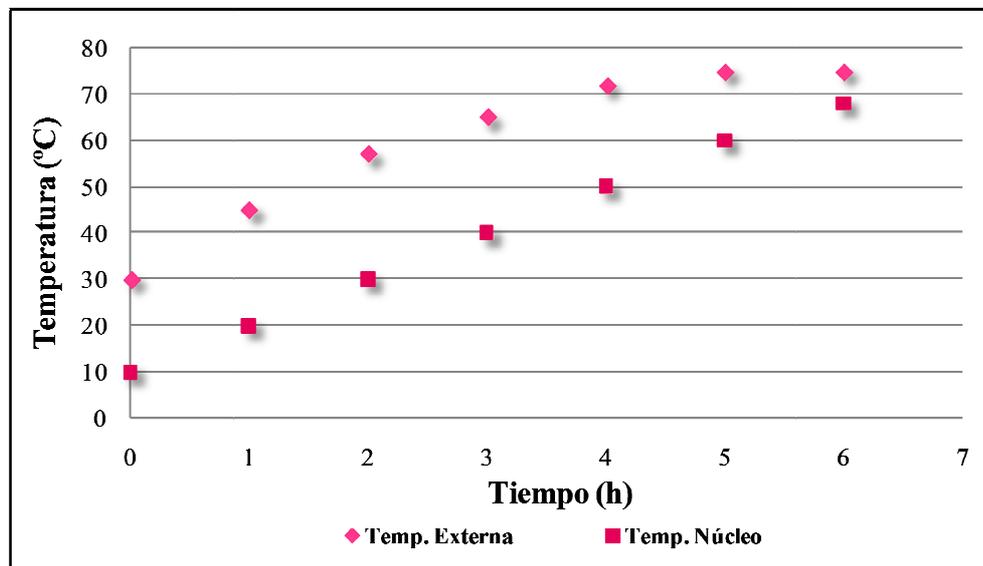


Figura N° 18. Perfil de temperatura del jamón cocido de pierna control

En la gráfica se puede observar que la temperatura inicial de la mezcla cárnica en los moldes era de 10 °C. Una vez cargado el horno, éste reportó una temperatura inicial de 30 °C. Iniciada la cocción, la temperatura del horno y del núcleo aumentan, manteniendo un comportamiento lineal y una variación de 25 °C aproximadamente entre sí, lo cual se conoce como cocción en Delta T o calentamiento diferencial. Una vez que la temperatura exterior llegó a 75 °C se vuelve constante, hasta que el controlador del horno reportó 68 °C en el núcleo de la muestra testigo.

Finalmente, la cantidad de calor suministrado por el horno para la elaboración del producto fue de 174711 kJ (ver Apéndice E.4).

Obtenido el jamón cocido, se trasladó a la zona de enfriamiento por duchas, este sistema de riego suministra agua a una temperatura de 4 °C, alrededor de 3 horas la temperatura del producto descendió a 43 °C. La cantidad de calor retirado fue de 78319 kJ (ver Apéndice E.4).

Las torres con el producto se dejaron en una cava de refrigeración por 24 horas. Al día siguiente, se realizó el desmolde la temperatura del producto se encontraba a 4 °C.

Es necesario destacar que por tratarse de una prueba no se realizó, el etiquetado del producto, se colocó en cajas y almacenó en una cava de productos terminados, la cual se encuentra alrededor de -1 °C y 1 °C.

#### *Jamón Cocido de Pierna Prueba*

El proceso se inició de igual manera con la preparación de la salmuera, en este caso se hizo reaccionar el extracto de apio con el cultivo iniciador en una solución acuosa libre de cloro, es decir agua suavizada. Se disolvieron en 7 litros de agua, de acuerdo a especificaciones del proveedor. Durante el mezclado de la salmuera se mantuvo el mismo orden de adición, así que en lugar de incorporar el nitrito de sodio a la mezcla se agregó la solución extracto-cultivo. Sin embargo, esta salmuera a diferencia de la salmuera control, se dejó en una cava refrigerada a 1 °C por aproximadamente 20 horas, ya que debía garantizarse la reacción nitrato-reductasa, que permite la conversión de nitratos a nitritos.

Pasado el tiempo se tomó una muestra de la salmuera y analizó para verificar la existencia de nitrito antes del proceso de inyección, resultando un total de 272 ppm de nitritos convertidos, comparados con los 2066 ppm de nitrito presente en la salmuera control, representa la octava parte de la cantidad que se inyecta de manera convencional.

Se preparó el gel con la misma fórmula del producto control, ya que el mismo no contiene nitrito ni eritorbato de sodio. La temperatura del mismo fue -2 °C

Las demás etapas del proceso se mantuvieron iguales a las del producto control. Por lo tanto el porcentaje de rendimiento de inyección teórico requerido es 37,5%.

Se procedió a la inyección del bloque cárnico dividido en cuatro partes iguales. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla N° 18

**Tabla N° 18.** Resultados del proceso de inyección para el jamón cocido de pierna prueba.

Temp. 1 Carne (°C)	Temp. 1 Salmuera (°C)	Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	% Inyección	Temp. 2 Carne (°C)	Temp. 2 Salmuera (°C)
4	1	177,5	244,0	37,0	2	2
3	2	177,5	241,0	36,0	3	2
3	2	177,5	241,0	36,0	3	3
4	3	177,5	239,0	35,0	4	4
<b>3,5 °C</b>	<b>1 °C</b>	<b>710 kg</b>	<b>965 kg</b>	<b>36 %</b>	<b>3 °C</b>	<b>4 °C</b>

Se observa que la salmuera se inyectó a una mayor temperatura en este caso, esto se debe a que no se utilizó inmediatamente, y tomó la temperatura a la que se encontraba la cava, además no se descarta un posible calor de reacción. Sin embargo dicha variación no afectó significativamente la temperatura promedio de la carne inyectada que reportó 3,5 °C.

Se tiene que la temperatura inicial de la salmuera 1 °C, pasa a una temperatura final de 4 °C, una vez inyectadas todas las piezas cárnicas, es decir absorbió el calor del bloque cárnico, que se enfría y va de 3,5 °C de temperatura promedio de la carne a 3 °C.

También se observa, que la cantidad de salmuera inyectada fue mayor, aunque en comparación al proceso control no hay mayor variación, 6,5 kg más que se reflejan en un mayor porcentaje de inyección, y que puede ser consecuencia de factores operativos o atribuidos a la diferencia de tamaño e irregularidad de los músculos enteros inyectados, pues los parámetros utilizados en el proceso, en cuanto a la

presión aplicada y avance de la banda transportadora se mantuvieron constante al proceso control.

El proceso de tenderización, arrojó los valores que se presentan a continuación en la Tabla N° 19

**Tabla N° 19.** Resultados del proceso de tenderización para el jamón cocido de pierna prueba

Temp. 1 Carne (°C)	Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	% Merma	Temp. 2 Carne (°C)
2	244,0	239,0	2,0	2
3	241,0	240,0	0,0	4
3	241,0	240,0	0,0	4
4	239,0	237,0	1,0	6
<b>3°C</b>	<b>965 kg</b>	<b>956,0 kg</b>	<b>0,9%</b>	<b>4°C</b>

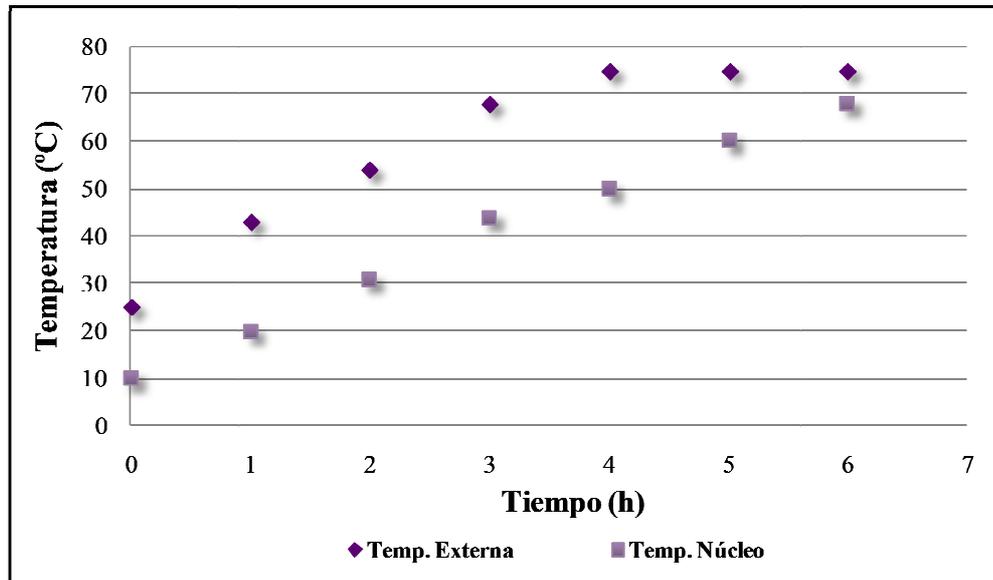
De la Tabla N° 19 se tiene una pérdida de salmuera de 1%. En cuanto a la temperatura presentó un aumento de igual proporción al producto control.

Seguidamente, la carne ablandada se introdujo en el mismo masajeador utilizado para elaborar el producto control, sumados los 24,24 kg de gel y 19,76 kg de salmuera de ajuste, se sometió a un masajeo de 5 horas a 12 rpm.

Completado el proceso de masaje y curado, se obtuvo la mezcla cárnica a una temperatura de 8 °C, se descargó y continuó con el proceso de embutido y prensado, obteniendo un total de 155 piezas, es decir 964 kg de mezcla cárnica prueba.

Se colocaron las torres con los moldes de jamón, en el horno y se realizó la cocción, con la misma modalidad estandarizada para el jamón superior.

En la Figura N° 19 se observa que el proceso de cocción tiene el mismo comportamiento ascendente del producto control, mantiene el diferencial de temperatura alrededor de los 25 °C, a pesar de que inicialmente el horno se encontraba a una menor temperatura, a la reportada al inicio de la cocción del jamón control que se encontraba a 30 °C.



**Figura N° 19.** Perfil de temperatura del jamón cocido de pierna prueba

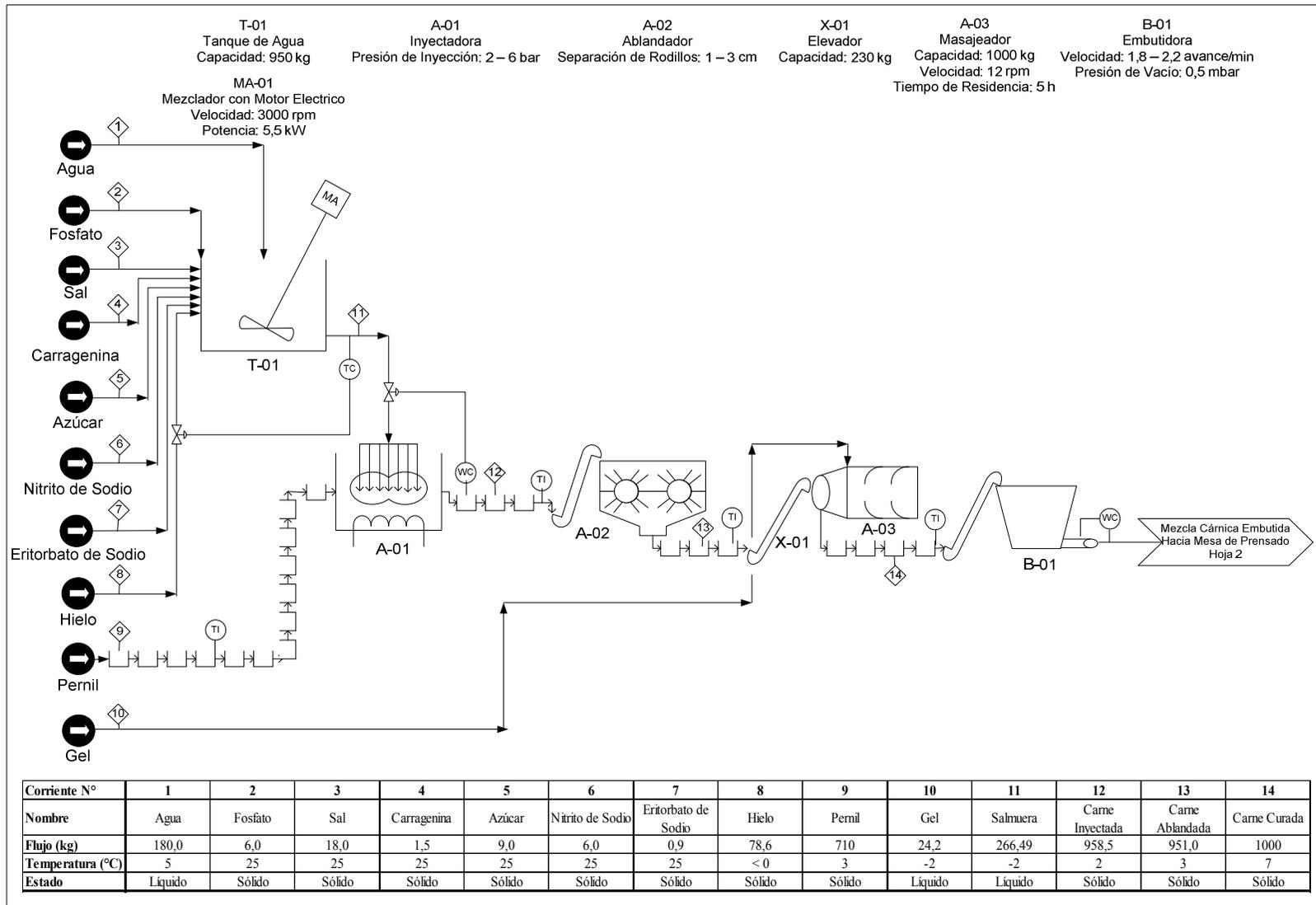
Se logró alcanzar los 68 °C en el tiempo estipulado, y el calor suministrado fue de 171929 kJ, lo cual implica un 2% menos de calor incorporado al sistema cárnico, en comparación a la cantidad de calor suministrado en la cocción del producto control.

Luego el jamón cocido se sometió a enfriamiento antes de ser almacenado en la cava, para evitar un mayor choque térmico que puede afectar la calidad del embutido. El calor retirado durante este proceso fue 84343 kJ originando una temperatura de 40°C para ser refrigerados por 24 horas y posteriormente desmoldados a 3 °C.

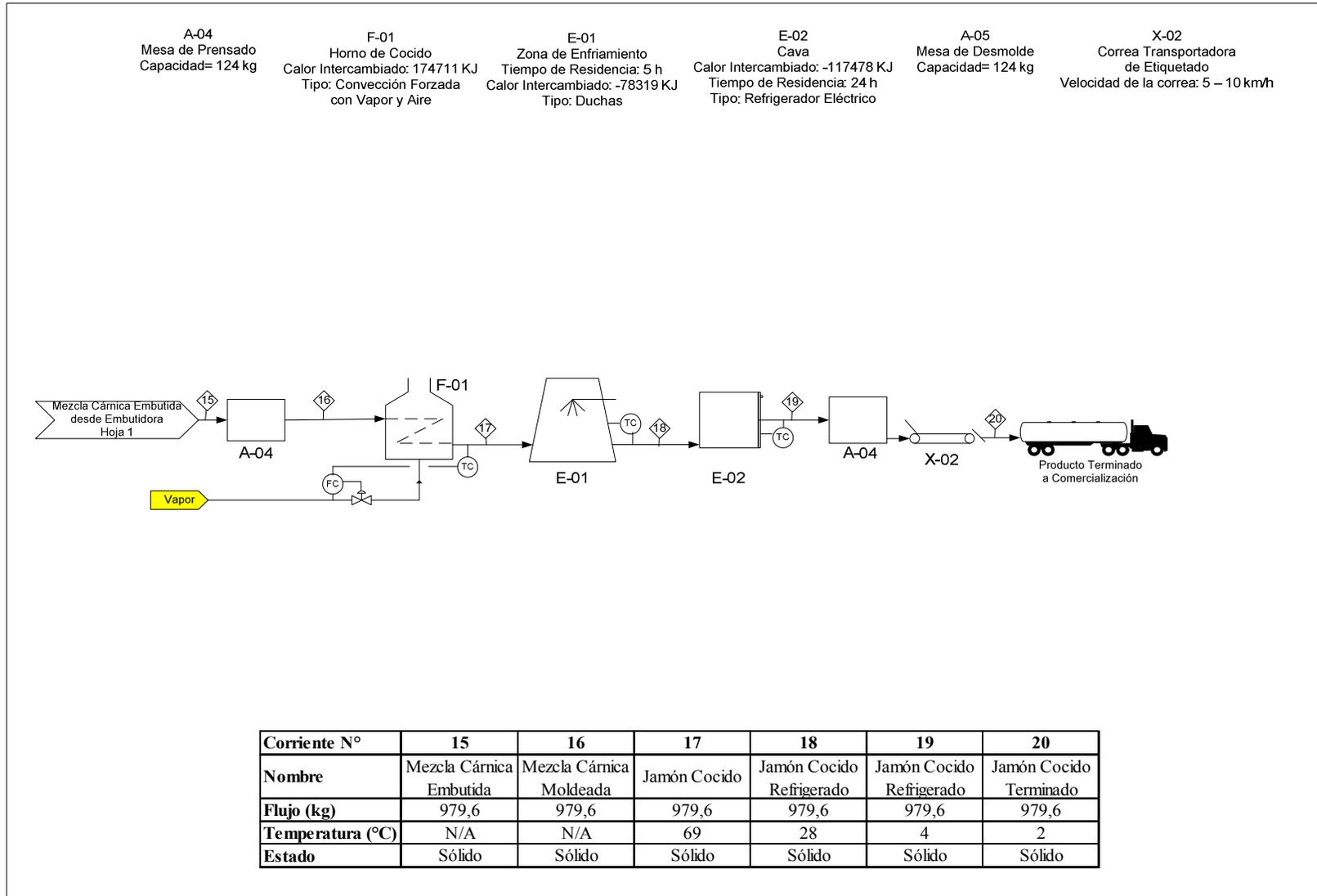
Finalmente, se obtuvo el jamón cocido de pierna prueba, de igual manera fue almacenado en una cava de producto terminado, en conjunto con las muestras control. Se identificaron como muestras pruebas y muestras control, para su posterior evaluación fisicoquímica, sensorial y microbiológica.

En la Figura N° 20 y Figura N° 21 se presenta el diagrama de flujo de proceso DFP aplicado a la elaboración del jamón cocido de pierna en la empresa, con lo cual se alcanza el objetivo referido al conocimiento del proceso de productivo.

Los valores utilizados para los cálculos de las cantidades de calor y balance de masa mostrados en el diagrama, fueron los obtenidos en el proceso convencional.



**Figura N° 20.** Diagrama de flujo de proceso



**Figura N° 21.** Diagrama de flujo de proceso

**Características Físicoquímicas, Microbiológicas y Organolépticas de las Muestras Prueba y Control.**

**Caracterización Físicoquímica**

A continuación presentan las características físicoquímicas, determinadas en las muestras producidas de forma convencional y de las muestras elaboradas sin nitrito añadido, realizadas en el laboratorio de calidad de la empresa. Cabe destacar que el análisis se realizó una vez obtenido el producto final, luego del desmolde, cuyos resultados se muestran en la Tabla N° 20.

**Tabla N° 20.** Resultados de los análisis físicoquímicos prueba y control (semana 1).

Muestra	Parámetros Estadísticos	pH	Nitrito (ppm)	Proteína (%)	Grasa (%)	Humedad (%)	Ceniza (%)	Sal (%)
Control	$\bar{X}$	6,4	161,7	14,7	2,4	78,8	4,0	2,6
	S	0,02	1,6	0,21	0,02	0,08	0,01	0,01
	CV(%)	0,31	0,99	1,43	0,83	0,10	0,25	0,38
Prueba	$\bar{X}$	6,3	21,3	15,5	2,8	77,1	4,3	3,4
	S	0,03	0,20	0,19	0,02	0,15	0,04	0,02
	CV(%)	0,48	0,94	1,22	0,71	0,19	0,93	0,59

De la tabla se pueden observar, los valores promedios ( $\bar{X}$ ) representativos del primer análisis realizado a tres muestras de jamón prueba y tres muestras de jamón control, con sus respectivas variaciones estándar (S) y coeficientes de variabilidad (CV).

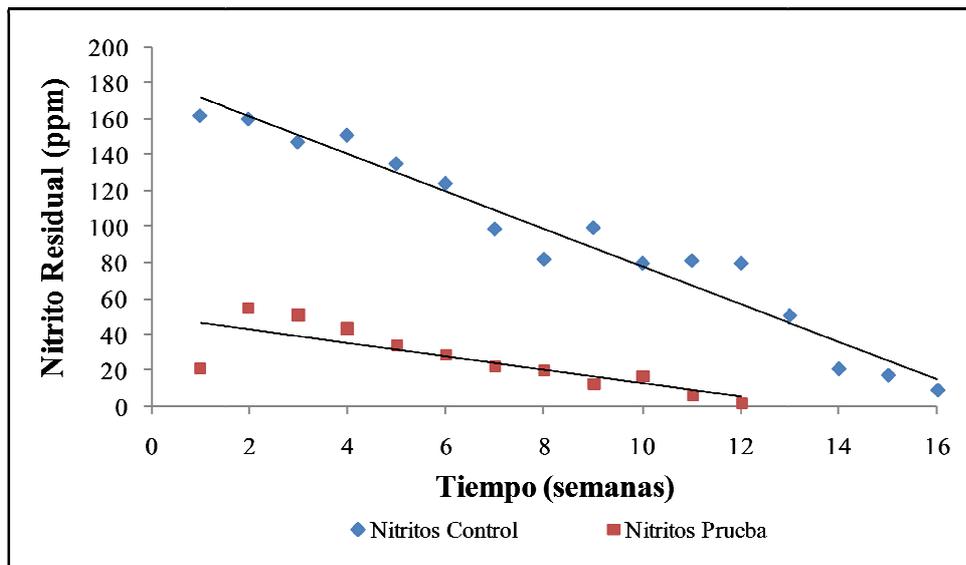
Al comparar ambos productos, se puede destacar la diferencia entre la cantidad de nitrito residual hallado en ambas muestras, con 21,3 ppm de nitrito contenido en el jamón prueba, ocho veces menos al detectado en el producto control con 161,7 ppm de nitrito. La principal causa, se debe a la variación inicial de nitrito de sodio detectado en ambas salmueras inyectadas, cuyos valores fueron 272 ppm y 2066 ppm

en la muestra prueba y control respectivamente. Se destaca que la cantidad de nitrito residual hallado en el producto final prueba y control, se mantiene proporcional al nitrito contenido en cada una de las salmueras.

Los resultados obtenidos de todas las características fisicoquímicas, se encontraron bajo los parámetros establecidos por la empresa y por la FONDONORMA 1602:2005 (Ver Apéndice C), permitiendo realizar el seguimiento de ambas pruebas durante el tiempo estimado (16 semanas).

A continuación, se muestran los comportamientos obtenidos, de cada una de las características evaluadas a lo largo de cuatro meses, a su vez se realiza la comparación de éstas en el producto prueba y en producto el control.

En la Figura N° 22 se observa el comportamiento del nitrito residual detectado analíticamente en la muestra control y prueba.



**Figura N° 22.** Comportamiento del nitrito en la muestra prueba y control

De la gráfica se observa el comportamiento decreciente del nitrito, detectado en ambas muestras, consecuencia de la degradación natural del mismo a lo largo del tiempo, sin embargo se destaca que el nitrito residual hallado inicialmente en la muestra prueba aumentó en la segunda semana, comportamiento inusual, pues como

se explicó anteriormente el nitrito tiende a degradarse en el transcurso del tiempo, sin embargo el nitrito presente en la muestra prueba, fue sintetizado por una reacción nitrato-reductasa entre el extracto de apio y un cultivo microbiano, por lo que su comportamiento se puede atribuir a la continuidad de esta reacción durante los primeros días de su vida útil.

Luego de la segunda semana, el comportamiento del nitrito prueba toma la misma tendencia del comportamiento del nitrito control, a pesar de que las diferencias entre ambos sean significativas.

Otro aspecto importante es la mayor pendiente del producto control, con respecto a la pendiente de la muestra prueba, lo cual implica un proceso de degradación más lento en el jamón a base de nitrito no añadido, efecto favorable, pues con la menor adición de nitrito se puede obtener un resultado eficiente, haciendo probable que con el aumento de la concentración de nitrito agregado al bloque cárnico se puede igualar o aumentar la vida útil del producto prueba.

También se observa que en la semana 12 el nitrito residual prueba se agotó completamente, 4 semanas antes de la degradación del producto control. Esto implica que las demás evaluaciones del producto prueba y control se realizaron en un menor período, se presentan con un tiempo límite de 15 semanas.

Finalmente, se obtuvo que el nitrito residual detectado al inicio de las evaluaciones, tanto en las muestras control como en las pruebas, representa un 8% del nitrito agregado, la cantidad faltante se debe a la oxidación del nitrito (60%), entre el 1% y 8% se unió a la mioglobina y otra fracción es reducida por grupos -SH durante la cocción, lo cual coincide con lo expresado por Stalik (2002).

En la Figura N° 23 se muestra la variación del pH en función del tiempo, ya que dicha propiedad es de suma importancia en la evaluación de este proyecto, pues es un factor determinante de la vida útil del producto. En la misma se muestra una disminución lenta del pH a lo largo del tiempo en ambos casos, no se presenta mayor diferencia al comparar el pH promedio del producto prueba con respecto a la muestra control.

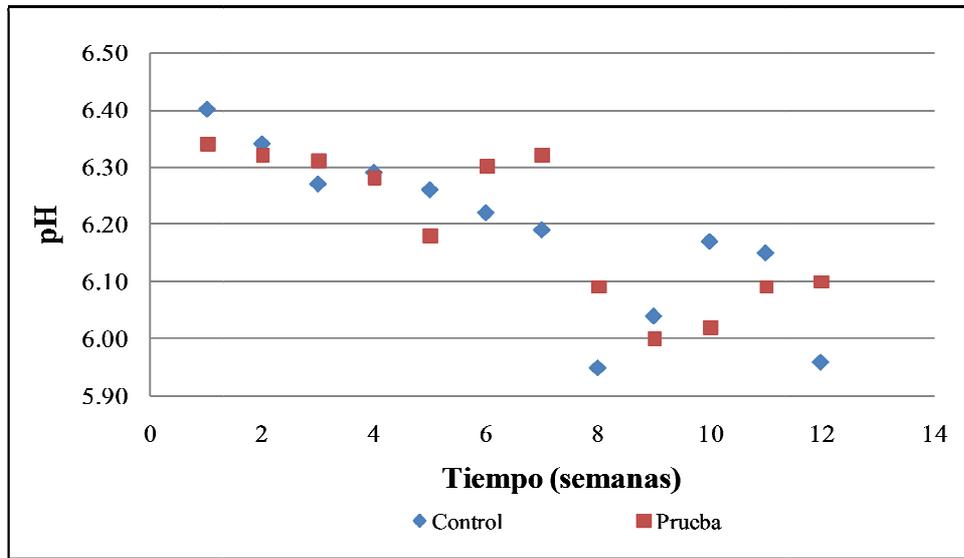


Figura N° 23. Comportamiento del pH en la muestra prueba y control

En general, existen pocas variaciones de pH durante el período de almacenamiento, esto puede ser atribuido a la capacidad que posee la carne, debido a su alto contenido de proteínas, a mantener constante el pH, según lo referido por Molina (2005).

En la Figura N° 24, se presenta el comportamiento del contenido graso de las muestras control y prueba con respecto al tiempo.

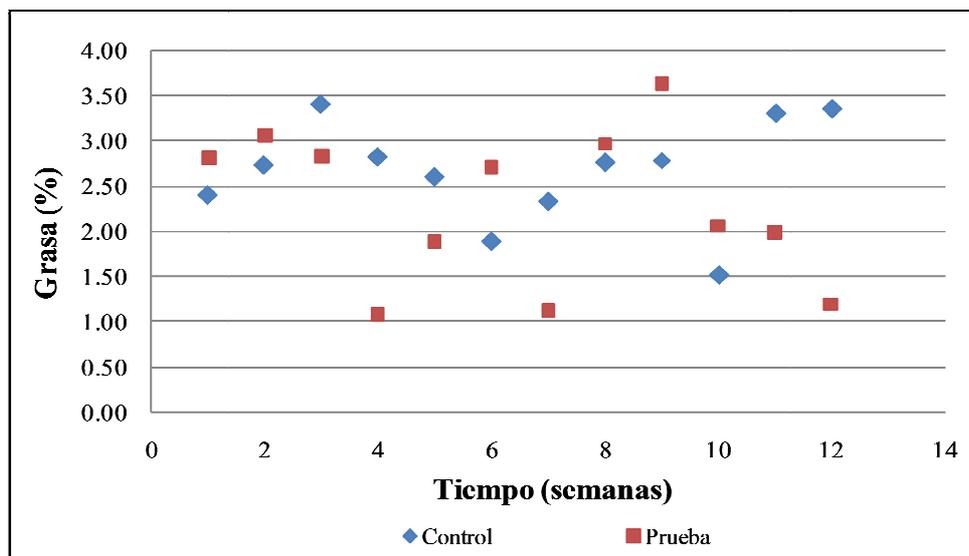


Figura N° 24. Comportamiento de la grasa en la muestra prueba y control

Como se observa en la Figura N° 24 la grasa contenida en el producto terminado es igual de variable a la que se encuentra en la materia prima cárnica, pues su distribución en el músculo no es uniforme, en especial las situadas superficialmente, mejor conocidas como tejido graso.

Al comparar la cantidad de grasa de la materia prima, es decir el contenido graso presente en el pernil crudo (7,9%) con la obtenida en el producto terminado, se observa que hubo una disminución en ambos casos, pues el contenido de grasa en el jamón no supera el 4%, esto se debe a que durante el proceso curado, los lípidos sufren una serie de reacciones químicas que causan la formación ácidos grasos y por ende la disminución de la grasa total presente.

Es necesario destacar la importancia de la grasa en el producto terminado, ya que de ella depende la blandura y jugosidad. Por otro lado la presencia de grasa intercelular interviene en la adhesión de las lonjas de jamón. Sin embargo la oxidación de la grasa es un hecho no deseado en la elaboración de los productos cárnicos, debido a produce la rancidez del producto. Por tal motivo, se hace necesaria la implementación de agentes antioxidantes, en este caso el nitrito.

El comportamiento teórico de la grasa en los productos cárnicos refleja la disminución de la misma a lo largo del tiempo, a causa de la pérdida de la acción conservante del nitrito en su forma inestable, que por hidroxiperoxidación genera el enranciamiento, que trae consigo la degradación de la grasa o lipólisis.

En la Figura N° 25 se observa una diferencia en cuanto a la humedad presente en las muestras prueba con respecto a la humedad detectada en el producto control a lo largo de tres meses de evaluación.

Se refleja que inicialmente el producto prueba presentó una menor humedad que el producto control. Luego con el transcurso del tiempo el comportamiento del producto control se volvió variable, mientras que el producto prueba mantuvo la tendencia constante entre 76,5 % y 78%, factor favorable en la vida útil del producto terminado.

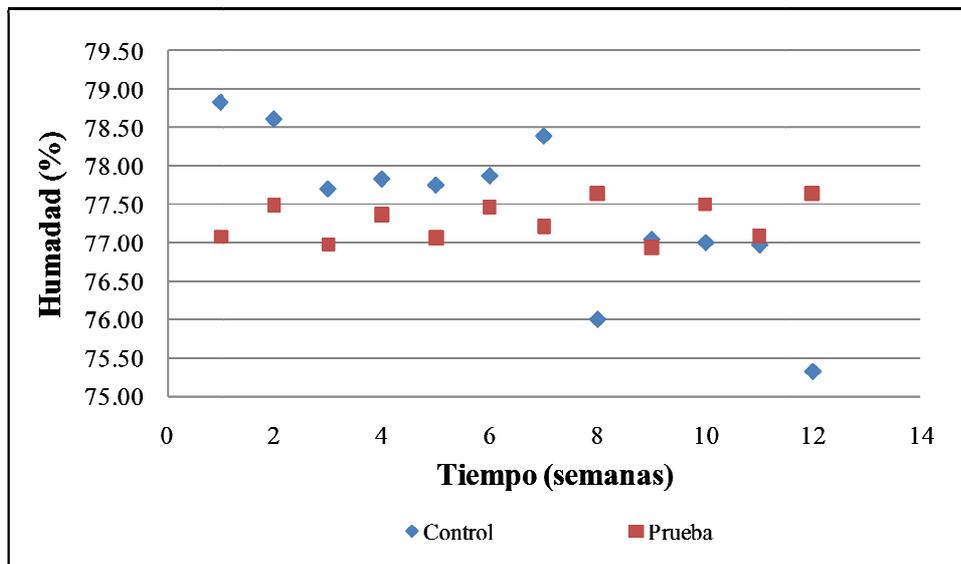
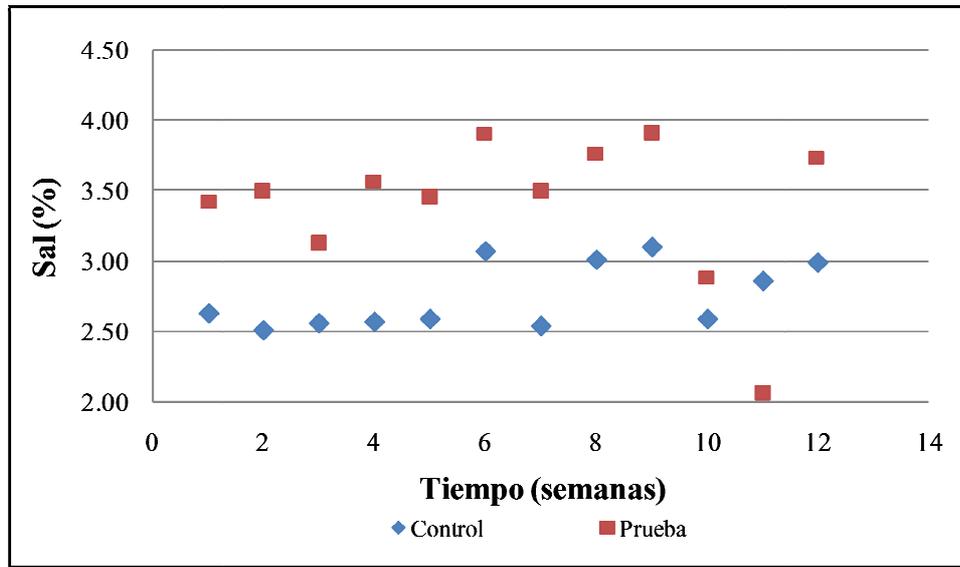


Figura N° 25. Comportamiento de la humedad en la muestra prueba y control

El porcentaje de humedad tiene relación con la capacidad de retención de agua, por parte de las proteínas durante el almacenamiento, para aumentar la retención de agua se adiciona a la fórmula agentes ligadores, en este caso ambas muestras contienen la misma cantidad de gel y carragenina en su formulación, por esto se esperaba un comportamiento similar en ambas muestras.

De la misma manera los fosfatos son aditivos que se aplican para aumentar el pH y así lograr una mayor retención de agua, en la formulación la cantidad agregada de fosfato no tuvo variación, por tal motivo se atribuye esta variación a factores desconocidos entre el extracto y el cultivo iniciador. Sin embargo, los valores obtenidos se encontraron dentro de las especificaciones.

A continuación se presenta la Figura N° 26 que describe el comportamiento del contenido de cloruro de sodio detectado en los análisis fisicoquímicos de la muestra control y prueba.



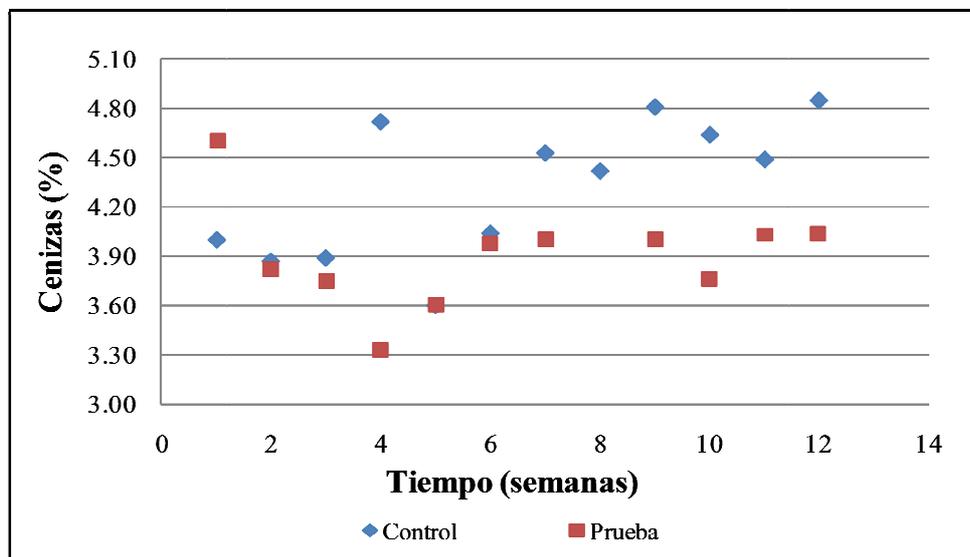
**Figura N° 26.** Comportamiento de la sal en la muestra prueba y control

De la figura, se tiene que el producto prueba presenta un mayor porcentaje de sal en comparación al control, ambos con tendencias variables pero similares con respecto al tiempo, sin embargo en la evaluación de la semana 11, el contenido de sal del producto prueba estuvo por debajo del control, lo cual se atribuye a posibles errores experimentales.

La sal influye positivamente en la durabilidad del producto, debido a su capacidad de bajar la actividad de agua ( $a_w$ ) que ciertos microorganismos utilizan para desarrollarse, es decir actúa en la extracción de las proteínas que son capaces de absorber agua a cualquier pH dentro de los parámetros normales. Es por ello que al relacionar la humedad con el contenido de sal presente en las muestras, se observa una proporción entre ambos parámetros. El mayor contenido de sal detectado en el producto prueba puede que influya positivamente en la retención de agua y con esto a un porcentaje de humedad constante a lo largo de su vida útil.

También se destaca que desde la primera evaluación el contenido de cloruro de sodio en el jamón prueba fue 1% mayor al control, pero en ambos casos se mantuvo en un rango menor al 4% lo cual corresponde a las especificaciones establecidas por la norma y la empresa.

En la Figura N° 27 se presentan los valores obtenidos de los análisis fisicoquímicos correspondientes a la cantidad de cenizas presentes en las muestras prueba y control.



**Figura N° 27.** Comportamiento de las cenizas en la muestra prueba y control

El contenido de cenizas presente en las muestras analizadas, representan los componentes inorgánicos detectables cuando se quema el tejido muscular, estos compuestos deben al uso de sal, fosfatos, nitritos y demás productos químicos que tienen asociados a su molécula iones metálicos como el sodio presente en los aditivos utilizados para la preparación de la salmuera. De acuerdo a lo establecido por la empresa las cenizas presentes en el embutido, no deben superar los 4,5 %, pero en el producto control el contenido de cenizas alcanzó el 5% con tendencia a aumentar, por el contrario en la muestra prueba hubo una disminución significativa durante las primeras cuatro semanas.

La variación entre las muestras refleja una mayor cantidad de componentes inorgánicos en el producto control, esto puede ser consecuencia de la sustitución del nitrito de sodio, por productos de origen natural presentes en el jamón prueba, además a este se le resta la ceniza generada por el eritorbato de sodio, el cual se encuentra ausente en el jamón prueba. Aún así permanecen minerales propios de la carne como el hierro y de la sal como el sodio, que son detectables en los análisis.

Los resultados de la evaluación del porcentaje de proteína detectado en las muestras se presentan a continuación mediante la Figura N° 28.

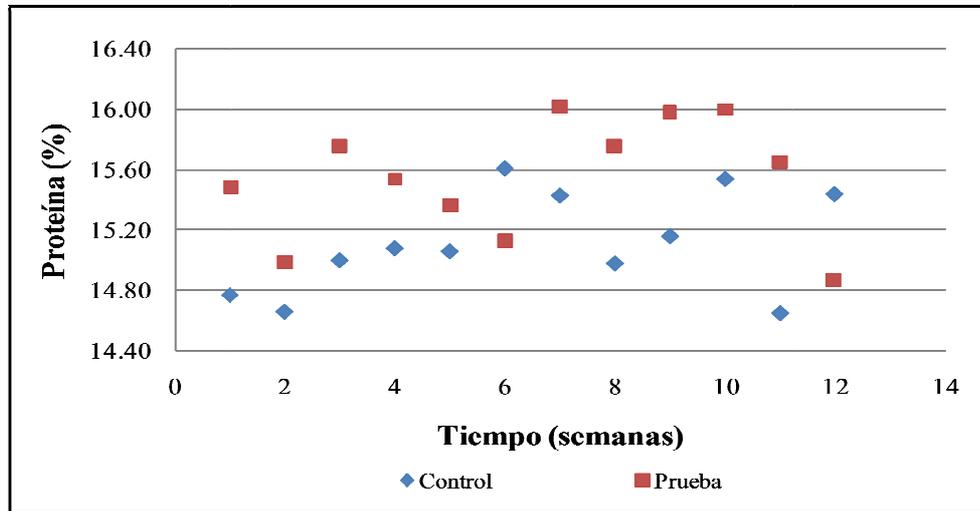


Figura N° 28. Comportamiento de la proteína en la muestra prueba y control

El comportamiento del contenido de proteína con respecto al tiempo es variable, manteniéndose en un rango de 14-16% lo cual es aceptable de acuerdo a los parámetros establecidos por la FONDONORMA 1602:2005. La proteína en el producto prueba resultó mayor que en el producto control, lo que puede ser a causa de la menor composición de aditivos químicos, obtenido en la evaluación de las cenizas y un posible contenido de proteína asociado al extracto de apio.

La base para la determinación de las proteínas es hallar el Nitrógeno Total contenido en las muestras prueba y control, la cual ocurre por acción del ácido sulfúrico sobre la materia orgánica.

Hay muchos factores que influyen sobre las modificaciones de la naturaleza de las proteínas, como la temperatura, el pH, y modalidades en el proceso de tenderizado y masaje, en donde se obtiene gran parte de la proteína disponible en el músculo. De la proteína presente en el músculo entero (20%), se detecta entre el 14,5 y 16,5% en el producto final, el resto se desnaturaliza durante el proceso de cocción, en donde ocurre la destrucción de los enlaces disulfuros y se libera  $\text{SH}_2$  que reducen la metamioglobina en mioglobina favoreciendo la coloración del embutido.

Vale la pena destacar que la única fuente de proteína conocida en la formulación del jamón cocido de pierna es la proporcionada por la materia prima cárnica, pues al tratarse de un producto de calidad superior no se permite la adición de otros productos proteicos (FONDONORMA 1602: 2005, 2005).

Culminadas las evaluaciones físico-químicas, se procede al análisis de los resultados obtenidos durante la evaluación microbiológica de las muestras.

### Caracterización Microbiológica

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos realizados quincenalmente por el departamento de calidad, en las muestras de jamón cocido de pierna sin nitrito añadido y las muestras de jamón elaborados con la formulación convencional.

En la Figura N° 29 se presenta el desarrollo de los Coliformes totales, *Staphylococcus aureus* y Mesófilos aerobios, durante el almacenamiento del producto control.

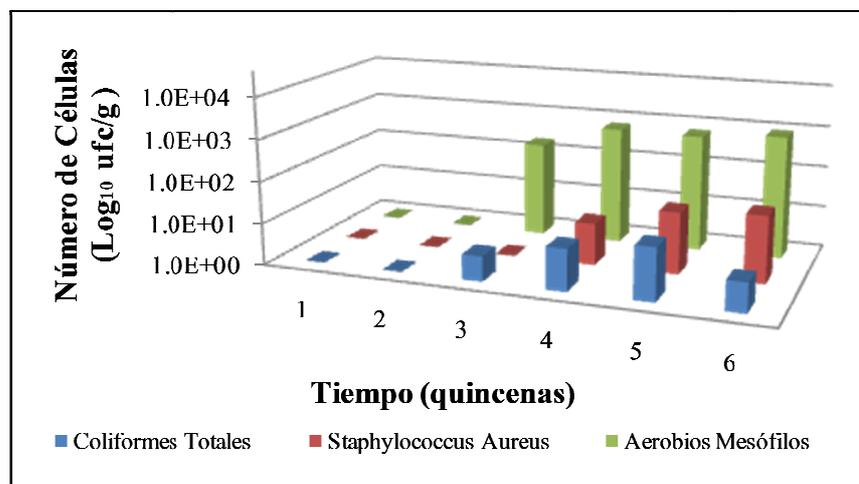


Figura N° 29. Resultados de los análisis microbiológicos de la muestra control

El seguimiento microbiológico de ambos productos, se realizó durante seis quincenas, es decir las doce semanas que corresponden a la vida útil del jamón cocido de pierna sin nitrito añadido.

Para comparar ambos productos se muestra en la Figura N° 30 los resultados obtenidos durante los análisis microbiológicos realizados al jamón prueba, que representan el desarrollo de las mismas bacterias que pueden originarse o crecer durante la elaboración y el almacenamiento del jamón convencional.

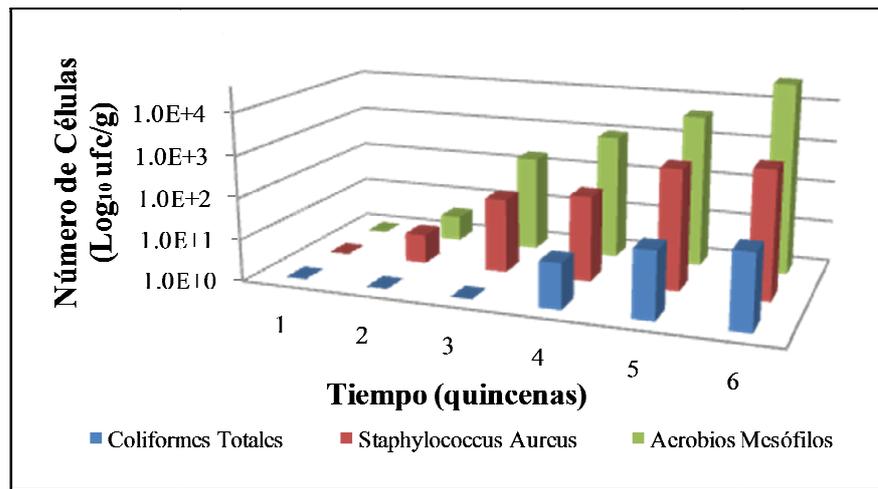


Figura N° 30. Resultados de los análisis microbiológicos de la muestra prueba

En la evaluación microbiológica, también se realizaron análisis para detectar la presencia o no de listeria y salmonella, bacterias patógenas que pueden desarrollarse en este tipo de productos cárnicos. Una vez realizados estos análisis, se obtuvo la ausencia total de dichos microorganismos durante la vida útil de ambos productos.

Por otro lado, existe la formación de ciertas bacterias, que se producen naturalmente en los alimentos a causa de los nutrientes y condiciones que favorecen su crecimiento y reproducción.

Entre las bacterias que se desarrollan en los productos cárnicos se encuentra los coliformes totales, microorganismos que se alojan en el intestino humano y de animales de sangre caliente. De acuerdo a la Figura N° 29 y Figura N° 30 al inicio de la evaluación, correspondiente al primer día de vida útil del producto prueba y control, no se detectó la presencia de coliformes totales, sin embargo a partir de la tercera quincena, el conteo de esta bacteria se presentó en la muestra control alcanzando 67 ufc (unidades formadoras de colonias), en la muestra prueba se detectó

a partir de la cuarta semana y alcanzó un total de 60 ufc, en ambos casos se cumplió con las especificaciones establecidas por la norma (Ver Apéndice C)

Otro microorganismo evaluado, fue el staphylococcus aureus, bacteria patógena capaz de soportar altas concentraciones de cloruro de sodio, su temperatura óptima de crecimiento va de 35 °C a 40 °C, es por ello que se debe evitar la cocción prolongada en este rango de temperatura. En cuanto a los resultados obtenidos, se puede observar que el crecimiento de esta bacteria, fue mayor en la muestra prueba superando el límite máximo establecido por la norma  $1 \times 10^3$ , es decir en la última evaluación presentó un total de  $1,1 \times 10^3$ . Este comportamiento puede ser atribuido a la presencia de otras cepas de staphylococcus utilizadas en la formulación de los embutidos prueba. También se detectó en la muestra control, pues este microorganismo a diferencia de otros patógenos, posee resistencia al óxido nítrico, pero en este caso el conteo de las células permaneció dentro de los límites establecidos.

Finalmente se evaluó la presencia de los mesófilos aerobios, estos microorganismos son la flora total compuesta por bacterias, hongos filamentosos y levaduras, aerobios estrictos o facultativos que presentan unas características térmicas intermedias. Con este análisis se refleja la calidad sanitaria e higiénica de la elaboración del embutido, según lo expuesto por Martín (2005).

Los altos recuentos de estas bacterias indican la descomposición del producto. En las muestras analizadas, fue la bacteria que más se desarrolló, pero mayormente en el producto prueba, en el cual se detectó en la segunda quincena a diferencia del producto control en el que se desarrolló quince días luego.

En la Figura N° 30 se observa un crecimiento continuo en las muestras pruebas más pronunciado que en las muestras control. Esto puede ser, porque el medio en el cual se desarrollan posee condiciones más favorables en el producto prueba, con menor concentración de nitrito de sodio, agente antioxidante y conservante. Es por ello, que en general las muestras control se mostraron acorde a los límites admitidos por la norma en cuanto al desarrollo de microorganismos y en las muestras prueba

superaron esos límites en el conteo de los mesófilos aerobios y *staphylococcus aureus*, punto desfavorable que contribuye a la disminución de la vida útil.

### Caracterización Sensorial

De forma general el jamón cocido es un producto cárnico que debe cumplir atributos sensoriales específicos antes de ser comercializado, pues debido a ciertos factores, como la temperatura, aditivos agregados, pH, tiempo de almacenamiento y carga microbiológica, las características sensoriales se encuentran en constante variación.

Los atributos más importantes a tener en cuenta en su valoración sensorial, de acuerdo a lo establecido por la empresa son: la apariencia externa, sabor, color, olor y textura. De acuerdo a esto, la caracterización sensorial, fue realizada por un panel de 6 analistas de control de calidad, especializados en el área.

En la .

Tabla N° 21 se presentan los valores promedios asignados por los panelistas, a las diferentes características evaluadas en el primer día de vida útil del producto prueba.

**Tabla N° 21.** Resultados de los análisis sensoriales de la muestra prueba (semana 1).

<b>Jamón Prueba</b>						
<b>Variable</b>	Excelente 6	Bueno 5	Aceptable 4	Regular 3	Malo 2	Rechazar 1
<b>Apariencia externa</b>		X				
<b>Apariencia interna</b>			X			
<b>Sabor</b>				X	X	
<b>Color</b>	X					
<b>Olor</b>	X					
<b>Textura</b>		X				

Para la calificación final, coincidieron la mitad más uno, de las opiniones emitidas por el grupo de penalistas, es decir con cuatro resultados iguales se logró una caracterización sensorial que se puede considerar homogénea.

A continuación se presenta la Tabla N° 22 que detalla la calificación atribuida por el panel evaluador, al jamón cocido de pierna elaborado de manera convencional.

**Tabla N° 22.** Resultados de los análisis sensoriales de la muestras control (semana 1).

<b>Jamón Control</b>						
<b>Variable</b>	Excelente 6	Bueno 5	Aceptable 4	Regular 3	Malo 2	Rechazar 1
<b>Apariencia externa</b>		X				
<b>Apariencia interna</b>		X	X			
<b>Sabor</b>	X					
<b>Color</b>	X					
<b>Olor</b>	X					
<b>Textura</b>	X					

Al comparar ambas evaluaciones se observa que la apariencia externa de ambos productos fue calificada como *bueno*, esto englobó el estado del empaque, que se encontró totalmente adherido a la pieza de jamón prueba y control, hubo ausencia de agua y gelatina, sin embargo se observaron agujeros en la superficie las muestras, que se atribuyen a defectos de vacío en el proceso de embutido. Durante esta evaluación el producto permaneció en su empaque.

Luego se calificó la apariencia interna, característica que se valoró sobre varias lonjas del producto cortadas a 1mm de espesor, tomando en cuenta la presencia o no de grasa intramuscular, venas, tendones y material ajeno a la muestra como bolsas, clips, plástico, guantes entre otros. La calificación dada por los penalistas fue 4 para la muestra prueba correspondiente a una apariencia interna *aceptable*, debido a la

presencia de puntos amarillos de inyección (ver Figura N° 31) en el rebanado de una de las muestras, esto implica que durante la preparación de la salmuera no hubo una completa disolución de los ingredientes, específicamente del extracto de apio.



**Figura N° 31.** Apariencia interna del jamón cocido de pierna prueba.

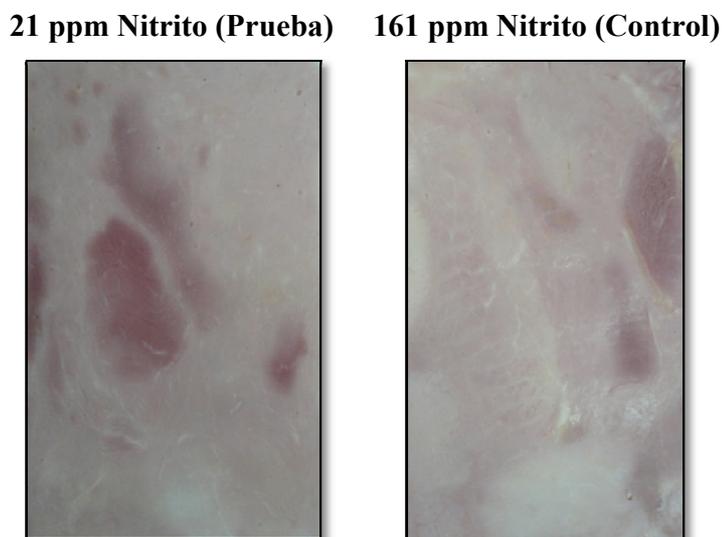
La evaluación del producto control se dividió en dos calificaciones, tres panelistas coincidieron con una puntuación de 5 por la variación de color provocada por los músculos enteros al ser rebanado el jamón y la otra mitad de evaluadores lo calificaron con 4 debido a la presencia de pequeños agujeros en el rebanado por deficiencia de vacío y por la variación de color. En ambos casos la lonja de jamón presento buena cohesión.

El sabor fue el punto más crítico desde el inicio de la evaluación sensorial, pues de acuerdo a los penalistas no presentó el típico sabor de un producto cocido curado, se le asoció un sabor a sopa, más salado que el producto control, por ello la mitad de los penalistas lo calificaron como *malo* y la otra mitad como *regular*.

En cuanto a la textura, a pesar del sabor no agradable que presentó la muestra prueba, se obtuvo una valoración de 5, pues en características como jugosidad, gomosidad, y dureza el jamón se mostró similar a la muestra control, a excepción de la cantidad de jugo liberado durante su masticación. En la valoración de la textura, la lonja se dobló en cuatro partes para obtener una mayor mordida y poder detectar con precisión los atributos mencionados.

La caracterización del olor no presentó variabilidad entre ambas muestras y se obtuvo el puntaje máximo.

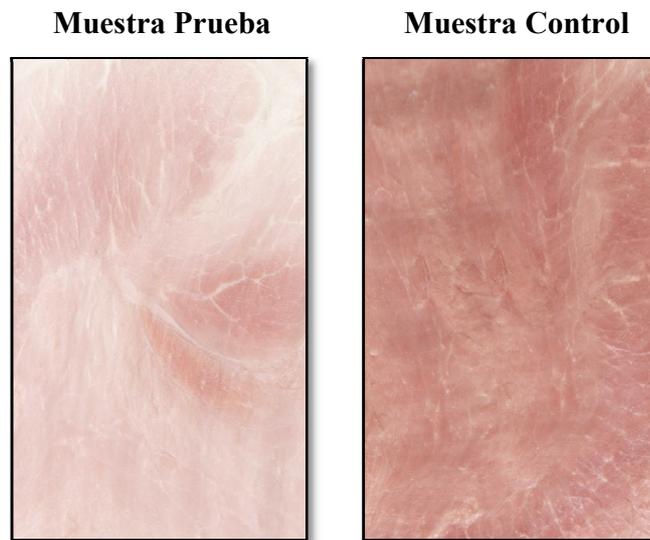
Una de las propiedades más importantes evaluadas, fue la formación del color de curado en las muestras, debido a que se trata de una de las funciones que cumple el nitrito de sodio en la elaboración del jamón cocido. A continuación en la Figura N° 32 se muestra el color formado por el nitrito de sodio aplicado de manera convencional y la coloración alcanzada por el nitrito obtenido de la reacción entre el extracto de apio y el cultivo iniciador.



**Figura N° 32.** Color formado en el primer día de vida útil de las muestras prueba y control

Como se puede observar en la figura, no hay mayor diferencia en el color formado por el nitrito agregado convencionalmente y el nitrito obtenido de la reacción nitrato-reductasa, aún con la variación de nitrito residual detectado en ambas muestras.

Durante el período de evaluación, el comportamiento de las características sensoriales se mantuvo constante, pero al alcanzar la cuarta quincena las muestras prueba, comenzaron a presentar una decoloración pronunciada con respecto al producto prueba. Al agotarse completamente el nitrito en las muestras control de acuerdo a los análisis fisicoquímicos, la coloración final obtenida en ambos productos se presenta en la Figura N° 33.



**Figura N° 33** Color de la muestra prueba y control en el tercer mes de almacenamiento.

Una vez caracterizado completamente el jamón cocido de pierna a base de nitrito no añadido y comparado sus propiedades con las del jamón elaborado convencionalmente, se tiene que la durabilidad del producto prueba se disminuye a tres meses, un mes menos del producto control. Se puede definir como principal causante de este efecto, la degradación del nitrito obtenido a partir de fuentes naturales de nitrato. Sin embargo, a continuación se presenta la evaluación de una serie de factores que de manera directa o indirecta pueden influir en la durabilidad del producto, para finalmente proponer mejoras que permitan igualar la vida útil del producto prueba e incluso aumentarla.

### **Evaluación de la Vida Útil del Producto Prueba**

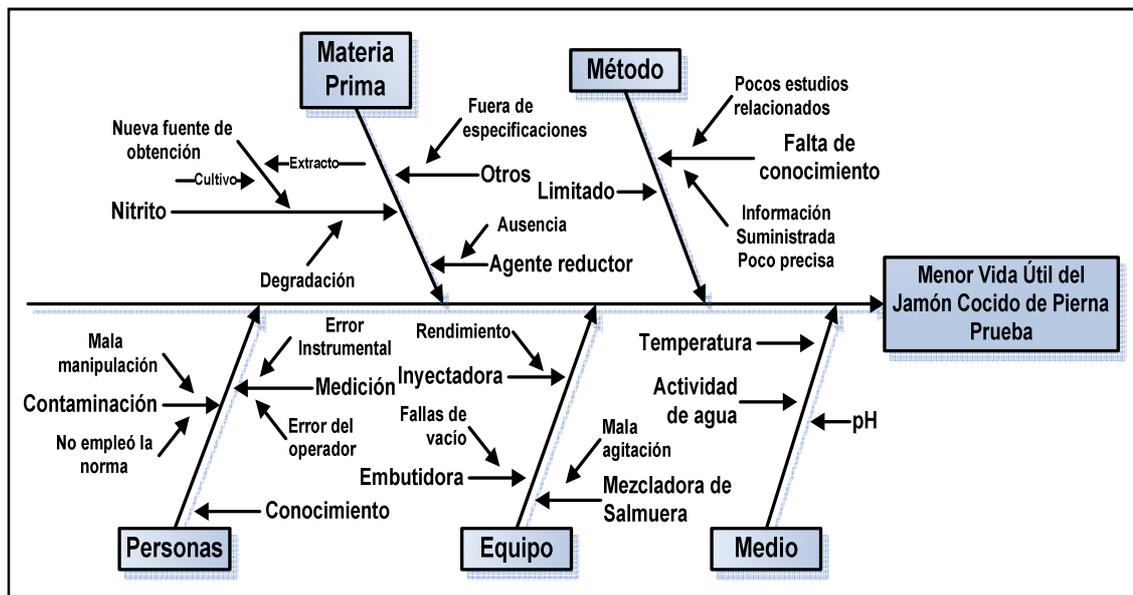
De acuerdo a los resultados obtenidos de las caracterizaciones realizadas, se determinó que la vida útil del jamón cocido de pierna a base de nitrito no añadido, fue de tres meses (3) aproximadamente, tomando como base la degradación del nitrito, al no detectarse en el análisis fisicoquímico.

Sin embargo se realizó un estudio, acerca de otros factores que pudieron influir en la disminución de la vida útil del producto prueba con respecto al producto control y así encontrar posibles soluciones que permitan mejorar el desarrollo de la propuesta planteada. Para ello se ejecutó un diagrama causa-efecto, también conocido como diagrama espina de pescado.

El diagrama representado por la Figura N° 34, tiene como efecto o fenómeno, la menor durabilidad o vida útil del producto prueba, con respecto a la establecida y determinada por el producto elaborado convencionalmente. La diferencia entre ambos fue aproximadamente cuatro semanas menos de durabilidad para el jamón prueba.

Aunque el principal argumento para su deterioro, fue la degradación del nitrito obtenido de manera natural, existe una serie de factores que se pueden controlar o variar para igualar la durabilidad del producto control.

Como se puede observar en el diagrama, entre las causas principales que afectaron la útil de la muestra prueba, se tiene la degradación del nitrito, causa común en el deterioro del producto control, debido a que al agotarse este conservante y antioxidante, se inicia de manera automática el crecimiento de bacterias y la pérdida de color se hace notable.



**Figura N° 34** Diagrama causa-efecto de la vida útil del jamón cocido de pierna prueba.

Otro factor común para el deterioro del jamón cocido es el uso de materia prima cárnica y no cárnica fuera de especificaciones, es decir ingredientes que pueden estar vencidos, aunque la materia prima suministrada debería cumplir con los parámetros establecidos no se descarta esta posibilidad.

A diferencia del producto control, las muestras pruebas carecían de eritorbato de sodio en su formulación, este aditivo acelera la reducción de nitrito a óxido nítrico, estabilizando el pigmento de curado del embutido y dando así al color una mayor vida útil. En el producto prueba no se utilizó ningún agente reductor debido a que el cultivo iniciador tiene la capacidad de lograr el descenso del pH por la producción de ácido láctico, sin embargo se propone el uso de un agente natural que cumpla las mismas funciones de los aditivos reductores.

Entre los ingredientes que pueden ser considerados como agentes de curación natural u orgánica de carnes procesadas, se tiene el vinagre, jugo de limón y la cereza en polvo. Acidulantes como el vinagre y el limón tienen el potencial para acelerar las reacciones con nitrito, pero la disminución crítica del pH interfiere con la capacidad de retención de agua, que se ve beneficiada por el aumento del pH. Por ello la cereza

en polvo sería una alternativa, pues presenta alto contenido en ácido ascórbico, que funciona como un fuerte reductor de nitrito y no tiene un gran impacto sobre el pH (Sindelar, 2007).

Con respecto a las nuevas fuentes de obtención de nitrito, sólo se logró 21 ppm en el producto final en la primera evaluación realizada, este valor aumentó a la semana siguiente a 60 ppm, suponiendo una continuidad de la reacción nitrato-reductasa, o posibles errores en la determinación fisicoquímica del nitrito residual. Según investigaciones realizadas, 50 ppm de nitrito residual actúa sobre la oxidación de lípidos, es por ello que se asocia el papel antioxidante del nitrito obtenido por fuentes naturales. Para obtener mayor cantidad de nitrito, por medio de fuentes naturales, se propone aumentar la concentración del cultivo iniciador, reactivo crítico debido a la naturaleza de los microorganismos que lo componen.

Estos microorganismos debían permanecer a muy bajas temperaturas ( $< 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), para asegurar la efectividad de los mismos, sin embargo a pesar de que se recibieron en cava con panelas de gel, ya éstos no presentaban esa condición de temperatura, vale la pena destacar que el cultivo se recibió desde Colombia, lo que resultaba una situación difícil de controlar, sin embargo al realizar los análisis microbiológicos se detectó actividad de cepas de *Staphylococcus*, pero el contaje era desconocido. Por todo esto se hace necesario el aumento de la concentración del cultivo, para equilibrar las posibles células muertas que disminuyen su efectividad en la reducción de nitratos a nitritos. Por lo tanto el cultivo iniciador en la formulación puede ser una de las causas principales de la disminución de la vida útil del jamón prueba.

Otro punto importante son los equipos asociados al desarrollo del proyecto, entre ellos la embutidora que pudo haber presentado fallas de vacío provocando la presencia de agujeros y oxígeno que acelera la descomposición del producto, sin embargo no sería una causa determinante, pues el producto control presentó las mismas características y no afectó su vida útil.

La inyectora se propone como una de las causas, debido a que la salmuera debe ser distribuida uniformemente por las agujas, para evitar diferencias de coloración entre

los músculos. Sin embargo su mayor importancia recae en el rendimiento logrado con este proceso, es por ello que se propone un aumento del rendimiento de la inyección en el producto, para observar si se logra obtener una mayor cantidad de nitrito residual.

El último de los equipos propuestos como posible causa de la menor durabilidad del embutido prueba, es el mezclador de salmueras, pues durante la evaluación sensorial se presentó en varias ocasiones puntos amarillos no típicos, lo cual implica una mala distribución de los ingredientes en la salmuera, atribuido al tiempo y efectividad de la agitación. El cultivo es un agente no soluble por lo tanto la buena distribución en la salmuera permite su migración en la carne durante la inyección, evitando las manchas o zonas no curadas. En este caso se recomienda un mayor tiempo de agitación luego de agregada la mezcla extracto-cultivo.

La temperatura, el pH y la actividad de agua, son factores determinantes de la conservación del embutido tanto prueba como control. En los análisis fisicoquímicos la humedad en el producto prueba se mantuvo constante a diferencia del control, cuya humedad disminuyó a lo largo de la evaluación, al comparar ambos comportamientos se pudo haber generando un mayor aumento en la actividad de agua, del producto prueba, disponible para el desarrollo de microorganismos y por ende menor vida útil.

Las causas personas y métodos están muy asociadas, si hay poca capacitación e información, aumentan los errores en las evaluaciones de los procesos, esto engloba ambos productos. Sin embargo durante la puesta en marcha del proyecto surgieron dudas y la falta de estudios previos relacionados directamente con el tema pudo haber causado posibles fallas de manufactura, durante la manipulación de los ingredientes nuevos. Una de las incógnitas planteadas fue el tiempo de reposo de la salmuera prueba, pues se especificó un tiempo mínimo de doce horas, mas no un máximo. El método estuvo limitado por la cantidad de materia prima disponible y la concentración dada para el producto prueba. No se conoce con exactitud las especificaciones de los nuevos reactivos y su arte a fondo.

Evaluadas las posibles causas que provocaron una menor vida útil en el producto prueba, se observa que no sólo la sustitución del nitrito de sodio por un nitrito a base de fuentes de naturales influyó en la descomposición de la muestra, se pueden modificar otros parámetros involucrados, para alargar la durabilidad de este tipo de producto.

### **Evaluación Económica**

Conocida la vida útil del producto elaborado de acuerdo a la propuesta planteada, es necesario evaluar su factibilidad económica e impacto en el mercado, por ello inicialmente se calculó el costo de la inversión asociada a la materia prima.

A continuación se presentan los costos, de la materia prima cárnica, la salmuera y gel, utilizados para la elaboración del jamón cocido de pierna convencional. La diferencia en la formulación entre ambos productos prueba y control, se debe a la sustitución del nitrito de sodio y la ausencia del eritorbato de sodio, debido a esto sus costos se presentan de manera individual. El resto de los componentes no fueron variados, por lo tanto el costo de la materia cárnica y gel tomados para el estudio del producto prueba, serán los mismos del producto control.

**Tabla N° 23.** Costos de la materia prima del jamón cocido de pierna (SAP, 2009)

<b>Materia Prima</b>	<b>Cantidad (Kg)</b>	<b>Costo Bf /Kg</b>	<b>Total Costo Bf</b>
<b>Pernil 98%</b>	709,27	30,60	21703,66
<b>Gel</b>	24,24	10,67	285,64
<b>Salmuera</b>	266,49	2,56	682,21
<b>TOTAL</b>	<b>1000,00</b>		<b>22671,51</b>

De acuerdo a los valores de la Tabla N° 23 el costo por kilogramo de mezcla cárnica para el jamón cocido de pierna es 22,64 Bf/Kg.

Seguidamente se calculó el costo del nitrito, eritorbato de sodio, cultivo y extracto utilizado en la preparación de las salmueras control y prueba. Los costos del extracto

de apio y cultivo microbiano proporcionados por el proveedor fueron 20 \$/Kg y 470 \$/Kg respectivamente. Esto se refleja en la Tabla N° 24.

**Tabla N° 24.** Costos de los componentes variables en la formulación de la salmuera  
(SAP y Proveedor, 2009)

<b>Componente</b>	<b>Cantidad (Kg)</b>	<b>Costo Bf/Kg</b>	<b>Total Costo p/300 Kg salm</b>	<b>Total Costo p/266,49 Kg salm</b>
<b>Nitrito de Sodio</b>	6,00	64,42	386,52	<b>343,34</b>
<b>Eritorbato de Sodio</b>	0,90	37,77	33,99	<b>30,19</b>
<b>Cultivo iniciador</b>	0,06	1010,50	60,63	<b>53,85</b>
<b>Extracto de apio</b>	0,60	43,00	25,80	<b>22,92</b>

Como se puede observar en la Tabla N° 24 el costo del cultivo iniciador es el más elevado de todos los componentes presentes en la salmuera, sin embargo se compensa con la poca concentración agregada, necesaria para inocular 1000 Kg de mezcla cárnica, a diferencia del nitrito de sodio, el cual cubre aproximadamente la mitad del costo total de la salmuera.

Al sustituir el nitrito de sodio por la mezcla extracto-cultivo en la formulación de la salmuera el costo es de 385,45 Bf, lo cual proporciona una disminución de 43,5% en el precio de la salmuera, esto trae como consecuencia la caída del precio de la mezcla cárnica, que pasa de 22,64Bf/Kg a 22,37Bf/Kg, 26 céntimos menos por cada kilogramo de jamón elaborado.

Con respecto a los costos de mano de obra y maquinaria, las horas hombre tienen un valor de 20 Bf y las horas máquina de 80 Bf. Esto se especifica en la Tabla N° 25

Tabla N° 25. Costos mano de obra y maquinaria (Plumrose, 2009)

Descripción	Tiempo (h)	Costo (Bf/h)
<b>Preparación de salmuera</b>	0,75	75,00
<b>Inyección</b>	0,75	75,00
<b>Tenderizado</b>	1,00	100,00
<b>Masajeo</b>	5,00	500,00
<b>Embutido</b>	1,50	150,00
<b>Cocción</b>	6,00	600,00
<b>TOTAL</b>	<b>15 horas</b>	<b>1500,00</b>

En la tabla de costos sólo se tomaron en cuenta los equipos determinantes durante la elaboración del jamón cocido de pierna, sin embargo los costos por enfriamiento en sistema de duchas y refrigeración en las cavas se le atribuye 0,5 Bf, originando un total de 1500,50 Bf/lote en costos de mano de obra y maquinaria, el cual es el mismo para el jamón control.

El costo total de manufactura del jamón cocido a base de nitrito no añadido sería:

$$\text{Costo de MP} + \text{Costo de Operaciones} = \text{Costo total de manufactura}$$

$$22374,75 + 1500,50 = 23875,25 \text{ Bf/lote}$$

El costo de manufactura para el jamón elaborado convencionalmente sería 24172,01Bf/Kg.

A pesar del ahorro que se genera en la manufactura del jamón cocido de pierna sin nitrito añadido, es necesario tener en cuenta los beneficios reales que se pueden obtener al llevar a cabo el proyecto, para de esta manera determinar la factibilidad o no de la propuesta planteada, pues de acuerdo a los resultados la disminución de la vida útil, provoca pérdidas a la empresa.

Sin embargo de acuerdo a investigaciones realizadas, se tiene que el crecimiento anual en la disponibilidad de alimentos naturales y orgánicos en los Estados Unidos y Europa han respondido a la demanda de los consumidores de alimentos a los que se consideran "sanos" y "saludables", aunque las interrogantes con respecto a lo relacionado con la salud, han sido difíciles de justificar científicamente.

Según Sebranek (2007) en los últimos 19 años, desde 1990, las ventas de alimentos orgánicos han aumentado en casi un 20% cada año. Los productos cárnicos han sido los de mayor crecimiento en la categoría de alimentos orgánicos, con un incremento del 55,4% sólo en 2005. Si bien un segmento de alimentos orgánicos y naturales sigue siendo una parte relativamente pequeña del total de la industria alimentaria, que comprende una cuota de 2,5% en 2005, se espera que aumente a un 5-10% de la cuota en un futuro próximo.

De igual manera, estudios han documentado que las preferencias de los consumidores de alimentos orgánicos y naturales se basan en el uso desmedido de los antibióticos, pesticidas, hormonas, modificaciones genéticas en plantas y animales, y aditivos químicos en la elaboración de alimentos producidos convencionalmente.

Por tal motivo se debe realizar una evaluación con mayor profundidad, que destaque las preferencias de los consumidores hacia este tipo de alimentos y la cantidad de primas que estaría dispuestos a pagar por tal producto.

De esta manera se obtendría mayor información acerca de los beneficios reales, originados al poner en práctica el proyecto en el país.

## CONCLUSIONES

Luego de obtenidos y analizados los resultados del presente Trabajo Especial de Grado, se llegó a las siguientes conclusiones.

- ✓ La materia prima cárnica utilizada está compuesta por: 7,9% de grasa, 20,3% de proteína y 68% de humedad. No se presentó contaje de colonias de mesófilos aerobios, staphylococcus aureus y escherichia coli significativo, salmonella ausente. Los valores se encontraron bajo los parámetros requeridos.
- ✓ El extracto de apio no contiene nitrito y el cultivo microbiano no mostró presencia de cepas de staphylococcus aureus.
- ✓ La etapa determinante en la elaboración del jamón cocido de pierna a partir del nitrito no añadido, es la preparación de la salmuera, no se presentó variación en la evaluación de las demás fases del proceso productivo ni en las condiciones operacionales.
- ✓ La cantidad de nitrito convertido presente en la salmuera por la reacción nitrato-reductasa fue 272 ppm ocho veces menos, a la cantidad de nitrito disponible en la salmuera del producto control con 2066 ppm.
- ✓ El rendimiento obtenido en la inyección del producto prueba fue de  $36 \pm 2$  % con una merma de tenderizado de 0,9%. En la muestra control se obtuvo  $35 \pm 2$  % de rendimiento y la misma cantidad de merma.
- ✓ Durante el proceso de cocción calor suministrado por el horno en el producto prueba y el calor retirado por las duchas no presentó mayor variación con respecto a los valores obtenidos en la cocción del producto control.

- ✓ El análisis fisicoquímico con mayor variación, fue la determinación de la cantidad de nitrito residual presente en el producto terminado, con 161,7 ppm en la muestra control y 21,3 ppm en la muestra prueba.
- ✓ La degradación del nitrito residual obtenido a base de fuentes naturales de nitrato es más lenta, que la desaparición del nitrito de sodio residual presente en el jamón elaborado de manera convencional.
- ✓ No hubo mayor variación en las características fisicoquímicas como el pH, contenido de proteínas y grasas, en cuanto a la humedad fue menor en el producto prueba, al igual que las cenizas y el porcentaje de sal fue mayor en el jamón prueba. En todos los casos los valores obtenidos se encontraron de acuerdo a los parámetros establecidos por la empresa y la Norma Venezolana FONDONORMA 1602:05.
- ✓ La vida útil del producto prueba se estimó en tres meses, con la degradación total del nitrito presente, 30 días menos aproximadamente que el producto control.
- ✓ El producto prueba presentó una mayor velocidad en el crecimiento microbiano a lo largo de su vida útil, en especial de mesófilos aerobios, sin presencia de las bacterias patógenas salmonella y listeria durante la evaluación.
- ✓ De acuerdo a la evaluación sensorial del producto prueba, se logró el color y olor deseado a jamón cocido curado, aunque la menor calificación se le atribuyó al sabor, por presentar trazas de sabor vegetal. La apariencia interna también fue un factor desfavorable en la muestra prueba, por la presencia de residuos de extracto en las lonjas rebanadas.

- ✓ La principal causa de la menor durabilidad del producto prueba, se le atribuyó a la concentración de cultivo utilizada para la conversión de nitratos a nitritos, luego de realizar un análisis causa-efecto.
- ✓ No solo la sustitución de la materia, causa el deterioro del producto terminado, factores como el método, medio, equipos y personas están involucrados en cierto modo en la descomposición de los productos.
- ✓ La elaboración de la salmuera prueba tiene menor costo que la salmuera del producto control, sin embargo no se puede concluir que la propuesta planteada es factible.
- ✓ A pesar de la menor vida útil del producto prueba, se concluyó que a concentraciones menores de nitrito, a las utilizadas actualmente para la elaboración de productos cárnicos procesados, se logran los beneficios deseados y se corre menor riesgo a la formación de nitrosaminas y a la oxidación de la hemoglobina, a causa de las altas concentraciones de este aditivo.
- ✓ El uso del extracto de apio en lugar del nitrito de sodio, disminuiría los inconvenientes que se presentan durante su almacenamiento, al igual que facilitaría los trámites realizados, para la adquisición del nitrito.

## RECOMENDACIONES

En esta sección se presentan una serie de recomendaciones, elaboradas con la finalidad de mejorar el proceso productivo del jamón cocido de pierna con nitrito no añadido, igualar la durabilidad al producto control y lograr un proyecto factible. De igual manera servir de guía a trabajos posteriores con temas similares al presente:

- ✓ Realizar pruebas a diferentes concentraciones de cultivo microbiano, hasta alcanzar en el producto final una cantidad de 150 pm mínimo de nitrito residual.
- ✓ Asegurar la baja temperatura del cultivo iniciador durante su distribución, para evitar la inactividad de los microorganismos y baja efectividad.
- ✓ Aumentar el tiempo de agitación durante la elaboración de la salmuera, para evitar los grumos presentes en el rebanado, también se recomienda el uso del jugo de apio en lugar del extracto en polvo, para su mejor distribución con los demás ingredientes.
- ✓ Realizar una investigación acerca del tiempo de incubación necesario para convertir nitratos en nitrito por medio de cultivos iniciadores y fuentes naturales de nitrato.
- ✓ Se recomienda utilizar un aditivo sustituto al eritorbato de sodio, como el jugo de cereza, fuente natural de ácido ascórbico que contribuye a la elevación del pH y con esto la estabilidad en el color del producto terminado.
- ✓ Utilizar otro método de conservación como atmósferas modificadas, con el fin de incrementar la vida útil del producto y disminuir la carga microbiana desarrollada a lo largo del almacenamiento.
- ✓ Realizar una inspección técnica en la embutidora y masajeadora, para mejorar el vacío proporcionado y evitar los agujeros en el jamón cocido.

- ✓ Realizar un seguimiento del comportamiento del nitrito de sodio durante todo el proceso productivo, para determinar la cantidad de nitrito degradado en cada etapa hasta llegar al producto final.
- ✓ Aumentar el rendimiento de la inyección, para obtener mayor interacción entre los aditivos agregados y los componentes del músculo.
- ✓ Para mejorar el sabor del producto se recomienda el uso de saborizantes a carne o jamón existentes en el mercado.
- ✓ Realizar un estudio económico que involucre los beneficios reales que se pueden obtener con un producto sin la incorporación directa de nitrito de sodio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Badui, D. (2006). Química de los Alimentos. 4ta ed. México. Pearson Educación. 589p.

Carballo, B. (2001). Tecnología de la Carne y Productos Cárnicos. Madrid. Ediciones Mondiprensa. 494p.

Coulter, T. (1984). Alimentos. Química de sus Componentes. Madrid. Editorial Acribia, S.A. 183p.

Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. (1979). Norma N° 1315:79. Carne y Productos Cárnicos. Determinación del Contenido de pH.

Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. (1980). Norma N° 1195:80. Alimentos. Determinación de Nitrógeno.

Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. (1980). Norma N° 1220:80. Carne y Productos Cárnicos. Determinación de Cenizas.

Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. (1997). Norma N° 1120:97. Carne y Productos Cárnicos. Determinación de Humedad (2da. Revisión).

Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. (2000). Norma N° 1219:00. Carne y Productos Cárnicos. Determinación de Grasa.

Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. (2002). Norma N° 1223:02. Carne y Productos Cárnicos. Determinación del Contenido de Sal.

Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN. (2002). Norma N° 3802:02. Directrices Generales para la Aplicación del Sistema HACCP en el Sector Alimentario.

EduTEKA (2006). Diagramas Causa-Efecto. Disponible: <http://www.eduteka.org>.

Freixanet, Ll. (2007). Aditivos e ingredientes en la fabricación de productos cárnicos cocidos de músculo entero. Disponible: <http://www.metalquimia.com>.

Harrison, J. (2003). El Ciclo del Nitrógeno: de microbios y hombres. Disponible: <http://www.visionlearning.com>.

Hirooka, E. (1982). Bacterimetría de Staphylococcus Aureus en Productos Cárnicos. Paraná. Editorial Continental S.A. 122p.

Lagares, J. Proceso de fabricación de productos cárnicos cocidos de músculo entero: cocción. <http://www.metalquimia.com>.

Lawrie, R. (1967). Ciencia de la Carne. Zaragoza. Editorial Acribia. 162p.

López, G. (2001). Tecnología de la Carne y derivados. Madrid. AMV Ediciones. 241p.

Lowa, S. (1996). VI Cursillo Teórico-Práctico de Tecnología Cárnica. USA.

Marín, A y Arias, R. (2001). Formulación y Elaboración de un Producto Tipo Jamón Cocido y Pisillo Conservado al Vacío con Carne de Chigüire. Pasantía de Investigación. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay.

Martín, B. (2005). Estudio de las Comunidades Microbianas de Embutidos Fermentados Ligeramente Acidificados Mediante Técnicas Moleculares. Estandarización, Seguridad y Mejora Tecnológica. Trabajo de Grado de Doctorado. Centro de Tecnología de la Carne, Girona. Disponible: <http://www.tesisenxarxa.net>.

Molina, G. (2005). Evaluación del pH en canales de toros Holstein (Bos taurus) y Nelore (Bos indicus). Revista de Investigaciones veterinarias. Perú Disponible: <http://www.scielo.org.pe.net>

Moreno, B. (1993). Introducción en los Mataderos del Sistema de Análisis de Riesgos e Identificación y Control de Puntos Críticos. San Francisco. Instituto Americano de Carne. 278p.

Norma Venezolana. FONDONORMA (2005). Norma N° 1602:05. Jamón Cocido. (4ta. Revisión).

Norma Venezolana. FONDONORMA (2007). Norma N° 1221:07. Carne y Productos Cárnicos. Determinación de Nitritos y Nitratos. (3ra.Revisión).

Ranken, M. (2003). Manual de Industrias de la Carne. ISBN AMV ediciones.1ra edición. 201p. Disponible: <http://books.google.co.ve>.

Salas, W. (2003). Aplicación del Sistema HACCP en el Proceso de Elaboración de Alimentos de Reconstitución Instantánea a Base de Cereales Extruidos. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Química e Ingeniería Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Disponible: <http://sisbib.unmsm.edu.pe>.

Santos, A y Rojas, C. (2000). Estudio de los Efectos de Diferentes Concentraciones de Nitrito Sobre Algunas Características Fisicoquímicas y Organolépticas en el Jamón Endiablado Elaborado con Carne Refrigerada y Carne Congelada. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay.

Stalik, J. (1991). Carne y Avances Tecnológicos. Caracas. Refolit, C.A.173p.

Stalik, J. (2002). Producción y Tecnología de Jamones Cocidos. Caracas. Refolit, C.A.265p.

Sebranek, J y Bacus, J. (2007). Natural and Organic Cured Meat Products: Regulatory, Manufacturing, Marketing, Quality and Safety Issues. American Meat Science Association. Disponible: <http://www.meatscience.org>.

Sindelar, J. (2007). Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH and sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. Disponible: <https://www.researchgate.net>.

Valverde, J. (2001). Manual de Toxicología Medioambiental Forense. Editorial Ramón Areces. 361p. Disponible: <http://books.google.co.ve>.

Wirth, F. (1992). Tecnología de los Embutidos Escaldados. Zaragoza. Editorial Acribia, S.A. 237p.

Xargayó, M (2007). Proceso de fabricación de productos cárnicos cocidos de músculo entero: inyección y tenderización. <http://www.metalquimia.com>.

---

---

## APÉNDICE

### Apéndice A. Preparación de Muestras Para Análisis

#### *Apéndice A.1. Preparación de muestras para análisis fisicoquímicos y microbiológicos (carnes crudas y productos terminados).*

##### Reactivos y Materiales:

- Molino de carne con pre-cortador y disco 3 y 13mm.
- Homogenizador para muestras con alto contenido de grasa.
- Cuchillo de carnicería.
- Recipientes plásticos de cierre hermético.

##### Procedimiento:

1. Elimine el empaque o envoltorio de la muestra.
2. Retire la parte ósea que pueda contener la muestra y corte en trozos de regular tamaño (aprox. 5 x 5 cm).
3. Coloque los trozos en la bandeja del molino de carne, el cual debe estar limpio y seco.
4. Pase las muestras por el molino utilizando el pre-cortador y luego disco 3mm si se trata de carne cruda. Use disco 3 mm para productos cárnicos terminados.
5. Mezcle bien la masa resultante (amase).
6. Trasvase la porción de ensayo a un recipiente plástico con cierre hermético, el cual debe estar limpio, seco e identificado con el código de análisis asignado a la muestra.

**Punto Clave:** En caso de no analizarse al momento, almacenar bajo refrigeración por un período no mayor a 24 horas.

***Apéndice A.2. Preparación de muestras para análisis sensorial (productos terminados)***

***Procedimiento:***

1. Retire el envoltorio (empaque, tripa, etc.) del producto. Conserve la etiqueta de identificación.
2. Coloque el producto en la rebanadora.
3. Gradúe la rebanadora, para un primer corte, en posición N°. 5. Rebane y coloque la primera tajada en una bandeja, previamente identificada con el nombre del producto.
4. Rebane hasta completar 3/4 partes de la pieza.
5. Coloque las rebanadas y trozo entero del producto en la bandeja. Lleve a la mesa de evaluación conjuntamente con el formato de evaluación sensorial respectivo, donde previamente se han registrado los datos de identificación del producto y los resultados de los ensayos físicos realizados (peso neto, % gelatina, etc.).

**Apéndice B. Procedimientos Físicoquímicos para Muestras Cárnicas**

***Apéndice B.1. Determinación de humedad (método de desecación en estufa)***

Principio/Alcance:

El método se basa en la determinación de la pérdida de peso que sufre una muestra, cuando se somete a cambios de temperatura en un tiempo dado.

Equipos Y Materiales:

- Estufa (convección forzada)
- Cápsulas para pesaje de las muestras
- Desecador
- Balanza analítica

Procedimiento:

1. Pesar placa de petri (Pt)
2. Pesar cantidad de muestra (Pm), según lo expresado en la tabla siguiente tabla.

<b>Producto</b>	<b>Peso muestra</b>
Con alto contenido de grasa	2.5 - 3.0 g.
Jamones, Fiambre, Espaldas	3.3 - 3.6 g.
Salchichas, Mortadelas	3.0 - 3.5 g.
Esterilizados	3.0 - 3.5 g.
Quesos	2.0 - 3.0 g.

3. Llevar a la estufa por 3 horas a  $(125 \pm 2)^{\circ}\text{C}$
4. Llevar a desecador por 30 min.
5. Pesar (Pf).

Expresión de los Resultados:

$$\% H = \frac{(Pt + Pm - Pf) * 100}{Pm}$$

Donde:

% H = Porcentaje de Humedad

Pt = Peso de la placa o cápsula vacía y seca.

Pm = Peso muestra

Pf = Peso de la placa con la muestra después de haberse secado.

### ***Apéndice B.2. Determinación de grasa (método gerber)***

#### *Alcance/Principio:*

El método se basa en la extracción a alta temperatura, del material lípido contenido en una muestra con una mezcla de ácidos. El cálculo del porcentaje de grasa se realiza en base al peso de la porción de ensayo.

El principio del método, se fundamenta en el uso de un instrumento de medición (Butirómetro) en el cual se agrega la muestra y la mezcla de ácidos, a fin de diluir todos los componentes de la muestra, a excepción de la grasa y otras sustancias lipoides, bajo la acción de calor y centrifugación. La lectura, de la grasa extraída, se realiza en el cuello del butirómetro.

#### *Reactivos y Materiales*

- Baño de agua termostático a 65°C.
- Centrifuga
- Balanza de precisión 0.01 grs.
- Butirómetro de Gerber.
- Vaso de precipitado de 150ml.
- Cilindro graduado de 100 ml. y 500 ml.
- Mezcla de ácidos:
- 500 ml. Acido Glacial 99% P.A.
- 400 ml. Acido Perclórico 70% P.A.
- 90 ml. Agua Destilada.

**NOTA:** Efectuar la mezcla en campana de gases.

**Procedimiento:**

1. Pesar 3.0 gramos de la muestra preparada en el butirómetro. Identificar cada butirómetro con el número de análisis correspondiente.
2. Ajustar la tapa del butirómetro
3. Colocar el butirómetro agua a 65°C. y agitar frecuentemente hasta la completa disolución de la muestra.
4. Agregar mezcla de ácidos 13ml y agitar lentamente.
5. Colocar en centrífuga por 2 minutos a 1100 revoluciones por minutos.
6. Dejar reposar por 5 minutos y hacer lectura de la cantidad de grasa.

**Expresión De Resultados:**

El porcentaje de grasa se determina directamente leyendo en el cuello del butirómetro

$$\% G = \frac{3.0 \times \text{lectura del butirómetro}}{\text{gramos de muestra}}$$



**Figura N° B.2** Procedimiento para el cálculo del porcentaje de grasa en muestras cárnicas

1. En la primera imagen se observan los butirómetros con el contenido de la muestra a analizar, previamente identificados
2. Seguidamente se agregó agua caliente y la mezcla de ácidos
3. Finalmente ocurre la separación de las fases, mediante acción la centrífuga.

***Apéndice B.3. Determinación de nitrógeno (método kjeldahl)***

**Alcance / Principio:**

El método se basa en la determinación del Nitrógeno Total contenido en una muestra mediante:

1. La destrucción de la materia prima orgánica con ácido sulfúrico concentrado a 390°C. El ácido actúa sobre la materia orgánica deshidratándola y carbonizándola. El carbón es oxidado y el nitrógeno reducido a amoníaco, éste queda fijado en el ácido sulfúrico como sulfato de amonio, el cual es estable en condiciones normales de trabajo.
2. La liberación del amoníaco mediante la adición de un álcali fuerte (NaOH 40%) y destilación del mismo, recogiénolo en un volumen conocido de ácido bórico al 4%.
3. La titulación de la sal resultante (borato de amonio) con una solución de ácido estandarizada.

De esta determinación cuantitativa se calcula el nitrógeno total y el contenido de proteína cruda del material de ensayo.

Reactivos y Materiales:

- Unidad de Digestión FOSS TECATOR 2020
- Sistema de extracción de gases SCRUBBER BÜCHI B-414
- Unidad de destilación FOSS TECATOR 2200
- Pipeta aforada de 10 ml.
- Balanza analítica
- Erlenmeyer de 250 ml.
- Tubos de Digestión Kjeldahl
- Bureta de precisión 0.01 ml.
- Papel filtro exento de nitrógeno.
- Acido sulfúrico concentrado (95-97 % de pureza)
- Catalizador, pastillas de sulfato de potasio selenio.
- Hidróxido de sodio (solución al 40% p/v)

- Solución de ácido bórico al 4%.
- Solución de ácido clorhídrico 0.1N.
- Peróxido de hidrógeno al 30% (opcional).

Procedimiento:

**PESADA Y PREPARACION:**

1. Doblar el papel filtro en forma de cono y pesar en este con precisión de 0.1mg., un (1) gramo de muestra preparada o 0.5 gramos en caso de muestras que contengan más de 30% de proteínas.
2. Colocar la muestra dentro del tubo previamente identificado y este a su vez dentro del porta tubos.
3. Agregar dos pastillas catalizadores y 12 ml. de ácido sulfúrico concentrado, el cual debe dispensarse por las paredes del tubo para arrastrar cualquier residuo de muestra que pudiera estar adherido.
4. Prepare un blanco: En el tubo de digestión coloque papel de filtro, las pastillas catalizadoras y el ácido sulfúrico.
5. Conectar el portatubos, al sistema de extracción de gases (campana múltiple).

**DIGESTION:**

1. Cuando la unidad de digestión haya alcanzado una temperatura mayor a 390°C. (aproximadamente 2 horas de precalentamiento) introducir el portatubos.
2. Colocar al momento las pantallas reflectoras delante y detrás de los tubos.
3. Someter las muestras a digestión durante 1:30 horas o hasta que estén completamente digestadas (color cristalino).
4. Trasladar el portatubos al soporte destinado para éste.
5. Remover las pantallas reflectoras y permitir que las muestras se enfríen durante 15 minutos.

**DESTILADOR AUTOMATICO (KJELTAB 2200)**

1. Revise el nivel de NaOH y de agua.
2. Encienda el equipo, coloque un tubo vacío en la plataforma de vapor y una fiola vacía en la plataforma de recolección, suba esta plataforma y baje la tapa de seguridad, oprima el botón STEAM.
3. Recoja aproximadamente 250 ml. de destilado y levante la tapa de seguridad.
4. Estos tres pasos se deben hacer cada vez que se encienda el equipo.
5. Retire el tubo y la fiola, deseche su contenido
6. Coloque en lo sucesivo tubos con muestra en la plataforma de vapor y en la plataforma de recolección, coloque una fiola cuidando que el tubo de recolección quede dentro de ésta, baje la pantalla protectora y presiones el botón auto/man. Una vez transcurrido el tiempo el tiempo programado el equipo se apaga automáticamente.
7. Abra la pantalla de seguridad y retire el tubo de digestión, use la pinza de seguridad.
8. Retire la fiola, cuyo contenido debe ser de color verde
9. Al terminar de destilar todas las muestras coloque un tubo vacío en sus lugares respectivos y haga una destilación más, esto con la finalidad de limpiar el sistema interno del equipo.

**TITULACIÓN:**

1. Titule el contenido de la fiola con ácido clorhídrico 0,1 N hasta obtener un color que pasa por gris natural y llega a rosado pálido.
2. Compare el viraje de las muestras con el color obtenido en el blanco

**Expresión De Los Resultados:**

Expresa el resultado como porcentaje en peso de nitrógeno o proteína.

**A. Contenido de Nitrógeno Total:**

$$\% \text{ Nitrógeno Total} = \frac{(V - V_0) \times N \times 14.007 \times 100}{M}$$

Donde:

V = Volumen HCl consumido en la titulación de la muestra.

V<sub>0</sub> = Volumen HCl consumido en la titulación del blanco.

N = Normalidad de HCl

M = Peso de la muestra en miligramos.

P<sub>m</sub> = peso molecular del Nitrógeno 14,007

### **B. Porcentaje de Proteínas:**

El porcentaje de proteínas se calcula multiplicando el porcentaje de Nitrógeno por el factor de conversión genérico para material cárnico (6,25).

$$\% P = \% N * 6,25$$



**Figura N° B.3** Procedimiento para el cálculo del porcentaje de proteínas en muestras cárnicas

1. Muestras en reposo luego del proceso de digestión 2. Culminación de la etapa de destilación automática.

---

***Apéndice B.4. Determinación de nitritos******Alcance / Principio:***

Se basa en la extracción del Nitrito presente en la muestra de ensayo con agua caliente, precipitación de las proteínas y filtración; en muestras líquidas se prescinde de la precipitación de proteínas, desarrollo de color rojo por la adición sulfanilamida y bicloruro N-1-Naftiletilendiamina y lectura espectrofotométrica a longitud de onda de 538nm.

***Reactivos y Materiales:***

- Ferrocianuro de Potasio Trihidratado
- Acetato de Zinc Dihidratado
- Tetraborato disódico decahidratado (Borax)
- Acido Acético Glacial.
- Acido Sulfúrico Concentrado
- Oxalato de Sodio
- Sulfanilamida Solución
- N-1 Naftil Etilendiamina Dicloruro de Hidrógeno
- Nitrito de Sodio
- Carbón Activo
- Permanganato de Potasio 0.05N.
- Sulfato de Zinc Solución 0.42 M.
- Acido Clorhídrico Concentrado.
- Hidróxido de Sodio 0.2%
- Matraces aforados de 100, 200, 250 y 1000 ml.
- Pipetas volumétricas de 2, 5, 10, 20 y 25 ml.
- Erlenmeyer de 250ml.
- Cilindro Graduados
- Embudos
- Balanza Analítica con precisión 0,001 g.
- Espectrofotómetro.

- Baño de agua
- Papel de Filtro libre de nitrito: Ejecutar prueba cada vez que se inicie una nueva caja
- Paleta
- Varilla de Vidrio

Procedimiento:

**DETERMINACIÓN DE NITRITOS EN PRODUCTOS CÁRNICOS**

- a. Utilice una muestra totalmente homogénea y representativa
- b. Agregue 5 ml. de solución de Tetraborato disodico (Bórax)
- c. Añada 100 ml de agua destilada a una temperatura no menor a 70 °C; a las premezclas agregue agua fría
- d. Diluya con ayuda de una paleta
- e. Agregue 1 paleta (0.5g apróx.) de Carbón Activado; 2 paletas en el caso de productos muy coloreados como pepperoni y carne mechada. Agite.
- f. Caliente en baño de agua por 15 min., agitando con frecuencia
- g. Deje enfriar a temperatura ambiente
- h. Trasvase a un matraz aforado de 250 ml. con ayuda de un embudo; para enlatados en un matraz de 200ml
- i. Agregue 5 ml. de Ferrocianuro de Potasio y agite
- j. Agregue 5 ml. de Acetato de Zinc y agite
- k. Lleve a volumen con agua destilada y deje reposar por 30 min.
- l. Filtre el sobrenadante sobre Papel Filtro N°. 1 para obtener una solución clara ( $\pm$  30ml.).
- m. Tome una alícuota de 10 ml
- n. Trasvase a un matraz de 100 ml
- o. Agregar 50 ml. apróx. de agua destilada.
- p. Prepare el blanco, colocando en un matraz de 100 ml. sólo agua y los reactivos para desarrollo de color.
- q. Adicione reactivos para desarrollar el color en el siguiente orden:
  - 10 ml. de Sulfanilamida

- 6 ml. de HCl para Nitritos.
- 2ml. de Reactivo de NEDH
- r. Lleve a volumen con agua destilada, tape y agite
- s. Guarde en la oscuridad por 15 min.
- t. Seleccione la longitud de onda  $\lambda = 538 \text{ nm}$ .
- u. Calibre el espectrofotómetro con el blanco  $T = 100\%$
- v. Llene la celda con la muestra problema y lea % Transmitancia

Expresión De Los Resultados:

El contenido de Nitritos se expresa en ppm a través de la siguiente fórmula:

$$\text{ppm NaNO}_2 = \frac{\text{mg NaNO}_2}{\text{Pm}} \times \text{FD}$$

Donde:

FD: Este valor depende de la dilución usada:

- Si diluyó a 250ml = 25
- Si diluyó a 200ml. (específicamente en el caso de enlatados) = 20

**DETERMINACIÓN DE NITRITOS EN SALMUERA:**

1. Tome 2 ml. de Salmuera
2. Trásváelos aun matraz de 200 ml
3. Lleve a volumen con agua destilada
4. Tome una alícuota de 2 ml. y agregue en un matraz de 100 ml. que contenga aproximadamente 20 ml. de agua.
5. Prepare el blanco.
6. Adicione los reactivos para desarrollar color en el siguiente orden:
  - 10 ml. de Sulfanilamida
  - 6 ml. de HCl para Nitritos, mezclar.
  - 2 ml. de Reactivo de NEDH.
7. Enrase con agua destilada, tape y agite.
8. Guarde en la oscuridad por 10 min.
9. Seleccione la longitud de onda de  $\lambda = 538\text{nm}$ .

10. Calibre con el blanco Tramitancia 100 %
11. Llene la celda con la muestra problema y lea el % de Tramitancia

Expresión de los Resultados:

$$\text{ppm NaNO}_2 = \text{mg NaNO}_2 \times \frac{1.5}{2} \times \text{FD}$$

Donde:

$$\text{FD} = \frac{200\text{ml}}{2 \text{ ml}} = 100$$

***Apéndice B.5. Determinación de cenizas***

Alcance / Principio:

La ceniza es el término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica.

Se basa en calcinar completamente la muestra a una temperatura entre 500 y 600°C. Resultando en un residuo que es el material inorgánico presente en la muestra.

Reactivos y Materiales:

- Crisol de porcelana.
- Balanza.
- Mufla.
- Desecador.

Procedimiento:

1. Colocar el crisol en la estufa a 150°C. x 1 Hr. sacar y enfriar en desecador.
2. Pesar crisol vacío (Pi).
3. Pesar aproximadamente 3 gr. de muestra (Pm).
4. Introduzca los crisoles en la mufla apagada y enciéndala, una vez la mufla alcance 560°C, cuente 5 horas

5. Colocar en la mufla a 560°C. por 5 horas ó hasta cuando la muestra presente un color gris claro ó blanco.

**NOTA:** No abra la mufla antes de que transcurra 1 hora desde que la muestra es introducida en ella.

6. Sacar el crisol de la mufla, utilizando pinzas y dejar enfriar en el desecador.

7. Pesar el crisol (Peso Final).

Expresión de los Resultados:

El contenido de cenizas se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Pf} - \text{Pi}}{\text{Pm}} \times 100$$

Donde:

Pf = Peso del crisol + residuo

Pi = Peso del crisol

Pm = Peso muestra

**Apéndice B.6. Determinación de sal**

Alcance / Principio:

El método se basa en la determinación del contenido de sal (como cloruro de sodio) en diferentes muestras mediante la extracción con agua caliente (para muestras sólidas) y posterior titulación potenciométrica con nitrato de plata; en el caso de muestras líquidas, se hace titulación directa sobre un volumen conocido de muestra.

Reactivos y Materiales:

- Titulador automático de punto final.
- Electrodo combinado de plata.
- Vasos de precipitación de 100 ml.
- Matraz volumétrico de 100 ml.
- Vidrio reloj.
- Balanza analítica.

- Cloruro de Sodio p.a.
- Nitrato de Plata 0.1N
- Acido Nítrico p.a.
- Hidróxido de Amonio p.a.
- Peróxido de Hidrógeno al 30%.
- Solución de Sulfato Amonio de Aluminio o Sulfato Potasio de Aluminio.

Procedimiento:

**PREPARACIÓN DE SOLUCIONES:**

Suspensión de hidróxido de Aluminio:

1. Disuelva 125gr. de Sulfato Potasio de Aluminio ó Sulfato Amonio de Aluminio en un litro de agua destilada.
2. Caliente a 60°C. en baño y agréguele 55 ml. de hidróxido de Amonio Concentrado. Agite suavemente.
3. Deje reposar aproximadamente 1 hora.
4. Decante y lave el precipitado con agua destilada. Repita varia veces la operación.
5. Disuelva a un litro.

Solución Standard de Cloruro de Sodio 0.1N:

Pesar exactamente 5.844 gr. de NaCl (100% de pureza) y diluir a 1000 ml. en balón aforado. El NaCl debe ser previamente secado en estufa por 2 horas a 110°C.

Solución Standard de Nitrato de Plata 0.1N

Pesar exactamente 16.9873 gr. de  $\text{AgNO}_3$  y diluir cuantitativamente en balón aforado de 1000 ml. con agua destilada. Estandarizar esta solución como se explica a continuación:

**MUESTRAS SÓLIDAS:**

1. Pese de 0.5 a 1 gramo de muestra preparada en un beaker de 100ml.
2. Extraer la sal mediante la adición de 50 - 60 ml. de agua destilada hirviendo.

3. Agitar con varilla de vidrio hasta disolver completamente la muestra. Lave la varilla con agua destilada hirviendo antes de retirarla del beaker.

4. Deje reposar por 30 minutos (tiempo extracción).

Ajuste los milivoltios en el equipo según calibración realizada.

Titular con solución de Nitrato de Plata 0.1 N hasta punto final el cual es indicado, por el encendido de luz roja “Stop”.

Registre el volumen de solución Nitrato de Plata 0.1N consumidos en la titulación

**MUESTRAS LÍQUIDAS:**

1. Mida 50 ml. de la muestra preparada, conteniendo menos de 0.5% de cloruros. Si la muestra contiene más de 0.5% de cloruros realice dilución.

2. Realice ajuste del pH de la muestra, con solución de ácido sulfúrico o solución de hidróxido de sodio si el pH no se encuentra en el rango de 7 a 10.

3. Titule con solución de Nitrato de Plata 0.1N, hasta punto final.

4. Registre el volumen de Solución de Nitrato de Plata 0.1N consumidos en la titulación.

**Expresión de los Resultados:**

Calcule el contenido de Cloruros o Cloruro de Sodio mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{(VA - VB) * N * PE}{Pm \text{ ó } Vm}$$

Donde:

A = Contenido de Cloruro de Sodio expresado en porcentaje.

VA = Volumen de Solución AgNO<sub>3</sub> consumido en la titulación de la muestra.

VB = Volumen de Solución AgNO<sub>3</sub> consumido por el blanco.

N = Normalidad de la Solución AgNO<sub>3</sub>.

PE = Peso equivalente de Cloruro de Sodio = 58.443

Pm = Peso volumen de muestra utilizado expresado en gramos/mililitros.

***Apéndice B.7. Determinación de pH******Alcance / Principio:***

Los valores a obtenerse son de muy amplia utilidad. Determina la acidez producida por ácidos añadidos al producto. Calidad de carnes crudas y factibilidad de procesamiento. Proporciona un valor indirecto de deterioro microbiológico o enzimático. Permite conocer y prevenir las averías en tuberías y calderas por corrosión. Establece rangos específicos para el uso de ciertos aditivos. En general, su alcance y aplicación son dependientes de la naturaleza y finalidad de la muestra en estudio.

***Reactivos y Materiales:***

Los valores de pH se obtienen por la medición de la diferencia de potencial entre un electrodo patrón de calomel y un electrodo de vidrio por balanceo de un potenciómetro.

PH METER

***Procedimiento:***

1. Introducir el electrodo en el envase que contenga la muestra, en el caso de muestras sólidas, éstas deben ser previamente preparadas
2. Realizar la lectura en la pantalla del pH-meter.

***Expresión de los Resultados:***

Reportar la lectura obtenida en el potenciómetro. La determinación debe hacerse con una tolerancia de 0,01 a 0,05 unidades.

**Apéndice C. Requisitos Físicoquímicos y Microbiológicos**

- **Establecidos por FONDONORMA 1602:2005**

FONDONORMA 1602:2005

**Tabla 1 Requisitos Químicos**

Características	Límite		Método de ensayo Norma Venezolana
	Superior	Estándar	
Proteínas (%) (p/p) min. <sup>1</sup>	15,5	14	1218
Fosfatos expresados como P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/Kg.) máx.	10000	10000	2474
Nitrito, expresado como nitrito de Sodio (mg/Kg.) máx.	150	150	1221
<sup>1</sup> Base desgrasada			

**Tabla 2 Criterios microbiológicos**

(A nivel de planta y centros de distribución de la empresa)

Requisito	n	c	Límite		Método de Ensayo Norma Venezolana
			m	M	
Aerobios mesófilos (ufc/g) *	5	2	1x10 <sup>4</sup>	1x10 <sup>5</sup>	902
Coliformes (NMP/g) * 1	5	2	9,0	93,0	1104
Coliformes (ufc/g) * 2	5	2	10	1 x 10 <sup>2</sup>	3276
Coliformes fecales (NMP/g) *	5	2	<3 ***	9	1104
<i>Escherichia coli</i> (ufc/g) *	5	0	< 10	-	3276
Levaduras (ufc/g) *	5	2	1x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>4</sup>	1337
Mohos (ufc/g) *	5	2	1x10 <sup>2</sup>	1x10 <sup>3</sup>	1337
<i>Listeria monocytogenes</i> en 25 g **	5	0	0	-	3718
<i>Salmonella</i> en 25 g **	5	0	0	-	1291
<i>Staphylococcus aureus</i> (ufc/g) **	5	2	1x10 <sup>2</sup>	1x10 <sup>3</sup>	1292
<p>Donde:  n = número de muestras del lote.  c = número de muestras defectuosas  m = Límite mínimo o único  M = Límite máximo</p> <p>*Requisito microbiológico recomendado (Véase Norma Venezolana 409)  ** Requisito microbiológico obligatorio (véase Norma Venezolana 409)  *** Significa ningún tubo positivo según la técnica del número más probable, serie de tres (3) tubos  1 Si se utiliza el método de Número más Probable, se determina Coliformes y Coliformes fecales  2 Si se utiliza el método en placas, se determina Coliformes y <i>Escherichia coli</i>.</p>					

- Establecidos por la Empresa PLUMROSE LATINOAMERICANA.

Características	Requisito
Ceniza (%)	<4,5
Grasa (%)	$\leq 2$
Humedad (%)	74-78
pH	6-7
Proteína (%)	$\geq 15,5$

**Apéndice D. Puntos Críticos de Control Para la Línea de Proceso del Jamón Cocido de Pierna.**

Punto crítico de control es la fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable (COVENIN 3802:2008, 2008).

En la tabla se detallan los puntos críticos de control que se pueden presentar en las diferentes etapas de la línea operativa del jamón cocido de pierna.

<b>PUNTO CRÍTICO DE CONTROL</b>	<b>ETAPA DEL PROCESO</b>	<b>PELIGRO SIGNIFICATIVO</b>
<b>Adición de Nitrito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Preparación de mezclas de condimentos.</li> <li>•Preparación de salmueras y geles.</li> <li>•Embutido y empaçado</li> </ul>	<p><b>Biológico:</b> Desarrollo de microorganismos patógenos sobrevivientes del proceso de cocción y de los patógenos formadores de esporas.</p> <p><b>Químico:</b> Posible formación de nitrosaminas (sustancias cancerígenas) por la adición excesiva de nitrito.</p>
<b>Temperatura de cocción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Cocción/ Enfriamiento en el horno</li> </ul>	<p><b>Biológico:</b> Desarrollo de microorganismos patógenos y parásitos en productos de cerdos.</p>
<b>Material de empaque</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Embutido, llenado o empaçado de producto crudo.</li> <li>•Empaçado al vacío de producto cocido.</li> <li>•Encajado.</li> </ul>	<p><b>Químico:</b> Presencia de material causante de alergias e intoxicaciones en un producto cuya etiqueta no lo señale.</p>
<b>Detección de metales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Embutido de productos con clips</li> </ul>	<p><b>Físico:</b> Presencia de material extraño (metal)</p>

**Apéndice E. Cálculos Tipo**

**1. Proceso de Inyección:**

- El rendimiento de inyección viene dado de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$\%RI = \frac{Pf - Po}{Po} \times 100 \quad (Ec. 1)$$

Donde:

$\%RI$  = Porcentaje de rendimiento de inyección

$Pf$  = Peso de la carne inyectada

$Po$  = Peso de la carne fresca

$$\%RI = \frac{958,5 - 710,0}{710,0} \times 100 = 35\%$$

- Desviación estándar del rendimiento de inyección

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (Ec. 2)$$

Donde:

$S$  = Desviación estándar

$X_i$  = Dato

$\bar{X}$  = Media aritmética de los datos

$n$  = Número de muestras

Desviación estándar de los rendimientos obtenidos en el proceso de inyección

$$S_x^2 = \frac{(32 - 35)^2 + (36 - 35)^2 + (35 - 35)^2 + (37 - 35)^2}{4 - 1}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{14}{3}} = 2,16$$

## 2. Proceso de Tenderizado

$$\%MT = \frac{Pf - Pt}{Pt} \times 100 \quad (Ec. 3)$$

Donde:

%MT = Porcentaje de merma del tenderizado.

Pf = Peso de la carne inyectada.

Pt = Peso de la carne tenderizada.

$$\%MT = \frac{958,5 - 951,0}{951,0} \times 100 = 0,8\%$$

## 3. Salmuera de Ajuste

El rendimiento de inyección teórico para la formulación dada es de 37,5%, pero en el proceso de inyección, se obtuvo un rendimiento real de 35%, por lo que se debe completar el 2,5% faltante.

- La salmuera faltante viene dada por la siguiente ecuación:

$$\text{salm. teórica inyectada} - \text{salm. real inyectada} = \text{salm. faltante} \quad (Ec. 4)$$

$$\text{salm real inyectada} = 958,5 - 710 = 248,5$$

$$266,49 - 248,5 = 17,99Kg \text{ salmuera faltante}$$

- El porcentaje de merma del tenderizado también se debe reponer:

$$\text{merma del tenderizado} = \text{carne inyectada} - \text{carne tenderizada} \quad (Ec. 5)$$

$$958,5 - 951,0 = 7,5Kg \text{ merma del tenderizado}$$

- Finalmente la salmuera de ajuste será:

$$\text{salm. faltante} + \text{merma del tenderizado} = \text{salm de ajuste} \quad (Ec. 6)$$

$$17,99 + 7,5 = 25,49Kg \text{ salmuera de ajuste}$$

4. Proceso de Cocción

Tabla N° A1. Datos de temperatura del jamón cocido de pierna control

Tiempo (h)	Temp. Externa (°C)	Temp. Núcleo(°C)	ΔT (°C)
0	30	9	21
1	45	20	25
2	56	31	25
3	66	39	27
4	74	50	24
5	75	62	13
6	75	69	6

- Cantidad de calor

$$Q = M \times C \times (T_2 - T_1) \quad (Ec. 7)$$

Donde:

Q = Cantidad de calor (KJ)

M = Cantidad de materia para calentar (Kg)

C = Calor específico de la materia para calentar (KJ Kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>)

T1 = Temperatura original inicial (°C)

T2 = Temperatura final (°C)

- *Calor suministrado por el horno*

El calor específico de la carne magra de cerdo se encuentra en el rango:

$$2,72 - 3,43 \text{ KJ Kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$$

Para este caso se utilizó el valor promedio 3,075

$$Q = 979,6 \times 3,075 \times (69 - 10)$$

$$Q = 174711 \text{ KJ}$$

- *Calor retirado por el sistema de duchas*

$$Q = 979,6 \times 3,075 \times (43 - 69)$$

$$Q = -78319 \text{ KJ}$$