



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**HERRAMIENTA DE CÁLCULO PARA LA FORMULACIÓN
DE PRODUCTOS CÁRNICOS**

T E S I S

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

P R E S E N T A:

ZÓSIMO GUERRERO CANCINO

DIRECTORA DE TESIS: M. en C. ADRIANA LLORENTE BOUSQUETS



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE

DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

AT'N: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefa del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 19 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Herramienta de cálculo para la formulación de productos cárnicos

que presenta el pasante: Zósimo Guerrero Cancino

con número de cuenta: 7934278 - 0 para obtener el TITULO de:
Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 30 de Enero del 2006

PRESIDENTE

MC. Adriana Llorente Bousquets

Adriana Llorente B.

VOCAL

IBQ. Saturnino Maya Ramírez

Saturnino Maya Ramírez

SECRETARIO

IA. Francisco Javier López Martínez

Francisco Javier López Martínez

PRIMER SUPLENTE

IA. Miriam Alvarez Velasco

Miriam Alvarez Velasco

SEGUNDO SUPLENTE

MC. Ma. Guadalupe López Palacios

Ma. Guadalupe López Palacios

**Este trabajo forma parte de la Cátedra de Tecnología de Productos
Cárnicos de la FES-Cuautitlan UNAM.**

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Adriana Llorente Bousquets, quisiera tener las palabras adecuadas para agradecerle todo el apoyo recibido en la elaboración de este trabajo que no solo fue su guía, profesionalismo y objetividad, sino su paciencia y calidad humana con que siempre se ha caracterizado.

Con todo mi cariño y respeto a la Familia Gómez Llorente (Mamá, Papá, Adi, Gaby y Chino) por compartir ese sagrado espacio que es su hogar, donde siempre encontré una mano amiga y una sonrisa que compartir y hacerme sentir parte de su familia.

DEDICATORIA

A Maria Vega por ser mi compañera de vida, impulsarme a concluir este trabajo sin descuidar nuestra familia.

A mis hijos José Rodrigo y Mary Vega son mi motivación que me empuja seguir adelante, este trabajo es para ustedes.

A mi Mamá quien dedico su vida a formarnos con valores y principios, aunque ya no esta físicamente con nosotros, estamos seguros que su esfuerzo no fue en vano, sus enseñanzas son los pilares de nuestras vidas.

A mi hermano Chalo quien siempre fue un apoyo para mí, me dio su mano cuando más lo necesite, estoy seguro que mamá esta con él y seguirán acompañándome a concluir este trabajo que es parte de ellos.

A mi Papá quien me mostró que la vida no es fácil.

A mis hermanos por el trabajo en equipo que mantuvimos en los momentos difíciles que compartimos.

Resumen
Justificación
Introducción
Objetivos
Objetivo General
Objetivos Particulares
Capitulo I. Marco Teórico
El Músculo Esquelético su Estructura y Composición Química
Estructura, Composición y Propiedades Bioquímicas de las Proteínas Miofibrilares
Propiedades Funcionales de las Proteínas Miofibrilares en Relación a la Capacidad de Retención de Agua
Cra
Importancia del Colágeno
Capacidad de Emulsión de las Proteínas Miofibrilares
Ideas Básicas Sobre Emulsiones
Capacidad de Gelificación de las Proteínas Miofibrilares
Ideas Básicas Sobre la Gelificación
Ingredientes no Cárnicos Usados en Productos Cárnicos
Equipos Para el Procesamiento de Embutidos
Capitulo II. Metodología
Diseño de la Hoja de Calculo Parar el Desarrollo de Formulas Carnicas
Ideas Erróneas Acerca de los Sistemas Para Formular al Menor Costo
Como Desarrollar las Especificaciones del Producto Final
Como Acceder al uso del Formulador
Atributos de Materias Primas Carnicas Para el Sistema
Restricciones de Producción
Requerimientos de Producto
Sistema de Formulación
Aplicación de la Hoja de Calculo Para la Formulación de un Jamón de Cerdo
Jamón Extrafino
Parámetros Cuantitavos de Jamón Extrafino
Parámetros Económicos de Jamón Fino
Jamón Preferente
Jamón Comercial
Jamón Económico
Capitulo III. Resultados y Análisis de Resultados
Jamón Extrafino
Jamón Fino
Jamón Preferente
Jamón Comercial
Jamón Económico
Conclusiones
Recomendaciones
Literatura Citada

RESUMEN

La ciencia de la carne inicia con el conocimiento de los procesos metabólicos y bioquímicos durante la transformación de músculo, la estructura y la composición de los músculos que la integran, así como de los diferentes tejidos: *Epitelial, Conjuntivo, Nervioso y Muscular*. Las *fibras musculares o miofibrillas* son la estructura básica del músculo esquelético y están constituidas a su vez por moléculas proteicas de *actina y miosina*. Su importancia radica en que representan el 75% de la proteína muscular. El músculo esquelético es el que aporta los mayores beneficios en el procesamiento de productos cárnicos, de ahí la importancia del conocimiento de su estructura y su composición química.

El estudio de las propiedades funcionales de las proteínas cárnicas, desempeña un papel importante en el desarrollo de nuevos productos, tanto en los procesos de fabricación como en su efecto en el desarrollo de los atributos de calidad del producto final. Entre las características funcionales más importantes de las proteínas cárnicas a, merecen citarse la capacidad de retención de agua (CRA), de emulsificación de la grasa, de gelificación, de cohesión, de viscosidad, entre otras. Entender los factores que afectan la funcionalidad de las proteínas miofibrilares es controlar las variables que pueden afectar la calidad de productos cárnicos a formular, dentro de estos se encuentran el pH, el uso de diferentes ingredientes no cárnicos como la sal común o los fosfatos que incrementan notablemente la CRA de la carne y el agua que interacciona con todos como medio de transporte para los demás ingredientes, regulador de temperatura y como una forma de extensión y reducción de costo entre otras funciones.

Las proteínas miofibrilares aportan entre el 65 y 95% de la capacidad de retención de agua (CRA) en el sistema cárnico, por lo que son de gran importancia para el técnico que quiera incrementar el

rendimiento de los productos de línea o sentar las bases para nuevos desarrollos, con base en la NOM-SE-158, que regula las especificaciones de calidad de los jamones que se producen en México.

El desarrollo de un sistema de formulación permite aprovechar la función de las materias primas cárnicas existentes, en los atributos de calidad esperados en un tipo de jamón, auxiliándose de los diversos materiales no cárnicos, al aplicarlos como datos en una hoja de cálculo, traduciendo la función de cada ingrediente en valores que pueden representar el comportamiento de estos productos en el mercado. Para que este sistema de formulación logre su objetivo se tienen que cumplir con requisitos externos establecidos en la Normatividad (SSA, SAGARPA, SE) e internos como son las especificaciones de la compañía, las especificaciones establecidas en planta, para lograr los requerimientos del producto que satisfagan las necesidades del mercado.

Un sistema de formulación se alimenta de información como: precio por Kg de materia a usar, % de: proteína, grasa, carbohidratos, agua, cloruro de sodio, fosfato, nitrito de sodio, CRA, Kg de cada ingrediente usado por lote.

Como beneficio adicional la hoja de cálculo o formulador permite obtener una serie de datos que pueden agruparse en tres *parámetros*: los *económicos* que son los datos que normalmente se vigilan desde el punto de vista empresarial, los *cuantitativos* que son los datos que se miden en el laboratorio y los *cualitativos* que son una forma subjetiva que describe el color, textura, dureza del producto en estudio. El conjunto de todos ellos describe la identidad del producto.

JUSTIFICACIÓN

La población de México ha crecido en 1990 de 81.250 millones de habitantes a 97.500 millones en el año 2000 y se estima que para el 2005 termine con 107 millones esto representa un incremento de la población de 20% de 1990 al 2000 y del 32% en el 2005 con respecto de 1990.

En paralelo al crecimiento poblacional el consumo *per capita* de embutidos ha experimentado un crecimiento muy superior, ya que, a principios de los 90's fue de 2.5 Kg, alcanzando 5.4 Kg en el año 2000 y se estima llegar a los 5.8 kg e incluso superarlos en el 2005, esto se puede explicar debido a la influencia del Tratado de Libre Comercio (TLC) que impulsó al sector a modernizarse para recibir la entrada de la competencia externa y por otro lado buscó los mecanismos para incrementar el consumo.

La relación del consumo *per capita* entre el número de empresas procesadoras también sufre cambios ya que a principios de los 90's se tenía un padrón de 550 empresas donde se repartían una producción nacional de 200 mil toneladas, pasando a 450 empresas en el año 2000 con una producción de 526 mil toneladas, actualmente se estima que existen 350 empresas que mantienen una producción de 620 mil toneladas, esto se puede deber a diferentes factores como la fusión entre empresas, el cierre de otras y la creación de nuevas.

Del total de empresas existentes, cinco de ellas (Sigma, Qualtia, Bafar, Saljamex y Celaya) representan el 80% de la producción total de embutidos y cuentan con una infraestructura que les permite mantener estos primeros lugares. Las 345 empresas restantes que representan el 20% de la producción total, no sólo no cuentan con la infraestructura que cumpla con los requisitos legales para poder mover sus productos a cualquier parte del mercado nacional, sino también requieren de

un equipo de técnicos que les soporten los constantes cambios en el mercado que es movido por factores como el socio-económico, donde el consumidor final busca un producto bueno, bonito y barato. Por otro lado los productos a desarrollar y producir requieren ajustes constantes donde se corrigen fallas técnicas que se detectan en proceso o en el mercado, ajustes de costo por movimiento de precios de las materias primas o la búsqueda de nuevos desarrollos que satisfagan las necesidades del mercado.

La idea de proponer una *hoja de cálculo* es dar las bases para que el responsable técnico de la empaedora de embutidos pueda aplicarla de acuerdo con las necesidades y conocimientos de los productos que ya tienen en el mercado, así como obtener una ficha técnica que identifique a cada producto y también le permita corregir las fallas que se puedan presentar, ya sea por alguno de los materiales usados, problema del balance de la fórmula o inclusive identificarlo durante el proceso.

El manejar una hoja de cálculo por computadora no solo permite controlar la calidad de la producción sino también ayuda a minimizar el inventario teniendo lo justo de cada material, permitiendo de este modo la redistribución tanto del capital invertido en materias primas como un mejor aprovechamiento del espacio de almacenes (materia prima y producto terminado).

Así, la hoja de cálculo facilitará la participación de diferentes áreas dentro de la empresa, la de desarrollo, que muchas veces lleva el control de calidad, con otras, como abasto, producción y ventas, esto se reflejará en una coordinación de la producción con el mercado y el abasto de materiales con un control de lo que se recibe, como de lo que se vende.

INTRODUCCION

Este trabajo incluye en su primera parte una breve compilación de la información básica de la ciencia de la carne, así como de los diferentes materiales tanto cárnicos como no cárnicos que se usan en la elaboración de productos tipo jamón. Esta información tiene como ejemplos principales a las proteínas miofibrilares, quienes constituyen el ingrediente mayoritario, responsable del desarrollo de las propiedades funcionales en los sistemas cárnicos.

El lograr la integración entre la fundamentación teórica de los apartados de ciencia de la carne, con los equipos involucrados en la elaboración de estos productos apoyados en la identificación de las características funcionales a desarrollar, con base en los ingredientes tanto cárnicos, como no cárnicos, se buscan como objetivos el construir una herramienta que permita mejorar los rendimientos, los procesos, así como los productos embutidos tipo jamón en un ejercicio de integración que facilitará el trabajo a desarrollar por profesionales que se desempeñen como responsables de control de calidad, de almacenes, de inventarios, de procesos, entre otros, en la industria cárnica.

Mediante el desarrollo de una hoja de cálculo o formulador se obtienen los parámetros descriptivos de los productos a desarrollar y con esto el conocimiento de la identidad del producto que se espera producir, todo esto basado también en la normatividad de estos productos. El ejemplificar con diferentes tipos de jamón tiene como objetivo considerar los parámetros involucrados en la elaboración de los diferentes productos que se encuentran en el mercado nacional.

El manejo de una hoja de cálculo, como es *Excel*, podrá ir armando un formulador que incluya los conocimientos adquiridos, y a medida que se vaya enriqueciendo, podrá introducir e interpretar más

variables dentro de los diferentes parámetros que describen a un producto (*económicos, cuantitativos y cualitativos*) que le permitirán interpretar el comportamiento de este producto en estudio, al mismo tiempo que entender mejor los datos con los que alimenta su hoja, como los resultados obtenidos por estos, entendiendo que al alcanzar una especialización que normalmente se logra con la experiencia profesional, podrá expresar cualquier cambio a favor o en contra como un número reflejado dentro de su sistema de formulación. Con esto se busca facilitar y entender parte de los cuestionamientos que se le van presentado al iniciado o experimentado de la industria de los embutidos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Aplicar un formulador en una hoja de cálculo Excel como herramienta de apoyo para el desarrollo de cualquier tipo de jamón

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Clasificar los Ingredientes responsables de la funcionalidad y la calidad sensorial en un producto cárnico tipo jamón
2. Aplicar en un producto terminado tipo jamón, las especificaciones externas (de la Normatividad Oficial) e internas de la empresa
3. Fundamentar el aporte funcional-económico de cada Ingrediente de la formulación tipo jamón.
4. Desarrollar las fórmulas cárnicas que establece la Normatividad.
5. Justificar el uso de la hoja de cálculo como herramienta para los responsables técnicos de las empresas procesadoras de cualquier tipo de jamón.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1. EI MÚSCULO ESQUELÉTICO SU ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA

En el organismo animal se reconocen, histológicamente, cuatro tejidos básicos- Epitelial, Conjuntivo, Nervioso y Muscular – a partir de los cuales se originan todos los demás. El tejido muscular ocupa un lugar preferente en la investigación de la carne por ser el músculo de origen de la misma. En el tejido muscular se diferencian, actualmente tres tipos de músculos que tienen características diferentes: músculo liso, músculo cardíaco y músculo esquelético. El músculo liso es la forma más simple de los tres y se encuentra en las paredes de los vasos sanguíneos. Su funcionamiento es involuntario, y, como su nombre indica, tiene un carácter no estriado. El músculo cardíaco se encuentra en el corazón y en la raíz de los grandes vasos que se unen al mismo. Su funcionamiento es también involuntario pero su carácter es estriado. El músculo esquelético, es el principal componente de la carne, la cual contiene, además, pequeñas cantidades de músculo liso de los vasos sanguíneos y parte de otros tejidos conjuntivos, principalmente adiposo y conjuntivo propiamente dicho.

El estudio de la estructura del músculo esquelético permite conocer mejor su composición química, información que se considera básica para comprender los cambios que tienen lugar durante la transformación del músculo en carne y los factores que afectan la calidad de la misma (1, 2, 4, 7, 11).

1.1. Estructura del músculo esquelético

En el organismo animal existen más de 600 músculos, de forma y tamaño diferentes según su funcionalidad, están unidos a los huesos directamente a través de tendones, o indirectamente mediante fascias, ligamentos y piel. Cada músculo esquelético (figura 1) esta cubierto por una gruesa membrana blanca y brillante de tejido conjuntivo (epimisio) que se prolonga en su interior, en forma más delgada (perimisio), dividiéndolo en haces o fascículos. Entre ellos se localizan los vasos sanguíneos, nervios y tejido adiposo. Los haces o fascículos engloban a numerosas células o fibras musculares que están separadas, unas de otras, por finas laminas de tejido conjuntivo (endomisio) que se considera como prolongación del tejido perimísico.

Entre las fibras musculares se localizan capilares sanguíneos y las terminaciones nerviosas (1, 2, 7).

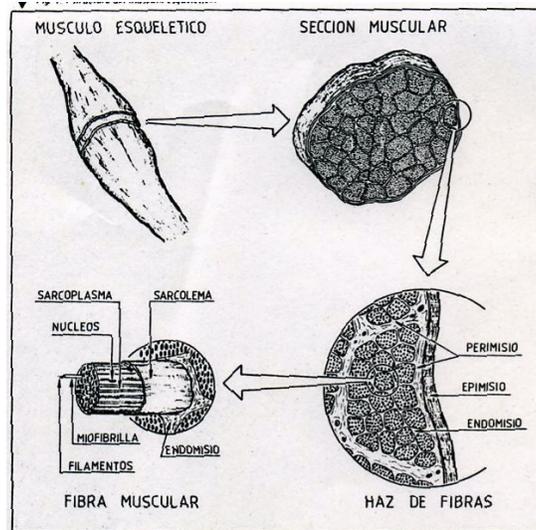


Figura 1. Estructura del músculo esquelético
Fuente: Flores, D.1989.

1.2. Fibra muscular

La fibra muscular es la unidad fundamental en donde tienen lugar todos los procesos metabólicos del músculo “*in vivo*” y los procesos bioquímicos “*Post-mortem*” durante la transformación del músculo en carne. Es una célula multinucleada, de forma alargada (de 1 a 40 mm de longitud) y más menos tubular (diámetro entre 0.01 a 0.1 mm) que presenta unas estriaciones típicas cuando se observan en el microscopio. Esta rodeada por una membrana, denominada sarcolema, situada bajo el endomisio, que alberga al citoplasma celular o sarcoplasma. En el interior del sarcolema, y bañadas por el sarcoplasma, se sitúan de manera de un cable, las miofibrillas que constituyen el sistema contráctil del músculo.

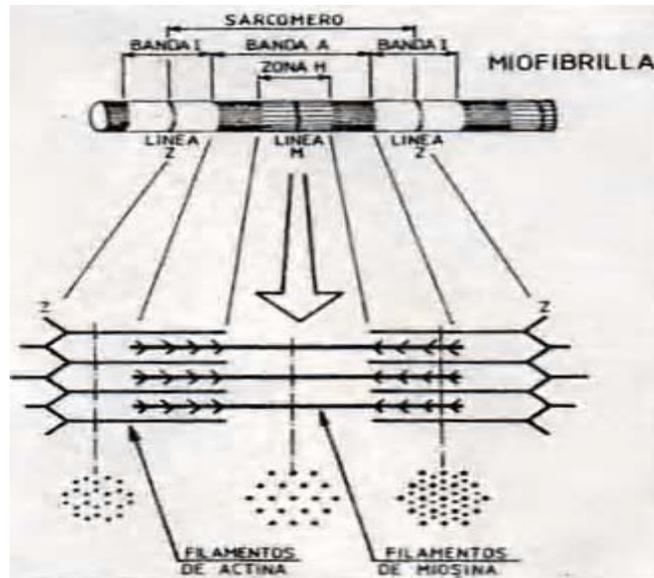


Figura 2. Estructura de la miofibrilla
Fuente: Flores, D. 1989

El sistema contráctil del músculo está integrado por las miofibrillas, cuya estructura está adaptada al mecanismo de contracción y relajación musculares. Las miofibrillas son unas varillas cilíndricas que tienen una longitud de la fibra muscular y un diámetro de aproximadamente de 1µm. Están cubiertas por un sistema membranoso de túbulos y vesículas, denominado retículo sarcoplasmático, y constituidas por dos tipos de filamentos (figura 2) que se diferencian en su espesor, composición química y en su posición estructural. Los filamentos gruesos están formados por un cuerpo central, compuesto por colas de moléculas de la proteína “miosina” y por unos puentes transversales, que sobresalen del filamento, correspondientes a cabezas de las moléculas de miosina. Los filamentos delgados se componen, fundamentalmente, de la proteína “actina”. La posición estructural de estos filamentos, en la miofibrilla, es la responsable del carácter estriado del músculo esquelético. Estos filamentos están parcialmente encajados y superpuestos, en algunas zonas, de manera que su yuxtaposición determina el carácter estriado del músculo. La configuración de esta estructura, altamente organizada, de las miofibrillas tiene una enorme importancia en la ciencia y tecnología de la carne, debido a que del 65 al 95 % aproximadamente, de la capacidad de retención de agua del músculo, es consecuencia del agua que se alberga entre los espacios de los filamentos delgados y gruesos de la miofibrilla.

La composición química del músculo esquelético varía con la edad del animal, sexo, especie, y estado de nutrición del animal del que se procede. En la tabla 1 se indica la composición química, aproximada, de

diferentes músculos esqueléticos. El agua es el componente mayoritario, en peso, mientras que las proteínas representan la fracción más importante de la materia prima seca del músculo. Los porcentajes de agua y proteína se mantienen relativamente constantes, en las diferentes especies animales, y varían única e inversamente, en función del contenido de grasa. En líneas generales, parece ser que el 70% del contenido de agua del músculo está ubicado en los intra-miofibrilares, el 20% en el sarcoplasma y el 10% en el tejido conjuntivo. El volumen de espacios reticulares, donde se albergan las moléculas de agua, viene condicionado por las interacciones proteína-proteína y proteína-agua de los filamentos delgados y gruesos de la miofibrilla, los cuales son responsables de la hidratación. De estas interacciones depende una de las propiedades más importantes del músculo, la “Capacidad de Retención de Agua” que tiene un interés extraordinario en las características de la carne fresca y en el rendimiento de los embutidos. Experimentalmente se sabe que el músculo, *pre-rigor*, tiene una capacidad de retención de agua máxima, la cual desciende aun mínimo cuando se establece la rigidez cadavérica. Esto es consecuencia de dos factores, el acortamiento del sarcómero y el descenso del pH (1,2,3,4,9,17).

Tabla 1. Composición química aproximada de diferentes músculos esqueléticos

Componentes	% en Vacuno	% en Ovino	% en Porcino	% en Pollo
Agua	70.0-75.0	70.0-75.0	68.0-72.0	70.0-75.0
Proteínas	20.0-25.0	20.0-22.0	18.0-20.0	20.0-25.0
Grasas	4.0-8.0	5.0-10.0	8.0-12.0	4.0-6.0
Sust. Nitrogenadas no proteicas	1.50			
CHOS y sustancias no nitrogenadas	1.00			

Fuente: Flores, D. 1989

Las proteínas desempeñan un papel fundamental en las funciones fisiológicas del músculo “*in vivo*”, en los cambios que se originan después de la muerte del animal y en las propiedades de la carne para consumo en fresco y su industrialización. En la tabla 2 se expone la clasificación de las proteínas del músculo esquelético y las proporciones aproximadas de cada una de ellas.

Tabla 2. Composición química (%) aproximada de la proteína del músculo esquelético

P r o t e í n a s M i o f i b r i l a r e s	1 0 . 0 0
M i o s i n a	5 . 0 0
A c t i n a	2 . 5 0
T r o p o m i o s i n a	0 . 8 0
T r o p o n i n a	0 . 8 0
A c t i n i n a	0 . 3 0
O t r a s	0 . 6 0
P r o t e í n a s S a r c o p l á s m i c a s	7 . 0 0
E n z i m a s s a r c o p l á s m i c a s y m i t o c o n d r i a l e s	6 . 0 0
M i o g l o b i n a	0 . 6 0
O t r a s	0 . 4 0
P r o t e í n a s d e l E s t r o m a	3 . 0 0
C o l á g e n o y R e t i n i n a	1 . 5 0
E l a s t i n a	0 . 1 0
O t r a s i n s o l u b l e s	1 . 4 0
T O T A L	2 0 . 0 0

Fuente: Flores, D. 1989; Nakai and Modler, 2000

Las proteínas miofibrilares, constituyentes de los filamentos delgados y gruesos, son las responsables de la estructura del músculo y de la transformación de energía mecánica en energía química, durante el fenómeno de contracción y relajación muscular. Representan, aproximadamente, la mitad de las proteínas del músculo y sus componentes más importantes son la Miosina (filamentos gruesos) y la Actina (filamentos delgados) que constituyen a su vez 50% y 25% respectivamente, de las proteínas miofibrilares. En cantidades relativamente pequeñas se encuentran otras proteínas; troponina, tropomiosina y actina las cuales están íntimamente ligadas a los filamentos delgados. Las proteínas miofibrilares tienen unas propiedades funcionales (capacidad de retención de agua, emulsión de la grasa y gelificación) de gran importancia en la fabricación de productos cárnicos. Las proteínas sarcoplasmáticas son muy numerosas y complejas y están constituidas, principalmente, por los sistemas enzimáticos del metabolismo celular. En su mayor parte son albúminas, globulinas y representan aproximadamente, el 35% de las proteínas musculares. Entre las proteínas sarcoplasmáticas merece atención especial el pigmento respiratorio mioglobina, cuyo estado óxido-reducción determina el color de la carne (1,2,3,4,7,9).

2. ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES BIOQUÍMICAS DE LAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES

Las proteínas representan el componente más abundante de la materia seca del músculo. Desempeñan un papel fundamental en sus funciones fisiológicas “*in vivo*” y en los cambios que originan después de la muerte del animal, de los cuales afectan las propiedades de la carne tanto para el consumo en fresco como para su industrialización. Se suelen clasificar de diferentes maneras, atendiendo su forma, distribución en el músculo, origen y solubilidad. En cuanto a su forma se reconocen dos grupos de proteínas: globulares, como la mioglobina y G-actina, y fibrosas, como la miosina, F-actina y el colágeno. Se considera al músculo como una suspensión coloidal de proteínas en una solución salina diluida, la cual la forma de la partícula coloidal desempeña un papel de importancia. De acuerdo a su distribución en el músculo, las proteínas se clasifican en intracelulares y extracelulares, según se encuentren en el exterior o interior de la fibra muscular. Las proteínas extracelulares forman parte de los ligamentos, tendones, tabiques aponeuróticos y membranas epi, peri y endomísicas, siendo las más abundantes el colágeno, elastina y reticulina. Entre las proteínas intracelulares se diferencian las siguientes: sarcoplásmicas o componentes del citoplasma celular (sarcoplasma), como la mioglobina y enzimas glucolíticas; miofibrilares, como la miosina y actina, constituyentes de las fibrillas o elementos contráctiles del músculo, y proteínas reguladoras del sistema contráctil, como la tropomiosina, troponina y actinas. Sin embargo, la clasificación mas generalizada se fundamenta, conjuntamente, en su origen y solubilidad. En este sentido se diferencian tres grupos de proteínas: Sarcoplasmáticas que son solubles en agua y en soluciones salinas diluidas; Miofibrilares, solubles en soluciones salinas concentradas, y del tejido conjuntivo o residuo insoluble (estroma).

Este trabajo pretende dar una visión general de la estructura, composición y propiedades bioquímicas de las proteínas miofibrilares, principales constituyentes del músculo, del orden del 50% del total de las proteínas, y responsables de su estructura, de la transformación de energía química en energía mecánica durante el mecanismo de contracción muscular y de los cambios “*post-mortem*” de conversión del músculo en carne. Estos cambios afectan profundamente a las proteínas miofibrilares y se han relacionado con determinadas características de calidad de la carne que tienen gran importancia para el consumo directo, como la ternera, y

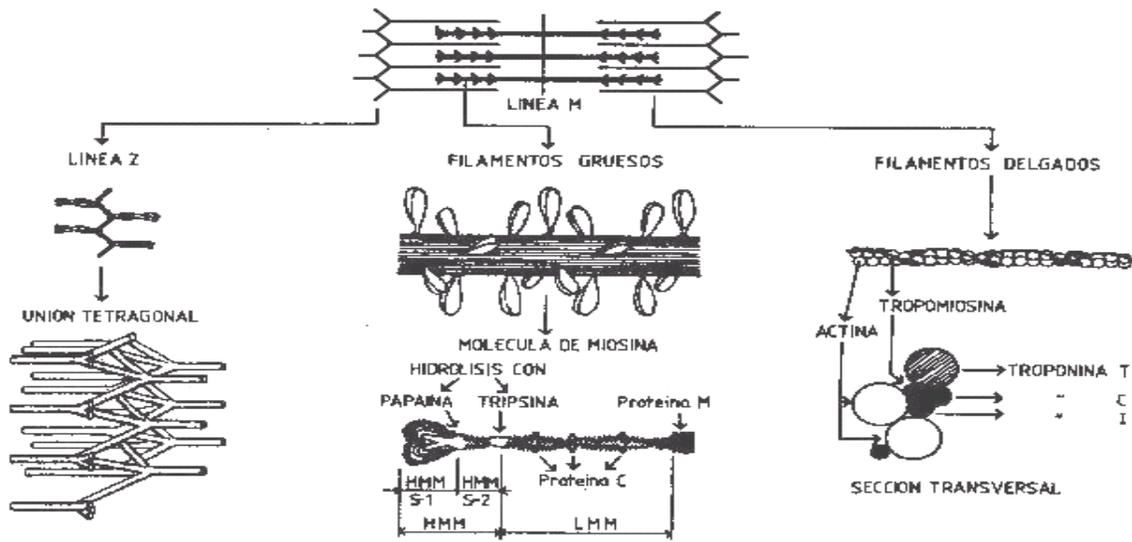
para la industrialización, como la capacidad de retención de agua. Por este motivo el conocimiento de la biología básica de las proteínas miofibrilares será de gran utilidad para el técnico de la industria cárnica interesado en aumentar el rendimiento de sus fabricaciones y de mejorar la calidad de sus productos.

Sobre la estructura del músculo esquelético, se ha descrito la fibra muscular, unidad fundamental del músculo donde tienen lugar todos los procesos metabólicos *in vivo* y en los procesos bioquímicos *post-mortem*. Esencialmente esta constituida por una membrana (Sarcolema) que alberga al citoplasma celular (sarcoplasma), el cual baña al sistema contráctil del músculo, las miofibrillas, situadas como los hilos de cobre en un cable. Las miofibrillas (figura 2) son unas varillas cilíndricas, de la misma longitud que la fibra muscular, integradas por dos tipos de filamentos, gruesos y delgados, que se diferencian por su estructura, composición y propiedades bioquímicas. Estos filamentos están parcialmente encajados y superpuestos, en algunas zonas, de manera de yuxtaposición origina una ordenación de bandas claras y oscuras, responsables del carácter estriado del músculo esquelético. En el centro de la banda "I" se observa una línea, denominada "Z", que delimita la unidad fundamental de la miofibrilla, el sarcómero, área entre dos líneas "Z" consecutivas que se repite periódicamente a lo largo de la misma (1,3,4,18,19).

2.1. Proteínas de los filamentos gruesos

Los filamentos gruesos de la banda "A" están formados por un cuerpo central de colas de moléculas de la proteína miosina y unos puentes transversales, que sobresalen del filamento, correspondientes a las cabezas de las moléculas de miosina (figura 2).

Figura 3. Estructura de los filamentos.



Fuente: Flores, D. 1989

2.2. Miosina

La miosina es la proteína más abundante de las miofibrillas, representa del 94 al 96% de los filamentos gruesos y tiene un peso molecular (PM) de cerca de 500 kDa (figura 3), (1,2,3).

2.3. Proteínas reguladoras

En las preparaciones de miosina se encuentra una proteína contaminante que se ha denominado proteína "C". El estudio de su estructura indica que consiste en una cadena polipeptídica simple, con bajo contenido α -helicoidal, con un PM del orden de 140 kDa. Estas cadenas forman anillos (figura 3) alrededor de los filamentos gruesos, de forma análoga a los aros de un barril, y, aunque su función no está clara, parece ser que mantienen unidos los filamentos gruesos durante el desarrollo de la tensión muscular y posiblemente también controlan o regulan el mecanismo de entrecruzamiento de los filamentos gruesos y delgados durante el fenómeno de la contracción muscular (1,2,3).

2.4. Proteínas de los filamentos delgados

Los filamentos delgados están constituidos básicamente por F-actina, polipéptido formado por polimerización de monómeros globulares de G-actina. Dos cadenas de F-actina se unen entre sí, en forma helicoidal, dando lugar al filamento delgado (1,2,3).

2.5. Actina

La actina es la segunda proteína más importante de las proteínas miofibrilares y constituye cerca del 60% de los filamentos delgados. Se presenta en dos formas, actina globular (G-actina) y actina fibrosa (F-actina) (1,2,3).

2.6. Proteínas reguladoras

La tropomiosina representa del orden del 5% de las proteínas miofibrilares. Su molécula tiene un PM de 68 kDa, y esta compuesta por dos cadenas polipeptídicas α -tropomiosina y β -tropomiosina que se enrollan helicoidalmente y su composición de aminoácidos es muy similar a la miosina.

Cada molécula de tropomiosina tiene un lado de unión para la troponina que da lugar a un complejo denominado tropomiosina nativa. Este complejo se encuentra a intervalos regulares de la cadena de tropomiosina.

A partir de la tropomiosina nativa se ha aislado y purificado la troponina, proteína que representa 5% de las proteínas miofibrilares. La troponina esta compuesta por tres fracciones, que desempeñan un papel importante en el mecanismo de la contracción muscular: Las troponinas T, C e I (figura 3). La troponina T es la fracción que contiene el lado de unión de la tropomiosina, la troponina C une la troponina C con la troponina I y se caracteriza por su capacidad de secuestrar a los iones Ca^{2+} ; la troponina I está unida a la actina, cuando el músculo se encuentra en estado de reposo, inhibiendo la interacción de los filamentos de la actina y mio. En el proceso de la contracción muscular se libera, inicialmente, una gran concentración de Ca^{2+} que son secuestrados por la troponina C, produciendo una fuerte atracción de las troponinas T e I, de tal manera que se debilita la unión entre esta ultima y la actina, la cual interacciona con la miosina formando el complejo actomiosina (1,2,3,4,6,7).

2.7. Proteínas de la línea “Z”

La línea o disco “Z” que delimita la unidad fundamental de la miofibrilla, el sarcómero, es consecuencia de la intersección de los filamentos delgados (figura 4).

En los estudios realizados sobre la estructura de la línea “Z” y su importancia en el mantenimiento de la integridad de las miofibrillas, durante la maduración de la carne, se ha observado la existencia de una nueva proteína, la desanima, que tiene un PM del orden de 55 kDa. Esta proteína forma una red que rodea el disco “Z” y mantiene su integridad. Actualmente es objeto de estudio en relación con la terneza de la carne durante el proceso de maduración, en el cual se ha observado manifiestamente una degradación de la estructura de las miofibrillas a nivel de la línea o disco “Z” (1,2,3).

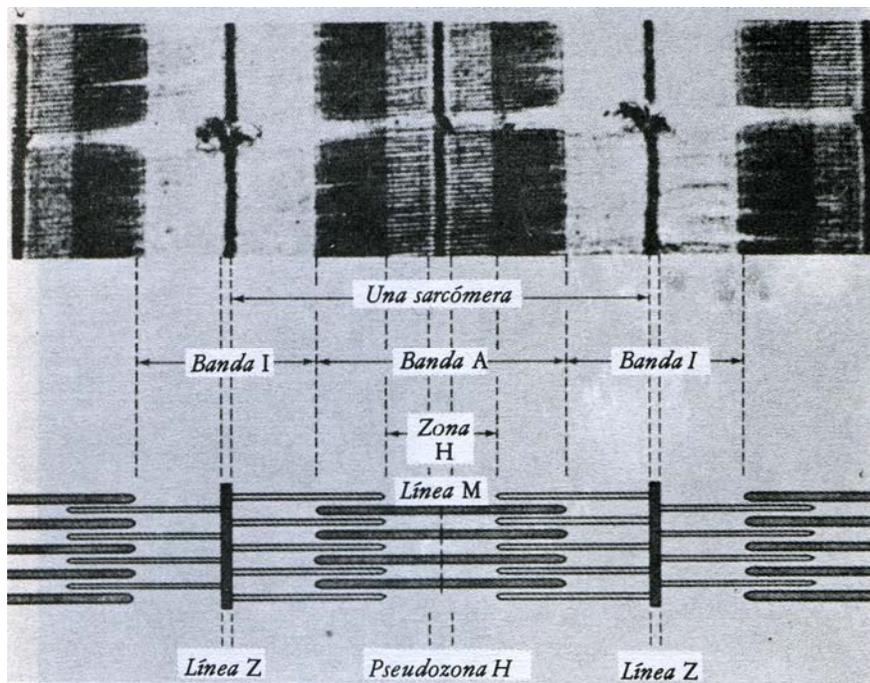


Figura 4. Corte microscópico de la Actomiosina

Fuente: Romans, *et al.*, 1994

3. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES EN RELACIÓN A LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)

Actualmente la ciencia de la carne se ocupa de dos grandes temas de investigación directamente relacionados con las proteínas miofibrilares: los cambios del músculo *post-rigor* y su relación con la terneza fresca y los factores que gobiernan la capacidad de retención de agua. Numerosas publicaciones científicas tratan de los factores que activan el sistema enzimático de la carne y de su efecto sobre la estructura de las proteínas miofibrilares que, junto con las del tejido conjuntivo, son las responsables de su dureza. Asimismo, se publican numerosos trabajos sobre capacidad de retención de agua de la carne, una de las propiedades biofísicas más importantes para la industrialización, de la cual se desconocen todos los factores que la afectan, y en donde las proteínas miofibrilares desempeñan un papel de importancia. Estas proteínas tienen, además, otras propiedades funcionales de gran interés que la tecnología moderna pretende potenciar al máximo. La continua evolución tecnológica de la industria cárnica, en los últimos años, ha tenido su origen en los avances conseguidos en los conocimientos científicos (1,2,3,4,7,17).

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

El conocimiento de las propiedades funcionales de las proteínas miofibrilares:- capacidad de retención de agua (CRA), de emulsión de grasa y de gelificación- ha sido base de desarrollo de la industria cárnica moderna. En la bibliografía aparecen distintos términos relacionados con la CRA de las proteínas miofibrilares y lo definen como la capacidad que tiene la carne para retener agua, tanto propia como añadida, cuando se le somete a un tratamiento o fuerza exterior, en términos económicos en la elaboración de jamones es la propiedad funcional más importante.

Gracias a su adecuada aplicación se puede fabricar una extensa gama de productos cárnicos de elevada calidad, tanto sensorial como nutritiva, con menores proporciones de carne, lo cual ha reducido sustancialmente el coste de los mismos. Hoy día, la industria utiliza, además, otras proteínas de origen vegetal, como la soya, de origen animal, como los caseinatos, cuyas propiedades funcionales permiten compensar la pérdida de funcionalidad de los productos con bajo contenido de carne.

La CRA es una propiedad de importancia decisiva en la calidad de la carne, tanto la destinada para consumo directo como para la destinada a la industrialización. La terneza (frescura), jugosidad y el color están íntimamente relacionados con esta propiedad. Además, todos los procedimientos tecnológicos de fabricación de productos cárnicos están influenciados por la misma. Mientras en los productos cárnicos curados - chorizos, salamis, jamones, etc.- interesa que la carne tenga baja CRA que permita la operación de secado y en los productos cárnicos cocidos a base de pastas finas, como mortadelas o jamones cocidos, interesa que sea elevada (1,2,3,4,6,12,16,18,20,29,34).

3.1. Ideas básicas sobre la hidratación de las proteínas

En los puntos anteriores se ha manejado la estructura y composición del músculo esquelético y la estructura y composición de las proteínas miofibrilares. Estas proteínas son las principales responsables de la CRA de la carne (del orden del 75%) , y que no se separe de las operaciones de corte o picado. En líneas generales, se considera que el 70% del contenido del agua está ubicado en los espacios existentes entre los filamentos gruesos y delgados de la miofibrilla. Del resto, el 20% en el sarcoplasma y el 10% en el tejido conjuntivo y espacios extracelulares (1,2,3,4,6,12,16,18,20,29,34).

3.2. Factores que afectan a la CRA

La cantidad de agua inmovilizada dentro del tejido muscular depende de la organización especial de las proteínas miofibrilares, es decir, la disposición de los filamentos de actina y miosina. El entramado proteico esta constituido por una red tridimensional de filamentos delgados y gruesos dentro de una unidad de fibra muscular. Cuando decrece la cohesión entre los filamentos de actina y miosina, la longitud del sarcómero aumenta, lo cual facilita una mayor retención de agua. En cambio, cuando este entramado es muy denso, por

efecto del solapamiento de los filamentos, la longitud del sarcómero disminuye y, como consecuencia, queda muy poco espacio para albergar a las moléculas de agua (figura 5). En esta distinción y acortamiento del sarcómero intervienen, como se verá mas adelante, tanto la carga eléctrica de las proteínas como la presencia del ATP que impide la unión de los filamentos de actina y miosina.

En suma, todos los factores que afectan a las proteínas miofibrilares tienen una influencia importante sobre la CRA de la carne. Entre ellos merecen citarse el pH, los cambios *post-mortem* y el efecto de determinadas sales (1,2,3,9,16,26,27).



Figura 5. Esquema del sarcómero en fase de relajación muscular (I) y contracción (II)

Fuente: Flores, D. 1989

3.3. Influencia del pH

La influencia del pH sobre la CRA de la carne (figura 6) se puede comprobar la variación que experimenta la CRA de la carne ajustada a diversos valores de pH. En ella se observa un mínimo a un pH de alrededor de 5.0 el cual coincide con el punto isoeléctrico pI de las proteínas miofibrilares. En este punto, donde la carga eléctrica de las proteínas es prácticamente cero, existe un máximo de enlaces iónicos entre ellas, y la matriz proteínica esta contraída. El mínimo de CRA es consecuencia de la pérdida de atracción eléctrica de los dipolos o moléculas de agua y de la falta de espacio entre las proteínas miofibrilares. Al elevar el pH aumentan las cargas negativas, las moléculas de proteínas se repelen entre sí y la matriz proteica se ensancha. Al mismo tiempo se incrementa la atracción eléctrica de los dipolos de agua, lo cual ocasiona una elevación de la CRA. Un efecto análogo sucede, en el lado ácido, cuando aumentan las cargas eléctricas (2,3,28).

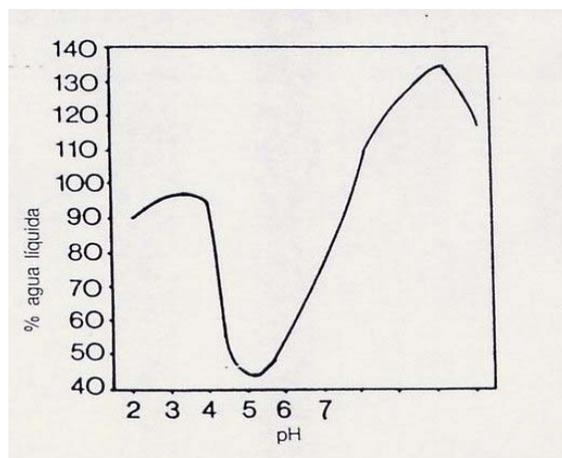


Figura 6. Influencia del pH sobre la CRA

Fuente: Cheftel, et al., 1989

3.4. Efecto de los cambios post-mortem en la CRA

Es un hecho conocido que el músculo, inmediatamente después del sacrificio, posee una elevada CRA, la cual disminuye progresivamente hasta alcanzar un mínimo cuando se establece la rigidez cadavérica. Posteriormente, durante su almacenamiento de la carne, se produce el fenómeno denominado maduración (figura 7), en el que la CRA experimenta un moderado incremento.

Estos fenómenos pueden explicarse de la siguiente manera: Es un hecho conocido que en el músculo *pre-rigor*, las proteínas miofibrilares más importantes, miosina y actina se encuentran disociadas, lo que permite que los filamentos, gruesos y delgados, se deslicen libremente y la carne posea una elevada capacidad de retención de agua; en este momento, al ser la carga eléctrica de las proteínas elevada (pH del músculo próximo a 7.0) y la longitud del sarcómero grande, el músculo posee una elevada CRA. Durante los cambios químicos *post-mortem*, gracias a la presencia del ATP se origina un descenso del pH como consecuencia de la formación de ácido láctico, en el proceso denominado glucólisis anaerobia, cuyos valores se aproximan al del punto isoeléctrico (pI) de las proteínas miofibrilares (5.3). Las proteínas en este estado, se pueden extraer utilizando soluciones de fuerza iónica alta (figura 5).

Al mismo tiempo se inicia la degradación del ATP que conduce a una pérdida de la extensibilidad muscular por formación del complejo actomiosina, el cual origina el acortamiento del sarcómero. Estos fenómenos, alcanzan su máximo cuando se establece la rigidez cadavérica y coinciden con el mínimo de CRA de la carne, que se incrementa durante el proceso de maduración debido al aumento del pH y a la degradación enzimática de la estructura miofibrilar. La magnitud de las modificaciones que experimenta el músculo *post-mortem* tiene un efecto importante sobre el CRA de la carne; cuando las reservas de glucógeno se han agotado en el músculo *ante-mortem*, por agotamiento físico del animal, la carne mantiene un pH elevado, del orden de 6.5 y es de color oscuro, textura firme y apariencia seca debida a su elevado CRA (2,3,4,6,7,9,16,20,34).

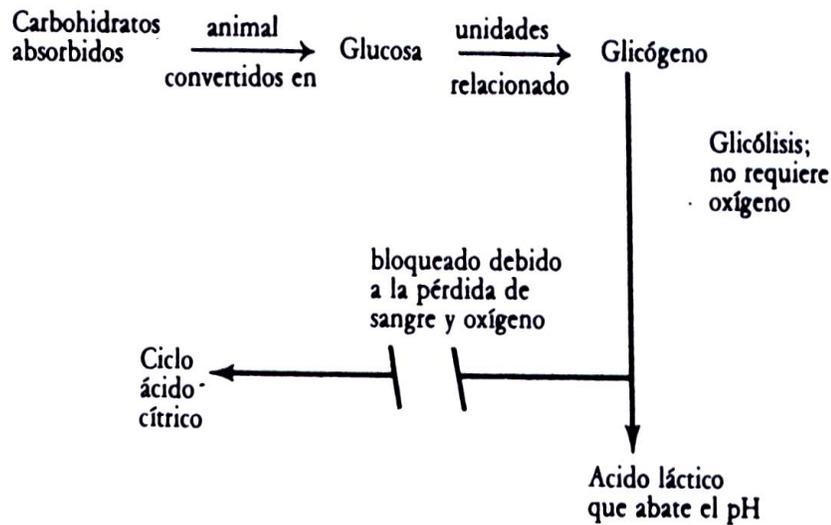


Figura 7. Metabolismo de la glucosa en músculo

Fuente: Leiby, J. 1986

3.5. Efecto del Cloruro de sodio

La influencia de las sales es un ejemplo típico de la importancia de la carga eléctrica de las proteínas en la CRA de la carne. La figura 6 que aparece en la bibliografía, demuestra que el efecto del NaCl sobre la CRA depende del pH de la carne. A valores de pH por encima de pI, el NaCl incrementa notablemente la CRA, mientras que a valores inferiores sucede lo contrario.

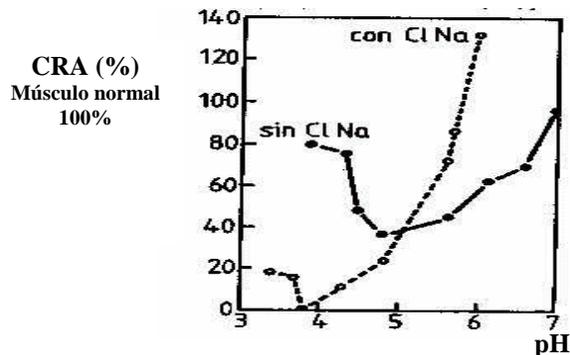


Figura 8. Efecto del NaCl sobre la relación entre pH y la CRA

Fuente: Flores, D. 1989

En este fenómeno que no está suficientemente claro, parece ser que juegan un papel importante los iones de Cl^- , que ejercen una interacción más fuerte con las proteínas que los iones Na^+ , los iones Cl^- , por encima del pI debilitan las uniones entre los grupos de signo contrario de las cadenas proteínicas y llegan a interaccionar con los grupos cargados positivamente, (figura 8). Esto lleva consigo un aumento de la carga eléctrica negativa que se repele entre sí, relajándose la estructura proteica y aumentando la CRA. A valores de pH por debajo del pI, los iones Cl^- neutralizan las cargas positivas de las proteínas de manera que, al disminuir la repulsión entre ellas, se produce una contracción de la estructura proteica que origina una pérdida de la CRA (1,2,5,8,35).

3.6. Efecto de los Fosfatos

Otras sales utilizadas en la industria cárnica son los fosfatos, que tienen gran importancia porque incrementan notablemente la CRA de la carne. Numerosos estudios evidencian el efecto que ejercen los fosfatos sobre las proteínas miofibrilares, fundamentado en diversos factores, entre ellos, variación del pH, fuerza iónica, capacidad secuestrante y su interacción con las proteínas, y pueden tener un comportamiento distinto si en la carne se encuentran solos o en presencia de NaCl. El incremento de la CRA que originan los fosfatos de carácter básico debido al aumento del pH de la carne ejerce un efecto hidratante más acusado que los neutros o ácidos, aunque algunos autores opinan que muchos de ellos originan el mismo pH y tienen un comportamiento distinto en cuanto a la CRA. También se pensó en que la valencia del ión fuese la responsable del aumento de la CRA, al comprobarse que las sales de fosfatos con aniones polivalentes son más efectivas que los monofosfatos; teoría que fue desechada al constatarse que fosfatos con idéntica fuerza iónica se comportan muy distintamente en cuanto a la CRA. Análogamente, hubo que abandonar la teoría que atribuía el incremento de la CRA a la capacidad secuestrante de los fosfatos sobre los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} , pues se comprobó experimentalmente que secuestrantes de iones como el EDTA (ácido etilendiaminotetracético) no incrementan la CRA de la carne. Hoy en día se admite que el efecto de los fosfatos está basado, en su interacción con las proteínas miofibrilares.

La adición de monofosfatos y polifosfatos a la carne con bajos valores de pH produce un cambio del pI de las proteínas miofibrilares análogo al observado cuando se incorpora NaCl (figura 3), lo cual quiere decir que los fosfatos reducen la CRA de la carne en un intervalo de pH ácido por debajo del pI. Este fenómeno parece, indicar que, como en el caso del NaCl, los aniones de fosfatos interaccionan con la proteína miofibrilar en los mismos lados que los filamentos de miosina unen con los de actina. De acuerdo con estos razonamientos, es posible que el incremento de la CRA producido por los fosfatos incorporados al músculo, en fase de *rigor* y *post-rigor*, sea debido a la disociación del complejo actomiosina que origina una relajación de la matriz proteica. Parece ser, también, aunque no está completamente demostrado, que los fosfatos solubilizan las proteínas miofibrilares, las cuales, al salir de la matriz proteica, incrementan notablemente su CRA.

En la industria cárnica, los fosfatos se utilizan en combinación con el NaCl, cuya presencia imparte al sistema

propiedades electroquímicas y coloidales diferentes que merecen atención especial. Concretamente, el incremento de la CRA causado por los fosfatos es más fuerte en presencia de NaCl. Como se ha indicado anteriormente, la adición de NaCl a la carne que atribuye a un incremento de la repulsión electrostática entre las cargas de las proteínas. Sin embargo, este efecto hidratante está limitado por la existencia de enlaces cruzados entre las moléculas de actina y miosina. Si los aniones de fosfato disocian estos enlaces, las cadenas polipeptídicas se separan, posibilitando el aumento de las fuerzas electrostáticas de repulsión. A los valores de pH normales de la carne, es decir, por encima del pI, la disociación de las cadenas proteicas por los fosfatos es más intensa y también es mayor la repulsión electrostática entre las mismas a causa del aumento de cargas negativas de los aniones Cl^- , lo cual se traduce en un aumento considerable de la CRA.

En la fabricación de productos cárnicos cocidos, las fibras musculares pueden quedar intactas, es decir, como un sistema de captación de agua limitado por la membrana celular o sarcolema, como es el caso del jamón cocido calidad extrafino, o bien pueden quedar como un sistema miofibrilar desintegrado a causa de la destrucción del sarcolema, con lo que se libera el complejo de actomiosina (jamón tipo económico). En este último caso, la acción de los aniones cloruros y fosfatos provoca un aumento adicional de la CRA de la carne (1,2,4,5,6,7,31,32).

3.7. Métodos de medición de la CRA

Se han desarrollado varios métodos para medir la CRA de la carne; los valores obtenidos con ellos no son absolutos, si no que dependen del método utilizado, los métodos de medida pueden clasificarse en dos grupos: los que aplican una fuerza externa normalizada y miden el agua que la carne libera y los que evalúan alguna propiedad tecnológica importante, como puede ser el agua absorbida por la carne o la pérdida por cocción.

Entre los métodos del primer grupo, el más conocido es el método de presión de Grau-Hamm, en el cual una cantidad de carne se somete a una presión contra un papel de filtro y el área mojada o el peso del agua liberada se toma como una medida inversa de su CRA. Otros autores utilizan como fuerza externa, la centrifugación. se ha propuesto un método denominado *volúmetro capilar*, basado en la succión del agua de la carne por capilaridad. El método consiste en aplicar a la carne un disco normalizado de yeso conectado con un

tubo, en forma de “U”, que contiene un líquido coloreado. Al aplicar el disco de yeso a la carne, se absorbe al agua por capilaridad que desplaza un volumen de aire, en el cual se mide en el tubo en “U” por el desplazamiento del líquido coloreado.

Entre los métodos del segundo grupo merecen citarse el del goteo que mide el líquido que exuda la carne durante su almacenamiento y descongelación. Análogamente, el método de la pérdida de cocción que mide el líquido exudado durante determinado tratamiento térmico. Otros describen un método para medir pérdidas de peso por cocción, que permite evaluar las pérdidas de agua y grasa separadamente.

La correlación entre los resultados de los distintos métodos es muy baja. En cambio se pueden conseguir correlaciones, estadísticamente satisfactorias, cuando se comparan los resultados de cada método con algunas propiedades de la carne, como el pH o el color (1,2,27,29,30).

4. IMPORTANCIA DEL COLÁGENO

Las proteínas representan el componente más abundante de la materia seca del músculo, desempeñan un papel fundamental en sus funciones fisiológicas *in vivo* y en los cambios que se originan después de la muerte del animal, los cuales afectan a las propiedades de la carne tanto para consumo en fresco como para la industrialización.

Se suelen clasificar de diferentes maneras pero, normalmente, atendiendo su origen y solubilidad, se diferencian tres grupos de proteínas: sarcoplasmáticas, que son solubles en agua y en soluciones salinas diluidas; miofibrilares, solubles en soluciones salinas concentradas y del tejido conjuntivo o residuo insoluble.

En los puntos anteriores se han revisado las proteínas miofibrilares, especialmente en cuanto a su estructura y propiedades bioquímicas y funcionales. Este tema trata sobre el colágeno, la proteína más importante entre los componentes del tejido conjuntivo y a su vez, la más abundante en los mamíferos. Esta proteína afecta directamente a las características de calidad de la carne, ya que es una de las responsables directas de la dureza de la misma; tiene un poder emulsionante y CRA mucho más bajo que otras proteínas (1,2,3,4,5,7,11,16,17).

4.1. Factores que afectan al colágeno en el músculo esquelético

El colágeno del músculo esquelético presenta variaciones en su composición, estructura y contenido, en función de varios factores: Especie, Raza, Sexo, Edad, Deficiencia en vitaminas, etc., es una proteína muy termolábil que por la acción del calor experimenta cambios que afectan a la calidad de los productos cárnicos. Numerosos trabajos indican que las fibras de colágeno se contraen, de un tercio a un cuarto de su longitud, cuando se someten a una temperatura de 60°C y que con tratamientos térmicos prolongados, a temperaturas superiores, se transforma en gelatina (soluble en agua). Los cambios más importantes en cuanto al grado de desnaturalización y solubilización tienen lugar entre 55°C y 65°C. Sin embargo, en el músculo, este comportamiento no es uniforme y depende de su situación en los distintos tejidos. Así, el colágeno del endomisio es más termolábil y se contrae a 60°C mientras que el del perimisio ocurre a 70°C o más; desde el punto de vista de la fabricación de los productos cárnicos interesa conocer los cambios que experimenta en la carne, en cuanto a capacidad de CRA, por efecto del tratamiento térmico. Estos cambios se pueden establecer en dos fases : En la primera, entre 30°C y 50°C se produce una coagulación del sistema actomiosina que afecta a la CRA, y en la segunda, entre 60°C y 90°C, se origina la desnaturalización del colágeno y la formación del entrecruzamiento estable dentro del sistema actomiosina coagulado. En el intervalo entre 50°C y 55°C el sistema proteico miofibrilar está casi completamente coagulado y todavía no se observan cambios en las proteínas del tejido conjuntivo.

En la práctica industrial se justifica el calentamiento escalonado de los productos porque durante el primer tratamiento, a 55°C, se consigue la coagulación de las proteínas miofibrilares antes de que se produzca la contracción de colágeno, lo cual disminuye sensiblemente la salida del líquido o jugos en el producto cárnico. Posteriormente el tratamiento térmico prolongado del colágeno origina la formación de gelatina que favorece la retención de agua y la cohesión de las partículas cárnicas en productos como el jamón cocido (1,2,3,4,5,7,11,16,17).

4.2. Valor Biológico

El colágeno es una proteína muy resistente a la acción hidrolítica de las enzimas digestivas, y la gelatina, de fácil digestión, tiene un valor biológico muy bajo, debido a su deficiencia en lisina y triptofano. Por estas

razones, un alto contenido en colágeno o gelatina, en productos cárnicos se considera como un factor que desmerece la calidad de sus proteínas (1,2,3,4,5, 7,11,16,17).

5. CAPACIDAD DE EMULSIÓN DE LAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES

Las propiedades funcionales de las proteínas desempeñan un papel importante en tecnología de alimentos, tanto en procesos de fabricación como en atributos de calidad del producto final. El conocimiento de las propiedades funcionales de las proteínas miofibrilares, en especial las capacidades de retención de agua, de emulsión de grasa y de gelificación, ha sido la base del desarrollo de la industria cárnica moderna.

5.1. Ideas básicas sobre emulsiones

El término “emulsión” se ha definido de múltiples maneras, pero, como regla general, se puede considerar como una dispersión microscópica de dos líquidos no miscibles, como el aceite y el agua. Uno de ellos constituye una fase discontinua que se encuentra dispersa, en forma de microglóbulos, en el segundo líquido o fase continua. Generalmente se distinguen dos tipos de emulsiones: “aceite en agua” que consiste en una dispersión de finas gotas de aceite en una fase acuosa continua, como, por ejemplo, la mayonesa, y el “agua en aceite”, formada por pequeñas gotas de agua dispersas en aceite, como por ejemplo, la mantequilla. Se distinguen dos tipos de emulsiones en alimentos: fluidas como la mayonesa y viscosas como la mantequilla.

5.2. Emulsiones cárnicas

Las proteínas contienen grupos eléctricamente neutros que por su carácter lipófilo se orientan hacia las moléculas de grasa y grupos cargados negativamente o hidrófilos que tienen afinidad por las moléculas de agua. Cuando se forma una emulsión, la grasa se encuentra dispersa en pequeñas gotas que se rodean de una película proteica cuyos grupos negativos se orientan hacia la fase exterior o continua, repeliéndose unos a otros y proporcionando estabilidad a la emulsión (figura 9). Los productos cárnicos elaborados en forma de pasta fina (jamones tipo económicos) se consideran emulsiones del tipo aceite en agua, en las que las proteínas actúan como agentes emulsionantes.

La observación microscópica, durante la preparación de las pastas finas en la máquina cortadora o “cutter”, permite conocer como se va formando una fase discontinua de glóbulos de grasa y una matriz de naturaleza protéica, cuya estabilidad gobierna la de la emulsión cárnica. La hidratación de las proteínas influye sobre la estabilidad de la emulsión porque forma una matriz, cohesiva y viscosa, en la cual engloban e inmovilizan las partículas de grasa. Algunos autores consideran la estabilidad de las emulsiones cárnicas se debe fundamentalmente a la formación de una red o matriz espesa de naturaleza proteica, en la que quedan atrapadas las gotas de grasa. Basándose en esta teoría se ha propuesto que no se utilice la expresión de emulsión cárnica para designar a las pastas finas .

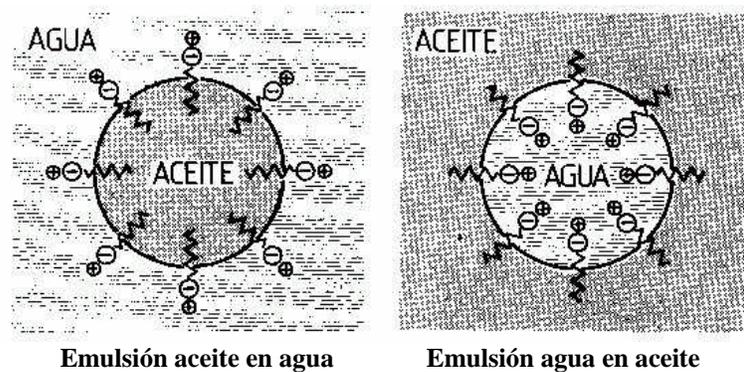


Figura 9. Tipos de emulsiones

Fuente: Flores, D. 1989

Cuando se produce el *rigor mortis*, la carne se vuelve dura e inextensible, como consecuencia de la unión de miosina y actina para formar el complejo actomiosina. En este momento, la facilidad para la extracción de las proteínas y la CRA son mínimas. Posteriormente se produce un fenómeno llamado maduración, durante el cual, a pesar de que la actomiosina no se disgrega en sus componentes, la carne se vuelve otra vez flexible, debido al aumento del pH y a la degradación enzimática de la estructura miofibrilar.

Normalmente, la carne que se utiliza en las emulsiones cárnicas se encuentra en estado *post rigor*, en el cual las proteínas miosina y actina están formando el complejo actomiosina. A este respecto se considera que la utilización de carne caliente, en este estado *pre rigor*, es particularmente aconsejable para la producción de

emulsiones cárnicas. La carne *pre-rigor* tiene mayor capacidad de retención de agua y mejores propiedades emulsionantes que la carne en los estados de *rigor* y *post-rigor*. No obstante, el músculo *pre-rigor* se encuentra en estado altamente inestable, porque su actividad metabólica continúa, en condiciones anaerobias, originando la contracción de las fibras musculares y el establecimiento del *rigor mortis* con la consiguiente pérdida de la CRA y la capacidad de emulsión de las proteínas miofibrilares. Se indica que estas pérdidas de propiedades funcionales pueden ser retrasadas, por varios días, si el músculo *pre-rigor* se tritura y mezcla con sal o sin sal e incluso por varios años si se liofiliza la carne triturada y salada, en estado *pre-rigor*. La adición de sal a valores de pH más altos que el punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares origina un fuerte incremento de la capacidad de retención de agua del músculo, a causa de que los iones salinos ligados incrementan la repulsión electrostática entre las moléculas de proteínas adyacentes, lo cual, al producir una alteración del entramado proteico, permite un incremento en la inmovilización de agua (1, 2, 4, 6, 7, 12, 16, 20, 27, 28, 29, 34).

6. CAPACIDAD DE GELIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES

En los últimos años, la tecnología de fabricación de jamón cocido ha experimentado mejoras importantes con la aplicación de nuevas técnicas de inyección y masaje que han permitido potenciar, al máximo, las propiedades funcionales de las proteínas funcionales para conseguir aumentar el rendimiento de la producción y evitar mermas durante los tratamientos térmicos de cocción, la tecnología de fabricación de pastas finas sigue evolucionando en el sentido de proporcionar una mayor gama de productos con calidad y precios adaptados a las necesidades particulares de cada mercado.

6.1. Ideas básicas sobre la gelificación

La formación de geles es una propiedad funcional importante de algunas proteínas, un gel puede definirse como un sistema semisólido de alta viscosidad, que se forma como consecuencia de la asociación de cadenas de polímeros dispersos en solución dando lugar a una red tridimensional que inmoviliza el agua del sistema e impide su flujo cuando se aplica una fuerza externa (presión, centrifugación, etc.)

Los geles se asemejan a los sólidos en cuanto se mantienen su forma bajo la presión de su propio peso, pero

se diferencian en que las sustancias solubles, de la fase líquida, pueden difundirse a través de los mismos, con la misma velocidad de un disolvente puro.

El proceso de gelificación de las proteínas se considera que comprende dos etapas, una inicial de desnaturalización y otra de asociación gradual de los polipéptidos para formar la red o matriz responsable de la estructura del gel. Conviene destacar que las moléculas proteicas implicadas en la formación del gel suelen estar constituidas por cadenas ramificadas.

6.2. Geles de proteínas cárnicas

Entre los geles típicos de proteínas se encuentran los formados mediante tratamiento térmico de las proteínas miofibrilares de la carne. La capacidad de gelificación de estas proteínas es de una propiedad funcional de gran importancia en la elaboración de productos cárnicos y por este motivo, la inclusión de proteínas no cárnicas en la fórmula de estos productos depende, en gran manera, de su capacidad de formar geles, en las condiciones normales de proceso. La capacidad de gelificación de las proteínas cárnicas ha sido estudiada por varios autores que realizaron varios estudios sobre la gelificación de las soluciones proteicas de miosina, actina y proteínas sarcoplásmicas, observaron que la miosina presenta mayor capacidad de formar geles que el resto de las proteínas ensayadas. Estos autores sometieron las distintas soluciones a un tratamiento térmico (70 °C por 5 minutos) seguido de enfriamiento y centrifugado para evaluar su estabilidad. Al examinar las propiedades de las distintas soluciones observaron que la solución de miosina retiene el agua, después de someterla a centrifugación e incluso cuando se invierte la posición del tubo. La preparación de actina pierde parte del agua retenida cuando se somete a centrifugación y se colapsa al invertir el tubo. Los geles de proteínas sarcoplásmicas no pueden resistir ni la centrifugación ni la inversión del tubo que las contiene. Las moléculas de miosina mediante tratamiento térmico forman un gel irreversible que presenta una capacidad de retención de agua muy alta y elasticidad muy elevada. Las propiedades características de este gel sugieren que la gelificación de la miosina se debe a la formación de enlaces estables, como consecuencia de cambios irreversibles en su estructura cuaternaria, los cuales están causados por el calor. Hay que destacar que durante el tratamiento térmico no se disminuye el espacio intramolecular útil para contener líquido, lo cual tiene gran importancia desde el punto de vista tecnológico (1,2,3,4,6,7,9,10,11,12,13,16,19,20).

7. INGREDIENTES NO CÁRNICOS USADOS EN PRODUCTOS CÁRNICOS

Los componentes más utilizados normalmente para la preparación de la salmuera de inyección son: agua, sal, polifosfatos, nitratos y nitritos, ácido ascórbico o eritorbato de sodio, azúcares, especias, aromas y condimentos, proteínas no cárnicas, féculas, hidrocoloides.

7.1. Agua

En países desarrollados puede parecer extraño que también el agua añadida a los jamones resulta absolutamente imprescindible como medio disolvente auxiliar ideal para las proteínas miofibrilares, en unión de la sal y otros Ingredientes, para obtener un producto de buena calidad.

Las funciones primarias del agua en procesos de curación de productos curados cocidos son:

- ♦ Es un medio para dispersar y homogenizar los Ingredientes curantes como: sal común, sal cura, fosfato, entre otros.
- ♦ Regula la temperatura hacia abajo o hacia arriba según la temperatura de la carne.
- ♦ Mantiene la humedad que se traduce en el producto final como jugosidad y participa en la succulencia.
- ♦ Compensa la pérdida de humedad durante el proceso térmico.
- ♦ Reduce el costo del producto final.

Las precauciones que deben adoptarse al añadir hielo o agua a la pasta:

- ♦ Agregar hielo cuando se trabaje con carne refrigerada.
- ♦ Si se trabaja con carne congelada basta añadir agua al tiempo a la cutter.
- ♦ La cantidad de líquido a añadir se incorpora en porciones.
- ♦ Dejar funcionar la máquina unos momentos con la carne magra antes de añadir el líquido.
- ♦ Si se usa funda artificial impermeable, conviene reducir la cantidad de líquido añadido, pues en otro caso se produce la separación de la gelatina.

Los defectos que pueden presentarse como consecuencia del agua añadida no controlada:

- ♦ Separación del colágeno, cuando se añade hielo y/o agua en exceso.
- ♦ Consistencia deficiente y esponjosidad, cuando el añadido fue demasiado escaso.
- ♦ Separación del colágeno y/o grasa y picado deficiente, cuando la pasta se calienta demasiado en la cutter (adición de agua en lugar de hielo).

- ♦ Consistencia deficiente y corte blando y elástico (gomoso), al añadir hielo cuando se utiliza carne congelada (picado demasiado intenso).
- ♦ En virtud del excesivo picado se destruye por completo la trama del tejido conjuntivo, presentándose alteraciones de la consistencia.

Además de desempeñar la función de medio disolvente, la adición de agua y/o hielo tiene la misión de neutralizar el calor de fricción generado por las cuchillas al fragmentar la carne, ya que sin un control adecuado de esto puede producirse la desnaturalización de las proteínas, y la pérdida de la CRA y emulsificación que son responsable de la consistencia del producto final y producir la separación de gelatina y la grasa.

La adición de agua o de hielo conviene efectuarla de manera fraccionada, con lo cual la carne puede ir captando de manera continua la correspondiente cantidad de agua. El peligro de añadir de una sola vez el agua en la cutter, estriba en la escasa resistencia al corte que ofrecerá la carne a las cuchillas, además la masa fluida y pastosa tiene problemas para entremezclarse de manera homogénea y ser picada convenientemente.

Cuando se trabaje con carne congelada, que llega a la cutter sin descongelar puede sustituirse por agua fluida. Si se añadiera hielo en tales condiciones, puede producirse un trabajo excesivo por parte de la cutter (picado intenso), lo cual puede ser motivo de defectos de consistencia (embutidos blandos y gomosos) (1, 2, 3, 7, 25).

7.2. Sal (NaCl)

El papel fundamental de la sal en la fabricación de embutidos, estriba en su acción sobre las propiedades físicoquímicas de la carne. La sal es un electrolito fuerte que actúa sobre las cadenas proteicas, elevando su poder de retención de agua y como consecuencia el poder de hinchamiento de las fibras de la carne. Análogamente tiene gran importancia su acción solubilizadora de las proteínas miofibrilares. Al contrario de lo que ocurre en otros procesos de conservación, en la salazón por vía húmeda, la sal no tiene un efecto importante de inhibición microbiana. Es bien sabido que la sal inhibe el desarrollo microbiano como consecuencia del incremento que produce la presión osmótica del sistema; actualmente se prefiere referir el

efecto de inhibición microbiana de la sal al concepto de actividad de agua del alimento (a_w), que es la presión de agua del mismo y la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura. El a_w es un índice del agua disponible por los microorganismos y por consiguiente está relacionado con la capacidad de desarrollo, actividad metabólica, sobrevivencia y resistencia de los mismos. Refiriéndose a esta variable, el efecto inhibidor de la sal es reducir la a_w del sistema.

La sal es la responsable de la capacidad fijadora del agua en un embutido escaldado o de las proteínas miofibrilares solubles en sal de la materia prima que es la carne. Es decir, se disuelven en una determinada concentración de sal. Sin embargo, la solubilización de la proteína resulta de importancia decisiva en la obtención de un buen embutido escaldado (fijación de agua y de grasa). Por razones de sabor, es lógico que la tasa de sal no pueda elevarse hasta alcanzar la que sería fuerza iónica óptima (aproximadamente 4-5%).

La eficiencia de otros productos auxiliares para la cutter depende también de la adición de sal. La sal es decisiva para la calidad del producto ya que permite también el desarrollo de sustancias auxiliares para la curación como el fosfato o los aceleradores de la cura. En muchas recetas se recomienda agregar 2 g/kg de pasta para una calidad óptima (1, 2, 3, 4, 9, 22, 30, 35).

7.3. Fosfato

Los polifosfatos son sales sódicas potásicas de los ácidos polifosfóricos. Sus cadenas están compuestas por más de tres átomos de fósforo, unidos entre sí por tres átomos de oxígeno. Tienen importancia en la salazón vía húmeda debido a que favorecen el poder de retención del agua de la carne y además facilitan la extracción de las proteínas miofibrilares como consecuencia de que aumentan la fuerza iónica del sistema, tienen una influencia directa sobre el rendimiento y calidad de la producción.

El modo de acción de los fosfatos ha sido un tema polémico. Unos autores opinan que una de las propiedades más importantes es su capacidad secuestrante de los iones metálicos divalentes, Ca^{2+} y Mg^{2+} , que tienen un importante papel en la contracción muscular y la formación de estructura compacta de la actomiosina. La incorporación de polifosfatos favorece el intercambio iónico entre iones divalentes y monovalentes, lo cual

provoca una disociación de la estructura compacta de las proteínas que se traduce en aumento considerable de su poder de retención de agua. Otros autores opinan que su acción secuestrante no explica suficientemente el efecto de los polifosfatos, indicando que la elevación del pH que producen tiene también importancia en el aumento del poder de retención de agua, ya que otros secuestrantes que no modifican el pH, como el EDTA (etilendiaminatetraacetato), no tienen la efectividad de los polifosfatos.

En la práctica, se observa que el aumento del poder de retención de agua de la carne es consecuencia de diferentes factores, entre ellos el tipo de polifosfato, nivel de pH alcanzado, concentración de sal, etc.

Los polifosfatos también favorecen la extracción o solubilización de las proteínas miofibrilares como consecuencia de que aumentan la fuerza iónica del sistema (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 22).

7.4. Nitratos y Nitritos

Dependiendo del producto a desarrollar se utilizan el nitrato de potasio y el nitrito de sodio. El nitrato de potasio es un polvo blanco, soluble en agua, cuya adición se autoriza hasta 500 ppm (500mg/kg de producto). El nitrato de sodio es un polvo blanco amarillento, muy sensible al agua y de carácter tóxico. Por este motivo algunos países prohíben la utilización directa del nitrito de sodio, solamente se autoriza mezclado con sal común. Esta mezcla lleva un colorante para su identificación.

La utilización de nitratos y nitritos tienen gran importancia en la salazón debido a que intervienen en el proceso de fijación del color típico del curado y también a su efecto de inhibición de *Clostridium botulinum* (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 23).

7.5. Aceleradores de cura

Los más comunes son: eritorbato de sodio, ascorbato de sodio, ácido ascórbico, ampliamente utilizadas en salazones vía húmeda. Estas favorecen la formación de óxido nítrico a partir del nitrito (de gran importancia en el desarrollo del color clásico de la salazón) y dan lugar por lo tanto a una disminución del contenido de nitritos residuales en los productos cárnicos (Figuras 9 y 10).

Es importante mencionar que el ácido ascórbico es muy inestable y sensible a los rayos ultravioletas y a metales como el hierro y el cobre, que favorecen su descomposición seguido del Eritorbato de sodio, el ascorbato de sodio es más estable, pero menos activo (5,10,14,22,23,35).

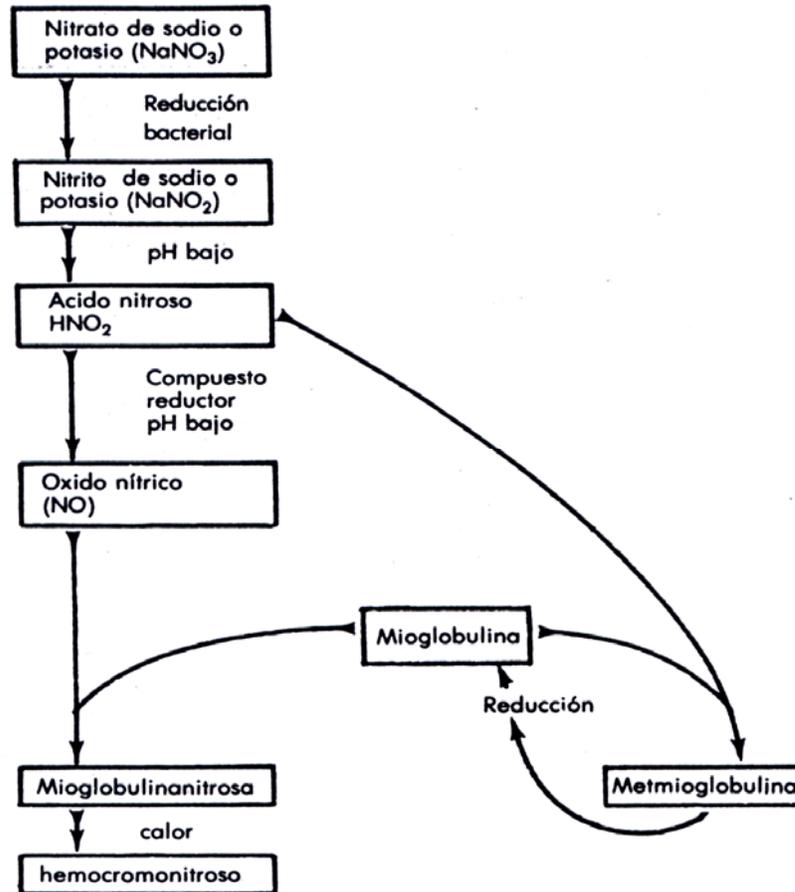


Figura 10. Combinaciones de nitratos y nitritos en el curado de carnes

Fuente: Lebby, J. 1986

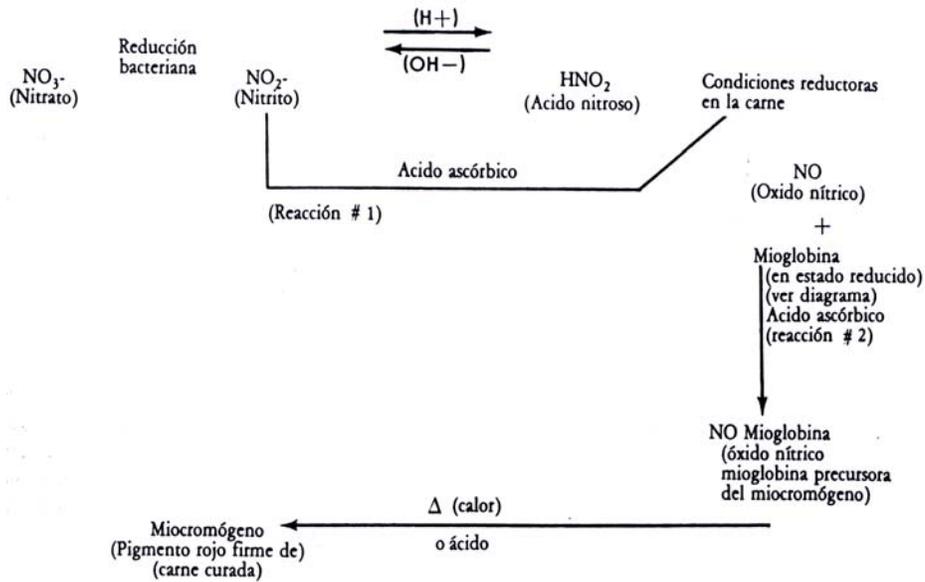


Figura 11. Cambios químicos de la hemoglobina

Fuente: Lebby, J. 1986

7.6. Sazonadores

En la elaboración de embutidos se utilizan diversos Ingredientes (Azúcares, especias, aromas y condimentos) con el objeto de conseguir determinadas características sensoriales, los azúcares además juegan un papel importante en el desarrollo del color, principalmente los azúcares reductores como la glucosa, aunque su efecto no es tan pronunciado como el del ácido ascórbico.

La utilización de especias, aromas y condimentos tiene cada día más importancia. Esto se debe a que los métodos modernos de selección y crianza del ganado originan en la mayoría de los casos una sensible disminución del sabor de la carne. La incorporación de mezclas o unidades equilibradas de componentes aromáticos puede compensar su efecto (5, 8,10, 22).

7.7. Realzadores de sabor: *Glutamato Monosódico (GMS), Proteína Vegetal Hidrolizada (PVH)*

La principal función de los potenciadores es favorecer el desarrollo del sabor y el olor del embutido sin incrementar el contenido de sal (cloruro de sodio). El glutamato monosódico (GMS) es una sal sódica del ácido glutámico, la Proteína Vegetal Hidrolizada (PVH) está compuesta de diferentes proteínas como soya, maíz, trigo y levaduras que son hidrolizadas para obtener un producto que favorece el sabor (5,8,10,22).

7.8. *Proteínas no cárnicas*

El rol de las proteínas es proveer de materia nitrogenada para la síntesis de los tejidos del cuerpo y otros componentes para la vida y en proveer los aminoácidos esenciales que el cuerpo no puede sintetizar. Debido a la situación por la que atraviesan países como el nuestro, con la falta de abasto de carne y para mantener costos adecuados se ha sustituido parte de la proteína cárnica por otras de origen no cárnico pero que mantengan características aceptables para el consumidor, además de mantener un nivel mínimo de proteína. Dentro de las características que se desean es que ligue el agua mejorando el rendimiento final del producto y dependiendo de la calidad de que se trate para el caso de jamones. Otros puntos que apoyan las proteínas no cárnicas a los productores de carnes frías son la capacidad de emulsión (en el caso de emulsiones cárnicas) la succulencia que es lo que percibe el consumidor al llevárselo a la boca, la rebanabilidad que es uno de los puntos que los clientes de los procesadores ven para ofrecer al consumidor final (5, 9,10, 11 ,22, 27, 31, 36).

Las más comunes son la proteína aislada de soya (PAS), el caseinato de sodio, los concentrados de soya, gluten de trigo y suero de leche. Como todos los demás ingredientes, tienen restricciones de uso, de acuerdo con la normatividad de la Secretaría de Salud y la Secretaría de Economía.

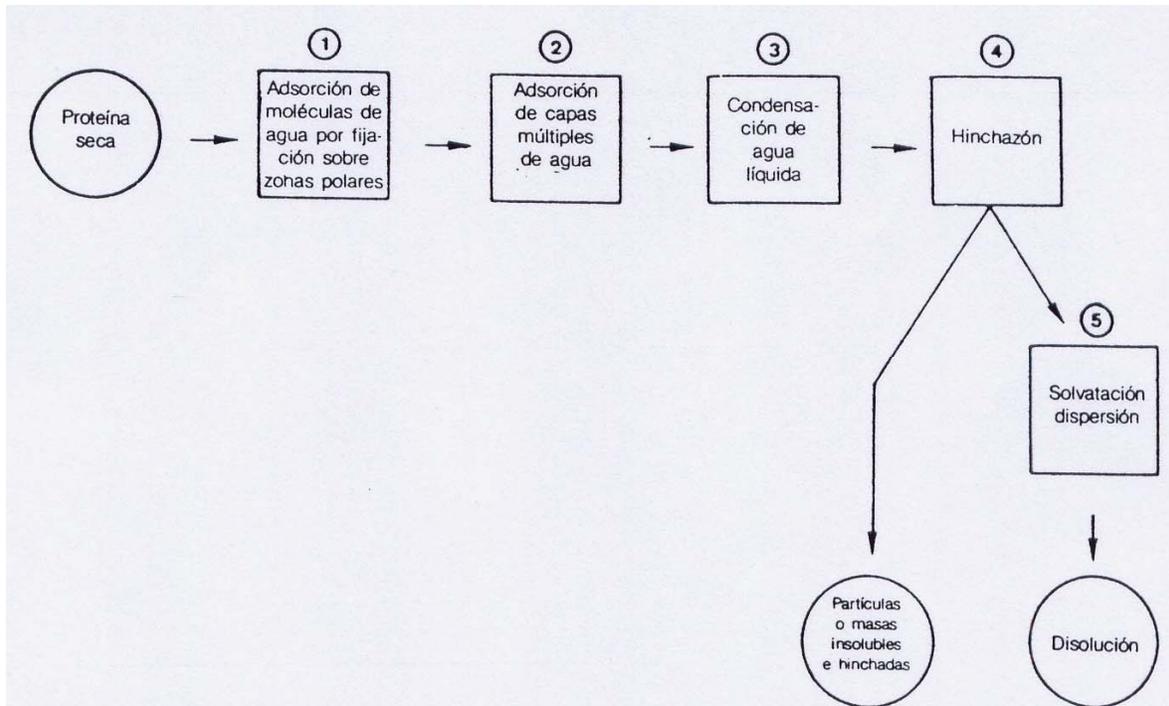


Figura 12. Hidratación de proteínas de origen vegetal

Fuente: Cheftel. *Et al.*, 1989

7.9. Féculas y Almidones

La difícil situación por la que pasa el industrial con los altos precios de las materias primas y un mercado tan contraído desde el punto de vista económico, lo ha obligado a buscar nuevos materiales que lo apoyen en la elaboración de sus productos a un menor precio que las proteínas cárnicas y aún menor que las no cárnicas, el único requisito es que aporte ciertas características sensoriales y no genere algún sabor indeseable y otras que tienen que ver con la textura, al favorecer una mayor liga del agua para que sea aceptable al consumidor. Dentro de los almidones que se pueden encontrar en el mercado se tienen la fécula de papa, maíz, trigo, y almidones modificados (9, 21, 22, 25).

7.10. Hidrocoloides

Con el continuo desarrollo y crecimiento de la industria cárnica también crecen sus necesidades de materiales y tecnologías que los apoyen a innovar así como en reducir algunos problemas y mantener los costos. Dentro

de las nuevas alternativas surgieron las carrageninas. Carragenina es un término genérico que se les dio a un grupo heterogéneo de polisacáridos obtenidos por la extracción acuosa de ciertas algas marinas, que se usan en distintas áreas de la industria alimentaria aprovechando las bondades funcionales de capturar el agua, normalmente se mezclan tres tipos de carrageninas según los efectos que se deseen obtener en el embutido. Existen otros que se usan en menor medida como son la guar y los alginatos (9,25).

7.11. Conservadores

La carne está compuesta de diferentes constituyentes que son susceptibles a cambios químicos y contaminación microbiana, estos cambios pueden impactar en la palatabilidad y seguridad e inocuidad del alimento. El uso de conservadores químicos debe considerarse con el único objetivo de ser coadyuvantes para mantener una calidad sanitaria, sensorial y/o química óptimas, además de estar aprobados por la normatividad nacional. Dentro de los Ingredientes químicos adicionados a los productos cárnicos se tienen: la sal común que reduce la actividad de agua del producto y con esto el control de microorganismos, el nitrito o sal cura, para evitar el desarrollo del *Clostridium botulinum*, los ácidos orgánicos como el láctico y el acético que reducen el pH para un control del crecimiento microbiano, el sorbato, benzoato evitan el desarrollo de hongos y levaduras indeseables. Dentro de los conservadores que ayudan a evitar o controlar los cambios químicos se utilizan principalmente Butil Hidroxi Anisol (BHA), Butil Hidroxi Tolueno (BHT), Ter Butil Hidro Quinona (TBQH), en el control de la oxidación de las grasas de los productos cárnicos (5, 9, 22, 25).

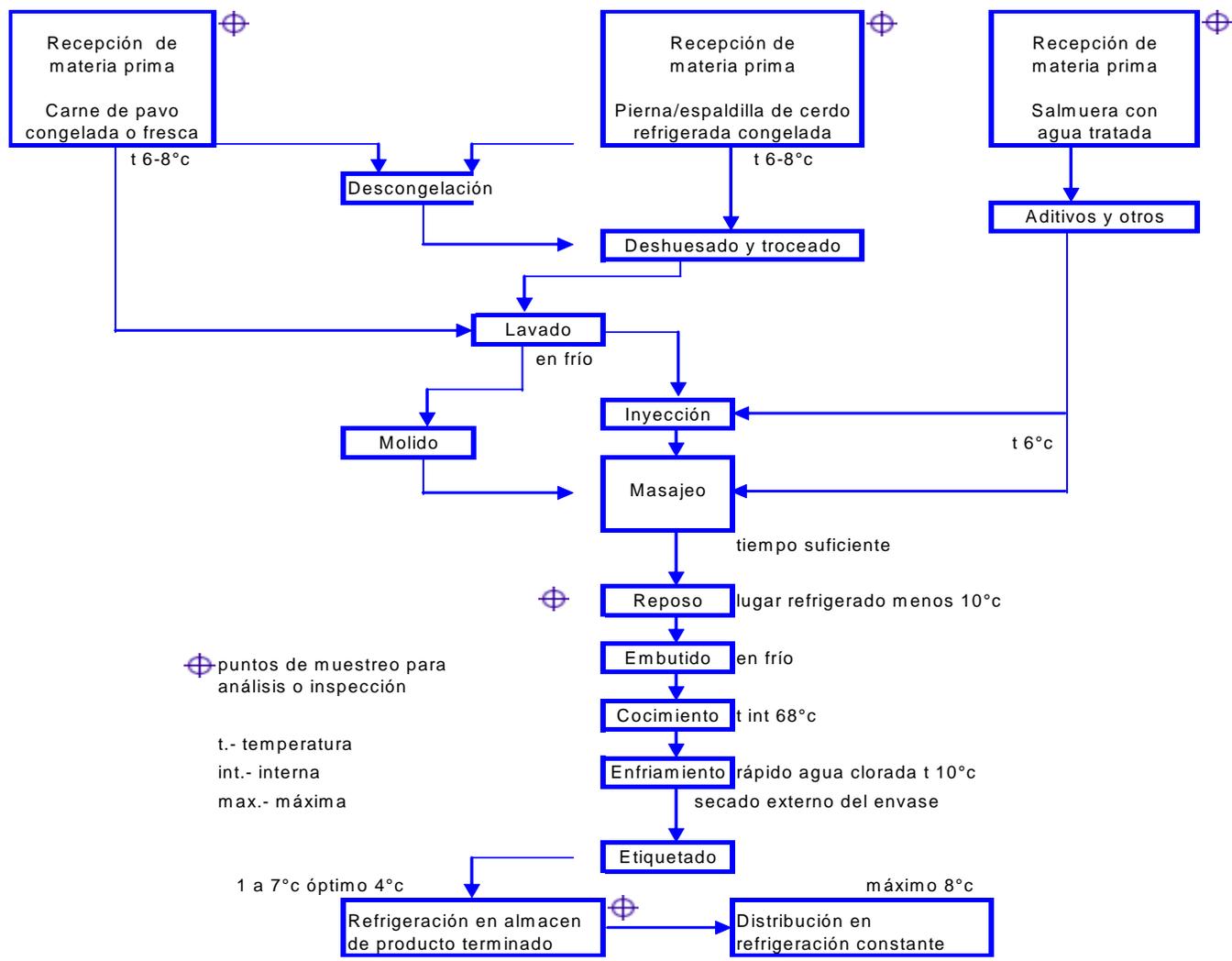


Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de productos cárnicos curados y cocidos (Jamón Cocido)

Fuente: Ortega, J. 2002

8. EQUIPOS PARA EL PROCESAMIENTO DE EMBUTIDOS

8.1. Reactor de salmuera

Dentro de las principales líneas de proceso se elabora una salmuera en un reactor que puede ser un tanque con un agitador o impulsor de propela que mantiene en estado de turbulencia el agua con la finalidad de suspender o hidratar cada uno de los Ingredientes secos, esto ayuda a mantenerlos homogéneos a lo largo de toda la producción de la pasta cárnica. Otro punto crítico es mantener un control de la temperatura, desde la misma salmuera y durante las diferentes operaciones unitarias hasta antes de la cocción.

La inyección de una mezcla correcta de aditivos no cárnicos dentro de cualquier tipo de corte muscular cárnico entero, con o sin hueso, se ha convertido en una de las tecnologías más importantes para la producción de muchos tipos de productos cárnicos. La mayor ventaja es que las carnes puedan ajustarse a varias categorías de precios, sin la necesidad de añadir grandes cantidades de carnes molidas o emulsificadas. Sin la inyección los requerimientos de masajeo son de 24 a 48 hrs. Con el uso de un inyector el tiempo se reduce y para mejores resultados durante el masajeado se realiza bajo refrigeración.

Sin la inyección las carnes requiere gran cantidad de tiempo para absorber la salmuera. El proceso de absorción no es igual en todas las partes de la carne. La superficie de los trozos cárnicos absorberá una mayor cantidad de los aditivos disueltos que el centro de los mismos .

8.2. Masajeadoras o tomblers

Específicamente las que trabajan a vacío se desempeñan mucho mejor que las masajeadoras abiertas y sobre la base de su capacidad son mucho menos costosas y más fáciles de usar y mantener las primeras.

El tiempo requerido para la absorción de la salmuera y extracción de la proteína cárnica dependerá de diferentes factores como el tamaño de la partícula cárnica, la capacidad del equipo así como la forma de las paletas en caso de golpeadoras o tamaño de las mamparas en los tomblers, entre otros puntos a considerar (8,9,10,30).

8.3. Tenderizador

Un tenderizador es un equipo que hace ranuras o hendiduras a la superficie de un trozo de carne sólida. Este proceso se lleva a cabo automáticamente a medida que los trozos cárnicos pasan por los rodillos, donde la distancia entre los rodillos puede ser variada para acomodar el tamaño del músculo cárnico y navajas circulares unidos a los rodillos hacen los cortes en la superficie del músculo cárnico.

La tenderización es comúnmente usada para trozos musculares grandes. Las ranuras en la superficie del músculo cárnico sirven para un gran número de funciones. En algunas de las superficies cárnicas existe una capa delgada de tejido conectivo, este tejido restringirá la adhesión entre los trozos cárnicos durante el proceso de cocción, dando como resultado un producto terminado con poca cohesión que puede desmenuzarse al ser rebanado. Al abrirse el tejido conectivo en la tenderización se permitirá una mejor adhesión.

La tenderización de los músculos, principalmente de jamones extrafinos, finos y preferentes, los hace más manejables y capaces de ser formados. A pesar de estas y otras ventajas, existe un factor negativo de mucha importancia. Bajo ciertas circunstancias, especialmente si la maceración es muy profunda, las marcas de las ranuras hechas pueden ser vistas en el producto final. Esto puede ser controlado y puede ser objetable para productos de partículas cárnicas pequeñas, como en el caso de los jamones comerciales y económicos (9).

8.4. Equipo de Cocimiento y ahumado

Un programa típico de cocimiento y ahumado para productos cárnicos ahumados incluirá la mayoría o todos los pasos siguientes:

Acondicionamiento

Ahumado

Secado

Fijación de color

Cocimiento

Acabado

Aunque se utilizan muchas combinaciones diferentes de estos seis pasos de cocimiento y frecuentemente se agregan o eliminan ciertos pasos, se deben comprender los propósitos básicos de cada uno, para desarrollar o modificar los programas de cocimiento.

Cuando se establecen las medidas de control para las temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo para cualquier etapa de un programa de cocimiento, se debe considerar el gran efecto de la temperatura de bulbo húmedo sobre las condiciones de la superficie del producto y las velocidades de calentamiento.

Paso 1: Acondicionamiento. El objetivo del paso de acondicionamiento es crear condiciones superficiales uniformes para toda la carga de producto antes de que se cocine y ahume. En su forma básica, un paso de acondicionamiento puede ser simplemente bañar la carga de producto antes de cocinarla.

Paso 2: Secado. El objetivo de paso de secado es de secar uniformemente la superficie del producto hasta lograr un nivel de humedad deseado para cuando se aplique el humo, se absorba uniformemente y se desarrolle el color ahumado deseado.

Paso 3: Ahumado. El paso de ahumado puede ser un paso ya sea de aplicación de humo generado de madera o aplicación de humo líquido.

Paso 4: Fijación de color. El propósito en este paso es desarrollar y fijar el color ahumado de la superficie antes de proceder al cocimiento con humedad más alta y a los pasos de terminado. Se deben mantener condiciones secas y calientes durante este paso para fomentar el desarrollo y estabilización del ahumado deseado .

Paso 5: Cocimiento. Este es el penúltimo paso de desnaturalización de proteínas y otros Ingredientes por el efecto del calor. Además este paso de cocimiento se utiliza como transición de calor de baja humedad y el paso de acabado de alta humedad. Los controles típicos para el paso de cocimiento serían de una temperatura de bulbo seco de 71°C y una temperatura de bulbo húmedo de 55°C a 66°C. Para productos cárnicos tipo fiambre o jamones económicos, el escalamiento de temperaturas urante el cocimiento se puede omitir.

Paso 6: Acabado. Durante este paso de acabado, el producto se cocina hasta lograr la temperatura deseada del centro del producto (según tipo de jamón). En este paso, el control del bulbo húmedo se debe colocar a la temperatura objetiva o un poco más alta. Esto reducirá los tiempos de cocimiento, mejorará la uniformidad de

la temperatura del producto y del encogimiento y asegura la integración total de los Ingredientes (7, 8, 9, 10, 39).

8.5. Molino y Cutter (Picadora)

Hay dos métodos para la reducción de partículas de la masa cárnica. Se prefiere utilizar la Cutter porque la acción de sus cuchillas promueve un corte mas limpio, la desventaja de esta, es la dificultad de producir partículas uniformes de un lote a otro si no se tienen las bases técnicas en el manejo de este equipo. Para fines prácticos la Cutter se suele aprovechar más para desarrollar emulsiones cárnicas con buenos resultados en una homogeneización de los Ingredientes de la fórmula. Por otro lado, el molino producirá partículas uniformes pero, a menos que mantengan con cuidado las temperaturas y que el equipo esté en condiciones óptimas, es más fácil el rompimiento de la grasa y la falta de distinción de las partículas, produciendo defectos en el producto. Con ambos equipos se logra el incremento del área de contacto por el hecho de lograr la reducción de la partícula cárnica. Para mantener la calidad de molienda, picado o emulsificado según sea el caso y equipo lo más importante es cuidar la calidad de las cuchillas (8, 9, 10).

8.6. Mezclador

En el mercado de mezcladores existen muchas diferencias como son capacidad, tipo de paletas o listones con o sin vacío, con o sin molino integrado, con o sin control de velocidad de las paletas y últimamente con equipo de enfriado (enchaquetado). La principal función del mezclador es la de distribuir uniformemente todos los Ingredientes de una fórmula cárnica, manteniendo el tamaño de partícula, se debe evitar el mezclado excesivo del producto, una señal de que se ha mezclado en exceso es la acumulación de grasa en las superficies de las paletas de la mezcladora.

Una mezcladora de paletas es mejor que una de cintas, actualmente muchos empacadores usan mezcladores con vacío debido a que al eliminar el aire de la masa cárnica generan un producto de mayor densidad y cualidades visuales superiores, añadiendo a esto una mayor vida de anaquel (8, 9, 10).

8.7. Emulsificador (*mince master*)

Dentro de las dos grandes culturas que nos ofrecen equipos para producir emulsiones tenemos la europea que ofrece la Cutter con sus bondades para producir productos por lote controlando diferentes variables. Por el otro lado está la americana que ofrece equipos Mince Master para emulsionar, enfocados a producir grandes volúmenes al ser usados en líneas continuas, sin necesidad de tener personal muy especializado (8,9,10).

8.8. Embutidora

Una vez terminada la pasta cárnica ya sea de jamón o alguna emulsión se requerirá embutirla a alguna funda que le sirva como envase para que pueda continuar su proceso hasta producto terminado, se puede lograr de varias formas desde hacerlo a mano como puede ser el caso de jamonería cuando se trabaja con carne de trozo entero (jamones extrafinos). Las actuales embutidoras además de porcionar y mantener una presión constante de la pasta dentro de la funda cuentan con equipo de vacío que elimina partículas de aire que pueden afectar la calidad del producto final (8).

CAPITULO II METODOLOGÍA

A. DISEÑO DE LA HOJA DE CÁLCULO PARA EL DESARROLLO DE FÓRMULAS CÁRNICAS

La mejor fórmula de jamón es aquella en la que se conocen las especificaciones cualitativas predeterminadas al costo mas bajo posible de producción. Este es un problema que no es fácil de determinar sin la asistencia de un sistema para formular por computadora. Las dimensiones de los problemas de la fórmula varía ampliamente de empacadora a empacadora, dependiendo de factores como el tamaño y la firmeza, disponibilidad de Ingredientes, capacidad de operación, capacidad de almacenamiento y diversidad de productos a elaborar. Para muchas compañías la decisión sobre la última fórmula del producto está también influenciada por las políticas de disponibilidad de materias primas, políticas de inventarios, programas de producción así como las estrategias de precios.

Mucha de la información que se utilizará en la hoja de cálculo para el desarrollo de fórmulas cárnicas pertenece al sistema de *Least Cost Formulation*TM que fue diseñado por George C. Selfridge, Jr., Robert A. LaBudde, Least Cost Formulations, Ltd., patentada por sus creadores. Cabe mencionar el reconocimiento de los autores al Proffessor de la Universidad Estatal de Iowa PhD. Robert E. Rust (Investigador de ciencias de la carne) por sus valiosas sugerencias para el desarrollo de este sistema de computación que ayuda a muchas empresas de la industria cárnica (9, 12,16, 27, 28).

En los últimos 25 años, los avances en electrónica repercutieron en los costos de las computadoras, bajando de millones a miles de dólares, esto apoyó a pequeños negocios con sistemas disponibles de acuerdo a sus necesidades. Junto con esta drástica caída en precios se desarrollaron sistemas más amigables, que requieren cada vez menos ayuda de un experto en computadoras para manejar su información. El arte de la fabricación de carnes frías data de hace miles de años, sin embargo el uso de los sistemas de formulación por computadora es relativamente nuevo. Con los sistemas hoy disponibles, cualquier pequeño fabricante o empresa familiar puede tomar ventaja de las nuevas técnicas sofisticadas que le permitan producir productos

con calidad consistente aprovechando al máximo las cualidades de todos sus ingredientes con mejores márgenes de utilidad (9, 12,16,27,28).

Las técnicas matemáticas para formular al menor costo posible optimizando el uso de cada ingrediente disponible ya que tienen más de un uso. La limitación de los recursos como son las materias primas que están determinadas por las políticas de abastecimiento, almacenamiento, disponibilidad o la variación de las características físico-químicas de lote a lote son problemas que un procesador de carnes frías pasa día a día para controlar las características de sus productos terminados, se requiere el apoyo de sistemas multifactoriales apoyados por computadora para controlar estas variables en cuestión de segundos (9, 12,16,27,28).

A.1. Ideas erróneas acerca de los sistemas para formular al menor costo

Muchos creen que usar un sistema de formulación es usualmente referida al medio para llegar a una fórmula de bajo costo con calidad dudosa. Con esto se llega a la mala percepción de que solo los productos de menor costo pueden ser desarrollados por este tipo de sistemas con costeo, también puede describirse como el desarrollo de una fórmula menos costosa que cumpla con las Especificaciones de Producto Final (EPF) y hecha con las materias primas disponibles.

Muchos procesadores que manejan una fórmula estándar para hacer sus productos, regularmente los empacadores tienen más de un proveedor de carne y cada uno de los proveedores puede variar hasta un 10% en el contenido de proteína, lo que impide obtener un producto estándar y que se mantenga la consistencia lote a lote. Estas variaciones pueden repercutir finalmente en los costos del producto final y las características funcionales derivadas de la variación en la concentración de proteínas que se refleja en los rendimientos (2).

A.2. Como Desarrollar las especificaciones del Producto Final

Las especificaciones del producto final son reguladas por las siguientes instancias:

1. – SECRETARIA DE SALUD: NORMA Oficial Mexicana NOM-122-SSA1-1994. Por medio de la Dirección General de Bienes y Servicios controla o norma los Productos de la carne, productos cárnicos curados y cocidos y curados emulsionados y cocidos , especificaciones sanitarias así cómo materiales usados en la elaboración y niveles máximos permitidos en la industria cárnica.

2. - SAGARPA: La Subsecretaria es la que controla a las empacadoras TIF (Tipo Inspección Federal), parte de sus funciones son el vigilar las instalaciones y los procesos así como revisar los cárnicos que entran a la planta, estos deben proceder de la cadena de inspección federal como son los rastros y obradores TIF.

3. – SECRETARIA DE ECONOMÍA: NORMA Oficial Mexicana NOM-158-SCFI- 2003, Jamón – Denominación y clasificación comercial, especificaciones fisicoquímicas, microbiológicas, organolépticas, información comercial y métodos de prueba.

El objetivo de esta NORMA Oficial Mexicana es establecer las denominaciones y clasificaciones comerciales de los diferentes tipos de “jamón” (Tablas 3 y 4) dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos, así como las especificaciones, fisicoquímicas y sanitarias que deben ostentar dichas denominaciones, los métodos de prueba para demostrar su cumplimiento y la información comercial que deben contener los envases.

Tabla 3. Denominación comercial de jamón según NOM-158-SCFI-2003

Denominación Comercial	Definición
Jamón o Jamón de Pierna	Los elaborados exclusivamente con carne de la pierna trasera del cerdo (con o sin hueso).
Jamón de Pavo	Los elaborados exclusivamente con carne del muslo del pavo.
Jamón de Cerdo y Pavo	Los elaborados con un mínimo del 55% de carne de cerdo y el resto con carne de pavo.
Jamón de Pavo y Cerdo	Los elaborados con un mínimo del 55% de carne de pavo y el resto con carne de cerdo.

Fuente: NOM-158-SCFI-2003

4. – EN PLANTA: Esta se define principalmente con base en el tipo y tamaño de equipos existentes en la planta su influencia en el proceso, los productos, así como el cuidado que deben tener los trabajadores en las

diferentes etapas de manufactura. Una formulación exitosa en una planta puede no serlo en otra en la cual los equipos y procesos varían.

5. – EN EL MERCADO: Entre los vendedores y clientes se desarrolla el conocimiento de mercado o necesidades de mercado donde el consumidor final juega un papel decisivo en las características de cada producto como puede ser el tipo y cantidad de determinadas especias, el contenido de sal común, el nivel de color, la textura y consistencia La forma de consumo ya sea frío a cocido, por ejemplo a la parrilla los productos con alto contenido de carbohidratos suelen tornarse más oscuros. Visto desde el punto de vista del consumidor final el precio que puede pagar por lo que compra.

Tabla 4. Especificaciones fisicoquímicas de jamón NOM-158-SCFI-2003

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

Fuente: NOM-158-SCFI-2003

6– ESPECIFICACIONES DE LA COMPAÑÍA: El prestigio de cada compañía esta definida por las especificaciones elaboradas, su etiquetado y la calidad con la que son presentados al mercado y al consumidor final. Según el sector de mercado al que esté dirigido cada clase y tipo de producto estará determinado su precio y su ganancia.

El uso de un sistema de formulación asistido por computadora puede apoyar en la búsqueda, mantenimiento y optimización de estos parámetros para elaborar productos idénticos con la normatividad, las especificaciones de calidad, de etiquetado, requeridas.

A.3. Como acceder al uso del formulador.

La mejor forma de entender el sistema para formular será utilizando el siguiente diagrama de flujo:

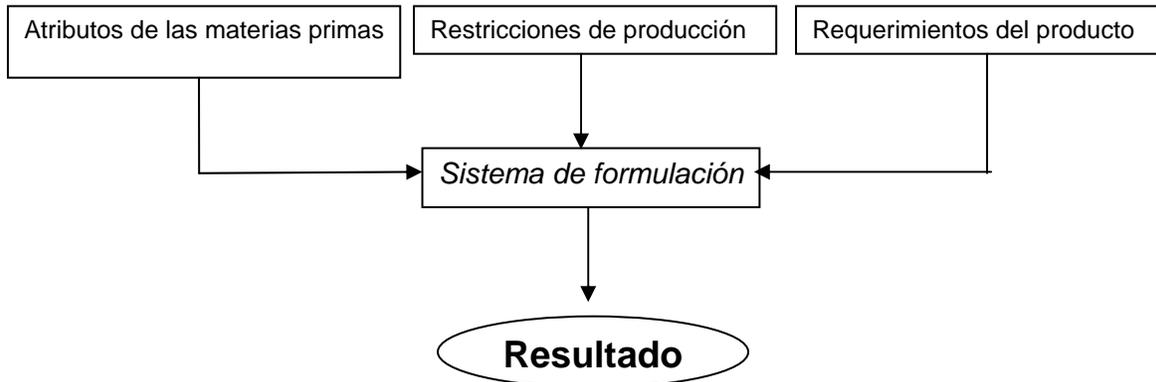


Figura 14. Diagrama de proceso para el desarrollo del sistema de formulación

Fuente: Romans, J. *et al.*,. 1994

A.4. Atributos de materias primas cárnicas para el sistema

Para desarrollar una hoja de cálculo deben considerar los cinco atributos básicos: Contenido de Proteína, Grasa, Humedad, Ligazón y Color. Estos datos en forma de promedios se incluyen en la hoja de cálculo en donde se describen los materiales usados en la industria cárnica, que deberán controlarse en todo proceso de producción de embutidos. Cabe mencionar que cada empacador puede desarrollar su propio sistema para determinar estos valores, asimismo puede interpretar los resultados numéricos que definen las especificaciones sensoriales de sus productos (2, 27, 31,32).

A.5. Restricciones de Producción

Identificar las restricciones o limitantes de una Empacadora es entender su proceso de producción y al mismo tiempo alcanzar los objetivos, optimizando sus recursos en instalación así como los materiales a usar. La mejor manera de llegar a este objetivo es conocer las especificación final de cada producto (EFP), lo que

ayudará a mantener las mismas características de lote a lote, con el apoyo de un sistema de formulación se pueden lograr optimizar estos recursos sin perder su calidad.

A.6. Requerimientos de Producto

Los parámetros cualitativos como son: textura, dureza, color, etc. están determinados por el mercado y son el resultado de la combinación de los parámetros cuantitativos como los niveles de proteínas, grasa, humedad, carbohidratos, etc. Ambos tipos de parámetros dan finalmente las especificaciones del producto que definen los requerimientos de calidad que se deben de cumplir.

A.7. Sistema de formulación

Antes de abordar la propuesta del sistema de formulación es necesario aclarar que el desarrollo de fórmulas debe apoyarse en la experiencia y criterios técnicos para obtener una fórmula de calidad.

La hoja de cálculo se puede desarrollar con el apoyo de los programas de cómputo Excel de Microsoft (tabla 5) o Lotus 1 2 3. Para fines prácticos este trabajo se desarrolló en Excel por ser el de mayor uso.

En la Tabla 5 se presenta la *Hoja de Cálculo*, que está dividida en las siguientes columnas:

1. Lista de Ingredientes
2. Precio por Kilogramo (\$/Kg)
3. Kilogramos de Ingredientes por lote (Kg/Lote).
4. Fórmula control base 100 (%).
5. Fórmula propuesta base 100 (%).

Lista de Ingredientes: Como la manejará cualquier procesador en planta (Kg/lote) de los Ingredientes de la fórmula (en base 100%). Estos Ingredientes se ajustan para obtener el producto deseado y se dividen como sigue:

- a. Bloque cárnico: para el desarrollo de cualquier fórmula se tiene que conocer la composición de los diferentes cárnicos usados según sea el producto a desarrollar.
- b. Ingredientes No cárnicos funcionales: Proteínas, polisacáridos, almidones y/o féculas,

normalmente se manejan mezclas, como se vio anteriormente cada uno de estos materiales tiene un efecto funcional relevante en el producto. Otro tipo de Ingrediente funcional es el color, ya que al modificar el porcentaje de carne utilizado se modifica en consecuencia el color del producto.

- c. Agua: Es la diferencia de 100 menos la suma de los cárnicos y no cárnicos.
- d. Otro grupo de Ingredientes se maneja constante en el desarrollo de la fórmula: Sal común, sal cura, fosfato, eritorbato, conservadores, entre otros.

A.7.1. Parámetros económicos

El desarrollo de formulaciones se hace con base en estudios de mercado que permiten identificar diferentes indicadores económicos (tabla 6) como el poder adquisitivo de cada sector con objeto de seleccionar los diferentes productos cárnicos a elaborar. Entre los más relevantes que se consideran en esta hoja de cálculo se incluyen:

- e. Costo Básicamente determinado por el mercado al que esta dirigido, es una de las principales limitantes en el desarrollo de una fórmula cárnica ya sea para mantenerse, mejorarse o lanzarse como un producto nuevo.

$$\text{Costo de Fórmula} = \sum ((\$ \text{ del producto } 1 \times \text{ Ingrediente } 1) + \dots + (\$ \text{ del producto } N \times \text{ Ingrediente } N))$$

- f. Merma: Para comparar los costos se requiere conocer la merma generada en la cocción debido a que se parte de la misma cantidad de masa embutida y los valores de costo entre las fórmulas control y propuestas pueden variar después de este paso. Para calcularlo al costo teórico se le incrementa la merma de proceso. Se requiere tener medido el total de merma en cocción, es decir por cada 100 Kg que entran al horno cuantos Kg de producto terminado se obtienen, lo ideal es mantenerse lo más cerca al 100%.

$$\text{Costo Real} = \text{Costo teórico calculado} \times (100 \% + \% \text{ Merma en cocción})$$

- g. % de Carne: El contenido de carne es inversamente proporcional al nivel de extensión siendo el Ingrediente más caro en la fórmula por kilogramo por lo que los empacadores buscan su menor contenido en productos económicos. Se obtiene sumando directamente de la fórmula base 100 del total de los Ingredientes cárnicos.

$$\% \text{ Carne} = \Sigma (\text{Ing. Cárnico A} + \text{Ing. Cárnico B} + \dots + \text{Ing. Cárnico Z})$$

- h. % de Extensión: Teóricamente la extensión es inversamente proporcional al costo y al contenido de carne. Se obtiene sumando el total de Ingredientes No cárnicos entre el total de Ingredientes cárnicos multiplicado por 100.

$$\% \text{ de Extensión} = (\Sigma \text{Ingredientes No cárnicos} / \Sigma \text{Ingredientes Cárnicos}) \times 100$$

- i. Ahorro: Comparativo entre el costo de la fórmula propuesta con respecto de la fórmula control.

$$\% \text{ de Ahorro} = ((\$ \text{Fórmula control} - \$ \text{Fórmula propuesta}) / \$ \text{Fórmula control}) \times 100$$

Tabla 5. Formato de hoja de cálculo en Excel

Empacadora XXXXX		Objetivo. Mejorar Vida de Anaquel, reducir pastocidad, mejorar textura, consistencia y rebanabilidad.		
INGREDIENTES	\$/Kg.	Kg/BATCH	CONTROL (%)	FORMULA(%)
Bloque Carnico 1	B4=Precio de A4	C4Kg	D4=C4/C28*100	Propuesta E4
Bloque Carnico 2	B5=Precio de A5	C5Kg	D5=C5/C28*100	Propuesta E5
Bloque Carnico 3	B6=Precio de A6	C6Kg	D6=C6/C28*100	Propuesta E6
Bloque Carnico 4	B7=Precio de A7	C7Kg	D7=C7/C28*100	Propuesta E7
Bloque Carnico 5	B8=Precio de A8	C8kg	D8=C8/C28*100	Propuesta E8
Proteina 1	B9=Precio de A9	C9Kg	D9=C9/C28*100	Propuesta E9
Proteina 2	B10=Precio de A10	C10KG	D10=C10/C28*100	Propuesta E10
Carragenina	B11=Precio de A11	C11Kg	D11=C11/C28*100	Propuesta E11
Fecula de papa	B12=Precio de A12	C12Kg	D12=C12/C28*100	Propuesta E12
Almidón Modificado	B13=Precio de A13	C13Kg	D13=C13/C28*100	Propuesta E13
Fecula de maíz	B14=Precio de A14	C14Kg	D14=C14/C28*100	Propuesta E14
Sal común	B15=Precio de A15	C15kg	D15=C15/C28*100	E15=Constante D15
Sal cura	B16=Precio de A16	C16Kg	D16=C16/C28*100	E16=Constante D16
Fosfato	B17=Precio de A17	C17Kg	D17=C17/C28*100	E17=Constante D17
Eritorbato	B18=Precio de A18	C18Kg	D18=C18/C28*100	E18=Constante D18
Dextrosa	B19=Precio de A19	C19Kg	D19=C19/C28*100	E19=Constante D19
Azúcar	B20=Precio de A20	C20Kg	D20=C20/C28*100	E20=Constante D20
Color Carmín	B21=Precio de A21	C21Kg	D21=C21/C28*100	E21=Constante D21
Antioxidante liq.	B22=Precio de A22	C22Kg	D22=C22/C28*100	E22=Constante D22
Condimentos	B23=Precio de A23	C23Kg	D23=C23/C28*100	E23=Constante D23
Humo Liquido	B24=Precio de A24	C24Kg	D24=C24/C28*100	E24=Constante D24
Conservador	B25=Precio de A25	C25Kg	D25=C25/C28*100	E25=Constante D25
PVH	B26=Precio de A26	C26Kg	D26=C26/C28*100	E26=Constante D26
AGUA (LIQ.+HIELO)		C27=C28-(C4:C26)	D27=C27/C28*100	E27=E28-(E4:E26)
	TOTAL	C28=TOTAL BATCH	D28=SUMA(D4:D27)=100%	E28=SUM(E4:E27)=100%

Tabla 6. Formato de hoja de cálculo con parámetros económicos

PARÁMETROS ECONÓMICOS	COSTO / KG	0	0
	% MERMA	0	0
	% AHORRO	0	0
	% CARNE	0	0
	% EXTENSIÓN	0	0

A.7.2. Parámetros cuantitativos

Cabe señalar que la información manejada en las tablas de datos técnicos incluye el análisis promedio realizado a diferentes productos de los que se obtienen los puntos abajo señalados.

Proteína: El componente crítico en una fórmula cárnica es la proteína, debido a que éste influye en el costo y la textura del producto a desarrollar. Se calcula sumando la fracción de proteína que aporta cada Ingrediente.

$$\% \text{ Proteína} = \sum((\text{Ingrediente 1 X proteína de Ingrediente 1})+\dots+(\text{Ingrediente n X proteína de Ingrediente n}))$$

Colágeno: Es un componente natural en los cárnicos o también se puede manejar como Ingrediente adicionado, la ventaja que tiene es su ayuda en el control de costos aunque tiene la desventaja que es sensible a los tratamientos térmicos y puede presentarse sinéresis y sufrir un cambio en textura .

Al igual que la proteína el colágeno se calcula la fracción que los Ingredientes aportan o el total como Ingrediente adicionado.

$$\% \text{ Colágeno} = \sum (\text{Ingrediente 1 X Colágeno de Ingrediente 1}) +\dots+(\text{Ingrediente n X colágeno de Ingrediente n})$$

Grasa: La diferencia en la percepción entre un producto jugoso a la mordida y uno seco es el contenido de grasa, esta interviene mucho en la palatabilidad del producto especialmente en emulsionados y madurados, actualmente el uso de grasa tiene un impacto en el costo debido a su alto precio en el mercado.

$$\% \text{ Grasa} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X grasa de Ingrediente 1})+\dots+(\text{Ingrediente n X grasa de Ingrediente N}))$$

Humedad. El agua total del producto a desarrollar proviene de dos fuentes; una es el agua que aportan los Ingredientes y la otra es el agua adicionada ya sea líquida y/o sólida en forma de hielo, está tiene un alto impacto en el costo final del producto y en la dureza del mismo.

$$\% \text{ Humedad} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X agua de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente N X agua de Ingrediente N}))$$

PLG: El último concepto que está utilizando la industria cárnica es el PLG que significa Proteína Libre de Grasa (PFF = Protein Fat Free), la idea original en Estados Unidos donde se desarrolló por primera vez para controlar el uso de grasa como extensor en jamones debido a que los empacadores tienen restringido el uso de materiales no cárnicos en los jamones por lo que su única fuente de extensión fue la grasa y para contrarrestar esa práctica el gobierno implementó el control de la grasa en relación al nivel de proteína (2).

La fórmula para calcular el PLG es la siguiente:

$$\text{PLG} = \frac{\text{Proteína Total (Teórico/Analítico)}}{(100\% - \text{Grasa total (Teórico/Analítico)})} \times 100$$

Los resultados obtenidos en los cálculos son teóricos, el porcentaje de aproximación se dará de acuerdo a la calidad de los materiales y su aproximación a los manejados en las tablas para obtener el PLG real se requiere de análisis fisicoquímico del producto terminado de proteína y grasa

La terminología Americana es:

$$\text{PFF} = \frac{\text{Proteína Cárnica (por análisis)}}{(100\% - \text{Grasa cárnica (por análisis)})} \times 100$$

Actualmente en los EE.UU. se reportan los productos terminados como producto con 95 ó 96 ó 97% etc. libre de grasa.

Carbohidratos. Los más usados en la industria son las féculas y/o harinas de maíz, papa, trigo entre otros, son la fuente más económica para lograr reducir costos pero el abusar de su uso trae graves consecuencias al producto resultando más caros de lo que se cálculo en la fórmula.

Según la normatividad nacional (NOM-158-SCFI-2003), este término se refiere al contenido de carbohidratos adicionados como almidones nativos que contienen amilasa y amilo pectina que reaccionan con Yodo, esto se puede obtener directamente en la fórmula control (38).

$$\% \text{ Carbohidratos} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Carbohidratos de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Carbohidratos de Ingrediente n}))$$

Sal, Fosfatos, Nitritos: Cualquier otro Ingrediente que se quiera controlar se puede incluir dentro de la hoja de cálculo a desarrollar, siempre y cuando se conozca la composición de los materiales a utilizar en la fórmula.

PARÁMETROS CUANTITATIVOS	% PROTEÍNA	0	0
	% COLÁGENO	0	0
	% GRASA	0	0
	% GRASA	0	0
	% PLG	0	0
	% CHOS	0	0
	% SAL	0	0
	% NITRITOS	0	0
	% FOSFATOS	0	0

Tabla 7. Formato de hoja de cálculo con parámetros cuantitativos.

A.7.3. Parámetros cualitativos

Color. El color se puede medir subjetiva u objetivamente. En el primer caso es necesario recurrir a un equipo de catadores, que evalúa las muestras de acuerdo a una escala de valores previamente establecida. En el segundo caso suele utilizar la medida de color por el sistema Hunter Lab. Este sistema aplica ampliamente en el campo de los alimentos, debido a que el problema que se plantea no es la especificación del color sino la comparación de colores y el establecimiento de tolerancias. El color de los materiales cárnicos está asociado en menor a mayor grado al contenido de mioglobina. Por ejemplo el color de la carne de cerdo puede variar desde un tono muy pálido hasta muy oscuro, esto va directamente relacionado a la capacidad de retención de agua donde la carne clara será de baja retención mientras que la oscura será de mayor retención. Esta variable se aplica solo a productos de alto contenido cárnico donde influirá el contenido de mioglobina de la carne. Este tiene que ser multiplicado por el contenido de proteína cárnica para determinar el actual color o pigmento del material (14, 23).

Para productos extendidos es difícil determinar esto ya que debido a la adición de colores naturales o artificiales según cada producto.

Capacidad de Retención de Agua (CRA). El término Capacidad de Retención de Agua resulta fácil de describir, como se mencionó anteriormente la CRA es una propiedad que implica a los diferentes materiales cárnicos y no cárnicos y su capacidad de ligar el agua en el producto a desarrollar, La ternura , jugosidad y el color están íntimamente ligados con esta propiedad. Desde el punto de vista industrial esta propiedad será decisiva para el desarrollo ya sea de productos cocidos o madurados, en los primeros será importante la capacidad de fijación del agua total y el CRA debe ser alto y por otro lado en los madurados, el CRA bajo ayudará al secado.

Relación entre ligazón y grasa: La ligazón esta íntimamente ligado a la capacidad de formación de emulsiones que requiere de la disponibilidad de proteína contráctil (comentado en la sección de química cárnica) y la extracción de dichas proteínas que participarán en el encapsulado de la grasa pero cuando se

habla de fórmulas no sólo participan las proteínas cárnicas sino también las no cárnicas como caseinatos de sodio o potasio, proteínas concentradas de soya, suero de leche o aislados de soya entre otros muchos.

Dureza: Relación entre CRA y Humedad. Una vez entendido el concepto del CRA será fácil asociarlo con el nivel de humedad de algún producto a desarrollar. En una fórmula cárnica, la CRA será la suma de los materiales cárnicos y no cárnicos que participen en esta propiedad pero el nivel de humedad puede ser mayor o menor a la CRA lo que se traduciría en la dureza del producto. La dureza es la relación entre el contenido de agua y la capacidad de los Ingredientes funcionales para retenerla y poder competir por ella, la ecuación es simple:

$$\text{Dureza} = \text{CRA} / \text{Humedad total teórica}$$

Textura (Índice de Ligazón): La textura o consistencia en productos cárnicos son términos complicados de explicar se asocian específicamente con la gomosidad del producto que implica cierta firmeza, flexibilidad, ternera, etc. y se obtiene de multiplicar el índice de ligazón obtenido en tablas de LaBudde (1992) por la concentración de proteína de este modo se obtiene el Actual Bind.

El *Bind* o Ligazón se puede medir de manera subjetiva por un panel entrenado o bien recurrir a métodos objetivos. En este sentido existe una variada gama de instrumentos diseñados sobre distintos principios, penetrómetro, compresómetro, cizallamiento o corte, masticómetros, etc. En los centros de investigación de carnes se utiliza el texturómetro universal *Instron Food Testing System*, provisto de una celda de cizallamiento.

PARÁMETROS CUALITATIVOS	COLOR	0	0
	CRA	0	0
	DUREZA	0	0
	TEXTURA	0	0

Tabla 8. Formato de hoja de cálculo con parámetros cualitativos.

Tabla 9. Datos Fisicoquímicos promedio de materiales usados para formular

MATERIALES	% Proteínas						Índice de ligazón				Ligazón Actual			
	Total	Colágeno	Prot. Add.	Grasa	Cenizas	Agua	CHO's	Sal	Fosfato	Nitritos	CRA	Bind Index	Actual Bind	Color
Pierna de Cerdo	20.15	1.00		4.00	0.76	75.09			0.50		1.65	24.49	4.93	4.08
Proteína Aislada de Soya	87.50	0.00	87.50	0.50	5.00	5.00	2.00		0.90		6.00	26.00	22.75	
Carragenina	0.00					5.00	95.00				20.00	0.00	0.00	
Fécula de papa	0.00					10.00	90.00				2.50	8.00	8.00	
Sal común					90.00	10.00		90.00			0.00		0.00	
Sal cura					90.00	10.00		83.50	6.50		0.00		0.00	
Fosfato					95.00	5.00		0.00	95.00		0.00		0.00	
Eritorbato					95.00	5.00					0.00		0.00	
Azúcar					0.04	0.16	99.80				0.40		0.00	
Color Carmin											0.00		0.00	3400.00
Lactato					0.04	0.16	99.80				0.40		0.00	
Condimento	8.00			10.00	5.00	12.00	65.00		1.00				0.00	
Humo líquido					15.00	85.00							0.00	
Sorbato					95.00	5.00							0.00	
Benzoato					95.00	5.00							0.00	
Agua / Hebo						100.00							0.00	

Fuente: Romans, J. et al., 1994, Ulrich, G. 1984, Muños, M. 2002, LaBudde, A. 1992

A.7.4. Formulaciones de jamón con la nueva NORMA Oficial Mexicana NOM-158-SCFI-2003

Tabla 10. Resultado de formulaciones de jamones de cerdo según NOM-158-SCFI-2003

EMPACADORA FES-C	Objetivo: Desarrollo de fórmulas según la actual NORMA Oficial.					
MATERIALES	\$ / KG	Extra Fino	Fino	Preferente	Comercial	Económico
Pierna de Cerdo	\$30.00	86.250	70.00	60.00	50.00	45.00
		0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
Proteína Aislada de Soya	\$45.00	0.000	2.00	2.00	2.00	1.60
Carragenina	\$120.00	0.000	1.50	1.50	1.50	1.50
Fécula de papa	\$12.50	0.000	0.00	5.00	5.00	10.00
		0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
Sal común	\$1.50	1.700	1.70	1.70	1.70	1.70
Sal cura	\$5.00	0.500	0.50	0.50	0.50	0.50
Fosfato	\$15.00	0.400	0.40	0.40	0.40	0.40
Eritorbato	\$50.00	0.060	0.06	0.06	0.06	0.06
Azúcar	\$6.00	0.800	0.80	0.80	0.80	0.80
Color Carmín	\$500.00	0.000	0.01	0.02	0.03	0.04
Lactato	\$30.00	0.500	0.50	0.50	0.50	0.50
Condimento	\$50.00	0.500	0.50	0.50	0.50	0.50
Humo líquido	\$50.00	0.500	0.50	0.50	0.50	0.50
Sorbato	\$20.00	0.100	0.10	0.10	0.10	0.10
Benzoato	\$60.00	0.100	0.10	0.10	0.10	0.10
	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua / Hielo	\$0.10	8.590	21.33	26.32	36.31	36.70
	total	100.000	100.00	100.00	100.00	100.00

B. APLICACIÓN DE LA HOJA DE CÁLCULO PARA LA FORMULACIÓN DE UN JAMÓN DE CERDO

B.1. JAMÓN EXTRAFINO

B.1.1. Parámetros Económicos de Jamón Extrafino

Tabla 11. Datos de parámetros económicos para jamón extrafino

Ingredientes	\$ / kg	Extra fino
Pierna de cerdo	\$30.00	86.25
Prot. aisl. Soya	\$45.00	0.00
Carragenina	\$120.00	0.00
Fécula de papa	\$12.50	0.00
Sal común	\$1.50	1.70
Sal cura	\$5.00	0.50
Fosfato	\$15.00	0.40
Eritorbato	\$50.00	0.06
Azúcar	\$6.00	0.80
Color carmín	\$500.00	0.00
Lactato	\$30.00	0.50
Condimentos	\$50.00	0.50
Humo líquido	\$50.00	0.50
Sorbato	\$20.00	0.10
Benzoato	\$60.00	0.10
Agua (líq. + hielo)	\$0.10	8.59
	Total	100.00

B.1.1.1. Fórmula de costo

$$\text{Costo de Fórmula} = \sum ((\$ \text{ de Producto } 1 \times \text{Ingrediente } 1) + \dots + (\$ \text{ de Producto } n \times \text{Ingrediente } n))$$

B.1.1.2. Fórmula de Merma o Costo Real

$$\text{Costo Real} = \text{Costo Teórico Calculado} \times (100 \% + \% \text{ Merma en Cocción})$$

B.1.1.3. Fórmula de Participación Cárnica

$$\% \text{ Carne} = \sum (\text{Ing. Cárnico A} + \text{Ing. Cárnico B} + \dots + \text{Ing. Cárnico Z})$$

B.1.1.4. Fórmula de Nivel de Extensión

$$\% \text{ de Extensión} = (\sum \text{Ingredientes No Cárnicos} / \sum \text{Ingredientes Cárnicos}) \times 100$$

B.1.2. Parámetros Cuantitativos (1) de jamón extrafino

Tabla 12. Datos de parámetros cuantitativos (1) para jamón extrafino

Ingredientes	Extra Fino	Proteínas			Grasa	Cenizas	Agua
		Total	Colágeno	Prot. Add.			
Pierna de Cerdo	86.25	20.15	1.00		4.00	0.76	75.09
Prot. Aisl. Soya	0.00	87.50		87.50	0.50	5.00	5.00
Carragenina	0.00						5.00
Fécula de papa	0.00						10.00
Sal común	1.70					90.00	10.00
Sal cura	0.50					90.00	10.00
Fosfato	0.40					95.00	5.00
Eritorbato	0.06					95.00	5.00
Azúcar	0.80					0.04	0.16
Color carmín	0.00						
Lactato	0.50					0.04	0.16
Condimentos	0.50	8.00			10.00	5.00	12.00
Humo líquido	0.50					15.00	85.00
Sorbato	0.10					95.00	5.00
Benzoato	0.10					95.00	5.00
Agua (Liq. + Hielo)	8.59						100.00
Total	100.00						

B.1.2.1. Fórmula de Contenido Proteico

$$\% \text{ Proteína} = \sum (\text{Ingrediente 1} \times \text{Proteína de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ing. n} \times \text{Proteína de Ing. n})$$

B.1.2.2. Fórmula de Contenido de Colágeno

$$\% \text{ Colágeno} = \sum (\text{Ingrediente 1} \times \text{Colágeno de Ing. 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n} \times \text{Colágeno de Ing. n})$$

B.1.2.3. Fórmula de Participación de Proteína Adicionada

$$\% \text{ Proteína adicionada} = \sum (\text{Ing. Proteico } 1 \times \text{Proteína de Ing.1}) + \dots + (\text{Ing. Proteico } n \times \text{Proteína de Ing. n})$$

B.1.2.4. Fórmula de Participación de Grasa

$$\% \text{ Grasa} = \sum ((\text{Ingrediente } 1 \times \text{Grasa de Ingrediente } 1) + \dots + (\text{Ingrediente } n \times \text{Grasa de Ing. n}))$$

B.1.2.5. Fórmula de Participación de Agua (humedad)

$$\% \text{ Humedad} = \sum ((\text{Ingrediente } 1 \times \text{Agua de Ingrediente } 1) + \dots + (\text{Ingrediente } n \times \text{Agua de Ing. n}))$$

B.1.2.6. Fórmula de Proteína Libre de Grasa (PLG)

Proteína Total (Teórico/Analítico)

$$\text{PLG} = \text{-----} \times 100$$

(100% - Grasa total (Teórico/ Analítico))

B.1.3. Parámetros Cuantitativos (2) de jamón extrafino

Tabla 13. Datos de parámetros cuantitativos (2) para jamón extrafino

Ingredientes	Extra Fino	CHO's	Sal	Fosfato	Nitritos
Pierna de Cerdo	86.25			0.50	
Prot. Aisl. Soya	0.00	2.00		0.90	
Carragenina	0.00	95.00			
Fécula de papa	0.00	90.00			
Sal común	1.70		90.00		
Sal cura	0.50		83.50		6.50
Fosfato	0.40			95.00	
Eritorbato	0.06				
Azúcar	0.80	99.80			
Color carmín	0.00				
Lactato	0.50	99.80			
Condimentos	0.50	65.00		1.00	
Humo líquido	0.50				
Sorbato	0.10				
Benzoato	0.10				
Agua (Liq. + Hielo)	8.59				
Total	100.00				

B.1.3.1. Fórmula de Participación de carbohidratos

$$\% \text{ Carbohidratos} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X CHO's de Ing. 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X CHO's de Ing. n}))$$

B.1.3.2. Fórmula de Participación de sal (NaCl)

$$\% \text{ NaCl} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Sal de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Sal de Ingrediente n}))$$

B.1.3.3. Fórmula de Participación de Nitrito de Sodio (NO₂)

$$\% \text{ NO}_2 = \sum ((\text{Ingrediente 1 X NO}_2 \text{ de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X NO}_2 \text{ de Ingrediente n}))$$

B.1.3.4. Fórmula de Participación de Fosfato (PO₄)

$$\% \text{ PO}_4 = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Fosfato de Ing. 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Fosfato de Ing. n}))$$

B.1.4. Parámetros cualitativos de jamón extrafino

Tabla 14. Datos de parámetros cualitativos de jamón extrafino

Ingredientes	Extra Fino	CRA	Bind Index	Actual Bind	Color
Pierna de Cerdo	86.25	1.65	24.49	4.93	4.08
Prot. Aisl. Soya	0.00	6.00	26.00	22.75	
Carragenina	0.00	20.00			
Fécula de papa	0.00	2.50	8.00	8.00	
Sal común	1.70				
Sal cura	0.50				
Fosfato	0.40				
Eritorbato	0.06				
Azúcar	0.80	0.40			
Color carmín	0.00				3400.00
Lactato	0.50	0.40			
Condimentos	0.50				
Humo líquido	0.50				
Sorbato	0.10				
Benzoato	0.10				
Agua (Liq. + Hielo)	8.59				
Total	100.00				

B.1.4.1. Fórmula de Color:

$$\text{Color} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Color de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Color de Ingrediente n}))$$

B.1.4.2. Fórmula de Capacidad de Retención de Agua (CRA)

$$\text{CRA} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X CRA de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X CRA de Ingrediente n}))$$

B.1.4.3. Fórmula de Dureza

$$\text{DUREZA} = \frac{\text{CRA}}{\text{Humedad}}$$

B.1.4.4. Fórmula de Textura

$$\text{TEXTURA} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Actual Bind de Ing. 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Actual Bind de Ing. n}))$$

B.2. JAMÓN FINO

B.2.1. Parámetros Económicos de Jamón Fino

Tabla 15. Datos de parámetros económicos para jamón fino

Ingredientes	\$ / kg	Fino
Pierna de cerdo	\$30.00	70.00
Prot. aisl. Soya	\$45.00	2.00
Carragenina	\$120.00	1.50
Fécula de papa	\$12.50	
Sal común	\$1.50	1.70
Sal cura	\$5.00	0.50
Fosfato	\$15.00	0.40
Eritorbato	\$50.00	0.06
Azúcar	\$6.00	0.80
Color carmín	\$500.00	0.01
Lactato	\$30.00	0.50
Condimentos	\$50.00	0.50
Humo líquido	\$50.00	0.50
Sorbato	\$20.00	0.10
Benzoato	\$60.00	0.10
Agua (líq. + hielo)	\$0.10	21.33
	Total	100.00

B.2.1.1. Fórmula de Cálculo de costos

Costo de Fórmula = \sum ((\$ de Producto 1 X Ingrediente 1)+...+ (\$ de Producto n X Ingrediente. n))

B.2.1.2. Fórmula de Cálculo de Merma o Costo Real

Costo Real = Costo Teórico Calculado X (100 % + % Merma en Cocción)

B.2.1.3. Fórmula de % de Ahorro

Precio Referencia - Precio Objetivo

% Ahorro = ----- X 100

Precio Referencia

B.2.1.4. Fórmula de Participación Cárnica

$$\% \text{ Carne} = \sum (\text{Ing. Cárnico A} + \text{Ing. Cárnico B} + \dots + \text{Ing. Cárnico Z})$$

B.2.1.5. Fórmula de Nivel de Extensión

$$\% \text{ de Extensión} = (\sum \text{ de Ingredientes No Cárnicos} / \sum \text{ de Ingredientes Cárnicos}) \times 100$$

B.2.2. Parámetros Cuantitativos (1) de Jamón Fino

Tabla 16. Datos de parámetros cuantitativos (1) de jamón fino

Ingredientes	Fino	Proteínas			Grasa	Cenizas	Agua
		Total	Colágeno	Prot. Add.			
Pierna de Cerdo	70.00	20.15	1.00		4.00	0.76	75.09
Prot. Aisl. Soya	2.00	87.50		87.50	0.50	5.00	5.00
Carragenina	1.50						5.00
Fécula de papa							10.00
Sal común	1.70					90.00	10.00
Sal cura	0.50					90.00	10.00
Fosfato	0.40					95.00	5.00
Eritorbato	0.06					95.00	5.00
Azúcar	0.80					0.04	0.16
Color carmín	0.01						
Lactato	0.50					0.04	0.16
Condimentos	0.50	8.00			10.00	5.00	12.00
Humo líquido	0.50					15.00	85.00
Sorbato	0.10					95.00	5.00
Benzoato	0.10					95.00	5.00
Agua (Liq. + Hielo)	21.33						100.00
Total	100.00						

B.2.2.1. Fórmula de Contenido Proteico

$$\% \text{ Proteína Total} = \sum (\text{Ingrediente 1} \times \text{Proteína de Ing. 1}) + \dots + (\text{Ing. n} \times \text{Proteína de Ing. n})$$

B.2.2.2. Fórmula de Contenido de Colageno

$$\% \text{ Colágeno} = \sum (\text{Ingrediente 1} \times \text{Colágeno de Ing. 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n} \times \text{Colágeno de Ing. n})$$

B.2.2.3. Fórmula de Participación de Proteína Adicionada

$$\% \text{ Proteína adicionada} = \sum (\text{Ingrediente Proteico } 1 \times \text{Proteína de Ing. } 1) + \dots + (\text{Ing. Proteico } n \times \text{Proteína de Ing. } n)$$

B.2.2.4. Fórmula de Participación de Grasa

$$\% \text{ Grasa} = \sum ((\text{Ingrediente } 1 \times \text{Grasa de Ing. } 1) + \dots + (\text{Ingrediente } n \times \text{Grasa de Ing. } n))$$

B.2.2.5. Fórmula de Participación de Agua (humedad)

$$\% \text{ Humedad} = \sum ((\text{Ingrediente } 1 \times \text{Agua de Ing. } 1) + \dots + (\text{Ingrediente } n \times \text{Agua de Ing. } n))$$

B.2.2.6. Fórmula de Proteína Libre de Grasa (PLG)

Proteína Total (Teórico/Analítico)

$$\text{PLG} = \text{-----} \times 100$$

(100% - Grasa total (Teórico/ Analítico))

B.2.3. Parámetros Cuantitativos (2) de Jamón Fino

Tabla 17. Datos de parámetros cuantitativos (2) de jamón fino

Ingredientes	Fino	CHO's	Sal	Fosfato	Nitritos
Pierna de Cerdo	70.00			0.50	
Prot. Aisl. Soya	2.00	2.00		0.90	
Carragenina	1.50	95.00			
Fécula de papa		90.00			
Sal común	1.70		90.00		
Sal cura	0.50		83.50		6.50
Fosfato	0.40			95.00	
Eritorbato	0.06				
Azúcar	0.80	99.80			
Color carmín	0.01				
Lactato	0.50	99.80			
Condimentos	0.50	65.00		1.00	
Humo líquido	0.50				
Sorbato	0.10				
Benzoato	0.10				
Agua (Liq. + Hielo)	21.33				
Total	100.00				

B.2.3.1. Fórmula de participación de carbohidratos

$$\% \text{ Carbohidratos} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X CHO's de Ing. 1}) + \dots + (\text{Ing. n X CHO's de Ing. n}))$$

B.2.3.2. Fórmula de participación de sal (NaCl)

$$\% \text{ NaCl} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Sal de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Sal de Ingrediente n}))$$

B.2.3.3. Fórmula de participación de Nitrito de Sodio (NO₂)

$$\% \text{ NO}_2 = \sum ((\text{Ingrediente 1 X NO}_2 \text{ de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X NO}_2 \text{ de Ingrediente n}))$$

B.2.3.4. Fórmula de Participación de Fosfato (PO₄)

$$\% \text{ PO}_4 = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Fosfato de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Fosfato de Ing. n}))$$

B.2.4. Parámetros Cualitativos de Jamón Fino

Tabla 18. Datos de parámetros cualitativos de jamón fino

Ingredientes	Fino	CRA	Bind Index	Actual Bind	Color
Pierna de Cerdo	70.00	1.65	24.49	4.93	4.08
Prot. Aisl. Soya	2.00	6.00	26.00	22.75	
Carragenina	1.50	20.00			
Fécula de papa		2.50	8.00	8.00	
Sal común	1.70				
Sal cura	0.50				
Fosfato	0.40				
Eritorbato	0.06				
Azúcar	0.80	0.40			
Color carmín	0.01				3400.00
Lactato	0.50	0.40			
Condimentos	0.50				
Humo líquido	0.50				
Sorbato	0.10				
Benzoato	0.10				
Agua (Liq. + Hielo)	21.33				
Total	100.00				

B.2.4.1. Fórmula de Color

$$\text{Color} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Color de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Color de Ingrediente n}))$$

B.2.4.2. Fórmula de Capacidad de Retención de Agua (CRA)

$$\text{CRA} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X CRA de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X CRA de Ingrediente n}))$$

B.2.4.3. Fórmula de Dureza

$$\text{DUREZA} = \frac{\text{CRA}}{\text{Humedad}}$$

B.2.4.4. Fórmula de Textura

$$\text{TEXTURA} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Actual Bind de Ing. 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Actual Bind de Ing. n}))$$

B.3. JAMÓN PREFERENTE

B.3.1. Parámetros Económicos de Jamón Preferente

Tabla 19. Datos de parámetros económicos de jamón preferente

Ingredientes	\$ / kg	Preferente
Pierna de cerdo	\$30.00	60.00
Prot. aisl. Soya	\$45.00	2.00
Carragenina	\$120.00	1.50
Fécula de papa	\$12.50	5.00
Sal común	\$1.50	1.70
Sal cura	\$5.00	0.50
Fosfato	\$15.00	0.40
Eritorbato	\$50.00	0.06
Azúcar	\$6.00	0.80
Color carmín	\$500.00	0.02
Lactato	\$30.00	0.50
Condimentos	\$50.00	0.50
Humo líquido	\$50.00	0.50
Sorbato	\$20.00	0.10
Benzoato	\$60.00	0.10
Agua (líq. + hielo)	\$0.10	26.32
	Total	100.00

B.3.1.1. Fórmula de Cálculo de Costos

$$\text{Costo de Fórmula} = \sum ((\$ \text{ de Producto } 1 \times \text{Ingrediente } 1) + \dots + (\$ \text{ de Producto } n \times \text{Ing. } n))$$

B.3.1.2. Fórmula de Cálculo de Costo más Merma o Costo Real

$$\text{Costo Real} = \text{Costo Teórico Calculado} \times (100 \% + \% \text{ Merma en Cocción})$$

B.3.1.3. Fórmula de % de Ahorro

$$\text{Precio Referencia} - \text{Precio Objetivo}$$

$$\% \text{ Ahorro} = \frac{\text{Precio Referencia} - \text{Precio Objetivo}}{\text{Precio Referencia}} \times 100$$

Precio Referencia

B.3.1.4. Fórmula de Participación Cárnica

$$\% \text{ Carne} = \sum (\text{Ing. Cárnico A} + \text{Ing. Cárnico B} + \dots + \text{Ing. Cárnico Z})$$

B.3.1.5. Fórmula de Nivel de Extensión

$$\% \text{ de Extensión} = (\sum \text{ de Ingredientes No cárnicos} / \sum \text{ de Ingredientes Cárnicos}) \times 100$$

B.3.2. Parámetros Cuantitativos (1) de Jamón Preferente

Tabla 20. Datos de parámetros cuantitativos (1) de jamón preferente

Ingredientes	Preferente	Proteínas			Grasa	Cenizas	Agua
		Total	Colágeno	Prot. Add.			
Pierna de Cerdo	60.00	20.15	1.00		4.00	0.76	75.09
Prot. Aisl. Soya	2.00	87.50		87.50	0.50	5.00	5.00
Carragenina	1.50						5.00
Fécula de papa	5.00						10.00
Sal común	1.70					90.00	10.00
Sal cura	0.50					90.00	10.00
Fosfato	0.40					95.00	5.00
Eritorbato	0.06					95.00	5.00
Azúcar	0.80					0.04	0.16
Color carmín	0.02						
Lactato	0.50					0.04	0.16
Condimentos	0.50	8.00			10.00	5.00	12.00
Humo líquido	0.50					15.00	85.00
Sorbato	0.10					95.00	5.00
Benzoato	0.10					95.00	5.00
Agua (Liq. + Hielo)	26.32						100.00
Total	100.00						

B.3.2.1. Fórmula de Contenido Proteico

$$\% \text{ Proteína Total} = \sum (\text{Ingrediente 1} \times \text{Proteína de Ing.1}) + \dots + (\text{Ingrediente n} \times \text{Proteína de Ing.n})$$

B.3.2.2. Fórmula de Contenido de Colágeno

$$\% \text{ Colágeno} = \sum (\text{Ingrediente 1} \times \text{Colágeno de Ing. 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n} \times \text{Colágeno de Ing. n})$$

B.3.2.3. Fórmula de Participación de Proteína Adicionada

$$\% \text{ Proteína adicionada} = \sum (\text{Ingrediente Proteico } 1 \times \text{Proteína de Ing. } 1) + \dots + (\text{Ingrediente Proteico } n \times \text{Proteína de Ing. } n)$$

B.3.2.4. Fórmula de Participación de Grasa

$$\% \text{ Grasa} = \sum ((\text{Ingrediente } 1 \times \text{Grasa de Ingrediente } 1) + \dots + (\text{Ingrediente } n \times \text{Grasa de Ing. } n))$$

B.3.2.5. Fórmula de Proteína Libre de Grasa (PLG)

Proteína Total (Teórico/Analítico)

$$\text{PLG} = \frac{\text{Proteína Total (Teórico/Analítico)}}{(100\% - \text{Grasa total (Teórico/ Analítico)})} \times 100$$

B.3.2.6. Fórmula de Participación de Agua (humedad)

$$\% \text{ Humedad} = \sum ((\text{Ingrediente } 1 \times \text{Agua de Ingrediente } 1) + \dots + (\text{Ingrediente } n \times \text{Agua de Ing. } n))$$

B.3.3. Parámetros Cuantitativos (2) de Jamón Preferente

Tabla 21. Datos de parametros cuantitativos (2) de jamón preferente

Ingredientes	Preferente	CHO's	Sal	Fosfato	Nitritos
Pierna de Cerdo	60.00			0.50	
Prot. Aisl. Soya	2.00	2.00		0.90	
Carragenina	1.50	95.00			
Fécula de papa	5.00	90.00			
Sal común	1.70		90.00		
Sal cura	0.50		83.50		6.50
Fosfato	0.40			95.00	
Eritorbato	0.06				
Azúcar	0.80	99.80			
Color carmín	0.02				
Lactato	0.50	99.80			
Condimentos	0.50	65.00		1.00	
Humo líquido	0.50				
Sorbato	0.10				
Benzoato	0.10				
Agua (Liq. + Hielo)	26.32				
Total	100.00				

B.3.3.1. Fórmula de Participación de Carbohidratos

$$\% \text{ Carbohidratos} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X CHO's de Ing. 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X CHO's de Ing. n}))$$

B.3.3.2. Fórmula de Participación de Sal (NaCl)

$$\% \text{ NaCl} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Sal de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Sal de Ingrediente n}))$$

B.3.3.3. Fórmula de Participación de Nitrito de Sodio (NO₂)

$$\% \text{ NO}_2 = \sum ((\text{Ingrediente 1 X NO}_2 \text{ de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X NO}_2 \text{ de Ingrediente n}))$$

B.3.3.4. Fórmula de Participación de Fosfato (PO₄)

$$\% \text{ PO}_4 = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Fosfato de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Fosfato de Ing. n}))$$

B.3.4. Parámetros Cualitativos de Jamón Preferente

Tabla 22. Datos de parámetros cualitativos de jamón preferente

Ingredientes	Preferente	CRA	Bind Index	Actual Bind	Color
Pierna de Cerdo	60.00	1.65	24.49	4.93	4.08
Prot. Aisl. Soya	2.00	6.00	26.00	22.75	
Carragenina	1.50	20.00			
Fécula de papa	5.00	2.50	8.00	8.00	
Sal común	1.70				
Sal cura	0.50				
Fosfato	0.40				
Eritorbato	0.06				
Azúcar	0.80	0.40			
Color carmín	0.02				3400.00
Lactato	0.50	0.40			
Condimentos	0.50				
Humo líquido	0.50				
Sorbato	0.10				
Benzoato	0.10				
Agua (Liq. + Hielo)	26.32				
Total	100.00				

B.3.4.1. Fórmula de Color:

$$\text{Color} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Color de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Color de Ingrediente n}))$$

B.3.4.2. Fórmula de Capacidad de Retención de Agua (CRA)

$$\text{CRA} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X CRA de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X CRA de Ingrediente n}))$$

B.3.4.3. Fórmula de Dureza

$$\text{DUREZA} = \frac{\text{CRA}}{\text{Humedad}}$$

B.3.4.4. Fórmula de Textura

$$\text{TEXTURA} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Actual Bind de Ing. 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Actual Bind de Ing. n}))$$

B.4. JAMÓN COMERCIAL

B.4.1. Parámetros Económicos de Jamón Comercial

Tabla 23. Datos de parámetros económicos de jamón comercial

Ingredientes	\$ / kg	Comercial
Pierna de cerdo	\$30.00	50.00
Prot. aisl. Soya	\$45.00	2.00
Carragenina	\$120.00	1.50
Fécula de papa	\$12.50	5.00
Sal común	\$1.50	1.70
Sal cura	\$5.00	0.50
Fosfato	\$15.00	0.40
Eritorbato	\$50.00	0.06
Azúcar	\$6.00	0.80
Color carmín	\$500.00	0.03
Lactato	\$30.00	0.50
Condimentos	\$50.00	0.50
Humo líquido	\$50.00	0.50
Sorbato	\$20.00	0.10
Benzoato	\$60.00	0.10
Agua (líq. + hielo)	\$0.10	36.31
	Total	100.00

B.4.1.1. Fórmula de Cálculo de Costos

Costo de Fórmula = $\sum (\$ \text{ de producto } 1 \times \text{Ingrediente } 1) + \dots + (\$ \text{ de producto } n \times \text{Ing. } n)$

B.4.1.2. Fórmula de Cálculo de Costo más Merma o Costo Real

Costo Real = Costo teórico calculado $\times (100 \% + \% \text{ merma en cocción})$

B.4.1.3. Fórmula de % de Ahorro

Precio Referencia - Precio Objetivo

% Ahorro = ----- $\times 100$

Precio Referencia

B.4.1.4. Fórmula de Participación Cárnica

$$\% \text{ Carne} = \sum (\text{Ing. Cárnico A} + \text{Ing. Cárnico B} + \dots + \text{Ing. Cárnico Z})$$

B.4.1.5. Fórmula de Nivel de Extensión

$$\% \text{ de Extensión} = (\sum \text{ de Ingredientes No cárnicos} / \sum \text{ de Ingredientes Cárnicos}) \times 100$$

B.4.2. Parámetros Cuantitativos (1) de Jamón Comercial

Tabla 24. Datos de parámetros cuantitativos (1) de jamón comercial

Ingredientes	Comercial	Proteínas			Grasa	Cenizas	Agua
		Total	Colágeno	Prot. Add.			
Pierna de Cerdo	50.00	20.15	1.00		4.00	0.76	75.09
Prot. Aisl. Soya	2.00	87.50		87.50	0.50	5.00	5.00
Carragenina	1.50						5.00
Fécula de papa	5.00						10.00
Sal común	1.70					90.00	10.00
Sal cura	0.50					90.00	10.00
Fosfato	0.40					95.00	5.00
Eritorbato	0.06					95.00	5.00
Azúcar	0.80					0.04	0.16
Color carmín	0.03						
Lactato	0.50					0.04	0.16
Condimentos	0.50	8.00			10.00	5.00	12.00
Humo líquido	0.50					15.00	85.00
Sorbato	0.10					95.00	5.00
Benzoato	0.10					95.00	5.00
Agua (Liq. + Hielo)	36.31						100.00
Total	100.00						

B.4.2.1. Fórmula de Contenido Proteico

$$\% \text{ Proteína Total} = \sum (\text{Ingrediente 1} \times \text{Proteína de Ing.1}) + \dots + (\text{Ingrediente n} \times \text{Proteína de Ing. n})$$

B.4.2.2. Fórmula de Contenido de Colágeno

$$\% \text{ Colágeno} = \sum (\text{Ingrediente 1} \times \text{Colágeno de Ing. 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n} \times \text{Colágeno de Ing. n})$$

B.4.2.3. Fórmula de Participación de Proteína Adicionada

$$\% \text{ Proteína Add.} = \sum (\text{Ingrediente Proteico } 1 \times \text{Proteína de Ing.1}) + \dots + (\text{Ingrediente Proteico } n \times \text{Proteína de Ing. } n)$$

B.4.2.4. Fórmula de Participación de Grasa

$$\% \text{ Grasa} = \sum ((\text{Ingrediente } 1 \times \text{Grasa de Ingrediente } 1) + \dots + (\text{Ingrediente } n \times \text{Grasa de Ing. } n))$$

B.4.2.5. Fórmula de Participación de Agua (humedad)

$$\% \text{ Humedad} = \sum ((\text{Ingrediente } 1 \times \text{Agua de Ingrediente } 1) + \dots + (\text{Ingrediente } n \times \text{Agua de Ing. } n))$$

B.4.2.6. Fórmula de Proteína Libre de Grasa (PLG)

Proteína Total (Teórico/Analítico)

$$\text{PLG} = \text{-----} \times 100$$

(100% - Grasa total (Teórico/ Analítico))

B.4.3. Parámetros Cuantitativos (2) de Jamón Comercial

Tabla 25. Datos de parámetros cuantitativos (2) de jamón comercial

Ingredientes	Comercial	CHO's	Sal	Fosfato	Nitritos
Pierna de Cerdo	50.00			0.50	
Prot. Aisl. Soya	2.00	2.00		0.90	
Carragenina	1.50	95.00			
Fécula de papa	5.00	90.00			
Sal común	1.70		90.00		
Sal cura	0.50		83.50		6.50
Fosfato	0.40			95.00	
Eritorbato	0.06				
Azúcar	0.80	99.80			
Color carmín	0.03				
Lactato	0.50	99.80			
Condimentos	0.50	65.00		1.00	
Humo líquido	0.50				
Sorbato	0.10				
Benzoato	0.10				
Agua (Liq. + Hielo)	36.31				
Total	100.00				

B.4.3.1. Fórmula de Participación de carbohidratos

$$\% \text{ Carbohidratos} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X CHO's de Ing. 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X CHO's de Ing. n}))$$

B.4.3.2. Fórmula de Participación de sal (NaCl)

$$\% \text{ NaCl} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Sal de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X \% Sal de Ingrediente n}))$$

B.4.3.3. Fórmula de Participación de Nitrito de Sodio (NO₂)

$$\% \text{ NO}_2 = \sum ((\text{Ingrediente 1 X NO}_2 \text{ de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X NO}_2 \text{ de Ingrediente n}))$$

B.4.3.4. Fórmula de Participación del Fosfato (PO₄)

$$\% \text{ PO}_4 = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Fosfato de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Fosfato de Ing. n}))$$

B.4.4. Parámetros Cualitativos de Jamón Comercial

Tabla 26. Datos de parámetros cualitativo de jamón comercial

Ingredientes	Comercial	CRA	Bind Index	Actual Bind	Color
Pierna de Cerdo	50.00	1.65	24.49	4.93	4.08
Prot. Aisl. Soya	2.00	6.00	26.00	22.75	
Carragenina	1.50	20.00			
Fécula de papa	5.00	2.50	8.00	8.00	
Sal común	1.70				
Sal cura	0.50				
Fosfato	0.40				
Eritorbato	0.06				
Azúcar	0.80	0.40			
Color carmín	0.03				3400.00
Lactato	0.50	0.40			
Condimentos	0.50				
Humo líquido	0.50				
Sorbato	0.10				
Benzoato	0.10				
Agua (Liq. + Hielo)	36.31				
Total	100.00				

B.4.4.1. Fórmula de Nivel de Color:

$$\text{Color} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Color de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Color de Ingrediente n}))$$

B.4.4.2. Fórmula de Capacidad de Retención de Agua (CRA)

$$\text{CRA} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X CRA de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X CRA de Ingrediente n}))$$

B.4.4.3. Fórmula de Nivel de Dureza

$$\text{DUREZA} = \frac{\text{CRA}}{\text{Humedad}}$$

B.4.4.4. Fórmula de Nivel de Textura

$$\text{TEXTURA} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Actual Bind de Ing. 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Actual Bind de Ing. n}))$$

B.5. JAMÓN ECONÓMICO

B.5.1. Parámetros Económicos de Jamón Económico

Tabla 27. Datos de parámetros económicos de jamón económico

Ingredientes	\$ / kg	Económico
Pierna de cerdo	\$30.00	45.00
Prot. aisl. Soya	\$45.00	1.60
Carragenina	\$120.00	1.50
Fécula de papa	\$12.50	10.00
Sal común	\$1.50	1.70
Sal cura	\$5.00	0.50
Fosfato	\$15.00	0.40
Eritorbato	\$50.00	0.06
Azúcar	\$6.00	0.80
Color carmín	\$500.00	0.04
Lactato	\$30.00	0.50
Condimentos	\$50.00	0.50
Humo líquido	\$50.00	0.50
Sorbato	\$20.00	0.10
Benzoato	\$60.00	0.10
Agua (líq. + hielo)	\$0.10	36.70
	Total	100.00

B.5.1.1. Fórmula de Cálculo de Costos

Costo de Fórmula = $\sum (\$ \text{ de producto } 1 \times \text{Ingrediente } 1) + \dots + (\$ \text{ de producto } n \times \text{Ing. } n)$

B.5.1.2. Fórmula de Cálculo de Costo más Merma o Costo Real

Costo Real = Costo teórico calculado $\times (100 \% + \% \text{ Merma en cocción})$

B.5.1.3. Fórmula de % de Ahorro

Precio Referencia - Precio Objetivo

% Ahorro = $\frac{\text{Precio Referencia} - \text{Precio Objetivo}}{\text{Precio Referencia}} \times 100$

Precio Referencia

B.5.1.4. Fórmula de Participación Cárnica

$$\% \text{ Carne} = \sum (\text{Ing. Cárnico A} + \text{Ing. Cárnico B} + \dots + \text{Ing. Cárnico Z})$$

B.5.1.5. Fórmula de Nivel de Extensión

$$\% \text{ de Extensión} = (\sum \text{ de Ingredientes No cárnicos} / \sum \text{ de Ingredientes Cárnicos}) \times 100$$

B.5.2. Parámetros Cuantitativos (1) para Jamón Económico

Tabla 28. Datos de parámetros cuantitativos (1) jamón económico

Ingredientes	Económico	Proteínas			Grasa	Cenizas	Agua
		Total	Colágeno	Prot. Add.			
Pierna de Cerdo	45.00	20.15	1.00		4.00	0.76	75.09
Prot. Aisl. Soya	1.60	87.50		87.50	0.50	5.00	5.00
Carragenina	1.50						5.00
Fécula de papa	10.00						10.00
Sal común	1.70					90.00	10.00
Sal cura	0.50					90.00	10.00
Fosfato	0.40					95.00	5.00
Eritorbato	0.06					95.00	5.00
Azúcar	0.80					0.04	0.16
Color carmín	0.04						
Lactato	0.50					0.04	0.16
Condimentos	0.50	8.00			10.00	5.00	12.00
Humo líquido	0.50					15.00	85.00
Sorbato	0.10					95.00	5.00
Benzoato	0.10					95.00	5.00
Agua (Liq. + Hielo)	36.70						100.00
Total	100.00						

B.5.2.1. Fórmula de Contenido Proteico

$$\% \text{ Proteína Total} = \sum ((\text{Ingrediente 1} \times \text{Proteína de Ing.1}) + \dots + (\text{Ingrediente n} \times \text{Proteína de Ing.n}))$$

B.5.2.2. Fórmula de Contenido de Colágeno

$$\% \text{ Colágeno} = \sum (\text{Ingrediente 1} \times \% \text{ Colágeno de Ing.1}) + \dots + (\text{Ingrediente n} \times \% \text{ Colágeno de Ing. n})$$

B.5.2.3. Fórmula de Participación de Proteína Adicionada

$$\% \text{Proteína Add.} = \sum ((\text{Ingrediente Proteico } 1 \times \text{Proteína de Ing.1}) + \dots + (\text{Ingrediente Proteico } n \times \text{Proteína de Ing.n}))$$

B.5.2.4. Fórmula de Participación de Grasa

$$\% \text{ Grasa} = \sum ((\text{Ingrediente } 1 \times \% \text{ Grasa de Ingrediente } 1) + \dots + (\text{Ingrediente } n \times \text{Grasa de Ing. } n))$$

B.5.2.5. Fórmula de Participación de Agua (humedad)

$$\% \text{ Humedad} = \sum ((\text{Ingrediente } 1 \times \text{Agua de Ingrediente } 1) + \dots + (\text{Ingrediente } n \times \text{Agua de Ing. } n))$$

B.5.2.6. Fórmula de Proteína Libre de Grasa (PLG)

Proteína Total (Teórico/Analítico)

$$\text{PLG} = \text{-----} \times 100$$

(100% - Grasa total (Teórico/ Analítico))

B.5.3. Parámetros Cuantitativos (2) para Jamón Económico

Tabla 29. Datos de parámetros cuantitativos(2) para jamón económico

Ingredientes	Económico	CHO's	Sal	Fosfato	Nitritos
Pierna de Cerdo	45.00			0.50	
Prot. Aisl. Soya	1.60	2.00		0.90	
Carragenina	1.50	95.00			
Fécula de papa	10.00	90.00			
Sal común	1.70		90.00		
Sal cura	0.50		83.50		6.50
Fosfato	0.40			95.00	
Eritorbato	0.06				
Azúcar	0.80	99.80			
Color carmín	0.04				
Lactato	0.50	99.80			
Condimentos	0.50	65.00		1.00	
Humo líquido	0.50				
Sorbato	0.10				
Benzoato	0.10				
Agua (Liq. + Hielo)	36.70				
Total	100.00				

B.5.3.1. Fórmula de Participación de carbohidratos

$$\% \text{ Carbohidratos} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X CHO's de Ing. 1})+\dots+(\text{Ingrediente n X CHO's de Ing. n}))$$

B.5.3.2. Fórmula de Participación de sal (NaCl)

$$\% \text{ NaCl} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Sal de Ingrediente 1})+\dots+(\text{Ingrediente n X Sal de Ingrediente n}))$$

B.5.3.3. Fórmula de Participación de Nitrito de Sodio (NO₂)

$$\% \text{ NO}_2 = \sum ((\text{Ingrediente 1 X NO}_2 \text{ de Ingrediente 1})+\dots+(\text{Ingrediente n X NO}_2 \text{ de Ingrediente n}))$$

B.5.3.4. Fórmula de Participación de Fosfato (PO₄)

$$\% \text{ PO}_4 = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Fosfato de Ingrediente 1})+\dots+(\text{Ingrediente n X Fosfato de Ing. n}))$$

B.5.4. Parámetros Cualitativos de Jamón Económico

Tabla 30. Datos de parámetros cualitativos de jamón económico

Ingredientes	Económico	CRA	Bind Index	Actual Bind	Color
Pierna de Cerdo	45.00	1.65	24.49	4.93	4.08
Prot. Aisl. Soya	1.60	6.00	26.00	22.75	
Carragenina	1.50	20.00			
Fécula de papa	10.00	2.50	8.00	8.00	
Sal común	1.70				
Sal cura	0.50				
Fosfato	0.40				
Eritorbato	0.06				
Azúcar	0.80	0.40			
Color carmín	0.04				3400.00
Lactato	0.50	0.40			
Condimentos	0.50				
Humo líquido	0.50				
Sorbato	0.10				
Benzoato	0.10				
Agua (Liq. + Hielo)	36.70				
Total	100.00				

B.5.4.1. Fórmula de Color:

$$\text{Color} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Color de Ingrediente 1})+\dots+(\text{Ingrediente n X Color de Ingrediente n}))$$

B.5.4.2. Fórmula de Capacidad de Retención de Agua (CRA)

$$\text{CRA} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X CRA de Ingrediente 1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X CRA de Ingrediente n}))$$

B.5.4.3. Fórmula de Dureza

$$\text{DUREZA} = \frac{\text{CRA}}{\text{Humedad}}$$

B.5.4.4. Fórmula de Textura

$$\text{TEXTURA} = \sum ((\text{Ingrediente 1 X Actual Bind de Ing.1}) + \dots + (\text{Ingrediente n X Actual Bind de Ing. n}))$$

CAPITULO III. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

C. RESULTADOS

C.1. JAMÓN EXTRAFINO

C.1.1. Cálculo de Parámetros Económicos para Jamón Extrafino

C.1.1.1. Cálculo de costo

$$\begin{aligned} \text{Costo de Jamón Extrafino} &= \sum (30 \times 0.8625) + (1.5 \times 0.017) + (5 \times 0.005) + (15 \times 0.004) + (50 \times 0.0006) \\ &+ (6 \times 0.008) + (30 \times 0.005) + (50 \times 0.005) + (50 \times 0.005) + (20 \times 0.001) + (60 \times 0.001) + (0.1 \times 0.0859) \\ &= \$26.80 \end{aligned}$$

C.1.1.2. Cálculo de Merma o Costo Real

$$\text{Merma} = 0\%$$

$$\text{Costo Real} = 26.80 \times (1.0 + 0) = \mathbf{\$26.80}$$

C.1.1.3. Participación Cárnica

$$\% \text{ Carne} = 86.25 + 0 + 0 = \mathbf{86.25\%}$$

C.1.1.4. Nivel de Extensión

$$\% \text{ de Extensión} = (13.75 / 86.25) 100 = \mathbf{15.94\%}$$

Tabla 31. Resultados de parámetros económicos de jamón extrafino

Costo/ kg	\$26.80
Costo + Merma	\$26.80
%ahorro	0.00%
%Cárnico	86.25%
%Extensión	15.94%

C.1.2. Cálculo de Parámetros Cuantitativos (1) para jamón extrafino

C.1.2.1. Contenido Proteico

$$\% \text{ Proteína} = \sum (86.25 \times 0.2015) + (0.50 \times 0.08) = \mathbf{17.42\%}$$

C.1.2.2. Contenido de Colageno

$$\% \text{ Colágeno} = \sum (86.25 \times 0.01) + (0) = \mathbf{0.8625\%}$$

C.1.2.3. Participación de Proteína Adicionada

$$\% \text{ Proteína adicionada} = \mathbf{0\%}$$

C.1.2.4. Participación de Grasa

$$\% \text{ Grasa} = (86.25 \times 0.04) + (0.5 \times 0.10) = \mathbf{3.50\%}$$

C.1.2.5. Participación de Agua (humedad)

$$\% \text{ Humedad} = (86.25 \times 0.7509) + (1.70 \times 0.10) + (0.5 \times 0.10) + (0.4 \times 0.05) + (0.06 \times 0.05) + (0.8 \times 0.0016) + (0.5 \times 0.0016) + (0.5 \times 0.12) + (0.5 \times 0.85) + (0.10 \times 0.05) + (0.10 \times 0.05) + (8.59 \times 1.00) = \mathbf{74.10\%}$$

C.1.2.6. Proteína Libre de Grasa (PLG)

17.42 (Proteína Teórica)

$$\text{PLG} = \frac{17.42}{(100 - 3.50)} \times 100 = \mathbf{18.05\%}$$

Tabla 32. Resultados de parámetros cuantitativos (1) de jamón extrafino

%Proteína Total	17.42%
%Colageno	0.86%
%Proteína Add.	0.00%
%Grasa	3.50%
%Agua	74.10%
%PLG	18.05%

C.1.3. Cálculo de Parámetros Cuantitativos (2) para jamón extrafino

C.1.3.1. Participación de carbohidratos

$$\% \text{CHOS} = (0.8 \times 0.998) + (0.5 \times 0.998) + (0.5 \times 0.65) = \mathbf{1.62\%}$$

C.1.3.2. Participación de sal (NaCl)

$$\% \text{NaCl} = (1.7 \times 0.90) + (0.5 \times 0.835) = \mathbf{1.95\%}$$

C.1.3.3. Participación de Nitrito de Sodio (NO₂)

$$\% \text{NO}_2 = (0.5 \times 0.065) = \mathbf{0.0325\% = 325 \text{ ppm}}$$

C.1.3.4. Participación de Fosfato (PO₄)

$$\% \text{PO}_4 = (86.25 \times 0.005) + (0.40 \times 0.95) + (0.5 \times 0.01) = \mathbf{0.82\%}$$

Tabla 33. Resultados de parámetros cuantitativos (2) de jamón extrafino

%CHO's	1.62%
%Sal	1.95%
%Nitritos	0.03%
%Fosfatos	0.82%

C.1.4. Cálculo de parámetros cualitativos para jamón extrafino

C.1.4.1. Color:

$$\text{Color} = (86.25 \times 4.08) = 351.9$$

C.1.4.2. Capacidad de Retención de Agua (CRA)

$$\text{CRA} = (86.25 \times 1.65) + (0.80 \times 0.40) + (0.5 \times 0.40) = 142.8$$

C.1.4.3. Dureza

$$\text{DUREZA} = 142.8 / 74.1 = 1.93$$

C.1.4.4. Textura

$$\text{TEXTURA} = (86.25 \times 4.93) = 425.21$$

Tabla 34. Resultados de parámetros cualitativos de jamón extrafino

Color	351.90
CRA	142.83
Dureza	1.93
Textura	425.21

C.2. JAMÓN FINO

C.2.1. Cálculo de Parámetros Económicos para Jamón Fino

C.2.1.1. Cálculo de costos

Costo de Jamón Fino = $(30 \times 0.70) + (45 \times 0.02) + (120 \times 0.015) + (1.5 \times 0.017) + (5 \times 0.005) + (15 \times 0.004) + (50 \times 0.0006) + (6 \times 0.008) + (500 \times 0.0001) + (30 \times 0.005) + (50 \times 0.005) + (50 \times 0.005) + (20 \times 0.001) + (60 \times 0.001) + (0.1 \times 0.2133) = \mathbf{\$24.64}$

C.2.1.2. Cálculo de Merma o Costo Real

Merma = **0%**

Costo Real = $24.69 \times (1.0 + 0) = \mathbf{\$24.64}$

C.2.1.3. % de Ahorro

$$26.80 - 24.64$$

% Ahorro = $\frac{\text{-----}}{26.80} \times 100 = \mathbf{8.06\%}$

$$26.80$$

C.2.1.4. Participación Cárnica

% Carne = $70.00 + 0 + 0 = \mathbf{70.00\%}$

C.2.1.5. Nivel de Extensión

% de Extensión = $(30 / 70) 100 = \mathbf{42.86\%}$

Tabla 35. Resultados de parámetros económicos de jamón fino

Costo/kg	\$24.64
Costo + Merma	\$24.64
% Ahorro	8.06%
% Cárnico	70.00%
% Extensión	42.86%

C.2.2. Cálculo de Parámetros Cuantitativos (1) para Jamón Fino

C.2.2.1. Contenido Proteico

$$\% \text{ Proteína Total} = (70.00 \times 0.2015) + (2.0 \times 0.875) + (0.5 \times 0.080) = \mathbf{15.90\%}$$

C.2.2.2. Contenido de Colageno

$$\% \text{ Colágeno} = \sum (70.00 \times 0.01) = \mathbf{0.70\%}$$

C.2.2.3. Participación de Proteína Adicionada

$$\% \text{ Proteína adicionada} = 2 \times 0.875 = \mathbf{1.75\%}$$

C.2.2.4. Participación de Grasa

$$\% \text{ Grasa} = (70.00 \times 0.04) + (2 \times 0.005) + (0.5 \times 0.10) = \mathbf{2.86\%}$$

C.2.2.5. Participación de Agua (humedad)

$$\begin{aligned} \% \text{ Humedad} = & (70.00 \times 0.7509) + (2 \times 0.06) + (1.5 \times 0.05) + (1.7 \times 0.10) + (0.5 \times 0.10) + (0.4 \times 0.05) + \\ & (0.06 \times 0.05) + (0.8 \times 0.0016) + (0.5 \times 0.0016) + (0.5 \times 0.12) + (0.5 \times 0.85) + (21.33 \times 1.00) = \\ & \mathbf{74.81\%} \end{aligned}$$

C.2.2.6. Proteína Libre de Grasa (PLG)

15.90

$$\text{PLG} = \frac{15.90}{(100 - 2.86)} \times 100 = 16.37 \%$$

Tabla 36. Resultados de parámetros cuantitativos (1) de jamón fino

%Proteína total	15.90%
%Colageno	0.70%
%Proteína Add.	1.75%
%Grasa	2.86%
%Agua	74.81%
%PLG	16.37%

C.2.3. Cálculo de Parámetros Cuantitativos (2) para Jamón Fino

C.2.3.1. Participación de carbohidratos

$$\% \text{CHOS} = (2.0 \times 0.02) + (1.5 \times 0.95) + (0.8 \times 0.998) + (0.5 \times 0.998) + (0.5 \times 0.65) = 3.09\%$$

C.2.3.2. Participación de sal (NaCl)

$$\% \text{NaCl} = (1.7 \times 0.90) + (0.5 \times 0.835) = 1.95\%$$

C.2.3.3. Participación de Nitrito de Sodio (NO₂)

$$\% \text{NO}_2 = (0.5 \times 0.065) = 0.0325\% = 325 \text{ ppm}$$

C.2.3.4. Participación de Fosfato (PO₄)

$$\% \text{PO}_4 = (70 \times 0.005) + (2.0 \times 0.009) + (0.4 \times 0.95) + (0.5 \times 0.01) = 0.75\%$$

Tabla 37. Resultados de parámetros cuantitativos (2) de jamón fino

%CHO's	3.09%
%Sal	1.95%
%Nitritos	0.03%
%Fosfatos	0.75%

C.2.4. Cálculo de Parámetros Cualitativos para Jamón Fino

C.2.4.1. Color

$$\text{Color} = (70.0 \times 4.08) + (0.01 \times 3400) = \mathbf{319.6}$$

C.2.4.2. Capacidad de Retención de Agua (CRA)

$$\text{CRA} = (70.0 \times 1.65) + (2.0 \times 6.0) + (1.50 \times 20.0) + (0.80 \times 0.40) + (0.50 \times 0.40) = \mathbf{158.02}$$

C.2.4.3. Dureza

$$\text{DUREZA} = 158.02 / 74.81 = \mathbf{2.11}$$

C.2.4.4. Textura

$$\text{TEXTURA} = (70 \times 4.93) + (2 \times 22.75) = \mathbf{390.6}$$

Tabla 38. Resultados de parámetros cualitativos de jamón fino

Color	319.60
CRA	158.02
Dureza	2.11
Textura	390.60

C.3. JAMÓN PREFERENTE

C.3.1.1. Cálculo de costos

Costo de Jamón Fino = $(30 \times 0.60) + (45 \times 0.02) + (120 \times 0.015) + (12.5 \times 0.05) + (1.5 \times 0.017) + (5 \times 0.005) + (15 \times 0.004) + (50 \times 0.0006) + (6 \times 0.008) + (500 \times 0.0002) + (30 \times 0.005) + (50 \times 0.005) + (50 \times 0.005) + (20 \times 0.001) + (60 \times 0.001) + (0.10 \times 0.2632) = \mathbf{\$22.37}$

C.3.1.2. Cálculo de costo más Merma o Costo Real

Merma = **0%**

Costo Real = $22.37 \times (1.0 + 0) = \mathbf{\$22.37}$

C.3.1.3. % de Ahorro

$$26.80 - 22.37$$

% Ahorro = $\frac{\text{-----}}{26.80} \times 100 = \mathbf{16.53\%}$

$$26.80$$

C.3.1.4. Participación Cárnica

% Carne = $60.00 + 0 + 0 = \mathbf{60.00\%}$

C.3.1.5. Nivel de Extensión

% de Extensión = $(40 / 60) \times 100 = \mathbf{67\%}$

Tabla 39. Resultados de parámetros económicos de jamón preferente

Costo / kg	\$22.37
Costo + Merma	\$22.37
%Ahorro	16.53%
%Cárnico	60.00%
%Extensión	67.00%

C.3.2. Cálculo de Parámetros Cuantitativos (1) para Jamón Preferente

C.3.2.1. Contenido Proteico

$$\% \text{ Proteína Total} = (60.00 \times 0.2015) + (2.0 \times 0.875) + (0.5 \times 0.08) = \mathbf{13.84\%}$$

C.3.2.2. Contenido de Colágeno

$$\text{Colágeno} = \sum (60.00 \times 0.01) = \mathbf{0.60\%}$$

C.3.2.3. Participación de Proteína Adicionada

$$\% \text{ Proteína adicionada} = 2 \times 0.8750 = \mathbf{1.75\%}$$

C.3.2.4. Participación de Grasa

$$\% \text{ Grasa} = (60.00 \times 0.04) + (2 \times 0.005) + (0.5 \times 0.10) = \mathbf{2.46\%}$$

C.3.2.6. Participación de Agua (humedad)

$$\begin{aligned} \% \text{ Humedad} &= (60.00 \times 0.7509) + (2.0 \times 0.06) + (1.5 \times 0.05) + (5.0 \times 0.10) + (1.70 \times 0.10) + (0.5 \times 0.10) \\ &+ (0.4 \times 0.05) + (0.06 \times 0.05) + (0.80 \times 0.0016) + (0.50 \times 0.0016) + (0.50 \times 0.0016) + (0.50 \times 0.12) + (0.5 \\ &\times 0.85) + (26.32 \times 1.00) = \mathbf{72.79\%} \end{aligned}$$

C.3.2.5. Proteína Libre de Grasa (PLG)

13.84 (Proteína Teórica)

$$\text{PLG} = \frac{13.84}{(100 - 2.46)} \times 100 = \mathbf{14.19\%}$$

Tabla 40. Resultados de parámetros cuantitativos (1) de jamón preferente

%Proteína total	13.84%
%Colágeno	0.60%
%Proteína Add.	1.75%
%Grasa	2.46%
%Agua	72.79%
%PLG	14.19%

C.3.3. Cálculo de Parámetros Cuantitativos (2) para Jamón Preferente

C.3.3.1. Participación de carbohidratos

$$\begin{aligned} \% \text{ CHOS} &= (2.0 \times 0.02) + (1.5 \times 0.95) + (5.0 \times 0.90) + (0.8 \times 0.998) + (0.5 \times 0.998) + (0.5 \times 0.65) \\ &= \mathbf{7.59\%} \end{aligned}$$

C.3.3.2. Participación de sal (NaCl)

$$\% \text{ NaCl} = (1.7 \times 0.90) + (0.5 \times 0.835) = \mathbf{1.95\%}$$

C.3.3.3. Participación de Nitrito de Sodio (NO₂)

$$\% \text{ NO}_2 = (0.5 \times 0.065) = \mathbf{0.0325\%} = \mathbf{325 \text{ ppm}}$$

C.3.3.4. Participación de Fosfato (PO₄)

$$\% \text{ PO}_4 = (60 \times 0.005) + (2.0 \times 0.009) + (0.5 \times 0.95) + (0.5 \times 0.01) = \mathbf{0.80\%}$$

Tabla 41. Resultados de parámetros cuantitativos (2) de jamón preferente

%CHO's	7.59%
%Sal	1.95%
%Nitritos	0.03%
%Fosfatos	0.80%

C.3.4. Cálculo de Parámetros Cualitativos para Jamón Preferente

C.3.4.1. Nivel de Color:

$$\text{Color} = (60 \times 4.08) + (0.02 \times 3400) = \mathbf{312.8}$$

C.3.4.2. Capacidad de Retención de Agua (CRA)

$$\text{CRA} = (60 \times 1.65) + (2.0 \times 6.0) + (1.50 \times 20.0) + (5 \times 2.50) + (0.80 \times 0.40) + (0.5 \times 0.40) = \mathbf{154.02}$$

C.3.4.3. Nivel de Dureza

$$\text{DUREZA} = 154.02 / 72.79 = \mathbf{2.12}$$

C.3.4.4. Nivel de Textura

$$\text{TEXTURA} = (60 \times 4.93) + (2 \times 22.5) + (5 \times 8.0) = \mathbf{380.80}$$

Tabla 42. Resultados de parámetros cualitativos de jamón preferente

Color	312.80
CRA	154.02
Dureza	2.12
Textura	380.80

C.4. JAMÓN COMERCIAL

C.4.1. Cálculo de Parámetros Económicos para Jamón Comercial

C.4.1.1. Cálculo de costos

$$\begin{aligned} \text{Costo de Jamón Fino} &= (30 \times 0.50) + (45 \times 0.02) + (120 \times 0.015) + (12.5 \times 0.05) + (1.5 \times 0.017) + \\ &(5 \times 0.005) + (15 \times 0.004) + (50 \times 0.0006) + (6 \times 0.008) + (500 \times 0.0003) + (30 \times 0.005) + (50 \times 0.005) \\ &+ (50 \times 0.005) + (20 \times 0.001) + (60 \times 0.001) + (0.10 \times 0.3631) = \mathbf{\$19.28} \end{aligned}$$

C.4.1.2. Cálculo de costo más Merma o Costo Real

$$\text{Merma} = \mathbf{0\%}$$

$$\text{Costo Real} = 19.43 \times (1.0 + 0) = \mathbf{\$19.28}$$

C.4.1.3. % de Ahorro

$$\begin{aligned} &26.80 - 19.28 \\ \% \text{ Ahorro} &= \frac{\text{-----}}{26.80} \times 100 = \mathbf{28.06\%} \end{aligned}$$

C.4.1.4. Participación Cárnica

$$\% \text{ Carne} = 50.00 + 0 + 0 = \mathbf{50.00\%}$$

C.4.1.5. Nivel de Extensión

$$\% \text{ de Extensión} = (50 / 50) 100 = \mathbf{100\%}$$

Tabla 43. Resultados de parámetros económicos de jamón comercial

Costo / kg	\$19.28
Costo + Merma	\$19.28
%Ahorro	28.06%
%Cárnico	50.00%
%Extensión	100.00%

C.4.2. Cálculo de parámetros cuantitativos (1) de jamón comercial

C.4.2.1. Contenido Proteico

$$\% \text{ Proteína Total} = (50.00 \times 0.2015) + (2.0 \times 0.875) + (0.5 \times 0.08) = \mathbf{11.87\%}$$

C.4.2.2. Contenido de Colágeno

$$\% \text{ Colágeno} = \sum (50.00 \times 0.01) = \mathbf{0.50\%}$$

C.4.2.3. Participación de Proteína Adicionada

$$\% \text{ Proteína adicionada} = 2 \times 0.8750 = \mathbf{1.75\%}$$

C.4.2.4. Participación de Grasa

$$\% \text{ Grasa} = (50.00 \times 0.04) + (2.0 \times 0.005) + (0.5 \times 0.10) = \mathbf{2.06\%}$$

C.4.2.5. Participación de Agua (humedad)

$$\begin{aligned} \% \text{ Humedad} = & (50.00 \times 0.7509) + (2.0 \times 0.06) + (1.5 \times 0.05) + (5.0 \times 0.10) + (1.70 \times 0.10) + (0.5 \times 0.10) \\ & + (0.4 \times 0.05) + (0.06 \times 0.05) + (0.80 \times 0.0016) + (0.50 \times 0.0016) + (0.50 \times 0.001\%) + (0.50 \times 0.12) + (0.5 \\ & \times 0.85) + (36.31 \times 1.00) = \mathbf{75.28\%} \end{aligned}$$

C.4.2.6. Proteína Libre de Grasa (PLG)

11.87 (Proteína Teórica)

$$\text{PLG} = \frac{11.87}{(100 - 2.06)} \times 100 = \mathbf{12.12\%}$$

Tabla 44. Resultados de parámetros cuantitativos (1) de jamón comercial

%Proteína total	11.87%
%Colágeno	0.50%
%Proteína Add.	1.75%
%Grasa	2.06%
%Agua	75.28%
%PLG	12.12%

C.4.3. Cálculo de parámetros cuantitativos (2) de jamón comercial

C.4.3.1. Participación de carbohidratos

$$\% \text{CHOS} = (2.0 \times 0.02) + (1.5 \times 0.95) + (5.0 \times 0.90) + (0.8 \times 0.998) + (0.5 \times 0.998) + (0.5 \times 0.65) = \mathbf{7.59\%}$$

C.4.3.2. Participación de sal (NaCl)

$$\% \text{NaCl} = (1.7 \times 0.90) + (0.5 \times 0.835) = \mathbf{1.95\%}$$

C.4.3.3. Participación de Nitrito de Sodio (NO₂)

$$\% \text{NO}_2 = (0.5 \times 0.065) = \mathbf{0.0325\% = 325 \text{ ppm}}$$

C.4.3.4. Participación del Fosfato (PO₄)

$$\% \text{PO}_4 = (50 \times 0.005) + (2.0 \times 0.009) + (0.4 \times 0.95) + (0.5 \times 0.01) = \mathbf{0.65\%}$$

Tabla 45. Resultados de parámetros cuantitativos (2) de jamón comercial

% CHO's	7,59%
% Sal	1,95%
% Nitritos	0,03%
% Fosfatos	0,65%

C.4.4. Cálculo de parámetros cualitativos de jamón comercial

C.4.4.1. Nivel de Color:

$$\text{Color} = (50 \times 4.08) + (0.03 \times 3400) = \mathbf{306}$$

C.4.4.2. Capacidad de Retención de Agua (CRA)

$$\text{CRA} = (50 \times 1.65) + (2.0 \times 6.0) + (1.50 \times 20.0) + (5 \times 2.50) + (0.80 \times 0.40) + (0.5 \times 0.40) = \mathbf{137.52}$$

C.4.4.3. Nivel de Dureza

$$\text{DUREZA} = 137.52 / 75.28 = \mathbf{1.83}$$

C.4.4.4. Nivel de Textura

$$\text{TEXTURA} = (50 \times 4.93) + (2 \times 22.5) + (5 \times 8.0) = \mathbf{331.50}$$

Tabla 46. Resultados de parámetros cualitativos de jamón comercial

Color	306.00
CRA	137.52
Dureza	1.83
Textura	331.50

C.5. JAMÓN ECONÓMICO

C.5.1. Cálculo de parámetros económicos de jamón económico

C.5.1.1. Cálculo de costos

$$\begin{aligned} \text{Costo de Jamón Fino} &= (30 \times 0.45) + (45 \times 0.016) + (120 \times 0.015) + (12.5 \times 0.10) + (1.5 \times 0.017) \\ &+ (5 \times 0.005) + (15 \times 0.004) + (50 \times 0.0006) + (6 \times 0.008) + (500 \times 0.0003) + (30 \times 0.005) + (50 \times \\ &0.005) + (50 \times 0.005) + (20 \times 0.001) + (60 \times 0.001) + (0.10 \times 0.3670) = \mathbf{\$18.43} \end{aligned}$$

C.5.1.2. Cálculo de costo más Merma o Costo Real

$$\text{Merma} = \mathbf{0\%}$$

$$\text{Costo Real} = 18.41 \times (1.0 + 0) = \mathbf{\$18.43}$$

C.5.1.3. % de Ahorro

$$\begin{aligned} &26.80 - 18.43 \\ \% \text{ Ahorro} &= \frac{\text{-----}}{26.80} \times 100 = \mathbf{31.23} \end{aligned}$$

C.5.1.4. Participación Cárnica

$$\% \text{ Carne} = 45.00 + 0 + 0 = \mathbf{45.00\%}$$

C.5.1.5. Nivel de Extensión

$$\% \text{ de Extensión} = (55 / 45) 100 = \mathbf{122.22\%}$$

Tabla 47. Resultados de parámetros económicos de jamón económico

Costo / kg	\$18.43
Costo + Merma	\$18.43
%Ahorro	31.23%
%Cárnico	45.00%
%Extensión	122.22%

C.5.2. Cálculo de Parámetros Cuantitativos (1) para Jamón Económico

C.5.2.1. Contenido Proteico

$$\% \text{ Proteína Total} = (45.00 \times 0.2015) + (1.60 \times 0.875) + (0.5 \times 0.08) = \mathbf{10.51\%}$$

C.5.2.2. Contenido de Colágeno

$$\% \text{ Colágeno} = \sum (45.00 \times 0.01) = \mathbf{0.45\%}$$

C.5.2.3. Participación de Proteína Adicionada

$$\% \text{ Proteína adicionada} = 1.60 \times 0.8750 = \mathbf{1.40\%}$$

C.5.2.4. Participación de Grasa

$$\% \text{ Grasa} = (45.00 \times 0.04) + (1.60 \times 0.005) + (0.5 \times 0.10) = \mathbf{1.86\%}$$

C.5.2.5. Participación de Agua (humedad)

$$\begin{aligned} \% \text{ Humedad} = & (45.00 \times 0.7509) + (1.60 \times 0.06) + (1.5 \times 0.05) + (5.0 \times 0.10) + (1.70 \times 0.10) + (0.5 \times 0.10) \\ & + (0.4 \times 0.05) + (0.06 \times 0.05) + (0.80 \times 0.0016) + (0.50 \times 0.0016) + (0.50 \times 0.12) + (0.5 \times 0.85) + (36.70 \\ & \times 1.00) = \mathbf{72.39\%} \end{aligned}$$

C.5.2.6. Proteína Libre de Grasa (PLG)

10.51 (Proteína Teórica)

$$\text{PLG} = \frac{\text{-----}}{(100 - 1.86)} \times 100 = \mathbf{10.71 \%}$$

Tabla 48. Resultados de parámetros cuantitativos (1) de jamón económico

%Proteína total	10.51%
%Colágeno	0.45%
%Proteína Add.	1.40%
%Grasa	1.86%
%Agua	72.39%
%PLG	10.71%

C.5.3. Cálculo de Parámetros Cuantitativos (2) para Jamón Económico

C.5.3.1. Participación de carbohidratos

$$\begin{aligned} \% \text{ CHOS} &= (1.60 \times 0.02) + (1.5 \times 0.95) + (10.0 \times 0.90) + (0.8 \times 0.998) + (0.5 \times 0.998) + (0.5 \times 0.65) \\ &= \mathbf{12.08\%} \end{aligned}$$

C.5.3.2. Participación de sal (NaCl)

$$\% \text{ NaCl} = (1.7 \times 0.90) + (0.5 \times 0.835) = \mathbf{1.95\%}$$

C.5.3.3. Participación de Nitrito de Sodio (NO₂)

$$\% \text{ NO}_2 = (0.5 \times 0.065) = \mathbf{0.0325\% = 325 \text{ ppm}}$$

C.5.3.4. Participación de Fosfato (PO₄)

$$\% \text{ PO}_4 = (45 \times 0.005) + (1.60 \times 0.009) + (0.4 \times 0.95) + (0.5 \times 0.01) = \mathbf{0.62\%}$$

Tabla 49. Resultados de parámetros cuantitativos (2) de jamón económico

%CHO´s	12.08%
%Sal	1.95%
%Nitritos	0.03%
%Fosfatos	0.62%

C.5.4. Cálculo de Parámetros Cualitativos de Jamón Económico

C.5.4.1. Nivel de Color:

$$\text{Color} = (45 \times 4.08) + (0.04 \times 3400) = \mathbf{319.6}$$

C.5.4.2. Capacidad de Retención de Agua (CRA)

$$\text{CRA} = (45 \times 1.65) + (1.60 \times 6.0) + (1.50 \times 20.0) + (10 \times 2.50) + (0.80 \times 0.40) + (0.5 \times 0.40) = \mathbf{139.37}$$

C.5.4.3. Nivel de Dureza

$$\text{DUREZA} = 139.37 / 72.39 = \mathbf{1.93}$$

C.5.4.4. Nivel de Textura

$$\text{TEXTURA} = (45 \times 4.93) + (1.60 \times 22.5) + (10 \times 8.0) = \mathbf{337.85}$$

Tabla 50. Resultados de parámetros cualitativos de jamón económico

Color	319.60
CRA	139.37
Dureza	1.93
Textura	337.85

D. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para realizar el análisis de resultados es importante considerar en primera instancia los datos contenidos en la tabla 9 referente a la composición química proximal de cada materia prima cárnica y su relación con valores físicoquímicos promedio como la CRA, color, índice de ligazón y la relación de este último valor por el nivel de proteína, que han sido obtenidos de investigaciones realizadas en la Universidad de Iowa y de Nebraska y desarrolladas por la Food and Drug Administration del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (FDA-USDA), con objeto de considerar la gran diversidad de materias primas que usa la industria de los embutidos para la elaboración de sus productos bajo especificaciones establecidas en su normatividad. Su importancia radica en que son los mismos valores que usan los sistemas de formulación como es el “Least Cost Formulation™”, considerado como referente para la formulación de embutidos por las principales empresas del ramo que constituyen el 80% de la producción total en México.

Para los valores no cárnicos se puede recurrir a la ficha técnica de los proveedores de cada materia prima (químico proximal y físicoquímicos) y así analizar el grado de error entre la fórmula propuesta y el producto terminado.

En la tabla 10 se incluyen las diferentes fórmulas teóricas de jamones de cerdo, se observa que hay ingredientes en cantidades constantes o fijas, como la sal común, sales de curación, fosfatos, etc., y otros variables como la carne, proteína, fécula, color carmín e hidrocoloides. Ambos grupos de materiales están regulados por las normas oficiales mexicanas vigentes.

De las tablas 9 y 10 se hizo un concentrado, que se presenta en la tabla 51, con base en la aplicación de todos los datos en la hoja de cálculo. Esta podría considerarse como la ficha técnica de cada tipo de jamón como producto terminado y bajo la norma correspondiente. El primer apartado de la tabla, incluye los parámetros económicos que permiten al industrial compararse con su competencia con base en el costo.

En el segundo recuadro, se presentan los ingredientes tanto cárnicos, como no cárnicos respectivos de la denominación de los diferentes “tipos de jamón” de acuerdo con la clasificación de calidades de jamones establecida en la norma de la Secretaría de Economía (NOM-158-SCFI -2003).

Tabla 51. Concentrado de resultados de los diferentes tipos de jamones de cerdo

RESULTADOS	EXTRA FINO	FINO	PREFERENTE	COMERCIAL	ECONÓMICO
TOTAL	100	100	100	100	100
Costo / kg	\$ 26.80	\$ 24.64	\$22.37	\$19.28	\$18.43
Costo + Merma	\$ 26.80	\$ 24.64	\$22.37	\$19.28	\$18.43
% Ahorro	0.00	8.06	16.53	28.06	31.23
% Cárnico	86.25	70.00	60.00	50.00	45.00
% Extensión	15.94	42.86	67.00	100.00	122.22
%Proteína total	17.42	15.90	13.84	11.87	10.51
% Colágeno	0.86	0.70	0.60	0.50	0.45
% Proteína Add.	0.00	1.75	1.75	1.75	1.40
% Grasa	3.50	2.86	2.46	2.06	1.86
% Agua	74.10	74.81	72.79	75.28	72.39
% PLG	18.05	16.37	14.19	12.12	10.71
% CHO's	1.62	3.09	7.59	7.59	12.08
% Sal	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95
% Nitritos	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
% Fosfatos	0.82	0.75	0.80	0.65	0.62
Color	351.90	319.60	312.80	306.00	319.60
CRA	142.83	158.02	154.02	137.52	139.37
Dureza	1.93	2.11	2.12	1.83	1.93
Textura	425.21	390.60	380.80	331.50	337.85

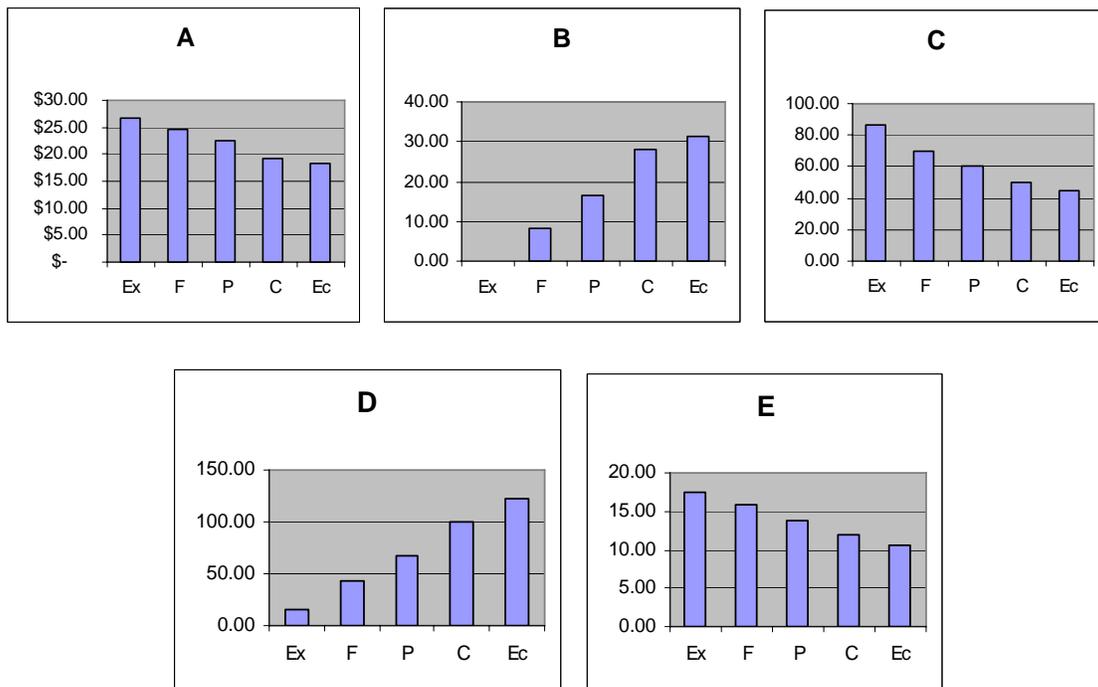
Por otro lado se incluy en los ingredientes fij os (sal, nitritos y nitratos y conserv adores) regulados p or la norma oficial mexicana de la Secretaría de Salud, NOM-122-SSA1-1994 con ob j eto de ev itar el uso excesiv o de ingredientes q ue llev e al p rocesador de estos p roductos a reb asar los límites máximos p ermitidos, en detrimento de la calidad y q uedafuera de esp ecificación sanitaria.

En el tercer recuadro se integran las características funcionales ob tenidas p ara cada tip o de j amón, al utilizar la comb inación de cada ingrediente tanto cárnico, como no cárnico q ue b aj o reglamentación se ap lica p ara cada formulación y q ue tienen un costo esp ecífico.

El mercado de p roductos cárnicos en Mé xico ha crecido de manera tan imp ortante q ue hoy en día es una de las fuentes más imp ortante de p roteína del consumidor, siguiendo una relación inv ersa, a menor p oder adquisitiv o mayor consumo, además de ser un p roducto accesib le y de fácil mane j o, así el p roductor de j amón cuida su p articip ación en el mercad, tan comp etido, v igilando los p recios a los q ue comp ra sus materias p rimas así como sus costos tanto de fórmula como de p roceso entre otros, tomando datos de los p arámetros económicos como se reflej a en lfigura 15, en los siguientes p untos:

- De acuerdo a las especificaciones físicoquímicas dda NOM-158-SCFI -2003, el jamón extrafino refleja el máximo contenido proteico y proporción cárnica que tiene como consecuencia el producto de mayor costo, tomando como punto de referencia este producto para las otras categorías, donde se permite la adición de proteínas y extensores el costo disminuye directamente proporcional al contenido cárnico y proteína total.
- Del mismo modo y como referente el jamón extrafino que no está adicionado de proteínas ni extensores no refleja ningún ahorro y en los otros tipos de jamón el porcentaje de extensión impacta directamente proporcional en el porcentaje de ahorro.
- Desde el punto de vista tecnológico un incremento en el porcentaje de adición de proteínas y extensores puede permitir la reducción de los costos al obtener un mayor volumen de producción, manteniendo los parámetros de calidad sensorial del producto.

Figura 15. Representación gráfica de los parámetros económicos de los tipos de Jamones.



A) costo / kg B) % ahorro C) % de carne D) % extensión E) % de proteína total

(Ex = Extrafino, F = Fino, P = Preferente, C = Comercial, Ec = Económico)

En la tabla 52 se presenta la participación de costos de cada ingrediente en cada fórmula, de principio al interés para las áreas de compras, donde se maneja un presupuesto y un área de almacén; el estimado final dependerá del promedio ponderado de los productos que se elaboran, pero de acuerdo a estos datos la participación inversión son los ingredientes cárnicos y de los materiales no cárnicos serían la carragenina, p roteína, féculas, condimentos y finalmente sales, esto ayuda a un control de costo/beneficio, así como de inventario de los materiales.

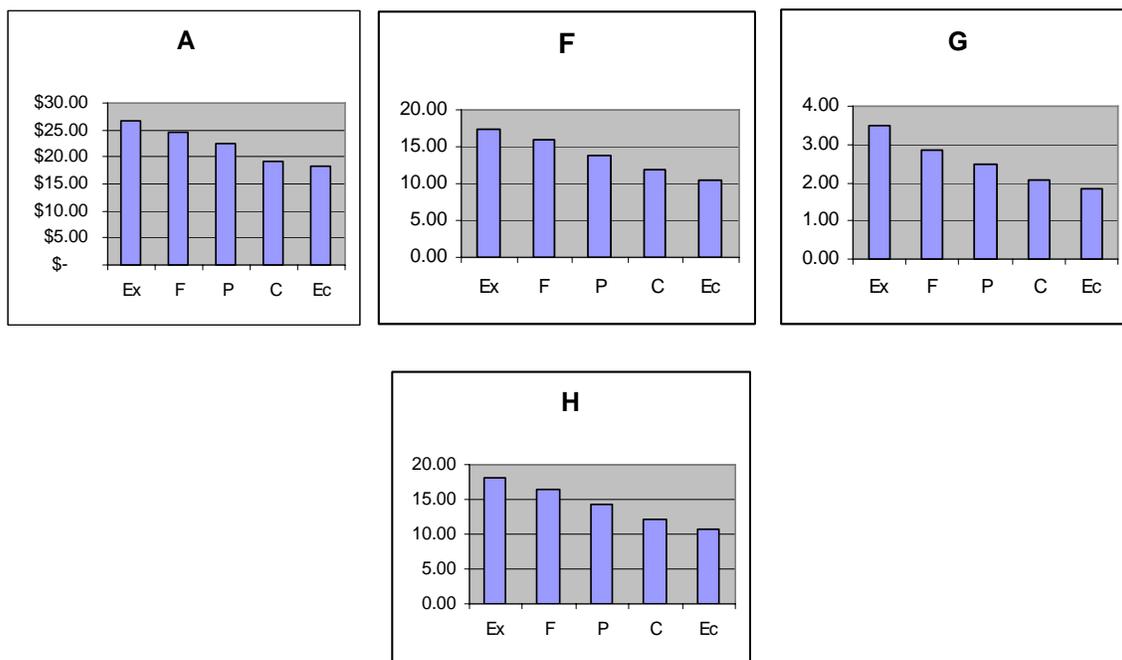
Tabla 52 Comparativo de participación de costos por producto.

EMPACADORA FES-C	Objetivo: Desarrollo de fórmulas según la actual NORMA Oficial.					
MATERIALES	\$/ KG	Extra Fino	Fino	Preferente	Comercial	Económico
Pierna de Cerdo	\$30.00	96.54%	85.06%	80.47%	77.20%	73.27%
		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Proteína Aislada de Soya	\$45.00	0.00%	3.65%	4.02%	4.63%	3.91%
Carragenina	\$120.00	0.00%	7.29%	8.05%	9.26%	9.77%
Fécula de papa	\$12.50	0.00%	0.00%	2.79%	3.22%	6.78%
		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Sal común	\$1.50	0.10%	0.10%	0.11%	0.13%	0.14%
Sal cura	\$5.00	0.09%	0.10%	0.11%	0.13%	0.14%
Fosfato	\$15.00	0.22%	0.24%	0.27%	0.31%	0.33%
Eritorbato	\$50.00	0.11%	0.12%	0.13%	0.15%	0.16%
Azúcar	\$6.00	0.18%	0.19%	0.21%	0.25%	0.26%
Color Carmín	\$500.00	0.00%	0.20%	0.45%	0.77%	1.09%
Lactato	\$30.00	0.56%	0.61%	0.67%	0.77%	0.81%
Condimento	\$50.00	0.93%	1.01%	1.12%	1.29%	1.36%
Humo líquido	\$50.00	0.93%	1.01%	1.12%	1.29%	1.36%
Sorbato	\$20.00	0.07%	0.08%	0.09%	0.10%	0.11%
Benzoato	\$60.00	0.22%	0.24%	0.27%	0.31%	0.33%
	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Agua / Hielo	\$0.10	0.03%	0.09%	0.12%	0.19%	0.20%
	total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Se incluye en la figura 16, los parámetros económicos como son costo/kg y participación cárnica que repercuten directamente en los parámetros cuantitativos.

- Existen tres elementos que están ligados entre sí, la concentración de proteína total, la concentración de grasa y la relación entre ambos, expresado como RL (porcentaje de proteína libre de grasa), y la concentración de grasa según la denominación de acuerdo a la NOM-158-SCFI -2003.

Figura 16. Representación gráfica de parámetros cuantitativos.



A) costo/k g F) % Proteína total G) %Grasa H) PLG

(Ex = Extrafino, F = Fino, P = Preferente, C = Comercial, Ec = Económico)

El colágeno, proteína constituyente de la carne tiene una doble función en estos productos, participa en la retención de agua (CRA), sin embargo su característica inestable frente a la temperatura obliga a un mayor control durante el proceso de cocción, para evitar pérdida de calidad en el producto final.

El análisis de los parámetros cualitativos se realizó con base en el parámetro económico de la participación cárnica que influye en los resultados cualitativos de cada producto y como se observa en la figura 18 la reducción de proteína es directamente proporcional a cada uno de los parámetros cualitativos. Para poder entender los valores de color, textura, CRA y dureza se comparan siempre contra el jamón extrafino. Lo que normalmente se ha visto en los rendimientos el consumidor no logra percibir diferencia en estos parámetros sensoriales, a partir del 10% o más se requeriría la adición de otros ingredientes como colores, extensores o proteínas para mantener el nivel de aceptación de los productos.

- La textura del jamón que es una característica funcional desarrollada por el contenido de polímeros de origen proteico, hidrocoloides y féculas, tiene una caída en la textura al reducir la proteína y por consecuencia en el costo. La adición de ingredientes diferentes de la carne busca un balance de valores de textura relacionados con la aceptación del consumidor.
- El color natural en el jamón se desarrolla por el aporte de mioglobina de la carne que bajo efecto de los nitritos fijan el color rosa característico del crudo, sin embargo con la reducción de contenido cárnico y la adición de otros ingredientes funcionales se debe considerar la adición de un colorante, en este caso el rojo carmin y su aplicación dependerá de la calidad del color por el nivel del ácido carmínico y de la combinación de ingredientes funcionales.
- La dureza es una relación de CRA y del nivel de agua en el producto, que se refleja en la textura, que es uno de los parámetros de mayor impacto en la preferencia del consumidor

De los ingredientes que se deben mantener constantes en todas las fórmulas son el cloruro de sodio o sal común, los nitritos de sodio, y el fosfato, en el caso del nitrito como se explicó en el marco teórico se reduce este durante el proceso, por lo que se mide el nitrito residual en producto terminado y se controla el contenido máximo que vigila la norma y un mínimo que evita el desarrollo de *Clostridium botulinum*.

CONCLUSIONES

- ♦ La clasificación e identificación de los ingredientes responsables de la funcionalidad y la calidad sensorial en un producto cárnico tipo jamón facilitan el manejo en la hoja de cálculo.
- ♦ Las especificaciones de un producto permiten el control del tipo de jamón a elaborar.
- ♦ La formulación de los diferentes tipos de jamones, está fundamentado con base en la funcionalidad y aporte económico de cada ingrediente.
- ♦ La hoja de cálculo permite el desarrollo de fórmulas cárnicas conforme a la normatividad.
- ♦ La hoja de cálculo es una herramienta facilitadora del trabajo de los responsables técnicos de establecer y controlar la logística en la producción de las empresas procesadoras de cualquier tipo de jamón, así como programar la adquisición de insumos y control de los inventarios de materia prima.
- ♦ El entender y controlar las fichas técnicas ayuda a alimentar con información confiable al sistema de formulación.
- ♦ Controlar la producción de los diferentes tipos de productos e inventarios de producto terminado.
- ♦ Diseñar un programa de desarrollo de proveedores *ad hoc*.
- ♦ Tener un mayor control en la administración y logística en planta, lo que representa un aspecto relevante desde el punto de vista económico al empresario.
- ♦ El control de sus costos que permite percibir los cambios por inflación, devaluación u otros factores que afectan los precios de la materia prima y su impacto en los productos terminados, tomando a tiempo decisiones que eviten daños económicos a la empresa.
- ♦ Desde el punto de vista cuantitativo se podrán controlar las características fisicoquímicas del producto terminado.
- ♦ Desarrollar productos con la denominación comercial que cumplan con la normatividad vigente para el mercado al que están dirigidos.

El formulador propuesto comparado con el sistema existente en el mercado (“*Least Cost Formulation*™”) presenta las siguientes ventajas:

- Se adapta a las necesidades y capacidad instalada de cada empresa.
- Es fácil de aplicar, económico y sólo requiere de una computadora y una hoja de cálculo.
- Es un sistema simple, que no requiere del uso de software adicional.
- Permite el control de costos para los diferentes tipos de productos a elaborar.
- Facilita optimizar el uso de carne de diferente origen, según la oferta y demanda del mercado.
- Las formulaciones se desarrollan con un enfoque integrado de los parámetros involucrados (económicos, cualitativos y cuantitativos).
- Este sistema se puede aplicar tanto a jamones como a emulsiones cárnicas.

En contraste el sistema “*Least Cost Formulation*™” requiere de capacitación y licencia de uso, que lo hacen costoso, de equipo y software especializado para jamones y salchichas. Requiere aditamentos especiales para su instalación. No diferencia la funcionalidad entre los diferentes ingredientes no cárnicos de un mismo grupo, aplica valores universales, ya que fue concebido para mezclar carnes no polvos. Este sistema no prevee desabasto de materiales cárnicos por lo que no está diseñado para aprovechar las funcionalidades de los materiales no cárnicos reduciendo la pérdida de las características finales del producto a desarrollar.

RECOMENDACIONES

1. Usar los mismos parámetros para productos de jamón de pavo.
2. Hacer diferentes mezclas de carne de cerdo.
3. Desarrollar productos tipo jamón con carne de pollo y/o gallina.
4. Reproducir los experimentos en carne donde se definen las diferentes capacidades de ligazón y CRA.
5. Identificar las diferentes proteínas no cárnicas valorando su ligazón y CRA.
6. Evaluar los diferentes almidones usados en la industria cárnicas en ligazón y CRA.
7. Evaluar mezcla de diferentes colores naturales que reproduzcan el color natural de la carne.
8. Evaluar condiciones de proceso como es la inyección a diferentes pasos a una misma presión.
9. Evaluar condiciones de proceso como es la inyección a una misma presión con diferentes pasos.
10. Evaluar condiciones de masajeo abierto.
11. Evaluar condiciones de masajeo cerrado (tombleado).
12. Evaluar tiempos de curación con diferentes tamaños de partícula.
13. Evaluar condiciones de cocción de acuerdo a cada fórmula.
14. Evaluar para cada fórmula con sus diferentes condiciones de proceso su vida de anaquel.
15. Seguir el mismo proceso de formulación para emulsiones cárnicas.
16. Hacer un análisis del origen de PLG (PFF) para entender si justifica dentro del producto mexicano.
17. Hacer un análisis de jomones de cada tipo de diferentes marcas para conocer la realidad contra la norma.

LITERATURA CITADA.

- 1.- Flores, D. J. Memorias del Curso *Ciencia y Tecnología de la Carne*. IPN- Instituto de Agronomía y Tecnología de Alimentos., Marzo 6-10, 1989, pp 1-40.
- 2.- Romans, J.R., Costello, W.J., Carlson, W.C., Greaser, M.L, Jones, K.W., *The Meat We Eat*; 30th ed Interstate Publisher, Inc. 1994 Danville Edition, pp. 727-772, 844-869, 924-963.
- 3.- Chaefel, J.C; Cuq; J.L.; Lorient, D.. *Proteínas Alimentarias*. 1a ed. Ed. Acribia. 1989. pp 141-165
- 4.- Nakai; S., H., Modler W.H., *Food Proteins Processing Application* 1st ed. Wiley-VCH 2000, pp 89-145.
- 5.- Long, L. Komark, S.L., Tressler, D.K., *Volume 1 Meat, Poultry, Fish, Shellfish*, 2th ed., Ed. AVI Food Products Formulary Series pp.1-12.
- 6.- Molins, R. A., *Phosphates in Food*, 1991, 1st ed, Ed. CRC-Press, pp. 121-165.
- 7.- Lebby, J. A. *Higiene de la Carne*, 2^aed. Ed. Cecsa, 1986, pp.245-272, 461-477.
- 8.- Sanz E.C., *Enciclopedia de la Carne*; Ed. Espasa-Calpe S.A. 1967, pp 608-616, 647-654.
- 9.- Iowa State University and PTI, *VII Cursillo Teórico/Práctico de la Tecnología Cárnica*; Julio 21-25 de 1997, Seccion: 1,2,3,4,5.
- 10.-Frey, W., *Fabricación de Embutidos*; 1a ed., Ed. Acribia S.A. 1983, pp. 66-101.
- 11.-Aguirre, E.S. (1999). Proteínas y su efecto en la calidad del producto; *Carne Tec*, Septiembre/ Octubre: 40-45.
- 12.-Claus, J.R., Hunt, M.C., Kastner C.L., and Kropf, D. H. 1990. Low –fat, high-added water bologna: effects of massaging, preblending and time of addition of water and fat on the physical and sensory characteristics. *J. Food Sci.* **55**: 338-345.
- 13.- Krause, R.J., Ackerman, H., Krol, B., Moerman, P.C. and Plimton, R.F. 1978. Influence of tumbling time, and sodium tripolyphosphate on quality and yield of cured hams. *J. Food Sci.* **43**:853-855.
- 14.-Krof, D.H., 1995; El Color y su Estabilidad; *Carne Tec*, Marzo: 20-24.

- 15.-Kropf D.H. 1997. Visualizando los procesos oxidativos de la carne y sus productos Parte 1; Carne Tec, Septiembre/Octubre 26-30.
- 16.- Li-Chan, E., Nakai, S. and Wood, D.F. 1985. Relationship between functional (fat binding emulsifying) and physicochemical properties of muscle proteins. Effects of heating, freezing, pH and species. *J. Food Sci.* **50**:1034-1040.
- 17.-Lien R. R. 1998 El citoesqueleto y sus proteínas; Carne Tec, Septiembre/Octubre: 22-25.
- 18.-Parrish, F. C., Vandell, C.J. and Culler, R. D. 1979. Effect of maturity and marbling on the myofibril fragmentation index of bovine longissimus muscle; *J. Food Sci.*, **44**: 1668-1671.
- 19.-Reichert, J. E., Farber, D., Flaichmann, A., 1985; Cohesión de las lonjas de jamón cocido; *Die Fleischerei* 1: V-VIII.
- 20.-Sano, T., Noguchi, S.F., Tsuchiya, T. and Matsumoto, J.J. 1988. Dynamic viscoelastic behavior of natural actomyosin and myosin during thermal gelation. *J Food Sci.* **53**: 924-928
- 21.- National Starch, “How to Choose Food Starches” Handbook.
- 22.-Ulrich G., *Ciencia y Tecnología de la Carne, Aditivos e Ingredientes* , 1984, Tomo 12, Ed. Acribia., pp. 23, 37, 48.
- 23.-Möhler, K., *Ciencia y Tecnología de la Carne, El Curado* , 1984, Tomo 10 Ed. Acribia, pp. 14-65, 83-92.
- 24.-Muñoz, M, Ledezma, J., *et al.*, *Los Alimentos y sus nutrientes, Tablas de valor nutritivo de alimentos*, 2002, Ed. McGraw Hill Interamericana, pp. 92,93,97.
- 25.-Porter, N.N., *Food Science* , 1986, Ed. Van Nostrand Reinhold AVI Book 4th ed., pp. 36-47, 390-411..
- 26.- Desdemona, E.; Hernández, F.; Soto, S., Diciembre, 2000. Enero 2001, Función de las proteínas de la carne en la elaboración de productos cárnicos, Lácteos y Cárnicos Mexicanos.
- 27.- LaBudde A. R.,1992 The LaBudde Bindometer™ and Hand, compendium of tables, formulas and factors for meat processing supervisors, JR Research , pp. 3-22.
- 28.- Mautes P “Optimising Combinations in Food” A closer look at emulsifiers, their functional role, and other practical application in today’s food manufacturing industry. Meat Processing Global., . September/October

2004, pp. 43-44.

29.- Chen, C. M.; Trout G.R., 1991 "Sensory, instrumental profile and cooking properties of restructured beef steaks made with various binders *J. Food Sci.* **56**(6):1457-1460.

30.- Plimpton Jr. R.F.; Perkins C.J.; Sefton T.L. 1991. *Rigor* condition, tumbling and salt level influence on physical, chemical and quality characteristics of cured, boneless hams. *J. Food Sci* **56**(6):1514-1518.

31.- Hoogenkamp, H.H. 1994. Meat emulsion variables *Fleischwirtsch International*, November, 1198-1200.

32. .- Hoogenkamp, H.H. 1995. Meat emulsion variables- Influence of some compositional Ingredients, *Fleischwirtsch International*, January, 29-32.

33.- Kartsaras, K., Peetz, P. 1995. Soy Protein- Effect on the technological and morphological properties of bologna-type sausage, *Fleischwirtsch International* , January, 26-29.

34.- Huff-Lonergan E., Lonergan, S.M. 2005. Mechanisms of water- holding capacity of meat : the role of post mortem biochemical and structural changes. *Meat Science.* **71**, Issue 1, Sep.1-19.

35.- Gordon A., Barbut, S. 1992. Effect of chloride salts an protein extraction and interfacial protein film fomation en meat batters. *J. Sci Food Agric.* **58**:227-238.

36.- Satterlee, L.D. 1981. Proteins for use in foods. *Food Technol.*, June.:53-70.

37.- Ortega, J. Manual del laboratorio de microbiología en una industria cárnica. 2002. tesis de Ing. Alimentos. FESC-UNAM.

38.- NORMA Oficial Mexicana NOM-158- SCFI-2003. Jamón-Denominación y clasificación comercial, especificaciones fisicoquímicas, microbiológicas, organolépticas, información comercial y metodos de prueba.

39.- Hanson, R.E. Technical handbook for cooking & smoking of meat product in batch ovens, Alkar Technical Services.

40.- NORMA Oficial Mexicana NOM-122-SSA1-1994, Bienes y servicios. Productos de la carne. Productos cárnicos curados y cocidos, y curados emulsionados y cocidos. Especificaciones sanitarias.