



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**“DESARROLLO DE UNA FORMULACION  
Y PROCESO DE ENLATADO DE  
CARNE DE RES”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A :

JUAN DIEGO ORTIZ PALMA PEREZ

1989

TESIS CON  
TITULO DE QUIMICO



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 está 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.

# I N D I C E .

	<u>Página</u>
OBJETIVOS . . . . .	1
JUSTIFICACION DEL TRABAJO . . . . .	2
 CAPITULO I. INTRODUCCION.	
1.0. La Carne . . . . .	5
1.1. Definición . . . . .	5
1.2. Composición de la Carne . . . . .	5
1.3. Estructura de la Carne . . . . .	10
1.4. Mecanismo de la Contracción en el Músculo Vivo . . . . .	12
1.5. Conversión del Músculo en Carne . . . . .	15
1.5.1. Preparación del Animal . . . . .	15
1.5.2. Sacrificio de Bovinos . . . . .	16
1.5.3. Obtención de la Carne de Bovinos en Canal . . . . .	17
1.5.4. Despiece de la Canal . . . . .	19
1.5.5. Desahuesado de los Cortes de Carne . . . . .	25
1.5.6. Aspectos Bioquímicos de la Conversión del Músculo en Carne . . . . .	25
1.5.6.1. Caída "post mortem" del pH . . . . .	26
1.5.6.2. "Rigor Mortis" ( Rigidez de muerte ) . . . . .	27
1.5.6.3. Maduración o envejecimiento de la Carne . . . . .	28
1.5.7. Pigmentos de la Carne . . . . .	30
1.5.7.1. Curado de la Carne . . . . .	33
1.5.8. Microbiología de la Carne Fresca . . . . .	35
2.0. Procesamiento Térmico de los Alimentos . . . . .	40
2.1. Aplicación de la Energía Térmica a los Alimentos . . . . .	40
2.1.1. Cocinado . . . . .	41
2.1.2. Escaldado . . . . .	41
2.1.3. Agotado . . . . .	42
2.1.4. Pasteurización . . . . .	43
2.1.5. Esterilización . . . . .	44
2.2. Mecanismos de Transferencia de Calor en los Alimentos . . . . .	45
3.0. Proceso de Preservación en Envases Herméticos . . . . .	47
3.1. Preparación del Alimento . . . . .	47
3.2. Escaldado . . . . .	47
3.3. Llenado . . . . .	48
3.4. Agotado . . . . .	48
3.5. Sellado o Engargolado . . . . .	49
3.6. Esterilizado . . . . .	49

3.7.	Enfriado . . . . .	50
3.8.	Etiquetado . . . . .	50
3.9.	Almacenado . . . . .	50
3.10.	Microbiología de los Alimentos Enlatados. . . . .	53

**CAPITULO II. MARCO TEORICO.**

1.0.	Muerte de los Microorganismos por Calor Húmedo . . . . .	59
2.0.	Penetración de Calor . . . . .	66
2.1.	Ciclo del Proceso Térmico . . . . .	66
2.2.	Curvas de Calentamiento. . . . .	68
3.0.	Cálculo del Proceso Térmico. . . . .	73
3.1.	Método General o Gráfico . . . . .	74
3.2.	Método de Fórmula. . . . .	77
3.3.	Método de Nomograma de Olson y Stevens. . . . .	79

**CAPITULO III. DESARROLLO EXPERIMENTAL.**

1.0.	Caracterización de las Materias Primas . . . . .	84
1.1.	Análisis Microbiológico de la Materia Prima . . . . .	85
1.2.	Análisis Fisicoquímicos y Quími- cos de la Carne Empleada . . . . .	89
2.0.	Desarrollo de la Formulación . . . . .	92
2.1.	Fundamento . . . . .	92
2.2.	Metodología. . . . .	94
2.3.	Formulaciones Desarrolladas. . . . .	108
2.4.	Proceso a Nivel Industrial . . . . .	113
2.5.	Características del Producto . . . . .	124
2.5.1.	Materias Primas. . . . .	124
2.5.2.	Definición del Producto. . . . .	127
2.5.3.	Aspecto General. . . . .	128
2.5.4.	Versatilidad y Facilidad de Uso. . . . .	128
2.5.5.	Envase y Empaque . . . . .	129
3.0.	Cálculo del Proceso Térmico. . . . .	133
3.1.	Mediciones de Transferencia de Calor . . . . .	133
3.2.	Cálculo del Tiempo de Proceso Térmico. . . . .	134
3.2.1.	Cálculo del Tiempo de Proceso Térmico por el Método General Gráfico. . . . .	136
3.2.2.	Cálculo del Tiempo de Proceso Térmico por el Método de Fórmula . . . . .	149
3.2.3.	Comprobación de la Eficiencia de la Esterilización . . . . .	157
4.0.	Análisis de Control en las Fórmulas Desarrolladas . . . . .	159
4.1.	Análisis Microbiológicos . . . . .	160

4.2.	Análisis Proximales. . . . .	164
4.3.	Análisis Sensoriales . . . . .	172
5.0.	Costo del Producto . . . . .	177
6.0.	Normalización del Producto . . . . .	182
CAPITULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS . . . . .		187
CAPITULO V. CONCLUSIONES . . . . .		192
APENDICES . . . . .		198
APENDICE I.	Glosario de Términos y Abreviaturas Utilizadas. . . . .	199
APENDICE II.	Ampollitas "Sterikon Bio-indicator" . . . . .	201
APENDICE III.	Envase Sugerido . . . . .	203
APENDICE IV.	Cuestionario de Evaluación Sensorial . . . . .	204
APENDICE V.	Tabla del Análisis de Variancia por Comparación . . . . .	205
APENDICE VI.	Medios de Cultivo y Soluciones. . . . .	206
BIBLIOGRAFIA. . . . .		211

**OBJETIVOS :**

Desarrollar un producto enlatado a base de carne de res -  
con objeto de :

A ) Favorecer un mejor aprovechamiento de algunas carnes y/o sus cortes considerados de baja calidad pero química y microbiológicamente aceptables para el consumo humano, las cuales pueden ser revaloradas económicamente y mejoradas en sus atributos sensoriales.

B ) Ofrecer una nueva opción para el mercado de derivados cárnicos industrializados.

C ) Ofrecer un producto cárnico enlatado con amplia versatilidad de preparación de platillos culinarios.

#### JUSTIFICACION DEL TRABAJO:

En México, el comercio e industrialización de la carne de res, ha sido uno de los sectores de la industria alimentaria más atrasados, así como sus sistemas de comercialización, manejados principalmente por personas improvisadas cuya única finalidad es obtener la mayor ganancia económica posible con el menor esfuerzo y sin preocupación por una mejoría en la calidad de sus productos.

Todas estas deficiencias arrastradas por décadas, han provocado en la actualidad que los consumidores mexicanos de carne de res estén bajo el arbitrio de comerciantes sin escrúpulos - que controlan el mercado al no existir una reglamentación que regule la oferta y la demanda del producto, provocando aumentos en el precio del mismo y alejándolo cada vez de la mesa de más personas. Igualmente, esta situación ha provocado la descapitalización de los ganaderos, los cuales junto con los consumidores son víctimas de los introductores y comerciantes de la carne de res.

A pesar del intenso desarrollo que ha tenido en México la investigación sobre fuentes de proteína no tradicionales, de bajo costo a base de fuentes vegetales ( soya, amaranto, frijol, maíz enriquecido, sorgo, etc. ), todas estas proteínas de origen vegetal son deficientes en algunos aminoácidos indispensables y aunque se puede mejorar la calidad de la proteína haciendo mezclas leguminosa-cereal, no podemos condenar a nuestro pueblo a seguir con una alimentación tercermundista y subdesarrollada, carente de proteínas de origen animal, por lo que es ne-

cesario intensificar las investigaciones tanto, tecnológicas como de merca~~do~~ y comercialización, para lograr una mayor producción de carne a un menor precio y elevar el consumo per cápita de proteínas animales ( leche, carne, huevo y sus derivados ) de los mexicanos al nivel de los países desarrollados.

Una de las principales causas del estancamiento del mercado de la carne de res en México es su escasa industrialización pues casi la totalidad de esta carne se comercializa por medio de la cadena tradicional ( PRODUCTOR → INTRODUCTOR → TABLAJERO MAYORISTA → TABLAJERO MINORISTA → CONSUMIDOR ) y se expende cruda, ya sea refrigerada o congelada.

Una forma de regular el abasto de la carne de res es crear un mercado paralelo al de la carne cruda, de carnes industrializadas, tal como sucede con los vegetales, la leche y sus derivados, los productos del mar, la carne de cerdo y sus productos industrializados.

Una manera de industrializar la carne de res es el enlatado, operación que no se realiza en México aunque en otros países es muy común. Las ventajas para la elaboración en México, a escala industrial, de un producto enlatado a base de carne de res, son las siguientes:

- Es un producto de vida de anaquel de varios años.
- Se cuenta con materias primas abundantes y de calidad - ( nuestro país ocupa el sexto lugar mundial entre los países ganaderos con más de 28 millones de cabezas de ganado vacuno ).
- El suministro de materia prima es constante y no depende de la temporada del año o del clima, lo que permite una produc-

ción continua.

- No se requieren tecnologías costosas o complicadas.
- Es una alternativa para los ganaderos, principalmente del Sureste ( Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche ), de asociarse y formar cooperativas enlatadoras que les permitan una revaloración de sus productos e ingresos, pues casi todo el ganado de esa región es de raza cebú, que a menudo es despreciado por su carne dura y coriácea, que se traduce en una subvaluación de sus productos, pero siendo los ganaderos los productores de la materia prima principal, tendrán un costo de la misma más reducido para fabricar un producto:

- Dirigido a un mercado sin explotar de 85 millones de consumidores.

- Con amplias posibilidades de exportación.

- Lograr que el uso del producto desarrollado en comparación con la carne fresca, ahorre y facilite tiempo y trabajo al consumidor, ya que a medida que éste va obteniendo unos ingresos más elevados y disfruta de un mayor tiempo de esparcimiento, requiere medios y nuevos productos que cubran las necesidades actuales, en cuanto a tiempo de preparación de alimentos, dada la rapidez de la vida moderna.

## C A P I T U L O I . I N T R O D U C C I O N .

### 1.0. La carne.

#### 1.1. Definición:

La carne se define como el músculo esquelético de los animales legalmente autorizados para el consumo humano. Si bien, todas las especies animales pueden utilizarse como alimento humano, en México solo puede comercializarse la carne proveniente de ganado: vacuno, porcino, caprino y ovino, así como la procedente de la musculatura de aves domésticas ( gallinas, pavos, gansos y pollos ) y la procedente de los animales acuáticos o marinos ( 38 ).

El objeto que una carne esté autorizada legalmente para su consumo por los humanos, es que las autoridades se comprometen a cuidar la calidad de la misma emitiendo normas y reglamentos que abarcan todo el proceso de producción y comercialización en beneficio de la salud de los consumidores.

En otros países se consumen cotidianamente las carnes procedentes de ganado equino, mular, de llamas, camellos, antílopes y la de animales de caza procedente de animales silvestres.

#### 1.2. Composición de la carne:

Aunque la carne es reconocida como un alimento altamente nutritivo, siendo una excelente fuente de proteínas de alto valor nutritivo, rica en la mayoría de las vitaminas del complejo B y una buena fuente de algunos minerales, principalmente hierro, su composición puede alterar significativamente su valor nutritivo ( 27 ).

En términos generales, la carne se compone de agua, proteínas, grasa, minerales y una pequeña proporción de carbohidratos pero la composición de la carne no puede ser descrita simplemente en términos de sus diferentes componentes y de sus porcentajes puesto que la canal completa incluye músculos, tejidos grasos, huesos y tendones, lo que da un amplio rango de la cantidad de sus componentes y por consiguiente de su composición y valor nutritivo. Por lo tanto, cuando se habla de carne hay que especificar el tipo de corte y si se incluyen o no los huesos y tendones así como la cantidad de grasa; además esto es más complejo, ya que la variación en la composición ocurre de una raza a otra de animal, sexo, edad y factores genéticos del animal ( 18 ).

Siendo el músculo esquelético el principal componente de la carne, es necesario conocer su composición ( 15 ):

Contiene aproximadamente el 75 % de su peso como agua. Las proteínas constituyen del 16 al 22 % de la masa muscular y son el principal constituyente de la materia sólida. Las proteínas musculares se clasifican de acuerdo a su solubilidad en:

- sarcoplásmicas: se extraen fácilmente con agua; ejemplos de estas proteínas son la mioglobina, la hemoglobina, las enzimas asociadas a la glucólisis, al Ciclo de Krebs y a la cadena transportadora de electrones; aunque las dos últimas se encuentran en las mitocondrias, son fácilmente extraídas con agua.

- miofibrilares: están asociadas a los filamentos gruesos y delgados del músculo. Comprenden la actina, la miosina, troponina, troponina, actinina, etc. Son solubles en solución.

nes salinas y juegan un importante papel en la estabilización de emulsiones en la preparación de embutidos.

- del estroma: son completamente insolubles en agua. Constituyen el tejido conectivo y las proteínas fibrilares asociadas a él, como el colágeno y la elastina.

En los músculos, se encuentran además de proteínas, otros compuestos nitrogenados no proteicos como péptidos sencillos, - creatina, fosfato de creatina, creatinina, algunas vitaminas, - nucleósidos y nucleótidos.

El contenido lipídico de los músculos es muy variable ( varía desde el 1.5 al 13 %, dependiendo de la genética del animal, factores ambientales, edad y tipo de músculo ) y se compone fundamentalmente de lípidos neutros ( triglicéridos ) y fosfolípidos. Aunque en las fibras musculares se localizan algunos lípidos intracelulares, la mayoría se localizan en los depósitos de tejido conectivo adiposo asociado a los septos de tejido conectivo que se encuentran entre los haces musculares. A estos depósitos se les conoce como veteado, marmorización, marmoleado o grasa intramuscular.

El contenido de carbohidratos del tejido muscular es muy pequeño; el glucógeno es el carbohidrato más abundante e importante del músculo y supone de un 0.5 al 1.3 % de su peso total. Otros carbohidratos presentes en el músculo son los mucopolisacáridos asociados a los tejidos conectivos, así como algunos intermediarios y productos del metabolismo celular.

Finalmente, el músculo contiene numerosos nutrientes inorgánicos, entre los que sobresalen algunos cationes y aniones de

importancia fisiológica como  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^{+1}$ ,  $\text{Na}^{+1}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Cl}^{-1}$ , P y S principalmente, además de trazas de otros elementos incluidos Cu, Zn, Ni y Co. En conjunto, los nutrientes inorgánicos constituyen hasta el 1 % del peso total del músculo.

En la tabla siguiente se puede ver con más detalle la composición aproximada del músculo esquelético de los mamíferos comestibles.

Composición aproximada del músculo esquelético de mamíferos comestibles ( porcentaje en peso fresco ). (\*)

	<u>% promedio</u>
AGUA ( varía del 65 al 80 )	75.0
PROTEINAS ( varían del 16 al 22 )	18.5
miofibrilares	9.5
sarcoplásmicas	6.0
del estroma	3.0
LIPIDOS ( varían del 1.5 al 13 )	3.0
BUSTANCIAS NITROGENADAS NO PROTEICAS	1.5
creatinina y creatinín-fosfato	0.5
nucleótidos	0.3
aminoácidos libres	0.3
péptidos ( anserina, carnosina, etc. )	0.3
otras sustancias nitrogenadas no proteicas ( urea, IMP, NAD, NADP, creatina, etc. )	0.1
CARBOHIDRATOS Y OTRAS BUSTANCIAS NO NITROGENADAS ( varían del 0.5 al 1.5 )	1.0
glucógeno ( varía del 0.5 al 1.3 )	0.8
glucosa	0.1
intermediarios y productos del metabolismo celular ( hexosa, triosa-fosfatos, ácidos láctico, cítrico, fumárico, succínico, acetoacético, etc. )	0.1
NUTRIMENTOS INORGANICOS ( Ca, Mg, K, Na, Fe, P, S, Cl, Cu, Zn, Ni, Co )	1.0

(\*) Tomada de: Forrest, John C. y cols. " Fundamentos de la Ciencia de la Carne ". Editorial Acribia. Zaragoza, España ( 1979 ).

### 1.3. Estructura de la carne:

La carne se compone fundamentalmente del tejido muscular esquelético, el cual está formado principalmente por células musculares estriadas y de cantidades variables de tejido conectivo ( 15 ).

Aunque en la carne se encuentran todo tipo de tejidos conectivos, predominan el adiposo ( grasa ), el de soporte ( hueso y cartílagos ) y el conectivo típico ( colágeno, elastina y reticulina ).

La mayoría de los músculos esqueléticos se unen directamente a los huesos pero algunos lo hacen a los ligamentos, fascias, cartílagos y piel.

Los músculos se encuentran envueltos por una cubierta de tejido conectivo llamada epimisio, que puede contener más o menos tejido adiposo ( marmolización ). Desde esta cubierta parten hacia el interior del músculo unos tabiques de separación de espesores variables llamados en su conjunto perimisio y que constituyen un armazón continuo en el cual están las fibras musculares formando haces. Las fibras se encuentran separadas a su vez por el endomisio, que son membranas conjuntivas muy finas ( 15, 23 ).

El tejido conectivo típico se compone de una materia amorfa en la que se encuentran embebidas las células y las fibras extracelulares, incluyendo las fibras de colágeno, elastina y reticulina.

El colágeno es la proteína más abundante del organismo animal e influye directamente en la dureza de la carne. En la

mayoría de los mamíferos comprende del 20 al 25 % de la proteína total, se considera la principal proteína estructural del te jido conectivo y es el mayor componente de tendones y ligamentos y en menor proporción de huesos y cartílagos. Además existen redes de colágeno en todos los tejidos y órganos, incluidos los músculos. Las fibras de colágeno son incoloras, pero cuando se encuentran en forma de agregados ( tendones ) son blancas ( 15, 18 ).

La relativa insolubilidad y la gran fuerza tensora de las fibras de colágeno se debe a la existencia en las mismas de enlaces intermoleculares, los cuales están en mayor número y son más difíciles de escindir en los animales adultos ( 23 ).

La elastina abunda mucho menos que el colágeno en el tejido conectivo y se trata de una proteína de aspecto gomoso que se presenta en los ligamentos y paredes de las arterias así como en forma de red en diversos órganos, incluidos los músculos. Su extraordinaria insolubilidad se debe en gran parte a su gran cantidad de aminoácidos polares ( casi el 90 % ). La agregación de fibras de elastina da un característico color amarillo en la carne cruda. La elastina es muy insoluble y ningún método culinario ejerce en ella efecto solubilizante alguno y como es muy resistente a las enzimas digestivas, su contribución al valor nutritivo de la carne es muy escaso ( 14, 27 ).

Otra proteína que forma parte del tejido conectivo es la reticulina y consta de fibras pequeñas que forman redes delicadas en torno a las células, vasos sanguíneos, estructuras neurales y epitelios, ayudando a mantener dichas estructuras en su

sitio ( 15 ).

En el interior de las fibras musculares se encuentra una proteína globular relativamente pequeña y compacta llamada mioglobina. La función de la mioglobina es transportar oxígeno a través del músculo y se halla emparentada estructural y funcionalmente con la hemoglobina ( 27 ). Además esta proteína es la que en mayor medida proporciona la pigmentación característica de la carne, tanto cruda como procesada ( 29 ).

Por último, otras dos proteínas que se encuentran en la carne son la actina y la miosina; ambas se encuentran en forma de filamentos que recorren las células musculares en dirección de su eje mayor e intervienen en el mecanismo de contracción del músculo. A las fibrillas de actina y miosina se encuentran asociadas otras dos proteínas, la troponina y la tropomiosina, las cuales forman un complejo que juega un papel muy importante en el mecanismo de la contracción ( 12 ).

#### 1.4. Mecanismo de la contracción en el músculo vivo:

Los músculos están constituidos de células alargadas gigantes en forma de fibras con un largo que varía desde un milímetro hasta varios centímetros, mantenidas estas células unidas por capas de tejido conectivo. Dentro de las células musculares, flotando en el fluido sarcoplásmico ( el citoplasma de la célula muscular o sarcómero ) se encuentran miles de fibrillas de aproximadamente un micrón de diámetro y que atraviesan todo el sarcoplasma por su eje mayor. Estas fibrillas constituyen el sistema contráctil del músculo ( 20 ).

El estudio al microscopio electrónico de las fibrillas revela la existencia de una finísima estructura consistente en dos tipos de filamentos acomodados hexagonalmente. Los filamentos más gruesos son moléculas de miosina y los delgados corresponden a moléculas helicoidales de otra proteína, la actina - ( 20 ).

La contracción muscular se explica por la teoría del "filamento deslizante". La señal nerviosa para la contracción genera un impulso electroquímico que provoca la despolarización de la membrana celular, causando el movimiento de los iones  $\text{Ca}^{+2}$  cercanos a las fibrillas y formándose puentes entre las fibrillas por la aparición de enlaces en el lugar donde estaban los iones  $\text{Ca}^{+2}$  y como consecuencia hay un acortamiento de las fibras. La energía para la contracción proviene del ATP que es descompuesto en ADP por la actividad de ATPasa de la miosina y a medida que la concentración de ATP decrece, la configuración de las fibras es alterada. Los filamentos de actina son jalados uno sobre otro y la fibrilla se contrae. La tensión producida es transmitida a través de las membranas a todo el músculo. Cuando se hallan presentes tanto el  $\text{Ca}^{+2}$  como el ATP, las células musculares se contraen; cuando está el ATP pero no el  $\text{Ca}^{+2}$ , la célula se relaja; y cuando el ATP está ausente, la célula entra en un estado de rigor, con puentes fijos, sin importar la ausencia o presencia de  $\text{Ca}^{+2}$  ( 15, 20 ).

La mayoría de la energía liberada por la descomposición de el ATP es utilizada como energía mecánica para la generación de trabajo. En el músculo vivo, el ATP es regenerado rápidamente

utilizando la oxidación aeróbica del azúcar; además, cuando la demanda de energía es muy intensa, los músculos tienen grandes cantidades de creatinina fosfato, un compuesto de alta energía que puede actuar como donador de su fosfato, el cual es transferido al ADP ( 20 ).

Fig. 1.1.: Arreglo hexagonal de los filamentos de actina y miosina en una fibra muscular.\*

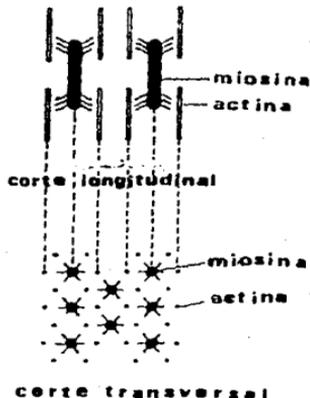
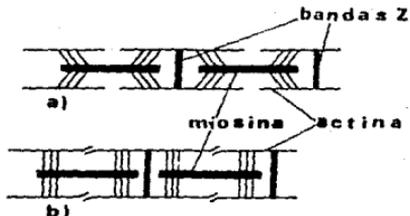


Fig. 1.2.: La teoría del filamento deslizante de la contracción muscular: a) músculo relajado, b) músculo en contracción.\*



\* Reproducido de: Berk, Z. "The Biochemistry of Foods". Elsevier Science Publishing Co. New York, N. Y. U.S.A. ( 1983 )

## 1.5. Conversión del músculo<sup>1</sup> en carne:

El sacrificio y el despiece son el conjunto de operaciones que transforman a un animal vivo en carne, la cual será comercializada o utilizada para la transformación industrial.

### 1.5.1. Preparación del animal:

Cuando el ganado está maduro y ha alcanzado su peso óptimo, está listo para el sacrificio; éste es el momento de llevarlo al matadero. Generalmente, para llegar al matadero, hay que recorrer grandes distancias, por lo que al llegar los animales, éstos se encuentran cansados además que han perdido peso. Si los animales son sacrificados al poco tiempo de llegar, proporcionarán una carne de baja calidad; por esta razón los animales deben tener un reposo de 8 a 24 horas antes de ser sacrificados ( 34 ).

El reposo se realiza en los llamados corrales de ayuno y permitirá obtener una carne de mejor calidad y se facilitará el desangrado. Durante el período de reposo, los animales deberán tener acceso al agua y deberá realizarse el control sanitario en pie; éste deberá ser efectuado por personas capacitadas, las cuales seleccionarán a los animales aptos para ser sacrificados.

Una vez que el animal ha descansado lo suficiente, antes de ser sacrificado deberá ser bañado y cepillado con agua fría. Esto se realiza con objeto de eliminar las suciedades de su cuerpo que podrían contaminar la carne obtenida y relajar sus músculos, pues con el agua fría, la sangre se concentrará en las cavidades internas del cuerpo, reduciéndose la irrigación

sanguínea en los tejidos superficiales; ésto permitirá un desangrado más rápido y eficiente y la carne presentará un color rosado más agradable ( 34 ).

#### 1.5.2. Sacrificio de bovinos:

El sacrificio correcto del animal es fundamental para una óptima higiene y calidad de la carne. Para efectuar una correcta matanza es necesario seguir las siguientes consideraciones:

- evitar hábitos de crueldad empleando técnicas e instrumentos que exijan el menor esfuerzo posible de la persona que realiza el sacrificio y que el animal pierda la conciencia lo más rápido posible; la eliminación de la percepción del dolor antes de la muerte del animal permitirá un mejor desangrado y la obtención de una carne de óptima calidad.

- satisfacer las exigencias sanitarias para cumplir con las normas de calidad de la carne, establecidas por las autoridades sanitarias correspondientes.

- la limpieza deberá ser el primer objetivo en el matadero, pues la carne, sangre y vísceras ofrecen condiciones óptimas para la proliferación bacteriana.

- en ningún momento la canal y las vísceras comestibles deben tocar el suelo.

- en el matadero debe haber un control estricto de la higiene y funcionamiento del equipo e instrumentos de trabajo para su óptima utilización.

Las operaciones de sacrificio del ganado bovino incluyen:

A) La inmovilización e insensibilización: Son esenciales para una buena matanza y la obtención de carne de óptima calidad. Los métodos de aturdimiento o insensibilización llamados humanitarios, permiten el aturdimiento rápido y sin dolor para el animal, evitando su sufrimiento antes de la muerte y se obtendrá una carne de mejor calidad, pues el animal no realizará esfuerzos que aceleren su metabolismo y aumenten su consumo de energía, lo que provocaría un bajo contenido de glucógeno y alto contenido de ácido láctico en el músculo esquelético, además que la adrenalina descargada por el animal, provocará un mal sabor en la carne obtenida con métodos no humanitarios de sacrificio. Los métodos de aturdimiento más utilizados en el sacrificio humanitario son el de descarga eléctrica, la utilización de atmósferas saturadas de CO<sub>2</sub> y el aturdimiento por conmoción utizando una pistola neumática que acciona un pequeño pistón que perfora unos cuantos centímetros el cráneo del animal ( 15 ).

B) Corte de la yugular y desangrado: La eyugulación y posterior desangrado son las operaciones que provocan la salida de la sangre y la muerte del animal. Un buen desangrado permitirá la muerte del animal por paro cardio-circulatorio y la calidad de la carne así como su poder de conservación serán óptimos.

### 1.5.3. Obtención de la carne de bovino en canal:

Una vez desangrado u muerto el animal, se procede al desollado. Para realizar esta operación es necesario emplear gente adiestrada con objeto de no dañar la piel, que se puede utili-

zar como un subproducto, o realizar cortes sobre el cuerpo del animal que puedan darle mal aspecto a la canal.

Una vez desangrado el animal, se procede a la separación de las pezuñas y al corte de la cabeza.

La siguiente operación es la evisceración. Esta comprende la abertura del vientre a través de varios cortes que van del esfínter anal al esternón, pasando por el centro de la cavidad abdominal y deberá efectuarse con tal cuidado, que el peritoneo no sea dañado ni los órganos adyacentes, ya que ésto provocaría la contaminación de la canal con el contenido gastrointestinal. Las vísceras se colocan en una tina especial y luego son lavadas y clasificadas según su uso y comestibilidad ( 15 ).

Una vez removidas las vísceras, la piel, pezuñas, patas y cabeza obtenemos la canal de res.

Durante el eviscerado y obtención de la canal se realiza la inspección sanitaria post mortem que incluye:

- Comprobar la ausencia de ganglios linfáticos en la cabeza y la lengua así como en las ubres, los intestinos y la panza.
- Se comprueba la ausencia de perforaciones en el corazón y se observa la ausencia o presencia de ganglios linfáticos y tumores en el tejido pulmonar, la pleura, el hígado y el conducto biliar.

- Si el encargado de la inspección post mortem lo cree conveniente, retardará la salida de las canales al mercado hasta después de realizar exámenes de laboratorio que comprenden controles físicos, químicos y microbiológicos que se efectúan a fragmentos de carne separados de las canales ( 19 ).

Generalmente, la canal obtenida se divide en dos mitades a partir del centro de la columna vertebral y a todo lo largo de ésta, obteniéndose dos medias canales. Posteriormente se lava con agua fría la cavidad de cada media canal para eliminar residuos de sangre coagulada y del contenido intestinal, además que se reduce también el calor corporal de la media canal. Terminado el control sanitario se pesan las medias canales con objeto de establecer el rendimiento de la canal sobre el peso vivo o en pie del animal y se introducen en el cuarto de refrigeración, a  $0 \pm 3^{\circ}\text{C}$ , colgadas en dispositivos adecuados ( 27 ).

#### 1. 5. 4. Despiece de la canal:

El despiece son las operaciones que permiten cortar la canal o las medias canales de acuerdo a su utilización, ya sea ésta para la transformación industrial o el consumo directo de la carne ( 33 ).

La cantidad de tejido conectivo afecta la textura de la carne. Aquellos músculos que realizan ejercicios vigorosos durante la vida del animal presentan una textura basta, mientras que un músculo ejercitado poco en vida posee una estructura más fina. Los músculos muy ejercitados desarrollan cantidades manifiestas de tejido conectivo para facilitar su actividad, igualmente sucede con la mayoría de los músculos de los animales viejos. La cantidad de tejido conectivo de los músculos determinará el tipo de corte a emplear y la forma en que la carne será utilizada. La mayoría de los métodos de despiece pretenden separar los cortes o piezas más tiernas de los duros en forma de

que se obtengan la máxima palatibilidad y utilidad de cada corte ( 18 ).

El despiece se divide en despiece mayor y despiece menor ( 34 ). El despiece mayor permite obtener los cortes mayores que proporcionan partes grandes del animal y debe favorecer y preparar la realización del despiece menor y del deshuesado; el despiece menor son los cortes menores que permiten obtener piezas de carne listas para su comercialización al menudeo.

Para un correcto despiece es necesario seguir ciertos lineamientos:

- reducir al mínimo los desperdicios.
- los cortes deben tener una buena presentación para no desvalorizar al producto.
- el despiece y los cortes deben estar de acuerdo con las preferencias de los consumidores o las necesidades de la transformación industrial.
- utilizar instrumentos de corte adecuados, en buen estado y limpios.
- tener la máxima higiene durante todas las operaciones, cuidando las condiciones higiénicas, tanto del local como de los instrumentos de corte y de los operarios ( 19 ).

No se puede decir que una forma de corte y despiece sea mejor que otra. El despiece se realiza de acuerdo a las exigencias de los consumidores y a las costumbres establecidas en un mercado o país determinados. Así tenemos que en el mercado internacional, los principales cortes de la media canal de bovino son los tipos: argentino, americano, alemán, belga, español,

francés, holandés e italiano. Además en cada país existen distintos tipos de corte; así en los EE. UU. hay el tipo Chicago o el tipo New York, por ejemplo ( 15 ).

En todos los tipos de corte, la media canal de bovino es separada en dos partes; el cuarto trasero y el cuarto delantero. El cuarto trasero proporciona la mayoría de los cortes de alta calidad y mayor precio mientras que el cuarto delantero - proporciona los cortes de segunda y más apropiados para ser industrializados.

El tipo de corte utilizado para el despiece mayor en México se muestra en la Figura 1.3., en la cual se observan los cortes mayores tanto del cuarto delantero como del cuarto trasero y las líneas de separación para el corte, las cuales son las siguientes:

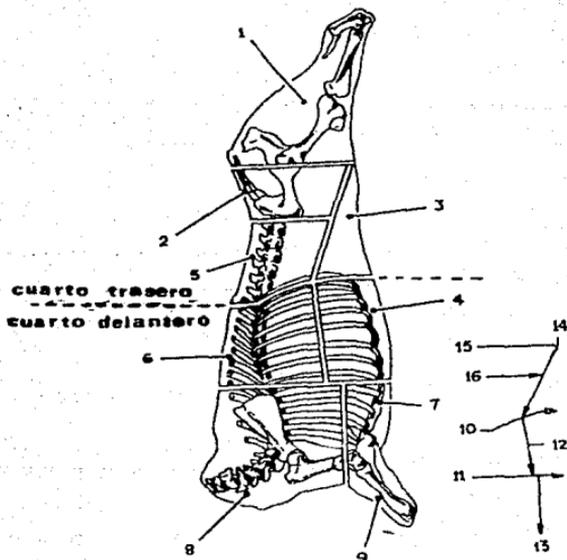
( 10 ) línea de separación de la canal en los cuartos trasero y delantero: este corte se realiza en la última vértebra torácica y sobre la décima segunda costilla.

( 11 ) línea de separación entre el costillar-falda y la espaldilla-pecho: este corte parte a la altura de la quinta costilla hasta la primera vértebra torácica.

( 12 ) línea de separación entre el costillar y la falda: se inicia el corte a 10 o 15 cm del comienzo de la décima segunda costilla por el lado de los ligamentos y se continúa hasta el centro de la sexta costilla.

( 13 ) línea de separación entre la espaldilla y el brazo-pecho: se efectúa cortando la carne perpendicularmente a la superficie externa de la canal, en la quinta y primera costillas

Fig. 1. 3.: Cortes mayores de la media canal de res más comunes en México y las principales líneas de separación de cada corte (\*).



- (1) Pierna con babilla, tapa y cadera.
- (2) Filete de lomo.
- (3) Falda baja.
- (4) Falda alta.
- (5) Lomo.
- (6) Costillar.
- (7) Pecho.
- (8) Espaldilla.
- (9) Brazo o Chambarete.

(\*) Reproducido de: Paltrineri, Gaetano. " Taller de Carne ".  
Editorial Trillas S. A. México ( 1985 ).

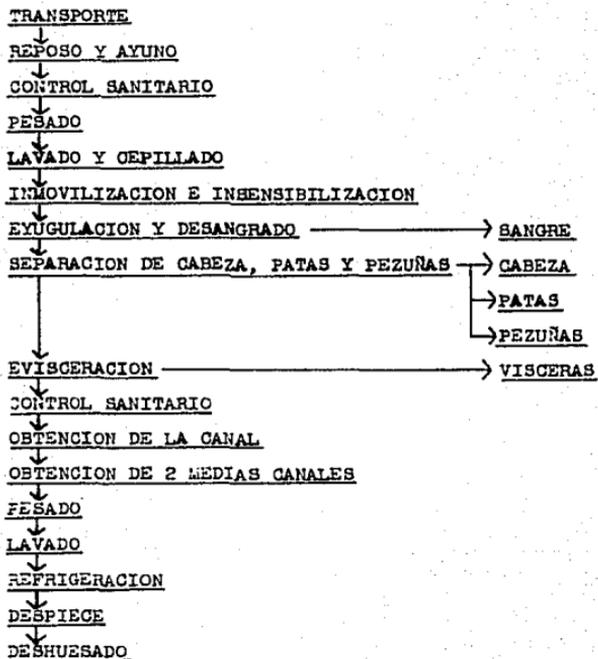
y se continúa hasta pasar por la base del cóndilo superior del húmero. El brazo y el pecho se separan cortando la costura natural que los une.

( 14 ) línea de separación de la falda del cuarto trasero: se empieza a cortar a 10 o 12 cm del comienzo de la décima tercera costilla por el lado de los ligamentos y se continúa con un corte recto hasta llegar al comienzo del músculo de la pierna.

( 15 ) línea de separación entre el lomo y la pierna: este corte se realiza separando la cuarta y quinta vértebras sacras con un corte perpendicular a la superficie externa, pasando por debajo del cóndilo superior del fémur y terminando al inicio del corte de la línea de separación de la falda del cuarto trasero. Se termina la separación del lomo cortando el isquión a la mitad.

( 16 ) línea de separación entre el lomo y el filete del lomo: se efectúa un corte a la altura de la primera vértebra lumbar, paralelo a la superficie de separación del lomo de la pierna.

Fig. 1.4.: Diagrama de bloques para la obtención de carne de bovinos:



1. 5. 5. Deshuesado de los cortes de carne:

El deshuesado se efectúa en las piezas que se van a industrializar, aunque algunas veces se realiza en las que serán destinadas a la venta al menudeo. Los cortes no deberán ser necesariamente perfectos cuando la carne será utilizada para la elaboración de carnes enlatadas. El deshuesado se realiza manualmente; los cortes de bovino que se deshuesan para fines industriales son la espaldilla, la pierna y el costillar ( 37 ).

1. 5. 6. Aspectos bioquímicos de la conversión del músculo en carne:

La musculatura animal no cesa bruscamente todas sus funciones vitales después de la muerte y se convierte de golpe en carne; por el contrario, en un período de varias horas e incluso días suceden una serie de cambios físicos y químicos que en su conjunto se denominan "conversión del músculo en carne" ( 2 ).

La mayoría de los órganos corporales de los animales superiores, incluido el músculo esquelético, funcionan dentro de un rango muy estrecho de condiciones fisiológicas ( pH, temperatura, concentración de oxígeno y aporte de energía entre otras). La conservación de un ambiente interno fisiológicamente equilibrado se denomina homeostasis.

La homeostasis proporciona al organismo la capacidad de sobrevivir bajo condiciones adversas, como por ejemplo, grandes variaciones de temperatura, escasez de oxígeno y el sometimiento a situaciones traumatizantes. La homeostasis está regulada por el sistema nervioso y las glándulas endócrinas ( hormonas

tiroides, corticoides y epinefrinas ).

La función del sistema circulatorio consiste en transportar los nutrimentos para los músculos y demás órganos y en eliminar los productos de desecho, ya sea para su excreción o para posteriormente ser metabolizados en otros órganos. La sangría efectuada durante la matanza elimina esta línea de comunicación y como consecuencia el aporte de oxígeno disminuirá paulatinamente, cesando el funcionamiento de la ruta aeróbica mediante el Ciclo de Krebs y el sistema de citocromos. En consecuencia, aparecerá un sistema homeostático que permite al músculo disponer de otra fuente de energía, la ruta anaeróbica, que de manera muy similar a como sucede cuando no hay suficiente oxígeno en el músculo vivo durante períodos de intenso ejercicio, proporcionará energía en forma de ATP, aunque con menor eficacia que la ruta aeróbica ( 4 ).

Como en el animal degollado se nulifica su sistema circulatorio, el ácido láctico originado por el metabolismo anaeróbico, no puede ser transportado del músculo al hígado y permanece en el músculo, aumentando su concentración a medida que prosigue el metabolismo y continúa acumulándose hasta que todo el glucógeno original almacenado se agota o se alcanzan condiciones que detienen la glucólisis anaeróbica.

#### 1. 5. 6. 1. Caída post mortem del pH:

El acúmulo de ácido láctico determina un descenso del pH muscular. Este descenso dependerá en gran medida de la cantidad de glucógeno contenido en el músculo al momento de la san-

gría y es uno de los cambios post mortem más significativos que suceden durante la conversión del músculo en carne ( 4 ).

La caída del pH en la musculatura de bovinos utilizando mé todos humanitarios de sacrificio, es de un descenso gradual de aproximadamente 7.0 en el músculo vivo hasta 5.6-5.7 transcurridas de 6 a 8 horas después del sacrificio, para posteriormente alcanzar un pH final que variará entre 5.3 a 5.7 unas 24 horas después del sacrificio ( 15 ).

Con un sacrificio traumatizante y no humanitario, el desarrollo de condiciones ácidas antes de que el calor corporal se disipe, provocará un descenso repentino del pH del músculo, dando lugar a efectos negativos en la calidad del producto final; además, un sacrificio traumatizante provocará que las hormonas homeostáticas varíen el metabolismo, incrementándose demasiado la concentración de ácido láctico en el músculo del animal y generándose una acidosis incapaz de ser neutralizada por el hígado, provocando que el animal muera por un fallo cardiorrespiratorio, lo que originará un desangrado insuficiente y una carne más susceptible a la acción bacteriana ( 2 ).

#### 1. 5. 6. 2. Rigor mortis ( rigidez de muerte ) :

Este cambio post mortem es muy llamativo. Es la rigidez de los músculos después de la muerte. La rigidez observada se debe a la formación de enlaces cruzados permanentes entre los filamentos de actina y miosina del músculo. Bioquímicamente, es la misma reacción que forma actomiosina en vida durante la contracción muscular, con la diferencia que después de la muer-

te, la relajación es imposible pues no se dispone de energía para escindir la actomiosina ya que para que el músculo se mantenga relajado, se requieren ATP y  $Mg^{+2}$ . Al agotarse el ATP, esta reacción es irreversible, sin embargo los músculos no se mantienen rígidos indefinidamente ( 4 ).

Esta contracción irreversible sucede en casi todos los sitios de unión del área de imbricación de los filamentos de actina y miosina, a diferencia de una contracción normal en el músculo vivo, en la que se originan enlaces en aproximadamente un 20 % de los posibles sitios de unión ( 4 ).

#### 1. 5. 6. 3. Maduración o envejecimiento de la carne:

Aunque durante el desarrollo del rigor mortis, la estructura muscular tiene una apariencia microscópica muy similar a la del músculo vivo, inmediatamente después de la muerte comienzan algunos cambios degradativos que a medida que transcurre el tiempo hacen perder la rigidez muscular y favorecen o desfavorecen las propiedades del producto final.

A medida que el pH desciende, los lisosomas celulares comienzan a desintegrarse, liberando unas proteasas llamadas catepsinas que degradan la estructura proteica de los tejidos conectivos de colágeno y desnaturalizan las proteínas musculares perdiéndose la rigidez cadavérica ( 5 ).

Si el descenso del pH fué muy brusco, las catepsinas actuarán rápidamente, lo cual tendrá un efecto indeseable en las propiedades sensoriales del producto, causado principalmente por la pérdida de la capacidad de ligar agua de las proteínas muscu

lares. Si la desnaturalización proteica es minimizada, el agua continuará ligada durante la conversión del músculo en carne y seguirá ligada durante el cocinado en gran proporción, contribuyendo a la jugosidad y palatabilidad del producto final ( 4 ).

La disminución de la capacidad de ligar agua de la carne se debe a:

\* efecto de la carga neta: al descender el pH, éste se aproxima al punto isoelectrico de las proteínas musculares ( punto en que las cargas positivas y negativas se igualan ) reduciéndose los grupos reactivos que pueden ligar agua.

\* efectos estéricos: al instaurarse el rigor mortis, ciertos iones como el  $Ca^{+2}$  y el  $Mg^{+2}$  se combinan con los grupos reactivos de las proteínas cargados negativamente, lo que provocará la aproximación de las cadenas proteicas entre sí y evitará que aquellos grupos reactivos todavía disponibles ligen agua, pues se forma una espesa red de proteínas contráctiles que quitan espacio a las moléculas de agua.

Parte de la pérdida de hidratación proteica se recupera si se deja que la carne envejezca o madure. Al actuar las catepsinas lentamente, degradan la estructura de la membrana celular, permitiendo una difusión de iones a las áreas que rodean las proteínas musculares. Esta redistribución de iones da como resultado la sustitución de algunos iones divalentes por otros monovalentes; en consecuencia, por cada catión divalente sustituido, queda en libertad para ligar agua, un grupo reactivo de la proteína y las fuerzas que tienden a aproximar las cadenas proteicas se debilitan ( 27 ).

Normalmente la maduración se realiza en cámaras de refrigeración dejando reposar la carne en canal de 24 a 48 horas antes de su comercialización y consumo. Se puede realizar una maduración acelerada manteniendo las canales 12 horas a 20 °C ( 15 ).

#### 1. 5. 7. Pigmentos de la carne:

El color es indudablemente uno de los factores de calidad más importantes tanto en la carne fresca como en la procesada.

Los músculos contienen una gran cantidad de pigmentos como mioglobina, hemoglobina, los citocromos, flavina, etc., pero los más importantes son la mioglobina y la hemoglobina ( 14 ).

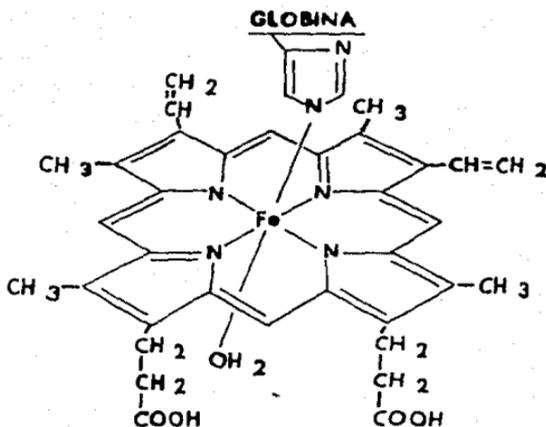
La hemoglobina es el pigmento rojo encontrado en la sangre y es el pigmento predominante en el músculo vivo, pero después del sacrificio y posterior desangrado, la mioglobina será el pigmento predominante ( 27 ).

La mioglobina es el pigmento responsable del color rojo característico de la carne cruda. Se encuentra en los tejidos musculares y sirve como mecanismo de reserva de oxígeno a nivel celular en el músculo vivo.

La mioglobina es una hemoproteína conjugada similar a la hemoglobina, tanto estructural como funcionalmente. Está compuesta de una proteína globular llamada globina complejada a un grupo prostético llamado hemo. El grupo hemo es un anillo porfirínico con un átomo de ión ferroso en su centro. La mioglobina tiene un grupo hemo por molécula mientras que la hemoglobina contiene cuatro ( ver figura 1.5. ).

El anillo porfirínico del grupo hemo está compuesto de cua

Fig. 1.5.: Fórmula desarrollada de la molécula de mioglobina mostrando la forma en que el grupo hemo y la globina se acomplejan y la manera en que el átomo de hierro se acompleja con el nitrógeno de los anillos pirrólicos (\*).

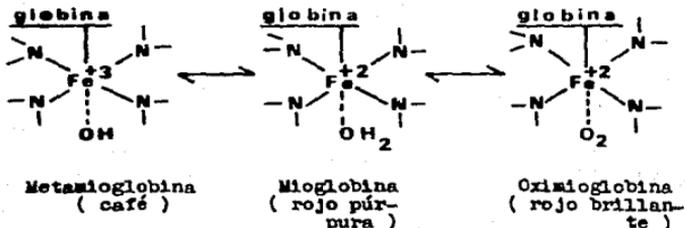


(\*) Reproducida de: Kramlich, W.E.; Pearson, A.M.; Tauber, F.W. "Processed Meats". The AVI Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A. (1978).

tro anillos de pirrol unidos por puentes de metano. El ión ferroso se une a los cuatro átomos de nitrógeno de cada uno de los anillos de pirrol mientras que un quinto enlace lo une con un residuo de histidina de la proteína. El sexto sitio de coordinación está ocupado por una molécula de agua ( 29 ).

La mioglobina tiene una gran afinidad con el oxígeno. Bajo condiciones aeróbicas, la mioglobina adsorbe reversiblemente el oxígeno sin la oxidación del átomo de hierro. En este proceso el oxígeno sustituye a la molécula de agua de la mioglobina y se forma un complejo llamado oximioglobina, que es el responsable del color característico de la carne recién cortada ( 5 ).

Una mayor exposición de la oximioglobina al oxígeno puede causar una oxidación del ión ferroso a estado férrico, formando se un pigmento café llamado metamioglobina:



Esta oxidación es acelerada cuando la globina se desnatura liza como sucede durante el calentamiento y cocinado de la carne ( 14 ).

La acción bacteriana también puede producir cambios en el color de la carne. Las bacterias productoras de H<sub>2</sub>S pueden producir pigmentos verdes como la sulfomioglobina y la colemioglobina

bina así como pigmentaciones amarillas producidas por la liberación de porfirinas oxidadas ( 3 ).

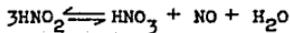
#### 1. 5. 7. 1. Curado de la carne:

En alimentos cárnicos sometidos al calor durante su manufactura, el proceso de curado tiene como función primordial la conservación del color rojo característico de la carne ( 18 ).

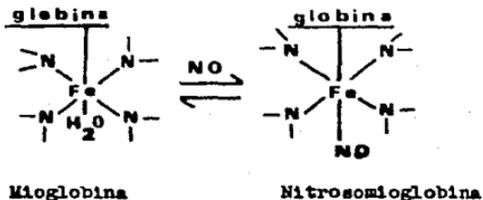
Básicamente el proceso de curado consiste en adicionar a la carne pequeñas cantidades de nitritos, nitratos y cloruro de sodio para inhibir algunos de los efectos del calor sobre el color de la carne procesada, evitando la formación de metamioglobina y propiciando la formación de pigmentos rojos y estables ( 18 ). Estos pigmentos son muy importantes en la aceptación de la mayoría de los productos cárnicos procesados.

Existen varios mecanismos mediante los cuales el nitrito se convierte en óxido nítrico; en solución acuosa y al pH de la carne ( 5.5-6.0 ) una parte de los nitritos ( en forma de sal de sodio o de potasio ) se transforman en ácido nitroso, el cual a estos valores de pH se descompone en óxido nítrico.

La reacción por medio de la cual los nitritos se descomponen para formar óxido nítrico es la siguiente:



La reacción anterior es muy rápida; posteriormente el óxido nítrico se combina con la mioglobina y forma un pigmento rojo y estable llamado nitrosomioglobina:



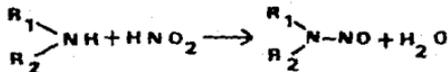
Después de la desnaturalización térmica de las proteínas durante el cocimiento de la carne curada, la nitrosomioglobina se transforma en nitrosil hemocromo, un pigmento estable que in parte a las carnes procesadas su característico color rosado - ( 5 ).

Los nitratos no intervienen directamente en el proceso de desarrollo y fijación del color, sino que se utilizan como fuen te de nitritos durante el almacenamiento de los productos cárni cos. Los nitratos bajo la acción de algunos microorganismos - son reducidos a nitritos, manteniéndose el nivel de nitritos lo suficientemente alto como para conservar el color e inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos, especialmente el Clostridium botulinum ( 15 ).

Si se adicionan nitritos directamente, no es necesario adi cionar nitratos y el color se desarrolla más rápidamente ( 15 ).

Recientemente se ha cuestionado el uso de nitratos y nitri

tos en los alimentos. La reacción del ácido nitroso con las aminas secundarias presentes naturalmente en los alimentos produce la formación de nitrosaminas:



amina secundaria

N-nitrosamina

Está completamente reconocido que las nitrosaminas son compuestos altamente carcinogénicos. Como la carne contiene aminas secundarias en abundancia, por ejemplo la prolina, se han dado regulaciones por parte de las autoridades sanitarias que limitan el uso de nitratos y nitritos en alimentos. La FDA de los EE. UU. establece que la cantidad de nitratos y nitritos o la combinación de ambos no deberá sobrepasar las 200 ppm en el producto final. En México, la Secretaría de Salud ha dictaminado disposiciones semejantes, limitando la cantidad máxima de los compuestos anteriores en el producto final hasta un máximo de 156 ppm (15, 38).

#### 1. 5. 8. Microbiología de la carne fresca:

A excepción de la superficie externa (pelos y piel) y de los tractos gastroentérico y respiratorio, los tejidos de los animales vivos están generalmente libres de microorganismos. Los glóbulos blancos del animal y los anticuerpos producidos por éste durante su vida, controlan eficazmente los agentes in-

fecciosos. Estos mecanismos de defensa interna se pierden junto con la sangre durante el sacrificio y por lo tanto, inmediatamente después del desangrado y en cualquier operación después de éste deben tomarse las máximas medidas de higiene para reducir al máximo la contaminación, crecimiento y actividad de los microorganismos que pudiesen existir ( 2, 3 ).

La contaminación microbiana inicial de la carne casi siempre es consecuencia de la penetración de microorganismos en el sistema vascular por utilizar para la degollación cuchillos contaminados, ya que después de punsionados los vasos sanguíneos, la sangre continúa circulando y los microorganismos introducidos por los cuchillos contaminados se diseminan por todo el organismo animal ( 2 ). También puede tener lugar una contaminación con la llegada de microorganismos a las superficies de la carne en cada una de las operaciones de obtención de carne, desde piezo, procesado, almacenamiento y comercialización; así mismo puede contaminarse al tener contacto la canal con pieles, estiércol, polvo y con las vísceras si éstas fueron punsionadas durante el eviscerado.

Otras fuentes potenciales de contaminación microbiana son el equipo empleado, las ropas y manos del personal, el entorno físico, el agua utilizada para lavar las canales y el equipo - así como microorganismos presentes en el aire de las salas de maduración, refrigeración y almacenamiento, los locales de procesado y empaquetado ( 3 ).

La carne contiene en proporciones diversas, bacterias, levaduras y mohos. Los microorganismos que eventualmente pueden

crecer lo suficiente como para causar alteraciones serán aquellos para los que las condiciones existentes les sean más favorables para su crecimiento. Aunque originalmente pudieran existir muchos tipos de microorganismos, generalmente es uno y rara vez más de tres los que se multiplican lo suficientemente rápidamente como para causar deterioro en la carne ( 3 ).

A temperaturas normales de refrigeración ( -1 a 3 °C ) los microorganismos que pueden producir alteraciones en la carne pertenecen a los géneros Pseudomona, Achromobacter, Micrococcus, Lactobacillus, Streptococcus, Leuconostoc, Pediococcus, Flavobacterium y Proteus ( 7 ).

Según el estado físico de la carne ( canales, piezas grandes, cortes para la venta al menudeo, picada, molida o triturada ) así como el tratamiento aplicado durante su procesamiento será la proliferación bacteriana en la misma. La reducción del tamaño de los cortes de carne origina una carga microbiana mayor debido a que se incrementa la superficie expuesta al ambiente y hay una mayor penetración y disponibilidad del oxígeno, así como del agua y de los nutrientes de la carne para ser aprovechados por los microorganismos.

Este incremento de la carga microbiana será causado además por el tiempo transcurrido en alcanzar el tamaño deseado combinado con el contacto de muchas superficies que pueden ser fuentes de contaminación ( sierras, picadoras, cuchillos, manipulación de los empleados, etc. ).

Los valores normales de pH de la carne después del rigor mortis favorecen el desarrollo de microorganismos acidófilos.

La carne con valores de pH altos como los encontrados en la carne color oscuro causado por un insuficiente desangrado del animal es muy susceptible al crecimiento microbiano, incluso bajo las mejores condiciones y prácticas de manipulación ( 24 ).

La mayoría de los microorganismos requieren para su desarrollo un aporte de nitrógeno, de energía, minerales y vitaminas del grupo B. La carne es rica en cada uno de estos nutrientes y en consecuencia constituye un medio excelente para la reproducción microbiana. Como la carne es pobre en carbohidratos se favorecerá el desarrollo de microorganismos proteolíticos y lipolíticos que emplearán las proteínas y lípidos como fuentes de energía, así como los carbohidratos complejos que llegasen a estar presentes en la carne.

Los cambios alterativos producidos por la acción microbiana en la carne pueden ser cambios físicos y químicos.

Los productos finales de la acción microbiana en la carne dependerán fundamentalmente de la disponibilidad de oxígeno. Cuando el oxígeno es abundante, los productos finales de la hidrólisis de las proteínas de la carne serán péptidos sencillos y aminoácidos.

Bajo condiciones anaeróbicas, las proteínas serán degradadas por los microorganismos en una gran variedad de sustancias que contienen azufre, todas extraordinariamente malolientes y peligrosas para la salud; además se encontrarán compuestos nitrogenados no proteicos como el amoníaco. Las lipasas de los microorganismos lipolíticos en condiciones anaeróbicas hidrolizan los triglicéridos a glicerina y ácidos grasos y los fosfolí

pidos a bases nitrogenadas favoreciéndose la oxidación lipídica y dando como resultado un aroma seboso y pungente ( 19 ).

Igualmente se producen coloraciones indeseables como la "coloración verde" causada por la Pseudomona mephitica que convierte la mioglobina en sulfomioglobina por la producción de ácido sulfhídrico ( 3 ).

Otros microorganismos como Clostridium putrefaciens, Clostridium histolyticum, Clostridium sporogenes y Clostridium lentoputrescens se desarrollan en los huesos, bajo condiciones anaeróbicas, produciendo un ennegrecimiento y hediondez del hueso, aunque ésto es más frecuente en carnes curadas secas como el jamón serrano ( 3 ).

La alteración aeróbica de bacterias y levaduras en la carne provoca en la superficie de ésta la aparición de mucosidades de diversos colores y la generación de aromas repugnantes, así como el desarrollo de zonas algodonosas o botones fúngicos con diversas coloraciones. Las coloraciones pueden ser verdes, grises o marrón y son debidas a formas oxidadas de la mioglobina, generadas por la producción de compuestos oxidantes procedentes del metabolismo de los microorganismos ( 7 ).

Las alteraciones anaeróbicas se presentan en las partes profundas de la canal o en trozos de carne conservados en recipientes cerrados y se traducen generalmente en el ennegrecimiento de los huesos y en la generación de olores amargos y nauseabundos además de coloraciones o decoloraciones en los tejidos musculares ( 3 ).

## 2. 0. Procesamiento térmico de los alimentos:

El hombre ha aprendido a lo largo de los siglos, por vía empírica a explotar las temperaturas extremas para la conservación de sus alimentos. Observó que enfriándolos se retrasaba su alteración; que manteniéndolos en estado congelado se conservaban durante largos períodos de tiempo; que el calentamiento e eliminaba los agentes de la alteración de origen microbiano y - que si, se evitaba la recontaminación después de envasarlos ade cuadamente, los alimentos tratados térmicamente podían conservarse incluso a la temperatura ambiente ( 14 ).

Después de la Revolución Industrial a fines del siglo - XVIII, la civilización se industrializó en todos sus aspectos, aplicando métodos más racionales de producción en todas las ramas de la industria. La industria de los alimentos no se quedó atrás, pues se incrementó la demanda de grandes cantidades de a alimentos y con la mayor calidad posible, sin descuidar sus propiedades sensoriales y nutritivas, así como el aspecto económico en la venta del producto.

Una parte muy importante de la industria alimentaria moderna la constituye la preservación de alimentos por medio de procesos térmicos.

## 2. 1. Aplicación de la energía térmica a los alimentos:

La transferencia de calor en los alimentos así como el com portamiento de los mismos hacia esta energía térmica, da lugar a diferentes procedimientos o tratamientos térmicos, que estarán en función de la respuesta u objetivo que se desea en el a

limento de acuerdo a las características, al comportamiento del mismo respecto a la energía térmica aplicada y a la forma o medios con que se transmite dicha energía ( 9 ).

A continuación se describen en términos generales algunos de los tratamientos térmicos más comunes de los alimentos:

#### 2. 1. 1. Cocinado:

El cocinado es un procedimiento térmico cuya principal función es producir un alimento más agradable sensorialmente. La palabra cocinar es un término que engloba a por lo menos seis formas de calor incluyendo el horneado, asado, rostizado, hervido, freído y guisado, aunque cada uno de estos términos difieren entre sí por la temperatura alcanzada, así como si involucran la presencia de agua o aceite como medio de transmisión del calor.

El cocinado es una forma de conservación de los alimentos, puesto que provoca en ellos dos cambios que incrementan su capacidad de preservación. El primero destruye o reduce a los microorganismos presentes e inactiva algunas de las enzimas indeseables en los alimentos y el segundo mejora y estabiliza el color, sabor y textura del alimento, además que se incrementa la digestibilidad de los alimentos ( 14 ).

#### 2. 1. 2. Escaldado:

Este tratamiento térmico es aplicado antes de congelar, secar o enlatar un alimento, generalmente de origen vegetal. Sus objetivos dependen del proceso de preservación que será aplicado.

El escaldado se realiza antes de congelar o secar un alimento con objeto de inactivar las enzimas propias del mismo que posteriormente pueden producir cambios indeseables en el olor, color, sabor o valor nutritivo del producto final. Este método se basa en medir el grado de destrucción de la catalasa y la peroxidasa, dos de los sistemas enzimáticos más termorresistentes y abundantes de los tejidos vegetales. Si la actividad de estas enzimas es destruida, podemos suponer que el resto de las enzimas presentes y menos termorresistentes fueron inactivadas y que no causarán cambios que deterioren el alimento procesado durante su vida de anaquel. El tiempo de calentamiento necesario para inactivar a la peroxidasa o la catalasa dependerá del tamaño y tipo de la fruta o verdura así como del medio de calentamiento y la temperatura alcanzada ( 14 ).

### 2. 1. 3. Agotado:

Este tratamiento térmico es previo al cerrado o engargolado de un producto alimenticio envasado y cuyos objetivos son remover los gases e incrementar la temperatura del contenido. Como generalmente los productos enlatados reciben un tratamiento térmico lo suficientemente severo para inactivar las enzimas, la inactivación de éstas no es un objetivo esencial del agotado previo al cierre de los alimentos enlatados, mientras que la remoción de gases y precalentamiento del producto son muy importantes, pues estas dos operaciones tienen gran influencia en el contenido final de oxígeno en el recipiente y por lo tanto influirán directamente en la vida de anaquel o período de conservación del alimento ( 14, 21 ).

#### 2. 1. 4. Pasteurización:

La pasteurización es un tratamiento térmico que destruye parte pero no a todos los microorganismos vegetativos presentes en un alimento y en consecuencia este método es utilizado para la preservación de alimentos que posteriormente han de ser manipulados y almacenados bajo condiciones que minimizan el crecimiento microbiano ( 3 ). En muchos casos, el objetivo primordial de la pasteurización es destruir a los microorganismos patógenos o de interés en salud pública, como es el caso de la leche. En otros productos la pasteurización es empleada para prevenir la contaminación de los alimentos por microorganismos indeseables que pudieran causar deterioro o alteraciones de las propiedades de un producto, como es el caso de la cerveza.

El tratamiento tiempo-temperatura utilizado en la pasteurización depende de la resistencia térmica del microorganismo elegido para ser destruido y de la sensibilidad del alimento al calor ( 44 ).

El criterio aplicado en la pasteurización de la leche se basa en la destrucción de Coxiella burnetti, microorganismo responsable de la fiebre Q, el cual además es el microorganismo patógeno más termorresistente presente en la leche; para alimentos muy ácidos provenientes de jugos y zumos de frutas, los procesos de pasteurización se basan en la destrucción de hongos y levaduras. En bebidas fermentadas como son la cerveza y el vino, la pasteurización es empleada para la destrucción de levaduras indeseables ( 14 ).

### 2. 1. 5. Esterilización:

Un producto estéril es aquel en el cual no existen microorganismos viables ( capaces de reproducirse cuando se exponen a condiciones óptimas para su crecimiento ). Cuando los microorganismos son expuestos a temperaturas ligeramente arriba del límite superior de temperatura de crecimiento, hay una destrucción de las células vegetativas mientras que las esporas bacterianas pueden resistir temperaturas mucho mayores. Es por ésto, que la inactivación de esporas es primordial en todos los procesos de esterilización ( 43 ).

El término "esterilización" no es muy apropiado utilizarlo al referirse a los procesos térmicos de los alimentos, pues en este caso, el criterio a seguir es que basta con que los microorganismos patógenos y sus esporas hayan sido destruidos y que las esporas de los microorganismos que deterioran el alimento o microorganismos de importancia económica sean incapaces de reproducirse bajo las condiciones normales de almacenamiento, lo que significa que pueden existir algunos microorganismos no patógenos viables, pero las condiciones ambientales impiden que se reproduzcan. Los alimentos que han sido procesados térmicamente bajo este criterio se denominan "comercialmente estériles" ( 14, 32 ).

Las condiciones necesarias para producir esterilidad comercial en un alimento dependen de muchos factores, principalmente los siguientes:

- a ) Naturaleza del alimento ( por ejemplo su pH ).
- b ) Las condiciones de almacenamiento posteriores al procesado.

c ) La resistencia térmica de los microorganismos involucrados o de sus esporas.

d ) Las características de transferencia de calor del alimento, su envase y el medio de calentamiento utilizado en el proceso.

e ) La población inicial de microorganismos en el alimento.

Los alimentos comercialmente estériles se presentan en recipientes herméticos y sellados para prevenir una recontaminación posterior al procesado; como en el interior del recipiente se alcanzan niveles muy bajos de oxígeno, los microorganismos que requieren oxígeno para su crecimiento ( aerobios obligados ), son inhibidos lo suficiente como para no causar deterioro del alimento o problemas de salud pública. Además la mayoría de las esporas de los microorganismos aerobios obligados son menos termorresistentes que las de los microorganismos capaces de reproducirse en condiciones anaerobias ( anaerobios facultativos y obligados ), son éstos últimos los más importantes para el criterio de la esterilización comercial de los alimentos y su destrucción será el índice de un procesado térmico adecuado.

## 2. 2. Mecanismos de transferencia de calor en los alimentos:

La transferencia de calor es una de las operaciones unitarias más importantes en la industria alimentaria. Casi todos los procesos en esta industria, involucran una transferencia de calor, ya sea calentando o enfriando los alimentos con objeto de variar sus características físicas, químicas y de almacenamiento.

La transferencia de calor puede efectuarse por medio de uno o más de los tres mecanismos siguientes ( 17 ):

a ) Conducción: En este mecanismo, el calor es transferido a través de las moléculas adyacentes de un cuerpo sin presentarse un movimiento apreciable de las partículas. Este tipo de transferencia se presenta en cuerpos sólidos o muy viscosos.

b ) Convección: La transferencia de calor por convección consiste en un calentamiento causado por un movimiento circular de las partes calientes y frías de un fluido. Este movimiento es originado por las diferencias de densidades resultantes debidas a las distintas temperaturas en los distintos puntos del fluido ( 17 ).

La convección forzada se realiza con aparatos mecánicos - que agitan el fluido facilitando su movimiento y logrando así una transferencia del calor ( calentamiento ) más uniforme y rápida ( 21 ).

c ) Radiación: Es la transferencia de energía calórica a través del espacio por medio de ondas electromagnéticas. La transferencia radiante del calor no requiere un medio físico para su transferencia y se rige por las mismas leyes que dictan el comportamiento de la transferencia de la luz. El ejemplo de radiación más ilustrativo es el transporte del calor del Sol a la Tierra. Otros ejemplos son el cocimiento de alimentos al ser colocados cerca de brasas o calentadores eléctricos o expuestos a la radiación electromagnética en el rango de la frecuencia de radio en una caja de resonancia, que es lo que se conoce como calentamiento por microondas ( 14, 17 ).

3. 0. Proceso de preservación de alimentos en envases herméticos:

El proceso de preservación de alimentos por medio del calor en un envase hermético ( generalmente son latas o frascos de vidrio ) permite obtener alimentos libres tanto de microorganismos patógenos como de aquellos que pudiesen alterar las propiedades del producto a envasar ( sabor, olor, textura y apariencia general ) y consiste en términos de las siguientes etapas básicas ( 11 ):

3. 1. Preparación del alimento:

Los alimentos que serán envasados requieren ser seleccionados en función de sus características físicas, químicas y sensoriales a fin de almacenarse, generalmente con objeto de tener existencias suficientes en la planta procesadora. Cuando se van a utilizar requieren ser descortezados, pelados, rebanados o cortados. Estas operaciones facilitan la contaminación y permiten el desarrollo microbiano acelerado. Es por ello que el manejo manual debe ser minimizado y en lo posible evitado. Los operarios deben observar las máximas medidas de higiene a fin de obtener productos de la mejor calidad y con la máxima capacidad de conservación así como libres de microorganismos que los pudiesen alterar o provocar problemas de salud pública.

3. 2. Escaldado:

Este es un tratamiento preliminar a la materia prima. El alimento, generalmente los vegetales son expuestos a la acción del agua caliente o del vapor para reducir la oxidación, remo-

ver gomas o ceras, inactivar enzimas, fijar colores, auxiliar en el proceso de pelado y reducir la carga microbiana.

### 3. 3. Llenado:

Esta operación es muy importante. Un llenado excesivo impedirá el correcto cierre del recipiente u ocasionará abombamiento y posterior ruptura del cierre del envase, pues la mayoría de los alimentos al ser calentados se expanden, ocasionando deformaciones en el contenedor y si la presión interna durante el calentamiento es excesiva, ésto ocasionará la ruptura del envase. Si el llenado es insuficiente, quedará un espacio de aire muy grande en el interior de la lata facilitándose la contaminación con microorganismos aerobios.

### 3. 4. Agotado:

Esta operación se efectúa antes de sellar el envase; el objetivo principal, entre otros ya señalados, consiste en la sustitución del aire que está arriba dentro del envase por vapor.

Esta operación nos asegura en el envase sellado lo siguiente ( 22 ):

a ) Mantiene los extremos del bote en una forma cóncava durante la vida útil del producto, permitiendo un control visual de las condiciones del contenido.

b ) Reduce la cantidad de  $O_2$  en el interior.

c ) Previene distorsiones permanentes de los extremos de los envases de hojalata y permite un cerrado más hermético de los envases de vidrio.

El vacío puede ser producido por tres métodos:

a ) Agotado térmico o llenado en caliente: El contenido del recipiente es llenado a una temperatura que oscila entre 60 y 85 °C previo al sellado. La contracción del contenido después del sellado producirá un vacío en el interior del recipiente. Este tipo de agotado es muy deficiente en productos sólidos o muy viscosos.

b ) Mecánico: El aire del recipiente es extraído por una bomba de vacío.

c ) Desplazamiento por vapor: Se inyecta vapor en el espacio libre del recipiente con objeto de desplazar el aire por vapor de agua que posteriormente se condensará y provocará un vacío.

### 3. 5. Sellado o engargolado:

Actualmente la totalidad de las fábricas enlatadoras utilizan latas cuyos extremos no van soldados sino doblados hacia adentro, permitiendo un sellado más eficiente y rápido. La unión del doble cierre entre el cuerpo del envase metálico y la tapa se realiza ya sea con cerradoras o engargoladoras manuales o automáticas.

### 3. 6. Esterilizado:

En esta operación los alimentos ya enlatados son expuestos a una temperatura durante un cierto tiempo con objeto de evitar el desarrollo de actividades microbianas y/o enzimáticas resultando un producto estéril en términos comerciales y con el máxi

mo posible de características nutritivas y sensoriales ( 14 ).

### 3. 7. Enfriado:

Después que el tratamiento térmico ha terminado, todos los alimentos enlatados deben ser enfriados lo más rápidamente posible hasta un nivel en el cual el cocimiento y condiciones deteriorativas se detengan. El enfriado se realiza con agua potable a 20-25 °C. Como las latas están mojadas, es conveniente permitir algún calor remanente en el interior para acelerar la evaporación del agua de la superficie del recipiente y prevenir la corrosión.

Cuando las latas son enfriadas, su presión interior disminuye provocando un vacío causado por la contracción de los contenidos y tensionando hacia el interior los extremos de la lata ( 14 ).

### 3. 8. Etiquetado:

Una vez enfriadas las latas o envases utilizados, se procede al etiquetado; esta operación reviste gran importancia ya que con ella se indicarán las características del producto, fecha de elaboración, lote al que pertenecen y características del proceso y operadores que intervinieron en su elaboración.

### 3. 9. Almacenado:

Una vez etiquetadas las latas, éstas son almacenadas en la planta procesadora del alimento antes de ser distribuidas y comercializadas. Se almacenan las latas con objeto de estabili-

zar el contenido después del tratamiento térmico y para comprobar que éste fué suficiente para no tener problemas de deterioro microbiano. Los envases son almacenados 10 días a temperatura de 35 a 40 °C con objeto de observar abombamientos e hinchazones provocadas por el desarrollo de microorganismos que sobrevivieron el tratamiento térmico o que hubiesen entrado al recipiente después del tratamiento por defectos o fugas del envase. Una vez que pasa este período de tiempo, los envases son analizados físicamente y los que no presentan signos de deterioro microbiano o defectos de mal engargolado o golpeados son comercializados.

Fig. 1.6.: Diagrama de bloques de las operaciones del proceso de preservación de alimentos térmicamente procesados en envases herméticos.

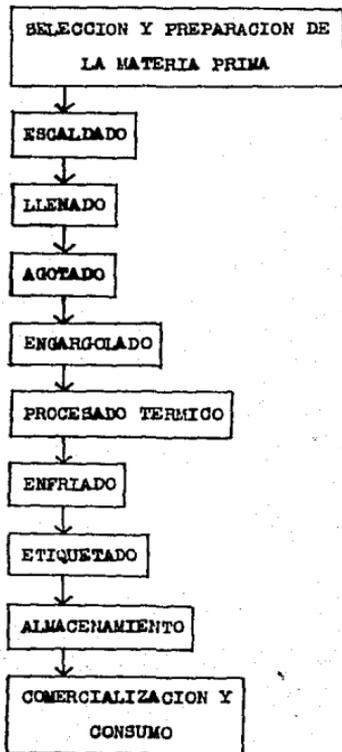
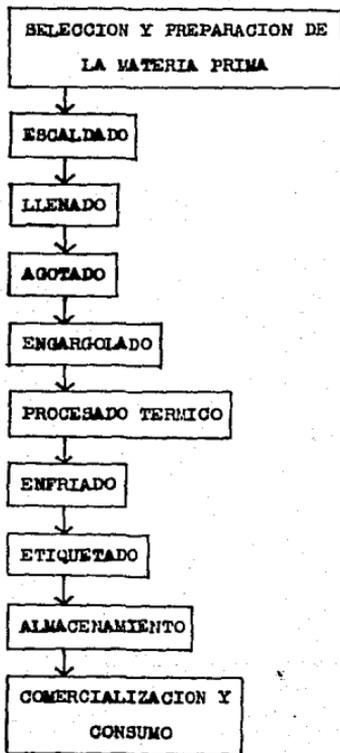


Fig. 1.6.: Diagrama de bloques de las operaciones del proceso de preservación de alimentos térmicamente procesados en envases herméticos.



### 3. 10. Microbiología de los alimentos enlatados:

La contaminación microbiana de los alimentos enlatados térmicamente procesados puede ser debida a microorganismos que sobrevivieron el proceso térmico o que penetraron al interior del recipiente después del proceso a causa de fugas o roturas del recipiente.

El tipo de contaminación microbiana así como la resistencia térmica de las bacterias está en estrecha relación con el pH del alimento en cuestión, por lo que se clasificarán los alimentos de acuerdo a su pH de la siguiente manera para efectos de estudio de este capítulo en ( 43 ):

Alimentos de baja acidez: pH superior a 4.5.

Alimentos de acidez media: pH entre 3.7 y 4.5.

Alimentos de alta acidez: pH menor a 3.7.

Los microorganismos que pueden alterar la mayoría de los alimentos de alta acidez como son los jugos de frutas cítricas y los encurtidos entre otros, consisten principalmente de levaduras, hongos, lactobacilos y algunas bacterias no esporuladas. Todos estos microorganismos son rápidamente destruidos al calentarlos a temperaturas de alrededor de 76.5 °C durante unos cuantos minutos; como el pH es muy bajo ( menor a 3.7 ) la supervivencia de esporas no es importante ya que los microorganismos formadores de esporas son incapaces de reproducirse a tan baja acidez ( 31 ).

Los alimentos de acidez media como son los tomates, peras, albaricoques y cerezas dulces son alterados además de hongos y levaduras, por algunas bacterias no formadoras de esporas mesó-

filas y algunas bacterias formadoras de esporas, de una relativa resistencia al calor. Estos microorganismos se reproducen rápidamente a un pH de 4.6 y lentamente en valores de pH superiores a 3.7; su temperatura óptima de crecimiento oscila entre 21 y 33 °C. Los alimentos de acidez media son preservados al someterlos a temperaturas de entre 95 y 100 °C por unos minutos ( 14 ).

Los alimentos de acidez baja, con un pH mayor a 4.5, como es el caso de las carnes de res y cerdo, pollo, huevos, pescados y mariscos, plátanos, melones, leche y derivados, leguminosas y la mayoría de las verduras ( espinacas, acelgas, etc. ) requieren procesos térmicos muy severos. Usualmente estos alimentos son procesados a temperaturas de entre 110 a 121.1 °C. Esto se debe a que las condiciones de dichos alimentos favorecen el desarrollo de muchos tipos de microorganismos formadores de esporas; en este tipo de alimentos éstos microorganismos son los de mayor importancia en lo que a términos de esterilización se refiere.

Las bacterias formadoras de esporas pueden clasificarse de acuerdo a sus requerimientos de oxígeno en:

- a ) Aerobios obligados.
- b ) Anaerobios facultativos.
- c ) Anaerobios obligados.

Aerobios obligados: Este grupo incluye a los microorganismos que requieren oxígeno molecular para su desarrollo. Desde el punto de vista de la esterilización comercial de alimentos, estos microorganismos son los menos importantes de los tres gru

pos, ya que las esporas de los aerobios obligados tienen la más baja resistencia térmica a comparación de las esporas de los otros dos grupos de microorganismos. En la actualidad, las técnicas de enlatado utilizadas producen alimentos con muy bajos contenidos de oxígeno, insuficiente para permitir el crecimiento de estos microorganismos, por lo que si aunamos ésto con su poca resistencia térmica, el desarrollo de estos microorganismos será índice de un procesamiento térmico insuficiente o causado por fugas del recipiente que permiten el paso de estos microorganismos del medio ambiente al interior del recipiente.

Todas las bacterias formadoras de esporas aeróbicas obligadas pertenecen al género Bacillus spp. Generalmente el deterioro de alimentos enlatados por bacterias formadoras de esporas aeróbicas obligadas se presenta en carnes curadas pasteurizadas enlatadas, las cuales contienen nitratos y nitritos y son procesadas térmicamente hasta lograr la destrucción de células vegetativas de microorganismos patógenos exclusivamente, por lo que posteriormente estos alimentos han de conservarse en refrigeración. Algunas especies de Bacillus subtilis y Bacillus mycoides son capaces de reducir los nitratos presentes en estos alimentos para obtener oxígeno para su actividad metabólica y bajo temperaturas favorables pueden causar deterioro en este tipo de alimentos, consecuentemente problemas económicos.

Anaerobios facultativos: Estos microorganismos, desde el punto de vista de la esterilización comercial de alimentos son los más importantes, principalmente en alimentos de acidez baja. Estos microorganismos son clasificados como termófilos, la mayoría de ellos pueden desarrollarse a temperaturas muy cerca-

nas a las temperaturas comunes de manejo y almacenamiento de alimentos enlatados. Estos microorganismos son muy resistentes al calor.

En los alimentos de baja acidez, el Bacillus stearothermophilus y especies similares producen la "acidez plana" de los alimentos; ésto es, producen agriado del alimento que contaminan con muy poca o ninguna producción de gas, traduciéndose esta situación en pérdidas económicas.

La temperatura óptima de crecimiento de estos microorganismos varía considerablemente entre las diferentes especies, desde 49 a 55 °C, sin embargo muy pocas especies se desarrollan a temperaturas menores de 38 °C.

En alimentos enlatados de acidez media, particularmente en tomates y derivados, los microorganismos que provocan problemas económicos por el deterioro que originan, tenemos a los siguientes: Bacillus coagulans ( Bacillus thermoacidurans ), Bacillus macerans y Bacillus polymyxa.

Anaerobios obligados: Las esporas de estos microorganismos son muy resistentes al calor, aunque no tanto como las de los anaerobios facultativos. Estos microorganismos pueden ser termófilos o mesófilos.

De los termófilos, los más importantes son los microorganismos sacarolíticos no productores de H<sub>2</sub>S. El Clostridium thermosaccharolyticum es la especie más representativa de este grupo. Estos microorganismos fermentan los azúcares presentes en los alimentos produciendo grandes cantidades de gas ( CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> principalmente ) y ácido butírico. Principalmente se desa-

rrollan en alimentos cuyo pH se encuentra entre 4.5 y 5.0, su temperatura óptima de crecimiento es de alrededor de 55 °C y aunque raras veces se desarrollan a temperaturas inferiores a 32 °C, pueden provocar muchos problemas en alimentos almacenados a temperaturas ligeramente más elevadas, y algunas especies tienen una resistencia térmica muy elevada, lo que obliga a realizar tratamientos térmicos muy severos en alimentos con un número muy elevado de esporas de estos microorganismos.

Otros microorganismos formadores de esporas anaerobios obligados y termófilos de importancia en alimentos enlatados son los que producen H<sub>2</sub>S. El Clostridium nigrificans se considera la especie prototipo de estos microorganismos; éstos producen proteólisis en los alimentos con una gran producción de H<sub>2</sub>S y un ennegrecimiento del producto por la interacción entre el H<sub>2</sub>S y el hierro presente. La incidencia de contaminación por estos microorganismos es rara por dos razones; éstos son bastante escasos en el medio ambiente común y sus esporas son poco resistentes al calor.

De los microorganismos formadores de esporas anaerobios obligados mesófilos, el más importante desde el punto de vista de la salud pública es el Clostridium botulinum; este microorganismo se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y su presencia se asume en todos los alimentos que serán envasados en recipientes herméticos. En alimentos enlatados de baja acidez ( pH mayor a 4.5 ) las condiciones existentes en el interior del recipiente son ideales para el crecimiento y producción de toxina del Clostridium botulinum. Aunque hay microorga

nismos que producen esporas más termorresistentes que las del Clostridium botulinum, un proceso basado en la destrucción de éste, nos dará un alimento sin repercusiones en la salud pública y sin problemas de contaminación y deterioro por otros microorganismos a temperaturas de almacenamiento comunes.

Las especies A, B y E del Clostridium botulinum son capaces de producir toxina, siendo las esporas de las especies A y B considerablemente más resistentes al calor que las de la especie E. La toxina producida por este microorganismo es una neurotoxina muy potente (  $D_{L 50} = 1 \times 10^{-8}$  g/kg en el hombre ) sin embargo, es inactivada con la exposición a calor húmedo durante 10 minutos a 100 °C ( 14, 44 ).

Otros microorganismos anaerobios obligados mesófilos que causan deterioro en los alimentos de acidez baja son Clostridium putrificum, Cl. histolyticum, Cl. bifermentans, Cl. sporogenes y especies relacionadas, sin embargo, un tratamiento anti botulínico eliminará a todos estos microorganismos de un alimento así procesado.

En alimentos de acidez media, también se pueden desarrollar microorganismos mesófilos anaerobios obligados, como el Clostridium pasteurianum, Cl. butyricum, Bacillus polymyxa y Bacillus coagulans, pero como el microorganismo más termorresistente de los anteriores es el B. coagulans, un tratamiento térmico basado en la destrucción de este microorganismo será suficiente para evitar el desarrollo de todos los demás microorganismos señalados.

## C A P I T U L O   I I .   M A R C O   T E O R I C O ( \* ) .

### 1. O.   M u e r t e   d e   l o s   m i c r o o r g a n i s m o s   p o r   c a l o r   h ú m e d o :

El método de esterilización más común es aquel que involucra la muerte de los microorganismos por calor húmedo. Destrución o muerte en este caso significa la pérdida de viabilidad o capacidad de reproducción ( 32 ).

La mayoría de las reacciones que ocurren en los alimentos sujetos a la acción del calor siguen una cinética de reacción bien definida. La destrucción térmica de la mayoría de los nutrientes, vitaminas, enzimas y factores de calidad así como de los microorganismos presentes en un alimento obedece una cinética de reacción de primer orden. Esto significa que la velocidad de destrucción de cada uno de estos componentes es dependiente de su concentración inicial. Esta relación es conocida como "orden logarítmico de inactivación o destrucción" ( 43 ).

Los microorganismos expuestos a la acción del calor húmedo siguen una inactivación con una cinética de primer orden.

Matemáticamente, la reacción de primer orden es:

$$-\frac{dC}{dt} = kC \quad . . . ( 1 )$$

donde  $-dC/dt$  es la velocidad a la cual la concentración inicial disminuye;  $C$  es la concentración de microorganismos viables y  $k$  es la constante de velocidad de una reacción de primer orden.

(\*) Ver el Apéndice I al final de este trabajo, con el Glosario de Términos y Abreviaturas Utilizadas.

Integrando la ecuación ( 1 ) entre los límites  $C_1$  a un tiempo  $t_1$  o  $C$  a un tiempo  $t$  cualquiera, se obtiene:

$$-\int_{C_1}^C \frac{dC}{C} = -k \int_{t_1}^t dt$$

$$-\ln C + \ln C_1 = k ( t - t_1 )$$

finalmente:

$$\log C = \log C_1 - \frac{kt}{2.303} \quad \dots ( 2 )$$

La ecuación ( 2 ) representa la ecuación de una recta con una pendiente  $m = -k/2.303$ , la cual, gráficamente representará una "curva de sobrevivientes a una temperatura constante", que es la siguiente gráfica:

# de sobrevivientes

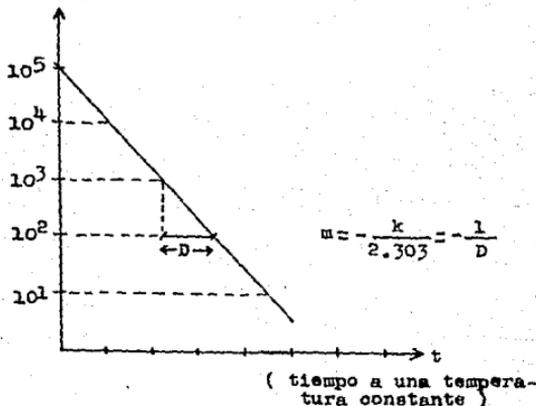


Fig. 2.1.: Curva de sobrevivientes a una temperatura constante ( Reproducida de: Stumbo, C.R. "Thermobacteriology in Food Processing", Academic Press Inc. New York, N.Y. U.S.A. 1975 ).

De la gráfica anterior es evidente que el tiempo requerido para que la curva de sobrevivientes atravesase un ciclo logarítmico corresponde a una reducción del 90 % en el número de sobrevivientes. Al tiempo requerido para reducir el número de sobrevivientes en un 90 % se le denomina "tiempo de reducción decimal" o valor "D" y la pendiente de la curva de sobrevivientes puede ser expresada de la siguiente manera:

$$-\frac{k}{2.303} = \frac{\log C - \log C_1}{t} = \frac{\log C/C_1}{t} \quad \dots (3)$$

pero como  $t=D$  y  $C_1=10 C$

$$-\frac{k}{2.303} = \frac{\log C/10C}{D} = -\frac{1}{D} \quad \dots (4)$$

como  $-\frac{k}{2.303} = m$ ; entonces  $m = -\frac{1}{D}$

y la ecuación (3) se podría expresar como:

$$t=D(\log a - \log b) = D \log \frac{a}{b} \quad \dots (5)$$

donde:  $t$  = tiempo de calentamiento.  
 $D$  = tiempo requerido para destruir el 90 % de los microorganismos presentes.  
 $a$  = número inicial de microorganismos.  
 $b$  = número de microorganismos después de calentar un tiempo "t" a una temperatura "T".

Como los productos alimenticios no se calientan instantáneamente sino que pasan a través de un tratamiento térmico dependiente tanto del tiempo como de la temperatura, la dependencia de la velocidad de inactivación con respecto a varias temperaturas es necesario conocerla para efectuar tratamientos térmicos a diferentes tiempos y temperaturas y comparar así los da-

Los térmicos obtenidos.

Un método para describir la dependencia de la constante de velocidad de reacción con respecto a la temperatura es la construcción de las curvas de "tiempo de muerte térmica" o curvas de TMT ( 44 ) tal y como se muestra en la gráfica siguiente:

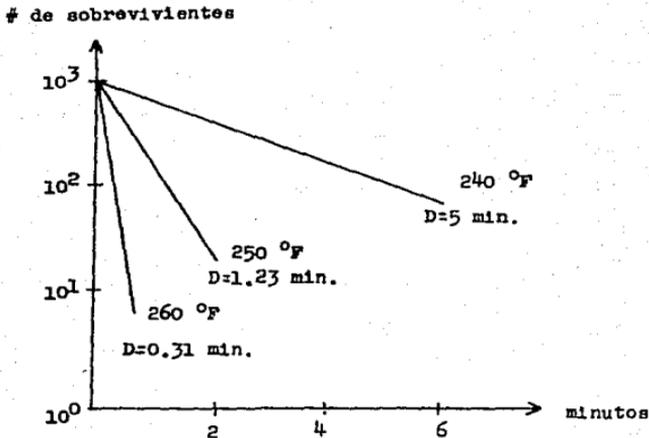


Fig. 2.2.: Resistencia térmica de un microorganismo a diferentes temperaturas ( Curvas de sobrevivientes a distintas temperaturas ).  
Reproducida de: Valle Vega, Pedro. "Procesamiento Térmico de Alimentos Enlatados". Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 1983.

Como se observa en la gráfica de la Fig. 2.2., la velocidad de muerte para un mismo microorganismo es afectada por la temperatura, por lo que conviene conocer que tan rápido disminuye la concentración de éstos . Al determinar los cambios en la velocidad de muerte respecto a las diferentes temperaturas

a que se somete el microorganismo, se observa que el valor "D" sirve para comparar las velocidades de destrucción para un mismo microorganismo a diferentes temperaturas ya que "D" está en función de la temperatura.

Al graficar los diferentes valores de "D" para un mismo microorganismo a una misma concentración inicial en una escala se milogarítmica con respecto a la temperatura, se obtiene la siguiente gráfica, que se denomina "curva de tiempo de muerte tér mica" o curva de TMT, que se considera una recta en el rango de las temperaturas que conciernen a la esterilización de los alimentos:

Valores de "D" ( en minutos )

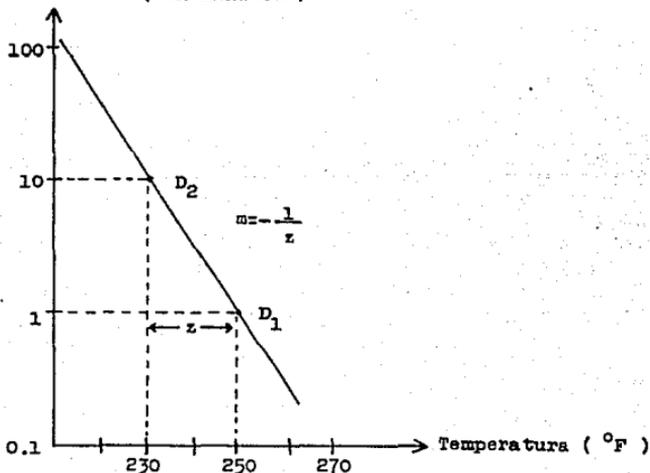


Fig. 2.3.: Curva de TMT. Reproducida de: Valle Vega, Pedro. "Procesamiento Térmico de ....". Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México ( 1983 ).

Si en la curva de TMT de la Fig. 2.3., se llama "z" al número de °F requeridos para que la curva de TMT atraviese un ciclo logarítmico y considerando cualquier porción de la misma, su pendiente puede ser expresada como:

$$m = \frac{\log D_2 - \log D_1}{T_2 - T_1} = -\frac{1}{z}$$

y la ecuación general de la recta formada en la curva de TMT puede escribirse como:

$$\log D_2 - \log D_1 = -\frac{1}{z} (T_2 - T_1)$$

rearrreglando términos:

$$\log \frac{D_2}{D_1} = \frac{(T_2 - T_1)}{z} \quad \dots (6)$$

y sacando logaritmos:

$$\frac{D_2}{D_1} = 10^{\frac{(T_2 - T_1)}{z}} \quad \dots (7)$$

Recordando la ecuación ( 5 ):  $t = D(\log a - \log b)$

$$D = \frac{t}{(\log a - \log b)}$$

Sustituyendo  $D_2 = t_2/(\log a - \log b)$  y  $D_1 = t/(\log a - \log b)$

en la ecuación ( 7 ) se obtiene:

$$\frac{t_2}{t_1} = 10^{\frac{(T_2 - T_1)}{z}} \quad \dots (8)$$

La ecuación ( 8 ) significa la fracción de destrucción térmica de un microorganismo durante un tiempo  $t_2$  a una temperatura  $T_1$  con respecto al tiempo  $t$  a una temperatura  $T_2$  o temperatura de referencia de ese microorganismo a la misma  $z$ .

Los tiempos de reducción decimal se denominan valores  $F$ , y se expresan en función de la temperatura y  $z$  a que corresponden como  $F_T^z$ , por lo que la ecuación ( 8 ) se puede representar como:

$$\frac{F_T^z}{F_{T_{ref}}^z} = 10^{(T_{ref} - T)/z} \quad \dots ( 9 )$$

Si se evalúa el lado derecho de la ecuación ( 9 ) para una  $T = T_{ref} = 250^\circ F$  y a una  $z = 18$ , se tiene que  $F_T^z = 10^0 = 1$  y si la temperatura de referencia  $T_{ref} = 250^\circ F$  y  $T = 232^\circ F$ , obteniéndose:

$$\frac{F_{232}^z}{F_{250}^z} = 10^{(250 - 232)/18} = 10^1 = 10, \text{ lo cual signi}$$

fica que 10 minutos a una temperatura de  $232^\circ F$  son equivalentes a 1 minuto a  $250^\circ F$  para obtener el mismo daño térmico o reducción de microorganismos, teniendo en ambos casos el mismo microorganismo y la misma concentración inicial de células.

Si a la ecuación ( 9 ) se le saca recíproco:

$$\frac{F_{T_{ref}}^z}{F_T^z} = \frac{1}{10^{(T_{ref} - T)/z}} \quad \dots ( 10 )$$

Así tenemos que en el ejemplo anterior, un minuto a  $232^\circ F$  equivalen a 0.1 minutos a  $250^\circ F$ .

Para que un alimento se considere estéril en términos comerciales es necesario que el  $F$  alcanzado durante el proceso sea igual o mayor al  $F_{T_{ref}}^z$  ( 44 ).

## 2. 0. Penetración de Calor:

La destrucción o inactivación térmica de microorganismos con objeto de lograr la esterilización comercial de un alimento herméticamente empacado, debe operar para todos y cada uno de los puntos en el interior del recipiente.

Clásicamente se ha considerado el concepto del "punto frío", en el cual, se asume que el recipiente se calienta a menor velocidad que en el resto del recipiente. Esta región es un punto crítico, ya que es donde la probabilidad de que los microorganismos presentes en un alimento sobrevivan, es mayor. Es lógico suponer que los microorganismos que se encuentran en las demás partes del recipiente, reciben un tratamiento térmico más prolongado y elevado, muriendo entonces antes que los que se encuentran en el punto frío ( 44 ).

El punto frío para los alimentos enlatados en los que el calor es transferido por convección se encuentra en el eje vertical del recipiente, cerca de los extremos del bote. En los alimentos donde el calor es transmitido por conducción, el punto frío se localiza en el centro geométrico del recipiente, tal como se muestra en la Figura 2.4.

## 2. 1. Ciclo del Proceso Térmico:

Si una lata, a una temperatura inicial  $T_I$ , se calienta en un autoclave para ser procesada a una temperatura  $T_A$  preseleccionada arbitrariamente, siendo generalmente 115.6 o 121.1 °C ( 240 o 250 °F ), la temperatura en el punto crítico de la lata seguirá un perfil semejante al descrito en la Figura 2.5.

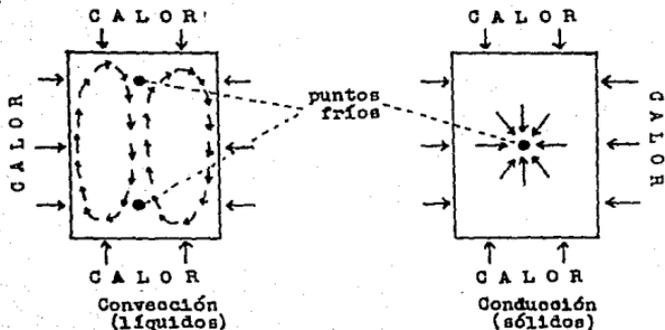


Fig. 2.4.: Modelo de transmisión de calor por conducción y convección en recipientes herméticos (\*).

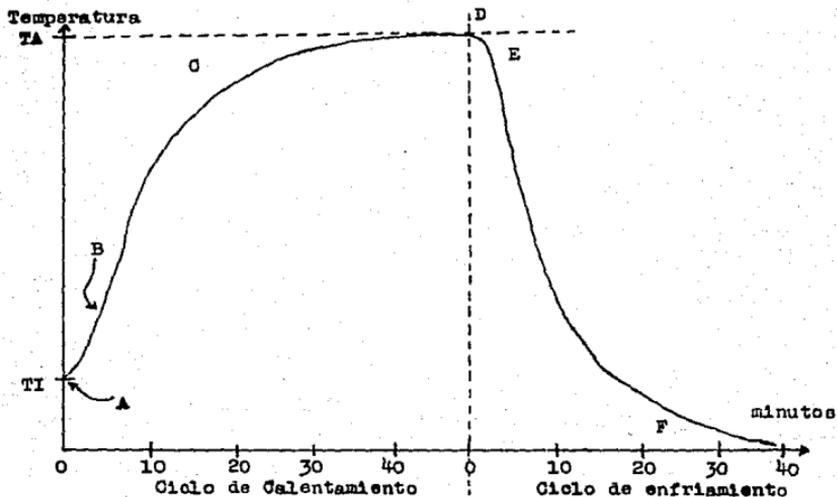


Fig. 2.5.: Curvas de Calentamiento y Enfriamiento en Coordenadas Lineales (\*).

(\*) Reproducidas de: Valle Vega, Pedro. "Procesamiento Térmico de Alimentos Enlatados". U. A. Chapingo. Chapingo, Méx. 1983.

Al analizar la gráfica de la Fig. 2.5., se observa que ésta muestra el perfil de temperaturas en el punto frío vs. tiempo en minutos; dicho perfil consiste en el ciclo de calentamiento ( A-D ) y el ciclo de enfriamiento ( D-F ). En la región ( A-B ) no hay un aumento considerable de temperatura, ya que no ha pasado suficiente tiempo como para que se vea afectada la temperatura en el punto frío del recipiente. Después hay un aumento brusco de temperatura de B a C y exponencialmente se aproxima a la temperatura del autoclave ( C-D ). Al alcanzar el recipiente la temperatura del punto D, similar a la temperatura del autoclave (  $T_A$  ), se detiene el calentamiento y se inicia el Ciclo de Enfriamiento con un retraso en el descenso de la temperatura en la región ( D-E ) y posteriormente se comporta exponencialmente al acercarse a la temperatura del medio utilizado ( generalmente agua ) como refrigerante ( E-F ).

## 2. 2. Curvas de Calentamiento:

Debido a que la temperatura en el punto frío se aproxima exponencialmente a la temperatura del autoclave (  $T_A$  ), una gráfica de la diferencia de la temperatura del autoclave menos la temperatura del punto frío a un tiempo cualquiera (  $T_A - T$  ) graficada contra ese tiempo  $t$  y utilizando papel semilogarítmico, daría una línea recta después del período de ajuste del autoclave, tal como se observa en la gráfica de la Figura 2.6., que se muestra a continuación:

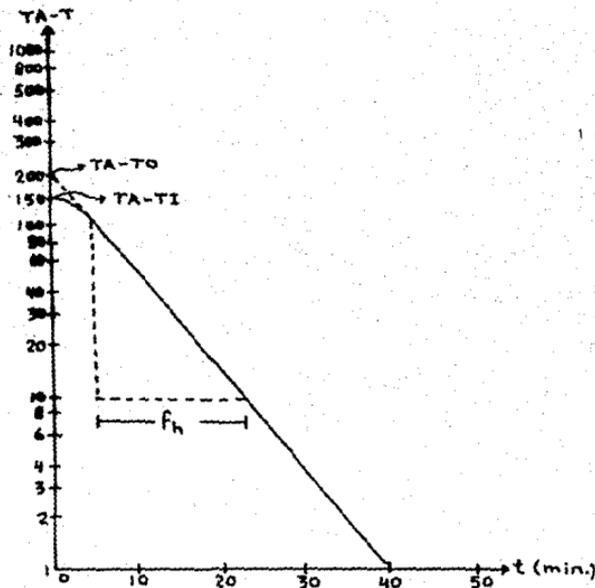


Fig. 2.6.: Curva de Calentamiento en Coordenadas Semilogarítmicas: Diferencia entre la Temperatura del Autoclave ( TA ) y la Temperatura ( T ) vs. tiempo ( minutos ) de Calentado. Reproducida de: Valle Vega, P. "Procesamiento Térmico de Alimentos En...". U.A.Chapingo. Chapingo, Méx. (1983).

En la Fig. 2.6., la recta está definida por su ecuación general:  $Y = mX + b$ , donde "Y" será igual a  $\log (TA - T)$  y la "X" representa el tiempo. Al extrapolar la línea recta para intersectar el eje de la temperatura al tiempo  $t = 0$ , la intersección es igual a  $\log (TA - T_0)$ , siendo  $T_0$  la temperatura extrapolada a  $t = 0$ .

La ecuación de la recta será entonces:

$$\log ( TA-T ) = mt + \log ( TA-T_0 ) \quad \dots ( 11 )$$

y la pendiente puede ser definida como:

$$m = \frac{\log ( TA-T ) - \log ( TA-T_0 )}{t - t_0} = \frac{\log \frac{TA-T}{TA-T_0}}{t - t_0} \quad \dots ( 12 )$$

Prácticamente se caracteriza a la pendiente por el término "  $f_h$  ", el cual es proporcional al recíproco de la pendiente y se define como el tiempo en minutos necesario para que la curva de calentamiento atravesase un ciclo logarítmico. Es decir, que  $t - t_0 = f_h$  cuando la diferencia  $TA-T$  ha sido reducida a un décimo de su valor original, o sea que:

$$\log \frac{TA - T}{TA - T_0} = \log 0.1 = -1$$

entonces:

$$m = -\frac{1}{f_h}$$

y la ecuación ( 11 ) puede reorganizarse de la siguiente manera:

$$\log ( TA-T ) = -\frac{t}{f_h} + \log ( TA-T_0 )$$

despejando "t":

$$t = f_h \log \frac{TA-T_0}{TA-T} \quad \dots ( 13 )$$

Pero como la ecuación ( 13 ) se refiere a un valor extrapolado teórico (  $T_0$  ), es conveniente tener la ecuación en términos de datos experimentales, como sería la temperatura inicial (  $T_I$  ).

Entonces es necesario definir al término "J" como el factor adimensional de ajuste debido al calentamiento inicial de una autoclave estacionaria:

$$J = \frac{T_A - T_0}{T_A - T_I}$$

$$T_A - T_0 = J( T_A - T_I ) \quad . . . ( 14 )$$

Sustituyendo la ecuación ( 14 ) en la ( 13 ) se tiene:

$$t = f_h \log J \frac{T_A - T_I}{T_A - T} \quad . . . ( 15 )$$

y de esta forma, la relación de tiempo-temperatura ha sido totalmente determinada por los valores de  $T_A$ ,  $T_I$  y los parámetros de  $f_h$  y  $J$ .

En la literatura, para fines prácticos, las curvas de penetración de calor son graficadas en una escala semilogarítmica pero invertida, donde se tiene  $\log T$  vs. tiempo. Esta curva es equivalente a la de la Figura 2.7., donde se tiene  $\log ( T_A - T )$  vs. tiempo "t". Dicha figura se puede obtener con solo poner de cabeza y voltear 180 ° a la Figura 2.6. La ventaja de esta gráfica es que se puede graficar directamente la temperatura. Se debe comenzar a marcar la escala logarítmica de temperatura a partir del valor de  $T_A$  menos un grado, ya que no es posible tener  $\log$  de cero.

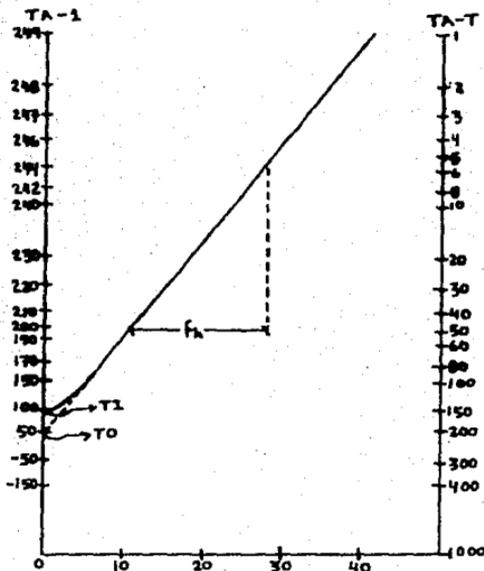


Fig. 2.7.: Curva de Calentamiento con Escala Semilogarítmica invertida.  
Reproducida de: Valle Vega, P. "Procesamiento Térmico de Alimentos Enlatados". U.A. Chapingo. Chapingo, México (1983).

### 3. O. Cálculo del Proceso Térmico.

La palabra proceso en alimentos enlatados, significa la aplicación de energía térmica a recipientes herméticamente sellados durante un período definido de tiempo a una temperatura específica. El propósito del procesado es obtener un producto comercialmente estéril y con el mínimo posible de efectos adversos, causados por el calor, sobre sus características sensoriales y nutritivas ( 30 ).

La esterilidad comercial en alimentos de baja acidez ( con un pH superior a 4.5 ) está definida como las condiciones en las cuales las esporas del Clostridium botulinum y demás microorganismos patógenos han sido destruidos y que las esporas de otros microorganismos termorresistentes no patógenos, si se encontrasen presentes, no producirán deterioros en el alimento bajo condiciones normales de almacenamiento y comercialización.

La determinación de un proceso térmico para alimentos enlatados se puede realizar por dos maneras ( 30 ):

( a ) Inoculación experimental: este método consiste en la inoculación del alimento enlatado con una concentración determinada de bacterias o sus esporas de una resistencia térmica conocida, el procesamiento a diferentes tiempos y temperaturas, para posteriormente determinar el grado de desarrollo y contaminación microbiana por una incubación del recipiente inoculado y el conteo de los microorganismos presentes, por alguno de los métodos microbiológicos conocidos.

( b ) Métodos matemáticos: estos métodos involucran la correlación de los datos de penetración de calor y tiempos de deg

trucción o muerte térmica del microorganismo de referencia y pueden ser analizados por tres métodos distintos:

- Método General o Gráfico, desarrollado por Bigelow y cols. en 1920.

- Método de Fórmula de Ball, desarrollado en 1923 y perfeccionado en 1928.

- Método de Nomograma de Olson y Stevens ( 1939 ).

A continuación se describen los tres métodos matemáticos utilizados en el cálculo del proceso térmico de alimentos enlatados:

### 3. 1. Método General o Gráfico ( 30, 31, 42 ):

El tiempo de muerte térmica ( TMT ) o tiempo en minutos a una temperatura T dada para alcanzar el mismo daño térmico a una población microbiana con respecto al tiempo de calentamiento a una temperatura de referencia (  $T_{ref}$  ) viene dado por la siguiente ecuación:

$$TMT = F_{T_{ref}} z 10^{( T_{ref} - T ) / z}$$

Por lo tanto podemos conocer el TMT a las diferentes temperaturas por las que pasa una población microbiana durante el procesado térmico de un alimento, tanto durante el ciclo de calentamiento como en el de enfriamiento. Ya que el TMT a una temperatura dada es el número de minutos necesarios para destruir un número dado de microorganismos, la fracción de ese número de microorganismos que mueren por minuto o velocidad de muerte, también llamada "letalidad", está dada por el recíproco del TMT:

$$\frac{1}{TMT} = \text{letalidad}$$

Conociendo la letalidad a diferentes temperaturas se puede construir una curva de letalidad para un proceso en general, graficando en una escala lineal, las diferentes letalidades contra el tiempo en minutos correspondiente a cada valor de letalidad, obteniéndose una "curva de letalidad". La letalidad o destrucción total está dada por el área bajo dicha curva, integración que puede realizarse mediante el uso de un planímetro o por conteo de cuadros o por pesado del papel ( ver Fig. 2.5. ).

La letalidad total del proceso, en términos del área bajo la curva de letalidad nos indicará las veces que se alcanzó el daño térmico a la  $T_{ref}$  durante un minuto, es decir, las veces que el  $F_{T_{ref}}^Z$  fué alcanzado. Finalmente el tiempo del proceso total o veces que se alcanzó el  $F_{T_{ref}}^Z$  en términos de unidades cuadradas se comparará con el tiempo de proceso a la temperatura de referencia (  $T_{ref}$  ) y se concluirá sobre la necesidad de ampliar o disminuir el tiempo de calentamiento propuesto inicialmente.

Si esta primera estimación muestra que el área bajo la curva de letalidad es mayor a la unidad, será necesario proponer un segundo tiempo de calentamiento con un enfriamiento anterior al supuesto anteriormente. Para este efecto se supone que la historia térmica del producto durante su enfriamiento es independiente de su temperatura inicial, como se observa en la Fig. 2.8. Esta segunda proposición equivaldrá a una mortandad definida, la cual puede ser evaluada en la misma forma que el caso anterior. Los diferentes tiempos de calentamiento propuestos pueden finalmente, ser graficados contra la integral de su cur-

Fig. 2.8.: Curva de Letalidad. \*

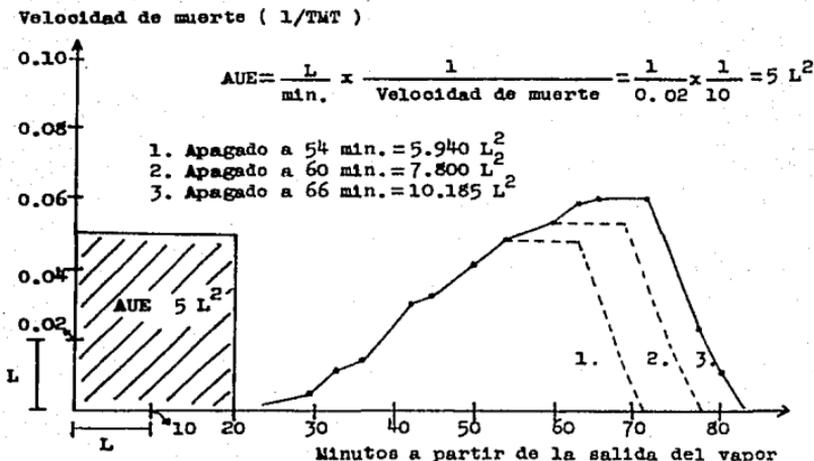
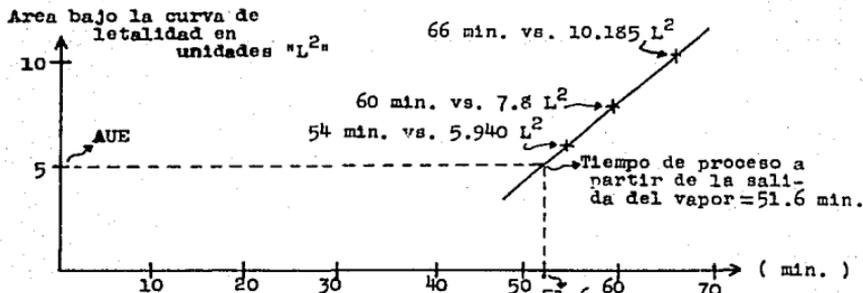


Fig. 2.9.: Relación de las Curvas de Letalidad con respecto al tiempo del Proceso Térmico. \*



\* Fuente: Valle V.P. "Procesamiento Térmico de Alimentos "Enlatados". U.A. Chapingo. Chapingo, México ( 1983 ).

va de letalidad, tal como se indica en la Figura 2.9., y el tiempo equivalente a un minuto o Area Unitaria de Esterilización ( AUE ) puede ser interpolado gráficamente.

3. 2. Método de Fórmula ( 11, 43, 44 ) :

Ball ( 1923 ) desarrolló la siguiente ecuación aplicable a la porción lineal de la curva de calentamiento para obtener el tiempo de proceso mínimo para alcanzar una esterilidad comercial en un producto alimenticio:

$$B = f_h ( \log JI - \log g )$$

donde:

B = tiempo de proceso en minutos, cuando el autoclave alcanza la temperatura de proceso inmediatamente.

$f_h$  = tiempo en minutos para que la curva de calentamiento, en su porción lineal, atraviese un ciclo logarítmico.

J = factor lag de calentamiento; un factor que, cuando multiplica a I, localiza la intersección de la extensión de la porción lineal de la curva de calentamiento con una línea vertical representando el inicio del calentamiento ( tiempo cero ). La intersección se denomina temperatura inicial extrapolada (  $T_0$  ). Matemáticamente J puede expresarse como:  $J = \frac{T_A - T_0}{T_A - T_I}$

I = diferencia en grados Fahrenheit, entre la temperatura del autoclave (  $T_A$  ) y la temperatura inicial del alimento; es decir,  $I = T_A - T_I$

entonces:  $JI = \frac{T_A - T_0}{T_A - T_I} ( T_A - T_I ) = T_A - T_0$

$g$  = diferencia en  $^{\circ}\text{F}$ , entre la temperatura del autoclave (  $T_A$  ) y la máxima temperatura alcanzada por el punto frío del alimento al final del proceso térmico. Este valor representa también el punto en el cual el Ciclo del Calentamiento termina e inicia el de Enfriamiento.

Lo que no es obvio del análisis de la ecuación anterior, es que tanta letalidad se proporciona al alimento durante el Ciclo de Enfriamiento. Esto se realiza a través de relacionar - los valores de "  $g$  " con la relación "  $f_h/U$  ", donde "  $U$  " es el tiempo requerido a la temperatura del autoclave para obtener el mismo daño térmico o reducción de una población bacteriana con respecto al calentamiento a una temperatura de referencia. La letalidad en términos de la temperatura de proceso (  $T_A$  ) es llamada "  $F_1$  " y "  $U$  " se puede definir como:  $U = F_{1, \text{Tref}}^z \times F_1$ . Matemáticamente,  $F_1 = 10^{(T_{\text{ref}} - T)/z}$

Ball descubrió que para un valor de "  $g$  " y un valor de "  $I+g$  " ( al inicio del Ciclo de Enfriamiento ) cualquier valor de la relación "  $f_h/U$  " tenía un valor de "  $g$  " particular. Stumbo y Longley ( en 1965 ) publicaron tablas de los valores de "  $f_h/U$  " obtenidas por el Método General para distintos valores de "  $z$  " y temperaturas de enfriado ( Figuras 2.10., 2.11. y 2.12. ). El valor de "  $I+g$  ", Ball lo llamó "  $m+g$  " y es equivalente a "  $T_A - T_E$  ", donde "  $T_E$  " es la temperatura del medio de enfriamiento.

La temperatura inicial extrapolada (  $T_0$  ) es la temperatura del alimento en el momento en que el vapor comienza a entrar al autoclave, sin embargo, la temperatura de proceso no se al-

canza inmediatamente. El tiempo que el autoclave tarda en alcanzar la temperatura de proceso se denomina "Tiempo de Ajuste del Autoclave" ( TAA ) y el tiempo de proceso no se determina a partir de la entrada del vapor, ya que ésto significaría un sobreprocesamiento. Experimentalmente, se ha demostrado que el inicio del tiempo de proceso en términos de letalidad se localiza en en Tiempo de Ajuste del Autoclave menos el 42 % del valor de este tiempo; este tiempo se denomina "cero corregido" de un proceso y la intersección de la extensión lineal de la curva de calentamiento con la vertical levantada a  $0.42(TAA)$  se llama "temperatura pseudoinicial" del alimento ( TP ), por lo tanto el valor de " J " definido anteriormente en términos de " TO " porque se supuso que el autoclave no requería un " TAA ", tiene que ser definido nuevamente, ahora en función de " TP ":

$$J = \frac{VI}{I} = \frac{TA - TP}{TA - TI} ( TA - TI ) = TA - TP \quad ( \text{ver Fig. 2.13} )$$

### 3. 3. Método de Nomograma de Olson y Stevens ( 30 ):

Este método es útil para resolver las ecuaciones de Ball por métodos nomográficos. Este método es muy rápido ya que solo hay que alinear los valores en el nomograma, sin embargo, es un método muy inespecífico, utilizándose solo cuando  $z = 16$  y la temperatura de enfriado ( TE ) es  $70^{\circ}\text{F}$ . De los datos de penetración de calor obtenidos bajo estas condiciones se pueden calcular los tiempos de proceso para diferentes temperaturas iniciales, sin embargo, la mayoría de las veces, los datos salen del campo del nomograma y es necesario emplear cualquiera de los otros dos métodos estudiados.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

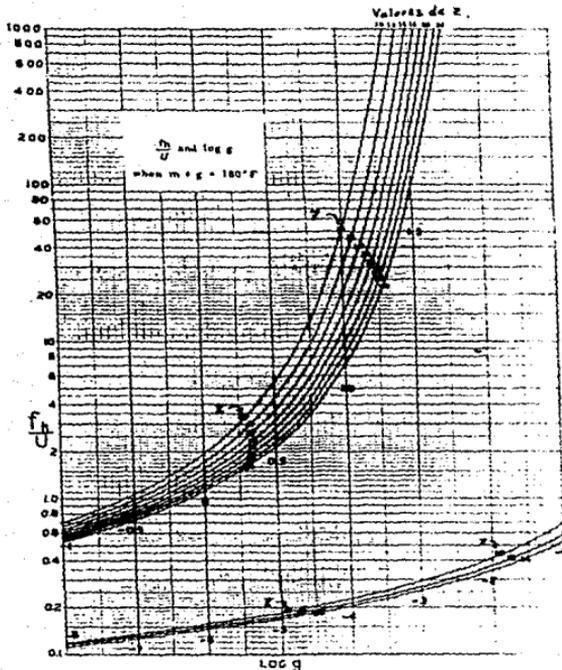


Fig. 2. 10.: Gráfica de  $f_h/U$  y  $\log g$  cuando  $T_A - T_E = 180^\circ F$ .

Reproducida de: Stumbo, C.R. "Thermobacteriology in Food Processing". Academic Press Inc. New York, N.Y. U.S.A. ( 1975 ).

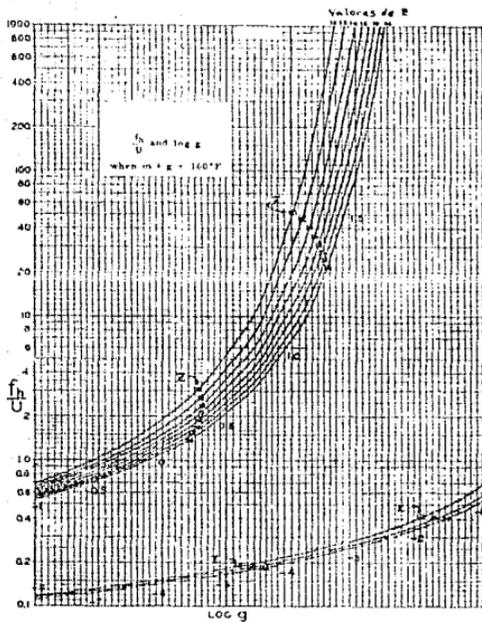


FIG. 2.11.: Gráficas de  $f_h/U$  y  $\log g$  cuando  $TA - TE = 160^\circ F$ .

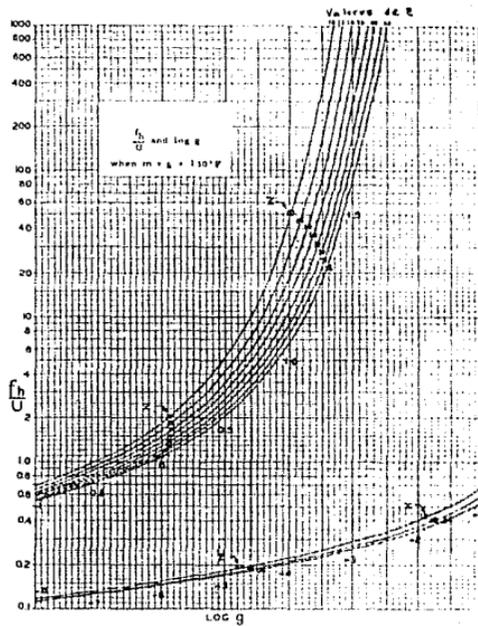
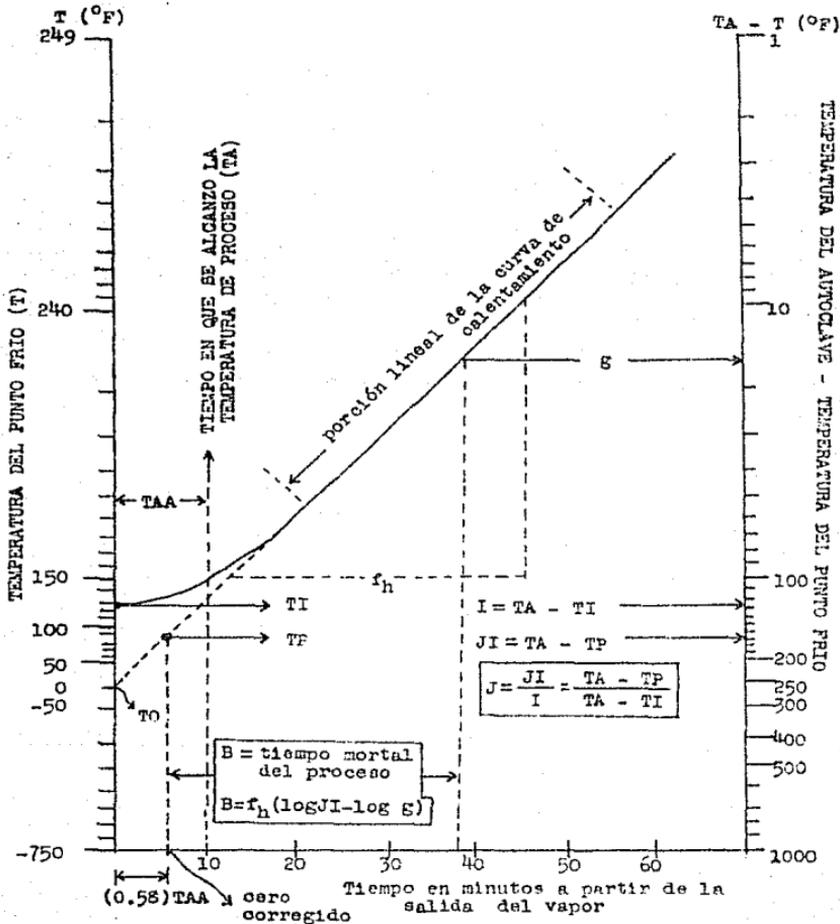


FIG. 2.12.: Gráficas de  $f_h/U$  y  $\log g$  cuando  $TA - TE = 130^\circ F$ .

Fig. 2.13.: Gráfico de una Curva de Calentamiento continua invertida en coordenadas semilogarítmicas y la nomenclatura utilizada para el cálculo del tiempo de proceso térmico por el Método de Fórmula.



### C A P I T U L O   I I I .   D E S A R R O L L O   E X P E R I M E N T A L .

Con objeto de alcanzar los objetivos planteados al principio del presente trabajo, de desarrollar un producto enlatado a base de carne de res, y a fin de obtener resultados más satisfactorios y apegados a la realidad, fué necesario considerar los siguientes aspectos, de los cuales constó el Desarrollo Experimental:

1. Caracterización de las materias primas.
2. Desarrollo de la Formulación.
3. Cálculo del proceso térmico.
4. Análisis de control en las fórmulas desarrolladas:
  - análisis microbiológicos.
  - análisis proximales.
  - análisis sensoriales.
5. Determinación del costo del producto.
6. Normalización del producto.

## 1. O. CARACTERIZACION DE LAS MATERIAS PRIMAS.

La obtención de un producto alimenticio de alta calidad no es producto de la casualidad, sino que es la suma de una variedad de factores que involucran desde la selección adecuada de la materia prima, el manejo cuidadoso y esmerado de la misma, la implantación de técnicas sanitarias y tecnológicas adecuadas durante el proceso de elaboración, un control estricto de las variables del proceso, la selección de un empaque adecuado y sanitario hasta una distribución y comercialización efectiva y racional.

Uno de los aspectos más importantes para obtener un producto alimenticio de la mejor calidad posible, es la selección de una materia prima que cumpla con las normas de calidad mínimas tanto en lo que respecta a la salud pública como a los aspectos nutritivos y de funcionalidad; por lo tanto, de nada sirve tener prácticas escrupulosas de higiene durante el procesamiento - los últimos adelantos tecnológicos si la materia prima es de baja calidad, ya que ésto se reflejará directamente en la calidad del producto final.

Por lo anterior, antes de determinar el proceso a seguir y la formulación óptima, se vió la necesidad de practicar los siguientes análisis a las materias primas:

- Agua: Cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias y detección del grupo coliforme.

- Ajo deshidratado en polvo: Cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias, cuenta de hongos y levaduras.

- Pimienta negra molida: Cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias.

licas aerobias, cuenta de hongos y levaduras.

- Cebolla deshidratada en polvo: Cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias, cuenta de hongos y levaduras.

- Almidón soluble de maíz: Cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias y cuenta total de microorganismos productores de acidez plana.

- Carne cruda: Cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias, cuenta en placa de microorganismos coliformes, cuenta de hongos y levaduras, Extracto de Volumen Liberado (EVL), Bases Volátiles Totales (BVT) y pH.

#### 1. 1. Análisis microbiológico de la materia prima:

a ) Preparación y dilución de la muestra: De cada muestra se tomaron 10 g, procurando que ésta fuera representativa. Se transfirieron a un vaso de licuadora, se agregaron 90 ml de agua peptonada para diluciones y se licuó durante un minuto a baja velocidad para tener así la dilución 1:10. Posteriormente, se prepararon las diluciones con 1 ml de homogenizado y 9 ml de agua peptonada. Se diluyó hasta la dilución de 1:10 000.

b ) Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias: De las diluciones 1:10 a 1:10 000 se inoculó 1 ml de cada una por duplicado, en cajas de Petri desechables estériles y se adicionó el medio de cultivo agar tripton extracto de carne, fundido y mantenido a una temperatura de 45-50 °C. Posteriormente, el inóculo con el medio se distribuyó uniformemente mediante rotación y se dejó solidificar. Las cajas se incubaron a 37 °C durante 48 horas y se contaron las Unidades Formadoras de Colonias (U.F.C.)

en las que crecieron entre 30 y 300 U.F.C., reportándose por gramo de alimento, las U.F.C.

b ) Cuenta de hongos y levaduras: De las diluciones  $10^{-1}$  a  $10^{-3}$  se inoculó 1 ml de cada muestra por duplicado en cajas de Petri desechables estériles y se adicionó agar papa dextrosa acidificado con ácido tartárico y mantenido a 45-50 °C. Se distribuyó por rotación y se dejó solidificar. Posteriormente se incubaron las cajas a 21 °C durante 5 días y se contaron en las cajas en las que existían entre 30 y 300 U.F.C., reportándose las U.F.C. de hongos y levaduras por gramo de muestra.

c ) Detección del grupo coliforme por la técnica del número más probable ( NMP ): Esta técnica se utilizó para el análisis del agua utilizada en todo el proceso. Se utilizó la técnica del NMP en series de 5 tubos con 20 ml de caldo lauril sulfato de sodio y 10 ml de muestra, 1 tubo con 10 ml de caldo lauril sulfato de sodio y 1 ml de muestra y un tubo con 10 ml de caldo lauril sulfato de sodio y 0.1 ml de muestra. A los tubos se les adicionó una campana de fermentación y se incubaron 24 horas a 37 °C. Posteriormente se observó si hubo tubos con producción de gas. La prueba presuntiva resultó negativa en todos los tubos, por lo que no fué necesario realizar una prueba confirmatoria.

d ) Cuenta en placa de microorganismos coliformes: Esta cuenta se realizó en la carne cruda utilizada en la elaboración de las formulaciones. De las diluciones  $10^{-1}$  a  $10^{-4}$  se inoculó 1 ml de cada uno por duplicado, en cajas de Petri desechables estériles y se adicionó el medio agar bilis rojo violeta, fundi

do y enfriado a 42 °C. Posteriormente, el inóculo con el medio se distribuyó uniformemente mediante rotación y se dejó solidificar. Las cajas se incubaron a 37 °C durante 48 horas y se contaron en las cajas, en las que hubo desarrollo de U.F.C. de 30 a 300, reportándose como U.F.C. de microorganismos coliformes por gramo de carne cruda.

e ) Cuenta total de microorganismos productores de acidez plana: 20 gramos de almidón se mezclaron con 100 ml de agua destilada fría con agitación hasta obtener una suspensión uniforme de almidón en agua. Posteriormente, 10 ml de esta suspensión se diluyeron en 100 ml de agar triptona extracto de carne estéril y a una temperatura de 55-60 °C y se agitó durante 3 minutos en un baño de agua hirviendo. La solución almidón-agar triptona extracto de carne se calentó en un autoclave a 110 °C durante 10 minutos, posteriormente, se adicionó esta solución en cantidades apropiadas en cajas de Petri desechables estériles y se incubaron a 50 °C durante 72 horas y se contaron las esporas, reportándose la cantidad de esporas por 10 g de almidón.

Los resultados del análisis microbiológico a la materia prima se muestran en la Tabla 3.1., de la página 88.

Tabla 3.1.: Resultados del análisis microbiológico de la materia prima.

	U.F.C./g de bacterias mesofílicas aerobias	U.F.C./g de microorganismos coliformes	U.F.C./g de Hongos y/o Levaduras	Cuenta total de microorganismos productores de acidez plana/10 g muestra
Agua	150	Negativo	---	---
Ajo deshidratado en polvo	8 000	---	Negativo	---
Pimienta negra molida	248 000	---	8 200	---
Cebolla deshidratada en polvo	38 000	---	Negativo	---
Almidón soluble de maíz	12 000	---	---	70
Carne cruda	32 000	6 800	300	---

1. 2. Análisis fisicoquímicos y químicos de la carne empleada como materia prima en la elaboración del presente trabajo:

a ) Determinación del Extracto de Volumen Liberado ( EVL ) :

La capacidad de ligar agua de la carne fresca recién obtenida es muy alta, característica que disminuye marcadamente al cabo de pocas horas, para aumentar ligeramente durante el almacenamiento y disminuir a medida que la calidad de la carne se deteriora debido a condiciones deficientes de almacenamiento. Esto se evidencia con el volumen de filtrado obtenido de un macerado conocido como el Método del Extracto de Volumen Liberado.

El Extracto de Volumen Liberado se determinó con la modificación al Método de Jay: se pesaron 15 g de carne finamente picada y en una licuadora se mezclaron con 60 ml del agente de extracción y se licuó durante dos minutos ( el agente de extracción se preparó de la siguiente manera: 50 ml de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  al 0.2 M y 3.7 ml de NaOH 0.2 M se diluyeron a 200 ml con agua destilada y se ajustó el pH a 5.5 ).

El homogenizado se vertió en un embudo equipado con papel filtro y se midió el volumen colectado en 15 minutos.

b ) Determinación de Bases Volátiles Totales ( BVT ) :

Se montó un aparato de destilación semejante al utilizado en la determinación de proteínas por el método de macro Kjeldahl. En un matraz de destilación de 800 ml se agregaron 2 g de la muestra finamente picada, 2 g de óxido de magnesio, 300 ml de agua destilada y piedras de ebullición. El destilado se recibió en un matraz Erlenmeyer de 500 ml conteniendo 25 ml de una solución de ácido bórico al 2% en agua y unas gotas de

rojo de metilo como indicador. Se conectó el aparato cuidando que el tubo del destilador permaneciera inmerso en la solución de ácido bórico y se calentó el matraz de tal forma que el líquido hirvió en exactamente 10 minutos y se destiló durante 25 minutos. Posteriormente, se lavó el tubo del condensador con agua destilada y se tituló el destilado con ácido sulfúrico al 0.1 N.

También se hizo simultáneamente una titulación de un blanco usando todos los reactivos y sin adicionar la muestra.

La cantidad de BVT se reportó como mg de Nitrógeno en 100 g de muestra y se calculó por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{mg N/100 g de muestra} = (M-B) \times 14$$

donde:

M: es el número de ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  gastados en la titulación de la muestra.

B: son los ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  gastados en la titulación del blanco.

c ) Determinación del pH de la carne cruda:

Se determinó el pH en un potenciómetro Perkin-Elmer calibrado con soluciones reguladoras a pH 4.0 y 7.0. La muestra se colocó en un vaso de precipitados de 100 ml diluyéndose con agua destilada equivalente al peso de la misma y se homogenizó por medio de una licuadora y posteriormente se efectuó la determinación.

A continuación se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos y químicos efectuados a la carne cruda de res utilizada en el desarrollo de la presente Tesis:

E. V. L. = 15 ml	(1)
B. V. T. = 15.9 mg de Nitrógeno/100 g	(2)
pH = 5.8	(3)

- (1) Una muestra de carne cruda con un E.V.L. menor a 17 ml se considera aceptable ( 35 ).
- (2) Una muestra que no excede los 16.5 mg N/100 g de muestra se considera de calidad aceptable para cualquier uso en la alimentación humana ( 35 ).
- (3) El pH normal de la carne fresca oscila entre 5.3-5.7 ( 15 ).

## 2. 0. DESARROLLO DE LA FORMULACION.

### 2. 1. Fundamento:

El principio básico de las conservas de carne enlatada se basa en la esterilización, por medio del calor, del preparado cárnico, dentro de un recipiente hermético que sirve de envase.

Las conservas de carne preparadas por la acción del calor se consideran como carne cocida; un alimento que reclama poca o ninguna preparación por parte del consumidor y permite una conservación por períodos muy largos de tiempo, mientras que no se abra el envase.

La gran capacidad de preservación de las conservas esterilizadas de carne, aunada a su facilidad de consumo en directo o después de una breve preparación, hace de las conservas de carne, excelentes recursos como alimentos de reserva, en lugares donde las facilidades para la conservación de la carne fresca son difíciles, además que permiten un considerable ahorro de tiempo al consumidor con respecto a la preparación de la carne cruda.

El calor modifica profundamente las características de la carne. El calentamiento de los tejidos musculares provoca grandes cambios, tanto en su apariencia como en sus propiedades físicas y químicas. Estos cambios dependerán de las condiciones de tiempo y temperatura a que son expuestos los tejidos musculares.

El calor provoca principalmente una desnaturalización de las proteínas musculares. La  $\alpha$ -actinina es la proteína de la carne más termolábil, desnaturalizándose a 50 °C; las cadenas

de miosina se desnaturalizan a 55 °C y la actina entre 70 y 80 °C, la tropomiosina y troponina son las proteínas musculares más termorresistentes, desnaturalizándose a 80 °C ( 29 ).

La desnaturalización de las proteínas musculares disminuye la capacidad de éstas para ligar agua. Este descenso en la capacidad de las proteínas para ligar agua, provoca una pérdida de gran parte del agua, tanto ligada como del interior de las células musculares.

Con la acción del calor, la grasa del músculo se funde y las células adiposas estallan, provocándose una significativa redistribución de la grasa en todo el músculo y en consecuencia, cuando la carne es consumida caliente, la grasa fundida servirá para inocrementar la palatabilidad del producto.

Además, el proceso de esterilización y los cambios que éste provoca en la carne, permite el aprovechamiento de muchas carnes de ganado vacuno que tienen poca demanda si se venden como cortes al menudeo. Esto no significa que la industria enlatadora de carnes aproveche solo las reses de desecho; las carnes destinadas a preparar conservas deben de proceder exclusivamente de reses sanas. La calidad o grado comercial de una carne, que puede variar considerablemente y es independiente de su calidad sanitaria; ésta última no permite variaciones en lo que a frescura y condiciones microbiológicas se refiere. Así, una carne podrá ser dura, coriácea, pobre en jugos y sabores pero irrepresiblemente apta para el consumo humano, sin riesgos para la salud, y el proceso de conservación por esterilización la ablandará, sazonará y hará agradable su consumo.

## 2. 2. Metodología.

En los EE.UU., Europa y algunos países Sudamericanos, las conservas de carne enlatada son muy comunes y los productos muy variados ( "corned beef", "beef stew", "luncheon meat", "brisked beef", "corned mutton", "corned pork", etc. ) incluyendo a una infinidad de platillos regionales a base de carne, por lo que para el desarrollo de la formulación se utilizó como referencia, fórmulas reportadas en la bibliografía para distintas conservas de carne de res enlatada ( 22, 23, 27, 28, 36 ) adecuándolas con los ingredientes y tecnología existentes en México.

Por lo tanto, se consideró, que el producto a desarrollar tuviera las siguientes características:

- que se elaborara con carne de res.
- que permitiera su consumo en directo o mediante una ligera preparación.
- que permitiera su uso, como base, en la preparación de otros platillos culinarios.
- que conservara el sabor característico de la carne cocida de res.
- que los aditivos, especias y condimentos utilizados, no predominaran en el sabor y propiedades sensoriales, a fin de no limitar su versatilidad, es decir, que los ingredientes solo potenciaran el sabor característico de la carne.

Para lograr un producto de estas características, se concluyó que había que tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

a ) Que la carne requería un precoccimiento antes de ser enlatada, ya que de lo contrario, al ser esterilizada y desnaturarse sus proteínas, perdía su capacidad de ligar agua, dando como resultado, un producto con una gran cantidad de agua libre ("caldo"), característica que limitaba la versatilidad del producto, por lo tanto, se requería de una conserva con poca agua libre, es decir una conserva tipo "seca".

b ) Si se enlataba en trozos muy grandes, el envasado resultaba muy difícil y quedaban espacios de aire en el interior de la lata, lo cual además de ser desagradable a la vista, dificulta el logro de un vacío adecuado en el interior de la lata, facilitándose el posible desarrollo de microorganismos aerobios.

c ) Durante el calentamiento, también los pigmentos propios de la carne, sufren transformaciones, principalmente en la formación de pigmentaciones color café oscuro, provocadas por la formación de metamioglobina, dando un aspecto no muy agradable, lo que obliga a buscar una forma de conservar el color rojo-rosado característico de la carne.

d ) El cocimiento de la carne, mejora sus propiedades sensoriales para el consumo, así como también facilita su digestibilidad, sin embargo, los componentes propios de la carne no son capaces, por sí solos, de brindar al producto una aceptación adecuada por parte de los consumidores, por lo que es necesario, preparar la carne con aditivos, especias, sazoadores, etc., los cuales mejoran el sabor en mayor o menor grado, de acuerdo a la concentración en que son utilizados.

Una vez analizadas estas consideraciones, se pudo establecer, que para el correcto desarrollo de la formulación de aouer do a las características que se deseaban en ella había que determinar los siguientes aspectos:

- grado de precocimiento antes de enlatar la carne.
- tamaño de los trozos de carne que se enlatarían.
- la forma de conservar el color rojo-rosado característico de los productos cárnicos y evitar el color café provocado por la desnaturalización de la mioglobina a causa del calor.
- la cantidad y tipo de sazonadores, aditivos, especias, etc. que aumentarían el sabor característico de la carne pero sin que el sabor impartido por estos ingredientes predominase.
- los efectos del tratamiento térmico de esterilización en la textura del producto.

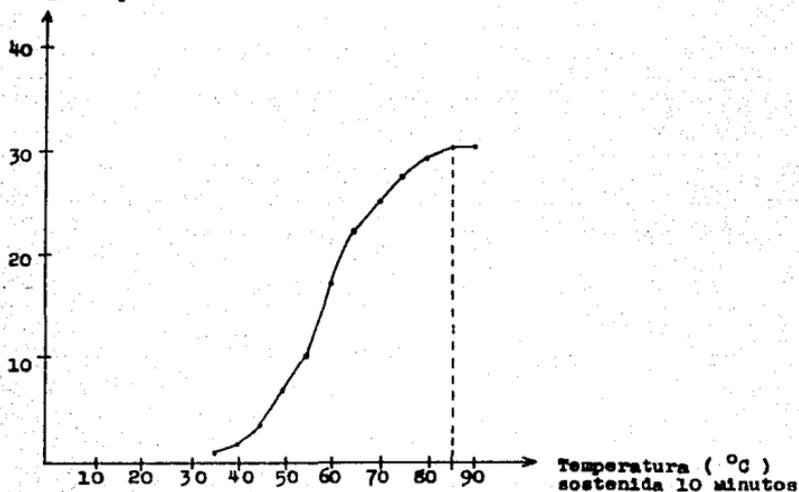
A continuación se describe la forma en que se resolvieron cada uno de los aspectos anteriores:

A ) Grado de precocimiento de la carne:

Para calcular el tiempo de precocimiento necesario y la temperatura a la cual debía darse éste, se calentaron cantidades de carne cruda de res, de peso conocido, picada en trozos pequeños ( "cubos" de aproximadamente 2.5 a 3 cm de arista ) durante 10 minutos en agua a diferentes temperaturas a fin de obtener la relación tiempo-temperatura en la cual la pérdida de peso causada por el calentamiento fuese constante, a fin de instrumentar este tratamiento en el proceso de elaboración de la fórmula desarrollada.

Las temperaturas a las que se calentó la carne durante 10 minutos fueron: 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85 y 90 °C. Los resultados del porcentaje de pérdida de peso por calentamiento húmedo durante 10 minutos a una temperatura determinada se muestran en la Gráfica 3.1.:

% de pérdida de  
humedad en peso



Gráfica 3.1.: Relación de la pérdida de humedad de la carne con respecto a la temperatura de precocción.

De los resultados obtenidos en el experimento mencionado anteriormente, se observó que al alcanzar la carne la temperatura de 85 °C, su peso permanecía constante ( 70 % del peso original antes del calentamiento ) a pesar de mantener esta temperatura hasta 15 minutos y que al subir la temperatura del agua hasta 90 °C, la pérdida de peso es mínima, por lo tanto, se estableció que la carne antes de ser enlatada, debía precocerse en agua, durante 10 minutos a una temperatura de 85 °C.

B ) Tamaño de los trozos de carne:

Se observó, que después del precoccimiento, los trozos de carne habían disminuido su tamaño por la pérdida de humedad, pero su tamaño no era lo suficientemente pequeño como para permitir un envasado compacto y sin espacios de aire, por lo cual, era necesario disminuir su tamaño aún más. Los trozos de carne precocida fueron pasados por un procesador de alimentos ( "cutter" ) hasta reducirse al tamaño de partículas de aproximadamente 0.25 cm de diámetro. Esta operación, además de permitir un llenado más compacto, homogenizaba la carne precocida, mejorando su aspecto, ya que al salir del precoccimiento, los trozos de carne no eran uniformes y presentaban partes con sebo, grasas, tendones y nervios, distribuidos muy irregularmente.

C ) Conservación del color característico de la carne:

Para conservar el color característico rojo-rosado de la carne, a pesar de que ésta sufra tratamientos térmicos muy severos, el único método práctico conocido en la actualidad, es el curado, es decir, la adición de nitritos, cloruro de sodio y

nitratos en caso necesario.

El curado se puede realizar de distintas maneras; por inmersión en una salmuera, por inyección de una salmuera a los trozos de carne, en seco, etc., así como también puede ser lento o rápido. En productos que sufrirán un calentamiento moderado y que los trozos de carne son grandes, se prefiere un curado lento, ya sea por inmersión o inyección, dejando reposar en un ambiente frío los trozos de carne hasta que adquieren el color deseado, como es el caso de los jamones cocidos u horneados, - sin embargo, esta operación requiere de varios días y la conservación de las piezas de carne en un ambiente refrigerado.

Una forma de curar la carne rápidamente, es sumergirla en una salmuera caliente que contenga los agentes curantes, pero este método tiene la desventaja, que la carne no se cura uniformemente, además que el producto pierde gran cantidad de peso.

Sin embargo, en un producto cárnico con las características que se establecieron anteriormente, estas desventajas no son importantes porque:

- al reducirse el tamaño de partícula después del curado, el producto es homogenizado y la coloración irregular desaparece.

- la pérdida de peso causada por el calentamiento, es una cualidad que nos interesa.

Por lo tanto, para el producto que se desarrolló, se escogió como método de curado, añadir  $\text{NaNO}_2$  al agua de preoccimiento, lo cual permitiría, tanto la pérdida de humedad requerida, como la realización del curado en la misma operación.

A pesar que la utilización de nitritos en alimentos es tóxica, pues éstos reaccionan con las aminas secundarias de la carne formando nitrosaminas, sustancias altamente carcinogénicas, si se utilizan en las cantidades apropiadas, se puede evitar la formación de nitrosaminas y tener un producto con atributos sensoriales óptimos.

En México, las Normas Oficiales de Calidad para productos cárnicos, establecen un máximo de 156 mg de nitrito de sodio o potasio por kg de producto terminado. Considerando que con esta cantidad de nitritos residuales o menos, se evita la formación de nitrosaminas, se realizaron pruebas para determinar la cantidad mínima de nitrito de sodio, que añadido al agua de precoccimiento, evitaría la formación de metamioglobina, y que al determinar la cantidad de nitritos en el producto final, ésta fuese menor a 156 mg/kg.

Se efectuaron pruebas, agregando a una misma cantidad de carne picada, 50, 100, 200, 300 y 400 mg de  $\text{NaNO}_2$  por litro de agua de precoccimiento y determinando la cantidad de  $\text{NaNO}_2$  residual en la carne después de precocerse durante 10 minutos a  $55^\circ\text{C}$  en esta solución. Se concluyó que agregando 300 mg de  $\text{NaNO}_2$  por litro de agua de precoccimiento, se obtenía una carne curada y precocida, que una vez pasada por el "cutter" tenía el color característico de la carne curada y con una cantidad de nitritos residuales que oscilaba entre 70 y 80 mg de  $\text{NaNO}_2/\text{kg}$ ; cantidad muy inferior al límite máximo tolerado por la Norma. Esta cantidad de nitritos residuales, además de proporcionar una coloración agradable a los sentidos, permiten inhibir al

Clostridium botulinum, ya que estudios recientes, han demostrado que el desarrollo de este microorganismo se inhibe desde con concentraciones de  $\text{NaNO}_2$  de 10 a 80 mg/kg, según la variedad o cepa correspondiente del microorganismo ( 24 ), aunque es necesario establecer que el fin primordial del uso de este aditivo es el desarrollo del color en la carne.

D ) Tipo y cantidad de sazonadores:

Los sazonadores típicos de la carne, además del cloruro de sodio, son las especias y algunos condimentos que mejoran el sabor de los productos cárnicos cocidos. Entre las especias más utilizadas en la preparación de carnes y sus derivados, tenemos: las pimentas blanca y negra, el jengibre, la cúrcuma, el clavo y el comino, así como gran variedad de chiles ( Capsicum annum ) y varios otros vegetales como la cebolla ( Allium cepa ) y el ajo ( Allium sativum ), entre otros.

La utilización en mayor o menor grado de cada uno de estos sazonadores en un producto cárnico dependerá de las costumbres, gustos y tradiciones características de un determinado país o región.

Pero, el producto que se deseaba desarrollar en el presente trabajo, debería de tener una gran versatilidad para utilizarse en la preparación de platillos a base de carne de res, además de poderse consumir tal cual, sin mayor preparación, por lo que se escogieron los siguientes ingredientes sazonadores:

- Cloruro de sodio.
- Pimienta negra molida.
- Ajo deshidratado en polvo.
- Cebolla deshidratada en polvo.

Los ingredientes anteriores, potencian el sabor característico de la carne y se encuentran como ingredientes en la mayoría de los platillos a base de carne de res más comunes en casi todos los países del mundo.

Como la pimienta y el ajo crudos, requieren condiciones especiales de almacenamiento, así como operaciones de lavado, pelado, cortado y rebanado antes de poder utilizarse en un proceso de elaboración de alimentos y en vista que lo más importante de estos dos bulbos, es el sabor que proporcionan la gran cantidad de compuestos aromáticos que contienen, los cuales están en muy pequeña cantidad, mientras que su contenido de humedad es muy elevado, se optó por utilizarlos deshidratados y en polvo. Esto, además de ahorrar tiempo y operaciones durante el proceso, permite tener una calidad más uniforme del producto final, ahorra espacio de almacenamiento y facilita la disponibilidad de estos ingredientes en cualquier época del año, a diferencia del producto crudo.

Una vez determinados los sazonzadores que se utilizarían en el producto, había que determinar la forma de agregarlos a la carne y la cantidad en que éstos se utilizarían.

En vista de que se determinó realizar un precoccimiento y un curado al mismo tiempo, la forma más práctica de sazonar la carne, es agregar los ingredientes sazonzadores directamente al agua de precoccimiento y curado.

El cloruro de sodio, se utiliza en la mayoría de los preparados cárnicos en una concentración que varía del 2 al 4 % y las especias y sazonzadores en una concentración máxima del 0.1 %

para potenciar el sabor de los productos cárnicos exclusivamente, sin que éstos caigan en la categoría de "productos regionales", en los cuales, la concentración de estos ingredientes sugiere ser mucho mayor ( 36 ), por lo tanto, se realizaron pruebas sensoriales con 5 jueces no entrenados, para que determinaran la cantidad óptima de éstos ingredientes.

Se prepararon las siguientes 4 formulaciones para el agua de precoccimiento, con la siguiente composición:

INGREDIENTES	FORMULACIONES			
	A	B	C	D
NaCl	2.5 %	3.5 %	4.0 %	3.0 %
Ajo deshidratado en polvo	0.025 %	0.05 %	0.1 %	0.05 %
Cebolla deshidratada en polvo	0.05 %	0.1 %	0.2 %	0.1 %
Pimienta negra en polvo	0.05 %	0.1 %	0.2 %	0.1 %

Posteriormente, se cocieron diferentes trozos de carne picada en cada una de las formulaciones propuestas para el agua de precoccimiento, los cuales, después de cocerse y escurrirse, se pasaron por el "cutter" y una vez enfriados, se dieron a probar a cada uno de los 5 jueces, a los cuales se les pidió que evaluaran la carne cocida en cada una de las formulaciones propuestas anteriormente por separado. Para tal efecto, se realizó una prueba monádica de aceptación con escala hedónica ( 26 )

de acuerdo al cuestionario del Apéndice III. Los resultados de esta evaluación fueron los siguientes:

Escala hedónica	Frecuencia de respuestas			
	FORMULACIONES			
	A	B	C	D
1. Gusta mucho	3	5	2	0
2. Gusta	3	2	5	5
3. Ni gusta ni disgusta	1	1	0	3
4. Disgusta	0	0	1	0
5. Disgusta mucho	1	0	0	0
$\bar{X} = \frac{\sum f \cdot X}{n}$	1.75	1.25	2.0	2.38

Se llegó a la conclusión que la composición óptima del agua de preoccimiento para tener un producto cárnico agradable a los sentidos y sin sabores predominantes de los sazonadores era la siguiente ( Fórmula B ):

NaCl	3.5 %
ajo deshidratado	0.05 %
cebolla deshidratada	0.1 %
pimienta negra molida	0.1 %

E ) Efectos del tratamiento de esterilización en la textura del producto:

Una vez curada y sazonada la carne en el agua de preoccimiento, se pasó por el "cutter" y se envasó en latas del 305 x 109 y se realizaron pruebas de esterilización tentativas,

realizando tratamientos térmicos de 30, 40 y 50 minutos a 121.1 °C ( 250 °F ). Posteriormente, 10 jueces no entrenados realizaron una prueba triangular de análisis sensorial para determinar si existían diferencias significativas entre las tres muestras en cuanto a textura y sabor del producto. Los 10 jueces no encontraron diferencias significativas entre las tres muestras. Esto llevó a concluir que, el producto a desarrollar permitía la realización de tratamientos térmicos severos sin que sus propiedades sensoriales variaran significativamente. Esta característica representa una gran ventaja, ya que al determinar el tiempo de proceso mínimo necesario para obtener un producto comercialmente estéril, que fuera estable durante todo el proceso de almacenamiento, distribución y venta y que no representara un problema de salud pública, permitirá realizar un sobreprocesamiento térmico, sin que se alteren sus propiedades sensoriales.

Sin embargo, a pesar que el tratamiento térmico de esterilización no influía negativamente en la textura del producto final, los 8 jueces anotaron en sus observaciones, que el producto requería una mayor cantidad de humedad para permitir su corte con mayor facilidad y sin que se "desbaratara".

Una forma de incrementar la humedad al producto, era agregar a la carne precocida una cierta cantidad de carne cruda durante la reducción de tamaño y homogenización en el "cutter", la cual, durante el proceso de esterilización, se cocerá, sus proteínas se desnaturalizarán e incrementará la humedad final del producto enlatado.

Por lo tanto, fué necesario determinar la cantidad de carne cruda que se podría mezclar con la carne precocida para incrementar la humedad final. Para tal fin, se preparó carne, la cual se precoció, curó y sazonó de acuerdo a la siguiente composición del agua de precocimiento:

NaNO <sub>2</sub>	0.03 %
NaCl	3.5 %
ajo deshidratado	0.05 %
pimienta negra	0.1 %
cebolla deshidratada	0.1 %

La carne, una vez sazonada, curada y precocida se mezcló con diferentes porcentajes de carne cruda y se picaron ambas en el "cutter", se envasaron en latas del 305 x 109 y se procesaron durante 50 minutos a 121.1 °C ( 250 °F ). Una vez esterilizadas y enfriadas las latas, el producto fué evaluado por 10 jueces no entrenados, los cuales, por medio de una evaluación sensorial con escala hedónica de tipo monádico, para cada formulación por separado dieron su opinión y evaluación de cada formulación.

Las formulaciones tentativas que se evaluaron fueron las siguientes:

	FORMULACIONES				
	A	B	C	D	E
Carne precocida	90%	85%	80%	75%	70%
Carne cruda	10%	15%	20%	25%	30%

Los resultados de esta evaluación sensorial fueron los siguientes:

ESCALA HEDONICA	Frecuencia de respuestas en las formulaciones				
	A	B	C	D	E
1. Gusta mucho	0	2	4	3	7
2. Gusta	2	5	3	3	2
3. Ni gusta ni disgusta	8	2	2	4	1
4. Disgusta	0	1	1	0	0
5. Disgusta mucho	0	0	0	0	0
$\bar{x}$ muestras $= \frac{ff \cdot x}{10}$	2.8	2.2	2.0	2.1	1.4

Por lo tanto, la formulación más aceptada fué la "E", una mezcla de 70 % de carne precocida y 30 % de carne cruda.

### 2. 3. FORMULACIONES DESARROLLADAS:

En base a los aspectos técnicos enumerados en la sección anterior, se pueden considerar como más viables las siguientes formulaciones:

#### A ) Formulación "100 % carne precocida":

Esta formulación, aunque no es la más aceptada sensorialmente, servirá como formulación base, la cual podrá ser variada agregando otros ingredientes, según se requiera.

El proceso de elaboración de ésta, a nivel laboratorio es el siguiente:

- Para empezar, se escogen trozos de carne magra de res y se pican manualmente hasta obtener trocitos pequeños ( "cubos" de unos 2.5 a 3.0 cm de arista ).

- Por otra parte, se prepara el agua de precocimiento, utilizándose un litro por cada 500 g de carne cruda. Esta agua de precocimiento tiene la siguiente composición:

NaNO <sub>2</sub> . . . . .	0.03 %
NaCl . . . . .	3.5 %
ajo deshidratado en polvo . . . . .	0.05 %
pimienta negra molida . . . . .	0.1 %
cebolla deshidratada en polvo . . . . .	0.1 %

- Una vez preparada esta solución, se agregan los "cubos" de carne picada y se calienta hasta que la temperatura de esta mezcla alcance los 85 °C; una vez alcanzada dicha temperatura, ésta se deberá conservar durante 10 minutos, para tener u

na pérdida del 30 % del peso de la carne por el cocimiento.

- Finalizado el período de precoccimiento, los trozos de carne, se sacan de la solución de precoccimiento y se escurren en un colador.

- Posteriormente se pican en un "cutter" y se envasan a mano, en latas adecuadas al peso que se desea, teniendo cuidado de comprimir perfectamente el contenido, para eliminar las cavidades de aire que pudiesen formarse.

- El producto, ya en el envase, debidamente comprimido y con el peso adecuado al tamaño de la lata, se agota en una atmósfera saturada de vapor de agua, hasta alcanzar en su punto de calentamiento más lento, una temperatura de 65 °C e inmediatamente se sellan las latas con una engargoladora manual.

- Las latas selladas, se introducen en un autoclave y se calientan durante 50 minutos a una temperatura de 121.1 °C ( 250 °F ). Transcurrido el tiempo de esterilización, se sacan las latas del autoclave y se enfrían con agua potable fría, hasta que sus extremos se contraen.

#### B ) Formulación "carne precocida-carne cruda":

Esta formulación es una variante de la anterior, la "100 % carne precocida", y en base a las pruebas sensoriales realizadas, la podemos considerar como la formulación óptima.

La preparación de esta formulación es muy similar a la de la "100 % carne precocida":

- Se escoge la carne, se pica y se precocce en una solución de precoccimiento similar a la anterior.

- Una vez precocida y escurrida, antes de picarse en el "cutter", se mezcla con un 30 % de carne cruda respecto al peso original de la carne precocida, antes de pasar por el "cutter".

- La mezcla de carne precocida y carne cruda, reducido su tamaño de partícula y homogenizada, se envasa manualmente teniendo cuidado de comprimir el contenido, se agota hasta alcanzar una temperatura en su punto frío de 65 °C en una atmósfera saturada de vapor de agua, se sella el envase y se esteriliza durante 50 minutos a 121.1 °C ( 250 °F ) y se enfría con agua potable.

C ) Formulación "carne precocida-carne cruda con extensor":

Es obvio que tanto la formulación "100 % carne precocida" como la formulación "carne precocida-carne cruda" tendrán un porcentaje de proteínas mucho mayor al de la mayoría de los productos cárnicos conocidos. Esto es consecuencia de la concentración del contenido proteico de la carne a causa del precocimiento y la pérdida de agua ligada a las proteínas musculares debida a la desnaturalización de éstas por el calor.

Por esta razón, además del ya elevado costo de la materia prima principal, la carne de res, el producto final obtenido tendrá un costo elevado. Una forma de disminuir el costo final del producto, es agregar un agente extensor, como son los almidones modificados, los concentrados de proteína vegetal o algunas gomas como la carragenina, los cuales son relativamente económicos y permiten disminuir el precio de los productos en

los cuales son utilizados, ya que son excelentes ligadores de agua y tienen buenas cualidades para emulsificar la grasa y las proteínas de los alimentos cárnicos.

El agente extensor más conocido y ampliamente utilizado en muchos productos cárnicos es el almidón o la fécula de maíz. Este extensor, permite ligar agua hasta el 100 % de su peso, no imparte sabores extraños en los productos en que se utiliza y se emulsifica fácilmente con las proteínas y grasa musculares.

Por lo tanto, se estableció realizar el desarrollo de una formulación más económica, a partir de la formulación óptima ( "carne precocida-carne cruda" ), utilizando como agente extensor fécula de maíz y sin que sus propiedades sensoriales y nutritivas se modificaran significativamente.

Esta nueva formulación se denominó "carne precocida-carne cruda con extensor" y su preparación en el laboratorio es la siguiente:

- Se escogen trozos de carne magra de res y se pican manualmente hasta la obtención de "cubos" de 2.5 a 3.0 cm de arista y se precuecen en una solución de precoccimiento similar a la utilizada en las dos formulaciones anteriores, a razón de 1 litro de solución por cada 500 g de carne cruda. La carne se cuece hasta que alcanza una temperatura de 85 °C y se mantiene esa temperatura por espacio de 10 minutos, como se señaló anteriormente.

- La carne una vez precocida, se escurre en un colador y se guarda la solución en que se realizó el precoccimiento.

- Una vez escurrida la carne, se mezcla con un 30 % carne cruda y con un 10 % de fécula de maíz ( con respecto al peso total de carne, precocida más cruda ). Posteriormente se disuelve la fécula agregando el mismo peso utilizado de ésta, de la solución que sobró del precoccimiento ( es decir, si se precocieron 1000 g de carne, al finalizar el período de precocimiento, éstos se mezclan con 300 g de carne cruda; posteriormente se mezclan con 100 g de fécula y 100 ml de la solución utilizada en el precoccimiento ).

- Mezclada la carne precocida con la carne cruda, la fécula y la solución de precoccimiento, se homogeniza esta mezcla en un "cutter" hasta obtener partículas de 0.25 cm de diámetro aproximadamente.

- Una vez homogenizada la mezcla en cuanto a distribución de los ingredientes y el tamaño de las partículas, se envasa manualmente, comprimiendo el contenido dentro de las latas para que no queden espacios de aire, se agota en una atmósfera saturada de vapor de agua hasta que el centro de la lata alcance una temperatura de 65 °C, se sella el envase inmediatamente con una engargoladora manual y se esteriliza durante 50 minutos a una temperatura de 121.1 °C ( 250 °F ). Finalizada esta operación, se enfrían las latas con agua potable y se almacenan.

#### 2. 4. PROCESO A NIVEL INDUSTRIAL.

Antes de mencionar los pasos a proponer para el proceso a seguir, se consideró necesario hacer mención de las siguientes consideraciones, íntimamente relacionadas con la elaboración del producto y que deben tomarse en cuenta para que éste sea de la mejor calidad posible, se eviten problemas de salud pública y el desarrollo del proceso sea menos problemático.

Para alcanzar tales objetivos es necesario que tanto técnicos como operadores tengan un conocimiento pleno del proceso y sus condiciones de operación, a fin de evitar problemas de salud pública y económicos.

Así también, es importantísimo prevenir o eliminar la contaminación microbiana en cualquier etapa del proceso, para lo cual, se deben tener en cuenta las siguientes medidas de seguridad e higiene:

- Todas las operaciones a realizar deberán efectuarse con la mayor asepsia posible.
- Los empleados deberán estar sanos y de ser posible realizar revisiones médicas periódicas.
- Se deberá capacitar a los empleados acerca de hábitos de higiene, tanto para su persona como para su comportamiento dentro de la planta.
- La ropa utilizada por los empleados deberá estar perfectamente limpia y se les proporcionarán ropas adecuadas, como batas, calzado, gorros, etc. para uso exclusivo dentro de la planta.
- Toda la planta deberá tener una limpieza y sanidad excelentes.

- El equipo debe estar perfectamente limpio, de lo contrario puede convertirse en un significativo foco de contaminación.

- Las mesas de trabajo deberán de ser de cubierta de aluminio o de acero inoxidable; los pisos deberán de ser de un material que no sea pososo y de fácil limpieza; las paredes deberán ser lisas y de colores claros y de materiales que faciliten su limpieza, como el azulejo o el mosaico.

- El local de trabajo deberá estar debidamente ventilado, pero con las ventanas protegidas para evitar la entrada de insectos y sin corrientes de aire, que faciliten la entrada de polvos y humos provenientes del medio ambiente externo.

- Las condiciones de iluminación dentro de los locales de trabajo deberán ser excelentes.

- Si se trabaja en lugares calurosos, la temperatura del interior de los locales de trabajo deberá de ser de 21 °C máximo, por lo que es necesario proveer en estos casos, de clima artificial a la planta, tanto para una mayor comodidad de los empleados como para evitar la proliferación de microorganismos.

- El diseño de la planta deberá evitar la formación de lugares en los cuales la limpieza se dificulte, ya que de lo contrario, se favorece el desarrollo de microorganismos y fauna no oiva, como insectos y roedores.

- Los desperdicios deberán sacarse lo más rápidamente posible de los lugares de trabajo y los basureros deberán estar sometidos a constante limpieza y mantenerse alejados de las áreas de trabajo.

- La planta deberá contar con una fuente de agua potable

suficiente y constante, además de un adecuado sistema de drenaje.

Mencionados los puntos anteriores, se especificarán las operaciones que componen el proceso propuesto para la elaboración de un producto cárnico enlatado a base de carne de res:

A ) Recepción de materia prima:

Cada vez que se compre y reciba materia prima, ésta deberá cumplir con las especificaciones formuladas con anterioridad por el Departamento de Control de Calidad, a las cuales se debe apegar el Departamento de Compras de la planta. Estas especificaciones deberán estar claramente formuladas e indicadas en la etiqueta o en la hoja de embarque, además de la fecha de elaboración, nombre del fabricante o distribuidor, lote y especificaciones de almacenamiento y utilización.

B ) Selección y almacenamiento de la materia prima:

Una vez recibida la materia prima, ésta deberá ser seleccionada y almacenada de acuerdo a sus características de conservación y si no se va a utilizar de inmediato, deberá ser almacenada con toda precaución para evitar contaminaciones o deterioros físicos o químicos.

Las especias, que generalmente contienen una cuenta elevada de microorganismos, deberán almacenarse aparte de otras materias primas y lejos de la línea de producción; también se deberá evitar que la contaminación propia de estos productos se incrementen, almacenándolos en lugares libres de polvo, humedad, insectos y roedores.

La carne, la materia prima principal y de más fácil descom

posición, deberá almacenarse en refrigeradores a 0 2 °C, si se utilizará en un período no mayor a 3 o 4 días y si se almacenará por un período de tiempo mayor, deberá conservarse en congeladores adecuados, a temperaturas de -30 °C. En ambos casos, para evitar pérdidas de peso por deshidratación de las canales de res, éstas deberán cubrirse con cubiertas de manta, limpias y esterilizadas de preferencia. Estas cubiertas, podrán utilizarse varias veces, pero siempre que se utilicen, deberán lavar se perfectamente.

Cuando se utilice la carne congelada almacenada, lo más conveniente es sacarla del congelador 24 horas antes de ser utilizada y dejarla 24 horas en el refrigerador con todo y su cubierta de manta; nunca deberá descongelarse a temperatura ambiente.

#### C ) Control de Calidad de la Materia Prima:

Toda la materia prima utilizada, deberá ser sujeta a un estricto control de calidad, antes de emplearse, a pesar de conocer la reputación de los proveedores en cuanto a honradez y servicio con la fábricas, ya que esto se traducirá en la obtención de productos de la mejor calidad y se evitarán los problemas de salud pública o económicos.

Los controles de calidad que se deberán realizar en la materia prima son los siguientes:

- Agua: Cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias y detección del grupo Coliforme.
- Especias ( pimienta, ajo y cebolla deshidratados ): Cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias, cuenta de hongos y

levaduras.

- Fécula de maíz: Cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias, cuenta total de microorganismos productores de acidez plana.

- Carne cruda: Cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias, cuenta en placa de microorganismos coliformes, cuenta de hongos y levaduras, Extracto de Volumen Liberado, Bases Volátiles Totales y pH.

D ) Preparación del agua de precocción:

El precocción, curado y sazonado deberá realizarse empleando agua potable exclusivamente. El nitrito de sodio ( $\text{NaNO}_2$ ) empleado deberá ser de grado analítico y deberá pesarse en una balanza analítica la cantidad exacta que corresponda a la cantidad de agua y carne correspondientes. La sal ( $\text{NaCl}$ ) y especias sazonadoras podrán pesarse en una balanza granataria, utilizando la cantidad correspondiente, para tener una calidad uniforme del producto final y evitar pérdidas económicas, ya que estos productos son muy caros.

Una vez pesados los ingredientes de la solución de precocción, se adicionarán al agua en una marmita de cocción y se pondrán a calentar hasta la ebullición de la solución.

E ) Deshuesado de la Carne:

Esta operación se realiza manualmente, con operarios debidamente capacitados. Estos deberán separar el músculo de los huesos sin necesidad de realizar cortes perfectos, pero procurando aprovechar lo más posible todo el tejido muscular. Deberán desecharse las partes de sebo y grasa externas, así como

los tendones muy gruesos y los aglomerados de elastina, fácilmente identificables éstos últimos por el color amarillo que presentan.

Todos los utensilios utilizados en esta operación deberán ser de acero inoxidable y lavarse perfectamente al terminar la faena diaria.

F ) Picado en Trozos:

La carne una vez deshuesada y libre de sebo y grasa excesiva, se corta en una picadora mecánica que logre un tamaño de partículas de unos 5 cm de diámetro, observando que durante esta operación la picadora no se esfuerce mucho y que la temperatura de la carne no se eleve, procurando que la carne deshuesada tenga una temperatura inferior a 10 °C y evitar sobrecargar el aparato.

La carne picada que no se precocerá y curará, deberá guardarse en recipientes adecuados, limpios y en un ambiente refrigerado hasta su utilización.

G ) Precoccimiento, Curado y Sazonado:

La carne picada, se agrega a la solución de precoccimiento, preparada anteriormente y ya en estado de ebullición, en la misma marmita en que se preparó dicha solución. Se continúa con el calentamiento hasta que la temperatura de esta mezcla alcance los 85 °C; una vez alcanzada esta temperatura, se mantendrá durante 10 minutos más, hasta que la carne se haya curado, sazonado y sufrido una pérdida del 30 % de su peso original.

H ) Escurredo:

La carne curada y sazonada, una vez pasado el período de

precoccimiento, deberá separarse de la solución en que se precoció, por medio de un colador apropiado. El líquido sobrante o "caldo", se guardará para su utilización posterior.

I ) Mezcla de carne precocida con carne cruda:

La carne precocida y curada, ya escurrida, se mezclará con la cantidad apropiada de carne cruda, ya picada anteriormente y que se guardó en refrigeración. Esta mezcla podrá realizarse directamente en el "cutter" al mismo tiempo de agregar los demás ingredientes ( agentes extensores ).

J ) Picado en "cutter":

Esta operación tiene como finalidad, el lograr una homogenización del producto antes de envasarse; dicha homogenización, además de mejorar el aspecto del producto, permitirá un envasado más efectivo y la completa distribución de todos los ingredientes utilizados. El picado en "cutter" se realizará hasta obtener una reducción de las partículas de carne hasta un diámetro de unos 0.25 cm. Durante esta operación, se agregarán los agentes extensores necesarios, según se requieran, y el agua sobrante del precoccimiento, que disolverá al extensor y será ligada por éste.

K ) Envasado y Prensado:

La pasta homogénea obtenida después de pasar la carne por el "cutter", se envasará en latas sanitarias apropiadas, manualmente, aunque si es posible, se preferirá que esta operación se lleve a cabo con una máquina llenadora. Si se realiza manualmente, los operarios deberán trabajar con la mayor asepsia posible, procurando utilizar tapabocas, recogedores para el cabello

y ropa blanca y limpia.

Es muy importante que durante el envasado, el producto que se compacta perfectamente en el interior de la lata, sin espacios de aire, con la cantidad adecuada de producto correspondiente al tamaño de las latas y que éstas no queden demasiado llenas, porque podrían reventarse durante la esterilización o con una cantidad insuficiente, lo que provocará que el vacío dentro de la lata, sea deficiente.

L ) Agotado:

Las latas, con el producto debidamente compactado, pasarán a un túnel de agotado. Esta operación permitirá lograr una atmósfera de vapor de agua en la parte superior de las latas, desplazando el oxígeno, además que permitirá obtener una temperatura uniforme de los envases antes de ser esterilizados. Se recomienda que al final del período de agotado, el punto frío de los recipientes alcance una temperatura de 65 °C.

M ) Engargolado:

Esta operación se realiza a la salida del túnel de agotado. Es muy importante que el engargolado o sellado de la tapa del envase se realice inmediatamente después de terminar el período de agotado, de lo contrario, la atmósfera de vapor de agua podría perderse y ser sustituida por aire, obteniéndose un vacío insuficiente o nulo en el interior del envase.

N ) Esterilizado:

Los botes ya sellados y a una temperatura uniforme de alrededor de 65 °C, son transportados a los autoclaves, donde serán esterilizados comercialmente a temperaturas de 115.5 a 121.1 °C

( 240 a 250 °F ) durante un período de tiempo, de acuerdo al tamaño del envase y características del autoclave. Este tratamiento térmico, es la operación más importante de todo el proceso; una adecuada esterilización brindará un producto sin problemas de salud pública y con una vida de anaquel prolongada, además que el producto se cocinará debidamente en el interior del recipiente, incrementándose al máximo sus propiedades sensoriales, lo que permitirá su consumo directamente de la lata o con un breve calentamiento.

La esterilización podrá realizarse en un autoclave estacionario, sin agitación, que son los más comunes y simples. Estos autoclaves tienen compuertas que cierran a presión y operan a presiones superiores a la atmosférica y utilizan como medio de calentamiento, vapor de agua sobrecalentado proveniente de una fuente externa, como una caldera o un generador de vapor eléctrico. El autoclave podrá ser vertical u horizontal, aunque se preferirá uno vertical, ya que son más eficientes en cuanto al número de latas que pueden contener por unidad de volumen, ocupando menos espacio, aunque a veces el introducir y sacar las latas puede dificultarse, lo que requerirá la instalación de poleas para sacar las canastillas que contienen las latas.

#### N ) Enfriado:

Terminado el tiempo de proceso térmico, las latas deberán enfriarse inmediatamente para evitar un sobreprocesamiento que pudiese afectar la textura del producto o permitir el desarrollo de microorganismos termofílicos que no hubiesen sido destruidos durante el procesamiento térmico.

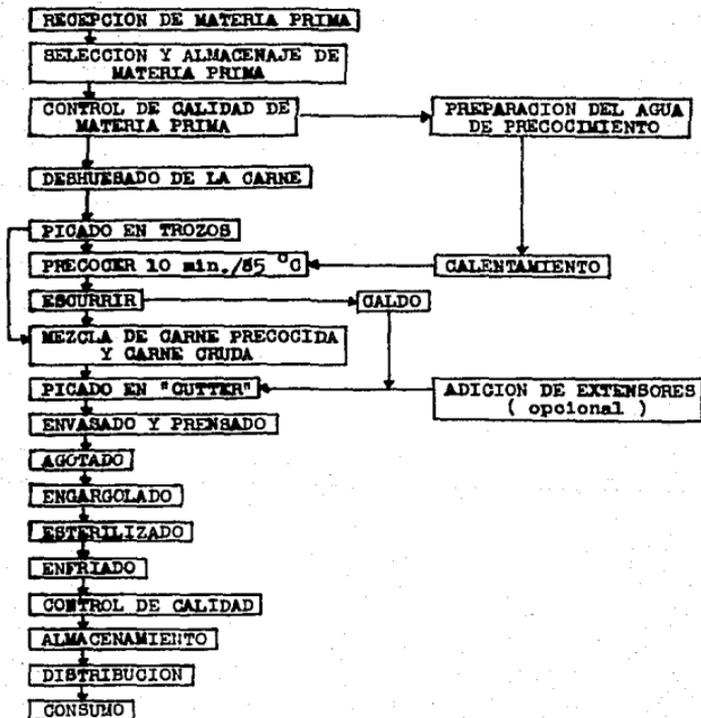
El enfriado deberá efectuarse con agua potable fría; generalmente éste se realiza dentro del autoclave, cuando éste es del tipo estacionario, llevándose a cabo con la entrada de agua fría al interior del mismo al finalizar el tiempo de procesado; el agua fría circula por el interior del autoclave, saliendo por uno de los extremos de éste.

Una vez que la temperatura de las latas ha disminuido y sus extremos se han colapsado, señal de la obtención de un buen vacío en el interior, se sacan del autoclave y se deja escurrir el exceso de agua; como no se enfrían hasta alcanzar la temperatura del agua de enfriado, el calor remanente que queda en ellas es suficiente para provocar la evaporación del resto de agua que halla quedado en la superficie externa de ellas, evitando la corrosión.

O ) Control de Calidad y Almacenamiento:

Terminada la esterilización, se revisarán las latas, separando las que tengan señales de abombamiento, roturas en sus costados o con fugas del contenido. Las latas en aparente buen estado, serán almacenadas durante 10 días a una temperatura de 37 °C para estabilizar el contenido y observar si hay desarrollo de microorganismos.

Gráfica 3.2.: Diagrama de bloques de las operaciones del proceso de elaboración de las formulaciones desarrolladas.



## 2. 5. CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO.

### 2. 5. 1. Materias Primas:

Uno de los aspectos básicos en la elaboración de cualquier producto alimenticio son las materias primas, ya que de ellas dependerá directamente la calidad y costo de éste.

Es por ésto, que al diseñar el proceso y formulación a seguir es necesario realizar un estudio de los ingredientes seleccionados, ya que el punto esencial en la compra de las materias primas es su adaptación a las especificaciones establecidas, además que se deben buscar fuentes seguras de materias primas, a un precio razonable y abastecimiento regular.

A continuación se nombran las materias primas que se proponen para ser utilizadas en el proceso de elaboración de las formulaciones desarrolladas, "carne precocida-carne cruda sin extensor" y "carne precocida-carne cruda con extensor", así como su funcionalidad:

#### a ) Carne de res:

- es la materia prima principal.
- un producto natural.
- de fácil obtención en México.
- accesible todo el año.
- relativamente cara.
- excelente fuente de proteínas.
- fácilmente atacada por microorganismos.
- se podrá utilizar cualquier porción del músculo esquelético del ganado vacuno, prefiriéndose los cortes del cuar-

to delantero de la media canal, por ser más económicos y menos grasosos.

b ) Nitrito de sodio:

- Fórmula química:  $\text{NaNO}_2$ .

- Principal agente del curado, conservando el color característico de la carne.

- A los niveles de concentración utilizados en la mayoría de los productos cárnicos, inhibe el crecimiento de numerosos microorganismos patógenos y de importancia económica, principalmente al Clostridium botulinum.

- Tóxico al utilizarse en cantidades superiores a las recomendadas ( 156 ppm ).

- En grandes cantidades, provoca en los productos cárnicos coloraciones verdes, llamadas "quemaduras del nitrito".

- Puede dar lugar a la formación de nitrosaminas ( compuestos carcinogénicos ).

- Producto caro.

o ) Fécula de maíz:

- Es el almidón extraído del grano de la planta Zea mays.

- Es un hidrocoloide, capaz de ligar agua hasta por el 100 % de su peso.

- Se utiliza como agente extensor para disminuir costos en muchos productos cárnicos.

- No imparte sabores extraños y se emulsifica fácilmente con los componentes de la carne.

- Económico.
- De fácil obtención.

d ) Pimienta negra en polvo:

- Es el fruto del pimentero ( Piper nigrum ) seco y molido con todo y su cascarilla.
- Aromática, de gusto ardiente y picante en grandes cantidades.
- Mejora el sabor de los productos cárnicos.
- Producto muy caro aunque de fácil obtención.
- Generalmente contiene cuentas microbianas muy altas, lo que puede ser fuente de contaminación en los productos en que es utilizada.

e ) Ajo deshidratado en polvo:

- Es el bulbo de la planta Allium sativum, deshidratado o liofilizado y molido.
- Imparte un fuerte olor a causa de un compuesto que contiene, la alicina, así como infinidad de flavonoides que le imparten su sabor característico.
- En grandes cantidades tiene un efecto antimicrobiano sobre microorganismos patógenos.
- De fácil obtención y económico.

f ) Cebolla deshidratada en polvo:

- Es el bulbo de la planta Allium cepa, deshidratado por liofilización y molido.
- Imparte sabor y aroma a los compuestos cárnicos, principalmente por un compuesto llamado alifina.

- económica y de fácil obtención.

g ) Sal:

- Nombre químico: Cloruro de sodio ( NaCl ).

- Potenciador de sabor.

- Altera la presión osmótica, lo que le da características antimicrobianas.

- Reduce la solubilidad del oxígeno.

- Económica y de fácil obtención.

- En altas concentraciones permite la preservación de alimentos, por si sola.

2. 5. 2. Definición del producto:

Se trata de un producto elaborado a base de carne de res, picada y precocinada, mezclada con carne cruda, curada antes de ser introducida en el envase. Una vez cerrado el envase, se le aplica un tratamiento térmico suficiente para asegurar que el producto sea estable durante todo el período de almacenamiento y que no represente peligro alguno para la salud pública.

El producto cuenta con una gran cantidad de proteínas de alto valor nutritivo y al igual que la carne cruda de res, requiere un tratamiento térmico que mejora sus propiedades sensoriales, además que se consigue ahorrar tiempo y trabajo al consumidor y facilita enormemente la facilidad de almacenamiento por grandes períodos de tiempo a temperaturas ambientales.

### 2. 5. 3. Aspecto general:

Considerando que la mayoría de los productos alimenticios son aceptados y consumidos primordialmente por su aspecto atractivo, cualquier producto que se desee que tenga una aceptación en el mercado deberá tener una apariencia general agradable.

Los productos desarrollados en este trabajo cumplen con esta función, pues a pesar de haber sido procesados térmicamente, el color del producto, gracias al curado, es el característico de la carne, y debido a la homogenización en un "cutter", éste es uniforme al igual que su textura, sin pedazos grandes de sebo, grasa o tendones. Además que durante el envasado se procura la debida compactación del producto, evitándose la formación de espacios de aire en el interior del recipiente.

El producto una vez fuera del envase, permite su corte en rebanadas con facilidad y sin que se desmorone.

### 2. 5. 4. Versatilidad y facilidad de uso:

La versatilidad de un producto es muy importante, pues es lógico suponer que, en cuanto más formas de consumo tenga un producto, mayor será su aceptabilidad en el mercado. Igualmente, no importa de que producto alimenticio se trate, lo importante es que su diseño sea tal, que su consumo sea lo menos complicado posible.

Los dos aspectos anteriores son cumplidos por los productos desarrollados, ya que con ellos es relativamente fácil preparar una comida a base de carne, mezclándolos con otros produg

tos alimenticios o simplemente calentando el producto o consumiéndolo tal cual, en forma de botana mezclado con algún aderezo. Así que esta presentación facilitará el trabajo y ahorrará tiempo de preparación, del que a veces no se dispone en un momento, según la forma de vida moderna, que impide la dedicación de un tiempo a la preparación de los alimentos, que comparativamente en años anteriores, sí era posible disponer de más tiempo para estos menesteres.

#### 2. 5. 5. Envase y empaque:

El envase es un medio que facilita la conservación de los alimentos, y si éste es deficiente, puede hechar a perder todo lo que se ha intentado en la preservación por medio de las prácticas más meticulosas.

Los envases se clasifican como primarios y secundarios. Los primarios son los que se ponen en contacto directo con el alimento, como es el caso de un frasco o de una lata. Los secundarios o empaques, son cajas o envolturas exteriores que contienen a los envases primarios para protegerlos y facilitar su almacenamiento y distribución.

El envasado de alimentos utiliza una gran cantidad y variedad de materiales que incluyen: metales rígidos y flexibles, vidrio, plásticos flexibles o rígidos, cartón, laminados metálicos, papel, etc. Estos pueden ser combinados para lograr propiedades que no se pueden hallar en un solo material.

En muchos casos, estos materiales tienen que resistir ope-

raciones adicionales, como son la esterilización, congelación, descongelación, cocimiento, etc., lo que influirá en las características del material a elegir.

Algunos de los requerimientos y funciones más importantes que deben cumplir los envases utilizados en la Industria de los Alimentos son los siguientes:

- Ausencia de productos tóxicos o reacciones con el alimento.
- Protección sanitaria.
- Protección contra pérdidas por evaporación de los componentes del alimento.
- Protección contra la impregnación de gases y olores provenientes del medio ambiente.
- Protección contra la luz, en caso que los componentes de el alimento sean fotosensibles.
- Resistencia a los impactos.
- Inviolabilidad.
- Facilidad de apertura y vertido.
- Facilidad de cerrado, si el alimento permite su conservación dentro del envase después de abrirse éste.
- Facilidad de desecho.
- Apariencia atractiva y facilidad para la impresión o adhesión de la etiqueta.
- Bajo costo.
- Adecuado a las características del producto, como tamaño, forma y presentación.

El desarrollo de las formulaciones se realizó empleando la tas troqueladas de hojalata del 305 x 109 con una capacidad de 205 g del producto terminado. Estos recipientes se pueden considerar adecuados para las características de los productos desarrollados por los siguientes aspectos:

- a ) permiten el procesamiento térmico de esterilización.
- b ) son herméticas, si se han sellado correctamente, preservando el producto de agentes externos.
- c ) tienen gran resistencia a los impactos, pues no presentan costuras laterales ni en su extremo inferior, ya que son troqueladas y el cuerpo de ellas es de una sola pieza.
- d ) Contienen un recubrimiento fenólico "azufre-resistente", diseñado especialmente para alimentos de baja acidez con alto contenido de proteínas, como es el caso del atún enlatado. Este recubrimiento es necesario, ya que durante el esterilizado, el azufre de las proteínas se libera y puede oscurecer la superficie interna de las latas si no tuviessen esta protección, lo cual daría un mal aspecto al producto ( los recubrimientos "azufre-resistentes" son muy diferentes a los utilizados para el envasado de alimentos de alta acidez, como los encurtidos y los jugos cítricos, los cuales utilizan una oleoresina fenólica "ácido-resistente" ).
- e ) Conservan las propiedades sensoriales del producto sin impartirle olores o sabores extraños.
- f ) Su capacidad, 205 g, es muy práctica, tanto para su manejo y almacenamiento como por el costo de la porción de alimento que contienen, además que es una porción que se utilizará ín

tegramente y suficiente para dos personas.

Sin embargo, las características propias de los productos desarrollados, que son sólidos, dificultan su remoción del interior del recipiente en una sola pieza, lo que redundo en detrimento de su aceptación sensorial.

### 3. 0. CALCULO DEL PROCESO TERMICO.

#### 3. 1. Mediciones de transferencia de calor:

Las pruebas de penetración de calor se realizaron en un autoclave vertical estacionario marca Stackpole, con suministro externo de vapor. Esta autoclave fué facilitada por el Departamento de Industrias Agrícolas de la Universidad Autónoma Chapingo.

Para esta prueba se utilizaron latas troqueladas del 305 x 109 ( diámetro = 8.41 cm; altura = 3.9 cm; con una capacidad de 218 cm<sup>3</sup> ). Antes de ser llenadas las latas, se les adaptó un termopar tipo aguja marca Eeklund de cobre-constantano de 3.5 cm de longitud situado en el centro geométrico de las latas.

Una vez que los termopares fueron colocados, se llenaron las latas con la formulación correspondiente. Antes de ser agotadas y engargoladas, se introdujo en cada lata una ampolleta "Sterikon Bioindicator" de los Laboratorios Merck de Darmstadt, R.F.A. para comprobar la eficiencia de la esterilización ( ver Apéndice II ).

Se utilizaron dos latas para cada formulación y dos corridas para cada una.

Las latas con los termopares adaptados, la formulación correspondiente y la ampolleta bioindicadora del proceso térmico, se agotaron en un tunel de agotado de vapor y se sellaron en una engargoladora manual.

La temperatura del punto crítico se leyó a intervalos regulares de tiempo ( un minuto ) con un termómetro digital marca "Thermo Electric" operado manualmente y calibrado en °F.

La temperatura de proceso o temperatura del autoclave (TA) se estableció en 121.1 °C ( 250 °F ); esta temperatura se alcanzó en 9 minutos después de abrir la llave del vapor y se mantuvo durante todo el ciclo de calentamiento.

El ciclo de enfriado se realizó con agua a una temperatura de 21.1 °C ( 70 °F ).

3. 2. Cálculo del tiempo de proceso térmico:

Se calculó el tiempo de proceso térmico para cada formulación tanto por el Método General Gráfico como por el de Fórmula.

En ambos métodos, el tiempo de proceso se calculó para obtener un tratamiento antibotulínico, es decir, que el microorganismo que se escogió como referencia y como índice de un proceso térmico seguro en lo que a la salud pública se refiere, fué el Clostridium botulinum.

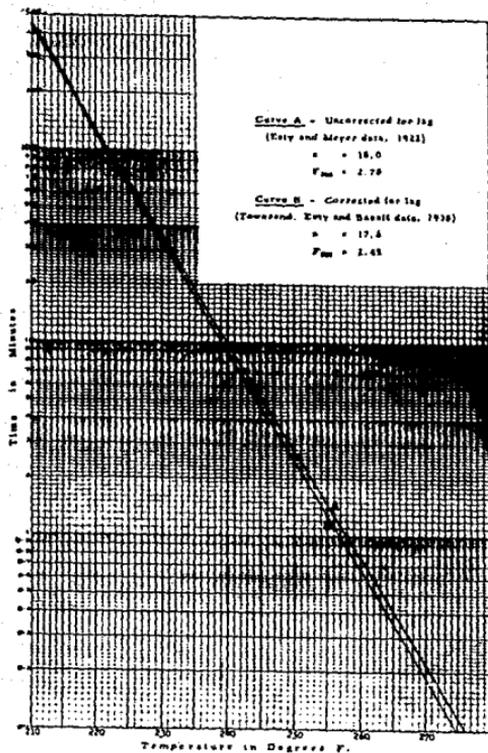
El tratamiento antibotulínico en alimentos de baja acidez consiste en lograr una reducción de 12 veces el valor "D" de este microorganismo:

$$F_0 = 12 D$$

El tiempo para lograr esta reducción en la concentración de esporas de este microorganismo, fué determinado por Townsend, Esty y Baselt en 1938, para la Curva de Tiempo de Muerte Térmica del Clostridium botulinum en un amortiguador de fosfatos a pH=7.0 ( 32 ). Este tiempo lo establecieron en 2.45 minutos, por lo tanto:

$$F_0 = F \frac{16}{250} = 2.45 \text{ minutos.}$$

Este valor fué utilizado como valor de referencia en todas las determinaciones realizadas ( ver Gráfica 3.3., página 135 ).



Gráfica 3.3.: Curva de Tiempo de Muerte Térmica del Clostridium botulinum en amortiguador de fosfatos a pH=7.0 (\*).

(\* Fuente: National Canners Association Research Laboratories. "Laboratory Manual for Food Canners and Processors" Vol. I. The AVI Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A. (1968).

3. 2. 1. Cálculo del tiempo de proceso térmico por el Método General Gráfico:

Una vez obtenidos los datos de penetración de calor ( tiempo y temperatura ) de cada formulación, se determinó el Tiempo de Muerte Térmica para cada una de las temperaturas a cada intervalo de tiempo por medio de la siguiente fórmula:

$$TMT = F_0 F_1 = F_0 10^{(T_{ref} - T)/z}$$

y como en todos los casos:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_0 = 2.45 \text{ minutos.} \\ z = 18. \\ T_{ref} = 250 \text{ }^\circ\text{F.} \end{array} \right.$$

$$TMT = (2.45 \text{ min.}) 10^{(250 - T)/z}$$

Los intervalos de tiempo fueron de 1 minuto, por lo que la letalidad del proceso para cada formulación y cada corrida se determinó de la siguiente manera:

$$\text{Letalidad del Proceso} = \left( \sum_{\text{todo}} \frac{1}{TMT} \right) (\text{intervalo de tiempo})$$

$$\text{Letalidad del Proceso} = \left( \sum_{\text{todo}} \frac{1}{TMT} \right) (1 \text{ min.})$$

La letalidad de cada proceso excedió varias veces el  $F_{req}$  ( $F_0$ ), por lo cual, se trazaron curvas de letalidad graficando la velocidad de muerte ( $\frac{1}{TMT}$ ) contra el tiempo de penetración de calor, incluyendo los valores de calentado y enfriado, tal como se muestra en la Gráfica 3.4.

Posteriormente se determinó el área bajo la curva de letalidad por pesado del papel en una balanza analítica. Para este efecto, se trazaron las gráficas en papel albanene, el cual tiene una densidad uniforme.

El área bajo las curvas de letalidad se midió en  $\text{cm}^2$ , mientras que el Área Unitaria de Esterilización ( AUE ), cuando la velocidad de muerte y el tiempo son iguales a "uno", se calculó para todos los procesos como se muestra a continuación:

$$\text{AUE} = \frac{1 \text{ cm}}{4 \text{ min.}} \times \frac{1 \text{ cm}}{0.02 \text{ min}^{-1}} = 12.5 \text{ cm}^2$$

$$\text{ya que: } 4 \text{ min.} \times 0.25 \text{ min}^{-1} = 1$$

$$\text{o también: } 8 \text{ min.} \times 0.125 \text{ min.}^{-1} = 1$$

Después se trazaron otras tres curvas de enfriado paralelas a la curva de enfriado original, a diferentes tiempos arbitrarios de cerrado del vapor y se calculó el área bajo cada curva ( ver Gráfica 3.4. ).

Posteriormente se graficó en una gráfica en unidades lineales ( Gráfica 3.5. ), el área de cada una de las nuevas curvas de mortalidad contra el tiempo en minutos a partir del inicio del suministro de vapor; se trazó una recta que atravesaba los puntos así obtenidos y en la coordenada del tiempo donde esta línea intersectó a las unidades cuadradas correspondientes al AUE (  $12.5 \text{ cm}^2$  ), se calculó el tiempo mínimo de proceso equivalente a una letalidad de "uno" a partir del inicio del suministro del vapor.

A continuación se muestran los datos de la penetración de calor de las formulaciones desarrolladas y el cálculo del tiempo de proceso térmico por el Método General Gráfico ( Tablas 3.1., 3.2., 3.3., y 3.4. ) y como ejemplo del cálculo del tiempo de proceso térmico para todas las formulaciones, la Curva de Letalidad y la Relación de las Curvas de Mortalidad a diferentes tiempos de cerrado del vapor con respecto al tiempo de proceso de la formulación "carne precocida-carne cruda sin extensor", Corrida ( 1 ) en las Gráficas 3.4. y 3.5.

Tabla 3.1.: Cálculo del tiempo de proceso por el método general.

Formulación: "carne precocida-carne cruda sin extensor"

Corrida (1). Datos de la penetración de calor.

t (min.)	T (°F)	TMT(min)	1/TMT (min. <sup>-1</sup> )
0	124.7	>1x10 <sup>3</sup>	<1x10 <sup>-3</sup>
1	124.7	"	"
2	129.4	"	"
3	130.4	"	"
4	139.2	"	"
5	145.8	"	"
6	151.6	"	"
7	153.4	"	"
8	163.7	"	"
9	169.4	"	"
10	172.8	"	"
11	177.3	"	"
12	181.3	"	"
13	185.0	"	"
14	188.0	"	"
15	192.2	"	"
16	196.8	"	"
17	200.7	"	"
18	204.0	580.48	0.00113
19	207.7	548.49	0.00182
20	210.0	408.68	0.00245
21	212.5	296.82	0.00337
22	214.7	224.01	0.00446
23	217.3	160.63	0.00622
24	219.5	121.23	0.00824
25	222.3	84.73	0.0118
26	224.0	68.17	0.0146
27	226.0	52.73	0.0189
28	227.6	43.01	0.0232
29	230.4	30.06	0.0333
30	231.4	26.45	0.0378
31	232.4	23.28	0.0429
32	233.8	19.46	0.0514
33	235.3	15.07	0.0663
34	-	-	-
35	237.3	12.43	0.0804
36	238.4	10.80	0.0925
37	239.3	9.63	0.104
38	240.1	8.62	0.115
39	240.6	8.15	0.123
40	241.4	7.36	0.136
41	242.0	6.82	0.146
42	242.7	6.23	0.160
43	243.6	5.65	0.180
44	244.8	5.41	0.185
45	244.5	4.95	0.202

t (min.)	T (°F)	TMT (min.)	1/TMT (min. <sup>-1</sup> )
46	245.1	4.58	0.218
47	245.1	4.58	0.218
48	246.0	4.06	0.245
49	246.1	4.03	0.248
50	246.6	3.78	0.264
51	246.6	3.78	0.264
52	247.2	3.5	0.285
53	247.5	3.37	0.296
54	247.6	3.33	0.300
55	248.0	3.16	0.315
56	248.1	3.12	0.320
57	248.3	3.04	0.328
58	248.5	2.96	0.337
59	248.9	2.82	0.354
60	249.0	2.78	0.359
61	248.6	2.93	0.341
62	247.9	3.205	0.312
63	247.0	3.590	0.278
64	246.0	4.060	0.245
65	241.3	7.460	0.134
66	-	-	-
67	-	-	-
68	203.2	975.36	0.00102
69	198.5	>1000.00	<0.001
70	195.3	"	"
71	189.3	"	"
72	184.7	"	"
73	179.2	"	"
74	175.6	"	"
75	169.3	"	"

$$\text{Letalidad} = \left( \sum_{\text{toda}} \frac{1}{\text{TMT}} \right) (1 \text{ min.})$$

$$\text{Letalidad} = 7.5148$$

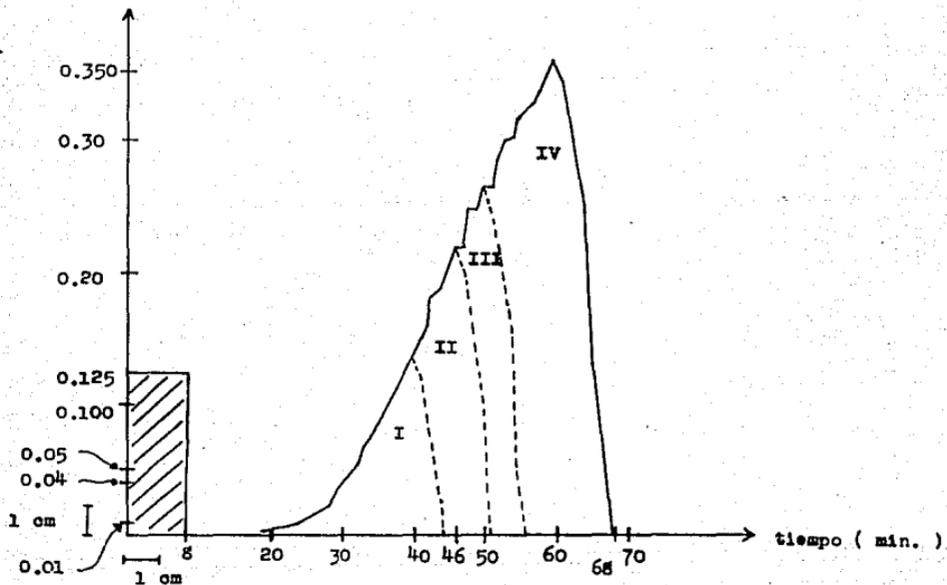
Formulación "carne precocida-carne cruda sin extensor", Co  
frida ( 1 ). Cálculo del tiempo de proceso por el Método General:

	minutos a partir de la salida del vapor	letalidad	Area bajo la curva
Area (I)	40	1.5508	19.38 cm <sup>2</sup>
Area (II)	46	3.102	38.77 cm <sup>2</sup>
Area (III)	50	4.49	56.157 cm <sup>2</sup>
Area (IV)	60	7.5148	93.935 cm <sup>2</sup>

Tiempo de proceso = 38.5 minutos.

Gráfica 3.4.: Formulación "Carne precocida-carne cruda sin extensor", Corrida ( 1 ). Curva de letalidad.

1/TMT ( min.<sup>-1</sup> )



Gráfica 3.5.: Relación de las áreas de las curvas de mortalidad con respecto al tiempo de proceso. Formulacion "carne precocida-carne cruda sin extensor", Corrida ( 1 ).

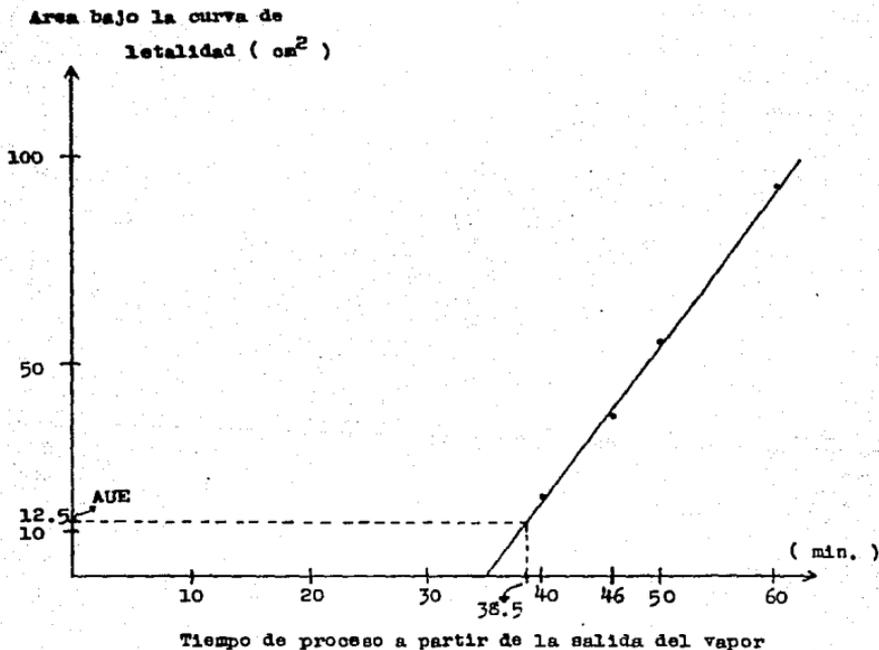


Tabla 3.2.: Cálculo del Tiempo de Proceso por el Método General.

Formulación: " Carne precocida-carne cruda sin extensor ".

Corrida (2). Datos de la penetración de calor.

t (min.)	T (°F)	TMT(min.)	1/TMT (min. <sup>-1</sup> )
0	146.2	>1*10 <sup>3</sup>	<1*10 <sup>-3</sup>
1	146.2	"	"
2	146.2	"	"
3	146.2	"	"
4	146.2	"	"
5	146.6	"	"
6	150.3	"	"
7	153.8	"	"
8	160.2	"	"
9	165.9	"	"
10	169.0	"	"
11	172.3	"	"
12	179.8	"	"
13	183.8	"	"
14	187.0	"	"
15	191.7	"	"
16	196.3	"	"
17	201.6	"	"
18	205.4	736.11	0.00135
19	209.3	446.96	0.00223
20	212.0	316.43	0.00316
21	215.0	215.58	0.00463
22	218.0	146.37	0.00681
23	220.4	108.05	0.00925
24	223.4	73.61	0.0135
25	225.9	53.46	0.0187
26	228.0	40.86	0.0245
27	230.0	31.64	0.0316
28	232.0	24.50	0.0408
29	234.6	17.56	0.0569
30	236.3	13.25	0.0754
31	237.0	12.03	0.0773
32	238.9	10.13	0.0986
33	240.5	8.26	0.121
34	-	-	-
35	241.6	7.17	0.139
36	242.6	6.31	0.158
37	243.6	5.55	0.180
38	244.3	5.08	0.197
39	244.4	4.01	0.199
40	245.1	4.58	0.218
41	245.5	4.36	0.229
42	246.4	3.88	0.257
43	246.7	3.74	0.267
44	247.0	3.59	0.278
45	247.5	3.37	0.296

t (min.)	T (°F)	TMT (min.)	1/TMT (min. <sup>-1</sup> )
46	247.6	3.35	0.300
47	248.1	3.12	0.320
48	248.5	2.96	0.336
49	248.7	2.89	0.346
50	249.1	2.74	0.364
51	249.2	2.71	0.368
52	249.3	2.66	0.373
53	249.2	2.71	0.368
54	249.5	2.61	0.383
55	249.8	2.51	0.398
56	250.0	2.45	0.408
57	250.0	2.45	0.408
58	250.0	2.45	0.408
59	250.0	2.45	0.408
60	250.0	2.45	0.408
61	250.0	2.45	0.408
62	249.3	2.68	0.373
63	248.3	3.04	0.328
64	241.0	5.28	0.189
65	228.2	39.84	0.025
66	-	-	-
67	208.0	527.53	0.00189
68	196.8	>1000.00	<0.001
69	191.6	"	"
70	188.3	"	"
71	185.1	"	"
72	182.0	"	"
73	177.3	"	"
74	174.3	"	"
75	168.3	"	"
76	164.6	"	"

$$\text{Letalidad} = \left( \frac{\sum \frac{1}{\text{TMT}}}{\text{TMT}} \right) (1 \text{ min.})$$

$$\text{Letalidad} = 9.516$$

Formulación "carne precoocida-carne cruda sin extensor", Co  
rrida ( 2 ). Cálculo del tiempo de proceso por el Método General:

	minutos a partir de la salida del vapor	letalidad	Area bajo la curva
Area (I)	35	1.2457	15.57 cm <sup>2</sup>
Area (II)	40	2.2557	31.97 cm <sup>2</sup>
Area (III)	50	6.4685	80.577 cm <sup>2</sup>
Area (IV)	60	9.516	118.95 cm <sup>2</sup>

$$\text{Tiempo de proceso} = 34.5 \text{ minutos.}$$

Tabla 3.3.: Cálculo del tiempo de proceso por el método general.

Formulación: "carne precocida-carne cruda con extensor".

Corrida (1). Datos de la penetración de calor.

t (min.)	T (°F)	TMT (min.)	1/TMT (min. <sup>-1</sup> )
0	128.8	> 1x10 <sup>3</sup>	< 1x10 <sup>-3</sup>
1	128.8	"	"
2	131.8	"	"
3	133.4	"	"
4	139.7	"	"
5	145.6	"	"
6	151.3	"	"
7	154.0	"	"
8	162.3	"	"
9	167.8	"	"
10	171.0	"	"
11	174.9	"	"
12	181.8	"	"
13	184.4	"	"
14	187.5	"	"
15	191.3	"	"
16	196.1	"	"
17	200.0	"	"
18	203.6	926.54	0.00108
19	208.8	615.41	0.00163
20	209.3	442.95	0.00224
21	212.0	316.42	0.00316
22	214.4	232.73	0.00429
23	217.0	166.90	0.00599
24	219.0	129.23	0.00774
25	221.6	92.65	0.0108
26	223.5	72.67	0.0138
27	225.7	54.86	0.0182
28	227.2	45.26	0.0221
29	229.8	40.86	0.0245
30	230.8	28.56	0.0350
31	232.2	23.57	0.0418
32	233.4	20.48	0.0488
33	235.7	15.26	0.0655
34	-	-	-
35	237.4	12.27	0.0814
36	238.2	11.06	0.0902
37	239.0	10.01	0.0999
38	239.7	9.14	0.109
39	240.2	8.58	0.116
40	241.0	7.74	0.129
41	241.6	7.17	0.139
42	242.7	6.23	0.160
43	243.1	5.92	0.169
44	243.6	5.55	0.180
45	244.0	5.27	0.189

t (min.)	T (°F)	TMT (min.)	1/TMT (min. <sup>-1</sup> )
46	244.6	4.88	0.204
47	245.4	4.41	0.226
48	245.8	4.19	0.238
49	246.3	3.93	0.254
50	246.7	3.73	0.267
51	247.1	3.55	0.282
52	247.0	3.59	0.278
53	247.3	3.46	0.289
54	247.8	3.24	0.308
55	248.2	3.08	0.324
56	248.5	2.96	0.337
57	248.4	3.00	0.333
58	249.0	2.78	0.359
59	249.0	2.78	0.359
60	249.0	2.78	0.359
61	249.0	2.78	0.359
62	249.0	2.78	0.359
63	248.0	3.16	0.316
64	247.3	3.46	0.289
65	244.5	4.95	0.202
66	-	-	-
67	228.8	36.88	0.027
68	209.3	446.95	0.0022
69	200.1	> 1000.00	< 0.001
70	196.6	"	"
71	192.9	"	"
72	191.0	"	"
73	186.6	"	"
74	183.5	"	"
75	177.2	"	"
76	174.2	"	"

$$\text{Letalidad} = \left( \sum \frac{1}{\text{TMT}} \right) (1 \text{ min.})$$

$$\text{Letalidad} = 8.5156$$

Formulación "carne precocida-carne cruda con extensor", Co  
rrida (1). Cálculo del tiempo de proceso por el Método General:

	minutos a partir de la salida del vapor	letalidad	Area bajo la curva
Area (I)	40	1.204	15.05 cm <sup>2</sup>
Area (II)	46	2.41	30.125 cm <sup>2</sup>
Area (III)	56	5.76	72.0 cm <sup>2</sup>
Area (IV)	60	8.5156	106.445 cm <sup>2</sup>
Tiempo de proceso = 40 minutos.			

Tabla 3.4.: Cálculo del tiempo de proceso por el método general.

Formulación: "100% carne precocida".

Corrida (1). Datos de la penetración de calor.

t (min.)	T (°F)	TMT (min.)	1/TMT (min. <sup>-1</sup> )
0	120.6	> 1x10 <sup>3</sup>	< 1x10 <sup>-3</sup>
1	122.4	"	"
2	122.8	"	"
3	124.4	"	"
4	126.0	"	"
5	129.1	"	"
6	132.5	"	"
7	135.8	"	"
8	139.8	"	"
9	144.4	"	"
10	147.8	"	"
11	151.3	"	"
12	156.8	"	"
13	160.7	"	"
14	163.8	"	"
15	168.5	"	"
16	173.5	"	"
17	178.2	"	"
18	183.1	"	"
19	186.3	"	"
20	190.2	"	"
21	193.3	"	"
22	197.4	"	"
23	199.9	"	"
24	203.7	914.93	0.00109
25	206.5	639.49	0.00156
26	209.5	435.68	0.00229
27	212.2	308.44	0.00324
28	214.2	238.81	0.00419
29	218.0	146.87	0.00681
30	219.8	116.66	0.00857
31	221.2	97.54	0.0102
32	223.7	70.84	0.0141
33	226.4	50.15	0.0199
34	-	-	-
35	228.4	38.83	0.0257
36	230.9	28.20	0.0354
37	231.3	26.79	0.0373
38	232.5	22.98	0.0435
39	233.7	19.71	0.0507
40	235.0	16.69	0.0599
41	235.8	15.06	0.0663
42	237.2	12.59	0.0794
43	238.0	11.37	0.0879
44	239.0	10.00	0.0999
45	239.7	9.15	0.109

t (min.)	T (°F)	TMT (min.)	1/TMT (min. <sup>-1</sup> )
46	240.4	8.36	0.119
47	240.8	7.94	0.126
48	242.0	6.82	0.147
49	242.4	6.47	0.154
50	243.2	5.85	0.171
51	243.5	5.63	0.177
52	244.0	5.28	0.189
53	244.5	4.95	0.202
54	244.8	4.76	0.209
55	245.7	4.24	0.235
56	246.1	4.03	0.248
57	246.1	4.03	0.248
58	246.6	3.78	0.260
59	246.8	3.68	0.271
60	247.4	3.42	0.293
61	247.4	3.42	0.293
62	247.4	3.42	0.293
63	247.3	3.46	0.288
64	246.3	3.93	0.254
65	240.4	8.36	0.119
66	-	-	-
67	224.8	61.54	0.0162
68	206.2	66.51	0.0015
69	200.4	>1000.00	<0.001
70	198.0	"	"
71	196.7	"	"
72	194.8	"	"
73	191.2	"	"
74	188.4	"	"
75	184.4	"	"
76	180.0	"	"

$$\text{Letalidad} = \left( \sum_{\text{toda}} \frac{1}{\text{TMT}} \right) (1 \text{ min.})$$

$$\text{Letalidad} = 5.098$$

Formulación "100 % carne precocida", Corrida ( 1 ). Cálculo del tiempo de proceso por el Método General:

	minutos a partir de la salida del vapor	letalidad	Area bajo la curva
Area (I)	44	1.104	13.8 cm <sup>2</sup>
Area (II)	48	1.781	22.25 cm <sup>2</sup>
Area (III)	54	3.235	40.44 cm <sup>2</sup>
Area (IV)	60	5.098	63.725 cm <sup>2</sup>

Tiempo de proceso = 44 minutos.

3. 2. 2. Cálculo del tiempo de proceso por el Método de Fórmula:

Los datos de penetración de calor ( tiempo y temperatura ) para cada formulación y corrida, fueron sujetos a un modelo matemático para obtener la recta teórica de la curva de calentamiento. Este modelo consistió en una regresión lineal tomando como ordenada a los valores de "  $\log (T_A - T)$  " y como abscisa al tiempo correspondiente a estos valores, la temperatura alcanzada en el punto frío.

Con la regresión lineal realizada fué posible obtener la ecuación general de la recta de calentamiento correspondiente a cada formulación y corrida, así como la pendiente de dicha curva, la temperatura inicial extrapolada en el tiempo  $t=0$ , la temperatura pseudoinicial en el tiempo cero corregido y el valor del factor de calentamiento ( factor lag ).

Las condiciones de proceso para todas las formulaciones y corridas fueron las siguientes:

$$F_0 = F_{250}^{18} = 2.45 \text{ minutos.}$$

$$T_A = 121.1 \text{ } ^\circ\text{C} = 250 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_E = 21.1 \text{ } ^\circ\text{C} = 70 \text{ } ^\circ\text{F.}$$

$$z = 18$$

$$T_A - T_E = 180 \text{ } ^\circ\text{F.}$$

$$TAA = 9 \text{ minutos.}$$

$$( 0.58 ) TAA = 5.22 \text{ minutos.}$$

En todos los casos se obtuvo una recta simple en la curva de calentamiento ( Gráficas 3.6 y 3.7 )

A continuación se señalan los pasos y operaciones para obtener el tiempo de proceso térmico por el Método de Fórmula para la Formulación " Carne precocida-carne cruda sin extensor ", Corrida ( 1 ). Este procedimiento es similar al seguido para obtener el tiempo de proceso por el Método de Fórmula de las de más formulaciones y corridas:

a ) De los datos de penetración de calor ( tiempo-temperatura ) de la Tabla 3.1., página 139, se realizó una regresión lineal para obtener la ecuación de la recta de calentamiento, tomando como:

$x = \text{el tiempo}$

$y = \log (T_A - T) = \log (250 - T)$

Los datos se analizaron desde el tiempo  $t = 10$  min. hasta el final del período de calentamiento (  $t = 60$  min. ), que es el rango de valores donde la curva de calentamiento se comporta como una recta.

b ) De la regresión lineal se obtuvieron los siguientes valores:

pendiente =  $m = -0.03613$

abscisa en  $x = 0 \Rightarrow b = 2.3302$

coeficiente de correlación =  $0.996$

c ) Por lo tanto, la ecuación de la recta de calentamiento es:

$\log y = (-0.03613)x + 2.3302$

d ) El valor " $f_h$ " se obtiene directamente del recíproco negativo de la pendiente de la recta de calentamiento:

$$f_h = - \frac{1}{m} = - \frac{1}{(-0.03613)} = 27.678 \text{ minutos.}$$

e ) La temperatura inicial extrapolada en el tiempo  $t=0$  ( $T_0$ ) fué la abscisa en  $x=0$ , por lo que la temperatura del autoclave ( $T_A$ ) menos la temperatura inicial extrapolada del punto frío ( $T_0$ ) estará dada por:  $10^{2.3302} = 286.1$  °F; este valor se lee a la derecha de la Gráfica 3.6.; este valor también se lee a la izquierda de esa misma Gráfica como:  
( $286.1 - 250$ )°F =  $36.1$  °F, así se tiene que  $T_0 = 36.1$  °F.

f ) El valor  $J_1$  o temperatura del autoclave menos la temperatura pseudoinicial del punto frío a partir del tiempo de ajuste del autoclave se obtiene sustituyendo el (0.58)TAA en la ecuación de la recta:

$$\log y = (-0.03613) [(0.58)TAA] + 2.3302$$

$$\log J_1 = (-0.03613)(5.22) + 2.3302$$

$$\log J_1 = 2.1416$$

$$J_1 = 10^{2.1416} = 138.55 \text{ °F} \quad (\text{este valor se lee en la parte derecha de la Gráfica 3.6.})$$

$$g ) F_1 = 10^{(T_{ref} - T)/z} = 10^{(250 - 250)/z} = 1$$

$$U = F_1 F_0 = (2.45 \text{ min.})(1) = 2.45 \text{ minutos.}$$

$$h ) f_h/U = \frac{27.678 \text{ min.}}{2.45 \text{ min.}} = 11.2971$$

Como la temperatura de enfriado  $T_E = 70$  °F,  $T_A - T_E = 180$  °F, se busca el valor del logaritmo de  $g$  ( punto en el cual se alcanza la máxima temperatura del punto frío al final de un proceso ) en la Figura 2.10., de la página 80, que corresponde a:

$T_A - T_E = 180$  °F y una  $z = 18$ , y se obtiene:

$$\log g = 0.95$$

1 ) El tiempo de proceso a partir del cero corregido está dado por la fórmula:

$$B = f_h (\log JI - \log g)$$

por lo que al sustituir los valores de  $f_h$ ,  $\log JI$  y  $\log g$ , se obtiene:

$$B = (27.678 \text{ min.})(2.1416 - 0.95) = 32.98 \text{ minutos.}$$

El valor " B " indica el tiempo de proceso a partir del tiempo cero corregido, por lo que el tiempo de proceso a partir de la salida del vapor será:  $B + 5.22 \text{ min.}$ , entonces el valor del tiempo de proceso a partir de la salida del vapor para la formulación " carne precocida-carne cruda sin extensor ", Corrida ( 1 ) es:

$$32.98 \text{ min.} + 5.22 \text{ min.} = \underline{\underline{38.22 \text{ minutos.}}}$$

A continuación se resumen los cálculos del tiempo de proceso por el Método de Fórmula de la demás Formulaciones:

Formulación: "Carne precocida-carne cruda sin extensor",  
Corrida ( 2 ).  $TI = 146.2 \text{ }^\circ\text{F}$ ;  $TA = 250 \text{ }^\circ\text{F}$ ;  $TE = 70 \text{ }^\circ\text{F}$ ;  $U = 2.45 \text{ min.}$   
 $z = 18.$

a ) Ecuación de la recta de calentamiento:

$$\log y = (-0.04489)(x) + 2.4571$$

$$b ) f_h = - \frac{1}{(-0.04489)} = 22.276 \text{ min.}$$

$$c ) TO = -36.48 \text{ }^\circ\text{F}; TP = 82.98 \text{ }^\circ\text{F.}$$

$$d ) JI = 167.02 \text{ }^\circ\text{F.}$$

$$e ) f_h/U = \frac{22.276}{2.45} = 9.092$$

f)  $\log g = 0.925$  ( de la Fig. 2.10., página 80 ).

g)  $\log JI = 2.2227$

h)  $B = f_h (\log JI - \log g) = (22.276 \text{ min.})(2.227 - 0.925)$

$B = 28.91 \text{ min.}$

1) Tiempo de proceso a partir de la salida del vapor:

$$28.91 + 5.22 = 34.12 \text{ minutos.}$$

Formulación: "Carne precocida-carne cruda con extensor",

Corrida ( 1 ).  $TI = 128.8$  °F;  $TA = 250$  °F;  $TE = 70$  °F;  $U = 2.45 \text{ min.}$

$z = 18.$

a) Ecuación de la recta de calentamiento:

$$\log y = (-0.0369)(x) + 2.3569$$

b)  $f_h = \frac{1}{(-0.0369)} = 27.1 \text{ minutos.}$

c)  $TO = 22.54$  °F;  $TP = 104.03$  °F.

d)  $JI = 145.97$  °F.

e)  $f_h/U = \frac{27.1}{2.45} = 11.061$

f)  $\log g = 0.975$  ( de la Fig. 2.10. ).

g)  $\log JI = 2.1643$

h)  $B = f_h (\log JI - \log g) = (27.1 \text{ min.})(2.1643 - 0.975)$

$B = 32.23 \text{ min.}$

1) Tiempo de proceso a partir de la salida del vapor:

$$32.23 \text{ min.} + 5.22 \text{ min.} = 37.45 \text{ min. ( ver Gráfica 3.7. )}$$

Formulación: " 100 % carne precocida", Corrida ( 1 ).  
TI = 120.6 °F; TA = 250 °F; TE = 70 °F; U = 2.45 min.; z = 18 .

a ) Ecuación de la recta de calentamiento:

$$\log y = (-0.03127)(x) + 2.3983$$

b )  $f_h = \frac{1}{(-0.3127)} = 31.97$  minutos.

c )  $FO = 0.207$  °F;  $TP = 78.18$  °F

d )  $JI = 171.82$  °F

e )  $f_h/U = \frac{31.97}{2.45} = 13.05$

f )  $\log g = 1.025$

g )  $\log JI = 2.23507$

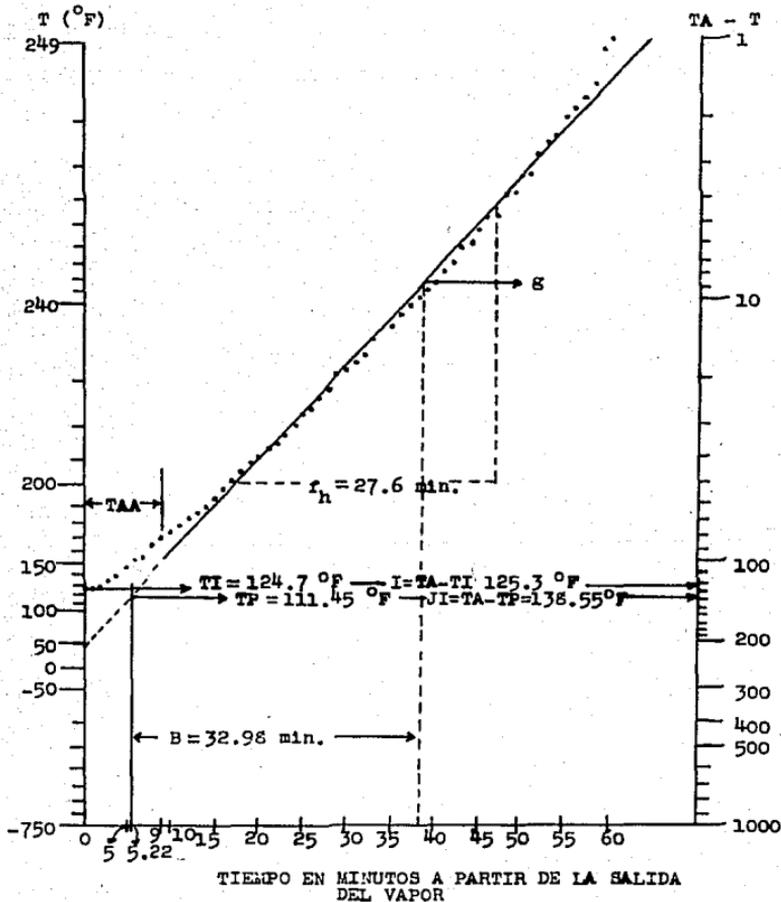
h )  $B = f_h(\log JI - \log g) = (31.97 \text{ min.})(2.23507 - 1.025)$

$B = 38.68$  minutos.

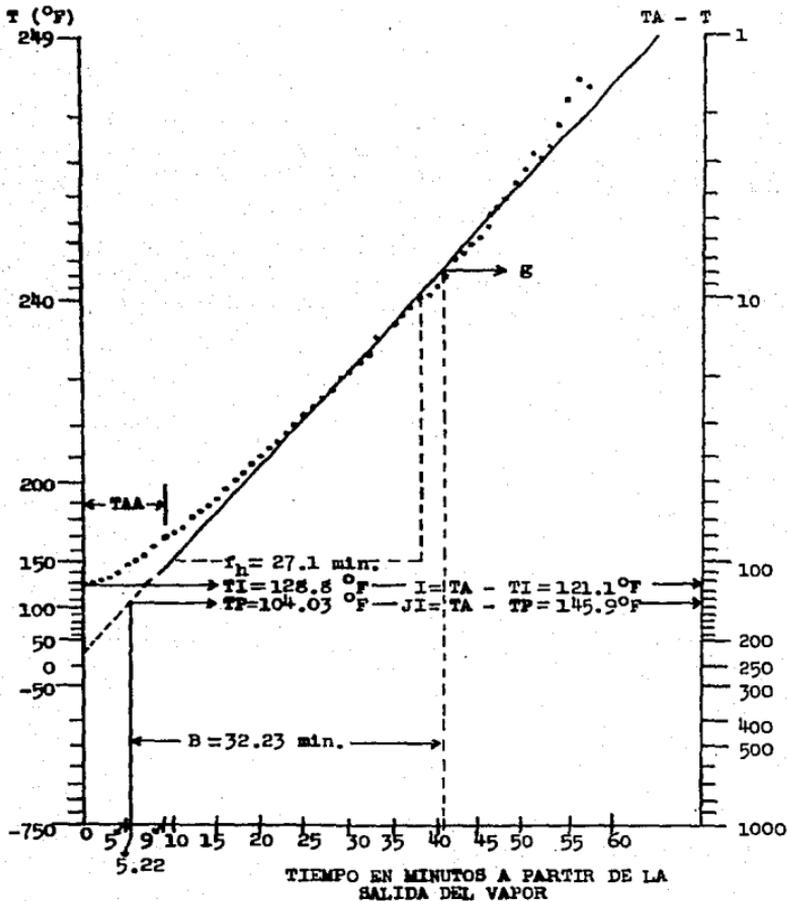
i ) Tiempo de proceso a partir de la salida del vapor:

$38.68 \text{ min.} + 5.22 \text{ min.} = 43.91$  minutos.

Gráfica 3.6.: Cálculo del tiempo de proceso térmico por el Método de Fórmula. Formulación "Carne precocida-carne cruda sin extensor", Corrida (1).



Gráfica 3.7.: Cálculo del tiempo de proceso por el Método de Fórmula. Formulación "Carne precocida-carne cruda con extensor", Corrida ( 1 ).



3. 2. 3. Comprobación de la eficiencia de la esterilización:

Una vez terminada la prueba de penetración de calor, se sacaron las ampollitas bioindicadoras que se habían introducido previamente en cada una de las latas de la prueba piloto. Las ampollitas se incubaron a 55 °C durante 96 horas y no se observó ningún cambio de coloración del contenido de las ampollitas, permaneciendo éste del color violeta original después del período de incubación; paralelamente a la incubación de las ampollitas procesadas, se incubó una ampollita de control no esterilizada, la cual, una vez terminado el período de incubación se presentó un cambio de coloración del indicador, de violeta a amarillo, signo del desarrollo de las esporas del Bacillus stearothermophilus, así como turbidez en su contenido.

Tabla 3.5.: Resultados del cálculo del tiempo de proceso térmico.  
 Comparación de los tiempos de proceso calculados por el Mé-  
 todo General Gráfico y por el de Fórmula.

Formulación		Tiempo de proceso a partir de la salida del vapor	
		Método General	Método de Fórmula
Carne precocida-carne cruda sin extensor	Corrida (1), $TI=124.7^{\circ}F$	38.5 min.	38.22 min.
	Corrida (2), $TI=146.2^{\circ}F$	34.5 min.	34.12 min.
Carne precocida-carne cruda con extensor	Corrida (1), $TI=128.8^{\circ}F$	40.0 min.	37.45 min.
100 % carne precocida	Corrida (1), $TI=120.6^{\circ}F$	44.0 min.	43.91 min.

#### 4. O. ANALISIS DE CONTROL EN LAS FORMULAS DESARROLLADAS.

Una vez desarrolladas las formulaciones y determinado el tiempo de proceso térmico, se realizó una prueba piloto, consistente de un lote de 12 latas del 305 x 109 con la formulación "carne precocida-carne cruda sin extensor" y 12 latas también del 305 x 109, con la formulación "carne precocida-carne cruda con extensor" con objeto de realizar en ambas formulaciones los siguientes análisis de control:

- A ) Análisis microbiológicos.
- B ) Análisis proximales.
- C ) Análisis sensoriales.

El lote de la prueba piloto se procesó para ambas formulaciones, durante 45 minutos a una  $TA = 121.1^{\circ}C$  (  $250^{\circ}F$  ) en una autoclave marca "Mac" con resistencia eléctrica. Esta autoclave tiene un TAA= 17 minutos. Previamente al engargolado, las latas se agotaron hasta que alcanzaron una temperatura en el punto frío de  $65^{\circ}C$  (  $149^{\circ}F$  ). El agua de enfriado tuvo una temperatura de  $21.1^{\circ}C$  (  $70^{\circ}F$  ). Dos latas de ambas formulaciones se procesaron con ampollitas bioindicadoras como comprobación del proceso ( ver Apéndice II ).

#### 4. 1. Análisis microbiológicos:

El análisis microbiológico se realizó con el objeto de determinar la presencia de microorganismos que pudieran haber resistido el tratamiento térmico y que por determinadas circunstancias pudieran desarrollarse produciendo alteraciones en el alimento o un peligro para la salud del consumidor.

El análisis microbiológico consistió en la detección de microorganismos mesófilos y termófilos, aerobios y anaerobios, siguiendo un procedimiento similar al descrito por la Norma Oficial Mexicana para Análisis Microbiológico de Alimentos de Baja Acidez, NOM-F-368-B-1981 (33).

El procedimiento de esta Norma es similar a los métodos recomendados por la American Public Health Association (41,42) y por los Laboratorios de Investigación de la National Canners Association de los EE.UU. (32).

El análisis microbiológico se realizó de la siguiente manera:

##### a ) Incubación de las latas:

Se incubaron 4 latas de cada formulación en una incubadora a la temperatura de 37 °C durante 10 días. Se observó diariamente si presentaban abombamientos e inchazones. Una vez finalizado el tiempo de incubación, se sacaron las latas de la incubadora y se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

##### b ) Preparación de las latas:

Los envases se lavaron con un cepillo, usando agua y jabón, se enjuagaron y se secaron perfectamente.

Posteriormente se flameó el extremo de la lata y me-

dante un abrelatas previamente esterilizado y trabajando entre 2 mecheros Bunsen, se realizó una abertura a cada una de las latas que se analizarían, lo suficientemente grande como para permitir la extracción de la muestra.

c ) Procedimiento:

- Detección de mesófilos y termófilos anaerobios:

Se calentaron 4 tubos con caldo hígado esterilizado durante 20 minutos en baño de agua hirviendo para expulsar el oxígeno disuelto y se enfriaron a 52 °C. Posteriormente se inoculó cada tubo con 2 g de muestra y a 2 de los tubos se les dió un tratamiento térmico, calentándolos a 87 °C durante 13 minutos. Se dejaron enfriar hasta aproximadamente 45 °C y los 4 tubos se estratificaron con una capa de agar al 2 % a una temperatura de 45 °C.

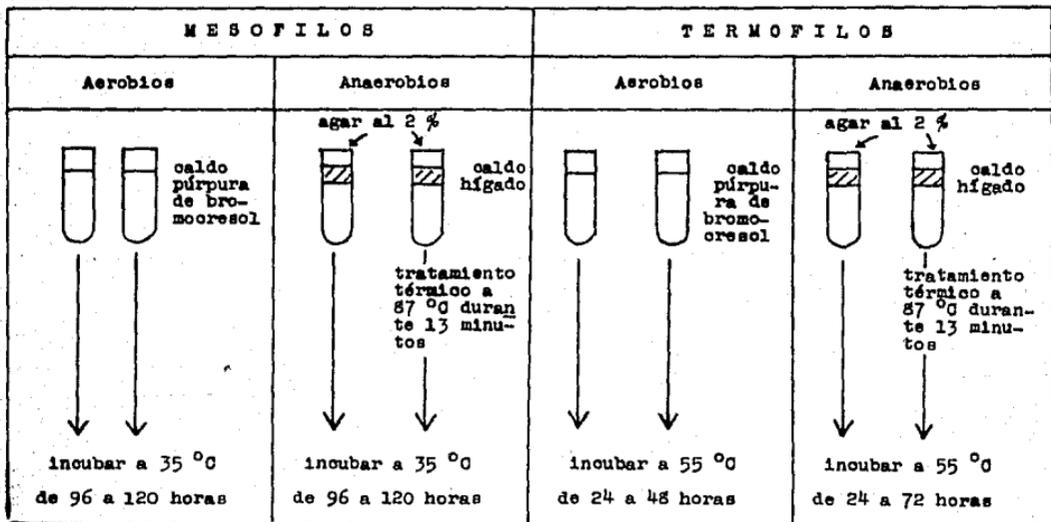
- Detección de mesófilos y termófilos aerobios:

Se inocularon 4 tubos con caldo púrpura de bromocresol estéril con 2 g de muestra en cada tubo.

d ) Incubación:

Los 4 tubos con caldo hígado y los 4 tubos con caldo púrpura de bromocresol se incubaron de acuerdo al diagrama de incubación de la Tabla 3.6. de la siguiente página:

Tabla 3.6.: Diagrama de incubación para la detección de microorganismos mesófilos y termófilos, aerobios y anaerobios, en las formulaciones de la prueba piloto.



Una vez que se tomó la muestra de cada una de las latas, se midió el pH del contenido y se vaciaron para observar su interior, el estado del barniz y la presencia de manchas en el barniz.

e ) Resultados:

- de la incubación de las latas:

durante los 10 días del período de incubación no se observó pérdida del vacío o abombamientos en ninguna de las latas.

- de la detección de mesófilos y termófilos anaerobios:

la detección de estos microorganismos fué NEGATIVA ya que después del período de incubación, ninguno de los tubos en ninguna de las muestras presentó enturbiamientos del medio ni la presencia de gas o desplazamiento de la capa de agar.

- de la detección de mesófilos y termófilos aerobios:

la detección de mesófilos y termófilos aerobios resultó NEGATIVA. Ninguno de los tubos, para ninguna muestra presentó enturbiamientos del medio o vire del indicador de violeta a amarillo. Todos los tubos después del período de incubación conservaron el color violeta original del medio.

- de la observación del interior de las latas:

finalizado el período de incubación de las latas, el interior de ellas no presentó en ninguna de las latas analizadas cambios en el estado del barniz ni manchas causadas por corrosión física o biológica. El barniz presentó en todos los casos una apariencia normal.

- de la determinación del pH del contenido de las latas sometidas a incubación:

las latas de la formulación "carne precocida-carne cruda sin extensor" presentaron un pH de 6.3.

las latas con la formulación "carne precocida-carne cruda con extensor" presentaron un pH de 6.1.

- de la incubación de las ampollitas bioindicadoras:

el olor del contenido de las ampollitas permaneció violeta después del período de incubación ( 96 horas a una temperatura de 55 °C ).

#### 4. 2. Análisis proximales:

El análisis proximal se efectuó con la formulación "carne precocida-carne cruda sin extensor" y con la formulación "carne precocida-carne cruda con extensor". Este análisis se realizó con objeto de conocer el valor nutritivo de ambas formulaciones así como de conocer el contenido de nitritos residuales en el producto final.

El análisis proximal consistió en la determinación de:

- proteínas.
- grasa.
- humedad.
- nitritos residuales.

Los análisis proximales se efectuaron de la siguiente manera:

a ) Preparación de la muestra:

La muestra se pasó a través de un procesador de alimentos hasta mezclarlos y homogenizarse perfectamente. El material molido y homogenizado se guardó en recipientes de vidrio herméticos que lo protegieran del aire y de la humedad ambiental. Las determinaciones se realizaron lo más rápidamente posible.

b ) Determinación de proteínas por el Método de Macro-Kjeldahl:

Se pesó en una balanza analítica 1 g de muestra en un papel delgado blanco y con todo y papel se introdujo en un matraz de Kjeldahl de 800 ml; se agregaron 0.3 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 10 g de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  y 25 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado y se añadieron piedras porosas para regular la ebullición.

Se colocó el matraz en posición inclinada mediante un soporte y pinzas y se calentó bajo la campana de humos con mechero, primero lentamente hasta que cesaron los humos blancos, se siguió calentando aumentando lentamente la llama del mechero hasta que la materia orgánica se destruyó totalmente y la solución quedó completamente clara.

Se enfrió la solución obtenida y se diluyó con 350 ml de agua destilada y se dejó enfriar en hielo. Se añadieron 60 ml de una solución concentrada de hidróxido de sodio al 50 % previamente enfriada también en hielo, haciéndola resbalar lentamente por la pared del matraz hasta que se estratificaron ambas soluciones. Se adicionaron 0.2 g de polvo de zinc y se oc-

nectó inmediatamente el matraz a la alargadera de Kjeldahl unida al refrigerante; éste a su vez se conectó a una alargadera que se introdujo en 50 ml de una solución valorada de HCl con una normalidad de 0.1078, contenidos en un matraz Erlenmeyer de 500 ml y adicionados de 5 gotas de rojo de metilo como indicador.

Una vez conectado el matraz, se agitó éste para mezclar las dos capas e inmediatamente se colocó en la parrilla ya caliente del aparato de destilación, regulándose de vez en vez la ebullición y agitando de vez en cuando. Se destiló hasta unos 250 ml aproximadamente.

El exceso de ácido se tituló con una solución valorada de NaOH 0.0952 N hasta que el indicador viró a amarillo.

Paralelamente, se realizó una determinación en blanco de los reactivos utilizados, empleando la misma cantidad de papel pero sin la muestra.

Se calculó el porcentaje de proteína como el promedio de tres determinaciones por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{ml blanco} - \text{ml problema}) (N_{\text{NaOH}}) (0.014) (100)}{\text{peso en gramos de la muestra}}$$

$$\% \text{ proteína cruda} = (\% \text{ Nitrógeno}) (6.25)$$

c ) Determinación de grasa cruda o extracto estéreo por el Método de Soxhlet:

Se pesaron de 2 a 5 gramos de muestra preparada dentro de un cartucho de asbesto especial. Se pesó primero el cartucho y después se colocó la muestra dentro del mismo y se volvió a pesar. Se colocó el cartucho en el extractor cerrando los extremos del cartucho.

Por otra parte, un matraz de fondo plano de 250 ml con piguras de ebullición se taró hasta peso constante calentándolo en una estufa a 110 °C durante 2 horas.

Se conectó el matraz al extractor de Soxhlet y se agregó el éter etílico por el refrigerante y se calentó el matraz con una parrilla eléctrica. Después de 8 horas de extracción se hizo una prueba de la extracción de la totalidad de la grasa, dejando caer las últimas gotas de la descarga en un papel filtro; al evaporarse el éter no dejó residuo de grasa, por lo que se concluyó que la grasa ya había sido extraída en su totalidad.

Ya extraída la grasa se quitó el aparato de extracción y se destiló el éter del matraz hasta su total evaporación; posteriormente se dejó secar el extracto a 110 °C por 30 minutos en una estufa. Después se dejó enfriar el matraz y se pesó.

El porcentaje de grasa cruda en la muestra se determinó como el promedio de tres determinaciones y se calculó por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de grasa cruda} = \frac{\left[ \begin{array}{c} \text{Peso del matraz más} \\ \text{el extracto} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{c} \text{Peso del matraz} \\ \text{vacío} \end{array} \right]}{\text{peso de la muestra}} (100)$$

d ) Determinación de nitritos:

Reactivos:

- Reactivos de Griess-Ilosvay: Se disolvieron 0.5 g de ácido sulfanílico, 30 ml de ácido acético glacial y 120 ml de agua destilada caliente, se filtró y enfrió. Aparte se disolvieron en caliente, 0.1 g de  $\alpha$ -naftilamina en 120 ml de agua destilada, se filtró y enfrió. Ambas soluciones se guardaron en sendos frascos de vidrio color ámbar y se refrigeraron.

- Crema de alúmina: Se preparó una solución saturada de sulfato de aluminio y potasio dodecahidratado en agua. Se añadió hidróxido de amonio con agitación constante hasta que la solución presentó una reacción alcalina al papel tornasol. Se dejó sedimentar el precipitado y se lavó por decantación hasta que el agua de lavados dió ligeramente la reacción para sulfatos con cloruro de bario. Se tiró el exceso de agua y se guardó la crema residual en un frasco cerrado.

- Solución saturada de cloruro mercuríco en agua.

- Solución patrón de nitrito de sodio: Se disolvieron 0.5 g de nitrito de sodio, R. A., en 1000 ml de agua destilada. Una alícuota de 10 ml de esta solución se aforó hasta 1000 ml de agua destilada.

1 ml de esta solución = 0.005 mg de  $\text{NaNO}_2$

Preparación de la curva patrón de  $\text{NaNO}_2$ :

En tubos de ensayo de 60-70 ml se midieron los siguientes volúmenes de solución patrón de nitrito de sodio: 0.0, 0.1, 0.5, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 14.0, 16.0 y 18.0 ml. Se llevó a un volumen de 50 ml con agua destilada y se añadió a ca

da tubo 2 ml de la solución de ácido sulfanílico y 2 ml de la solución de  $\alpha$ -naftilamina. Se mezcló perfectamente y se dejó reposar 20 minutos para el desarrollo del color. Después se leyó en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 520 nm y se trazó una curva graficando absorbancia contra mg de  $\text{NaNO}_2$ .

Procedimiento:

Se pesaron 2 g de muestra en un vaso de precipitados de 100 ml y se disgregaron en unos 40 ml de agua a 80 °C. Se mezcló perfectamente con un agitador teniendo cuidado de romper los grumos formados. Se transfirió todo el contenido a un matraz volumétrico de 250 ml lavando el vaso y el agitador con agua destilada caliente hasta que se obtuvieron unos 160 ml aproximadamente. El matraz se colocó a baño maría a una temperatura de 70-80 °C durante 2 horas, agitando cada 5 minutos.

Posteriormente se añadieron 10 ml de la solución saturada de cloruro mercuríco como clarificante y se mezcló para aclarar completamente. Se añadieron 5 ml de la crema de alúmina y si hubo coloración, se añadieron 0.5 g de carbón activado. Se enfrió a temperatura ambiente, se diluyó a la marca con agua destilada, se mezcló y se filtró.

Se tomó una alícuota de 50 ml del filtrado y se colocó en un tubo de ensayo de 60-70 ml de capacidad, se le agregaron 2 ml de cada una de las soluciones de los reactivos de Griess-Ilosvay, se agitó y se dejó reposar 20 minutos para desarrollarse el color. Se leyó en el espectrofotómetro a 520 nm de longitud de onda y se comparó con la curva patrón.

El contenido de nitrato en la muestra se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{ppm de NaNO}_2 = \frac{L \times 5 \times 1000}{\text{p.m.}}$$

donde: L = lectura del problema en mg de nitrato al comparar con la curva patrón.

p.m. = peso de la muestra.

e ) Determinación de humedad:

Se pesaron de 2 a 3 gramos de muestra preparada en un pesafiltro de aluminio con tapa que había sido tarado previamente, después de secarlo durante 2 horas a 130 °C. Se secó la muestra una hora a la estufa a 110 °C con la ventanilla de ventilación abierta. Se retiró de la estufa, se tapó, se dejó enfriar en un desecador y se pesó.

Se calculó el porcentaje de humedad como la pérdida de peso por secado a 110 °C por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(A - B) \times 100}{M}$$

donde: A = peso del pesafiltro más la muestra húmeda.

B = peso del pesafiltro más la muestra desecada.

M = peso de la muestra.

f ) Resultados del análisis proximal:

Los resultados del análisis proximal ( proteínas, humedad, grasa y  $\text{NaNO}_2$  ) se resumen en la Tabla 3.7. de la página

Tabla 3.7.: Resultados del análisis proximal de control realizado a las Formu-  
laciones "Carne precocida-carne cruda sin extensor" y "Carne precoci-  
da carne cruda con extensor".

	F O R M U L A C I O N E S	
	"Carne precocida-carne cruda sin extensor"	"Carne precocida-carne cruda con extensor"
Proteínas ( g/100 g )	22.8	19.1
Grasa ( g/100 g )	6.3	4.2
Humedad ( g/100 g )	68.3	66.6
NaNO <sub>2</sub> ( p. p. m.)	72	68

NOTA: Todos los análisis se realizaron por triplicado, reportándose el resultado como el promedio de las 3 determinaciones realizadas cuando la diferencia entre ellas no fué mayor en un 0.5 %; cuando esta diferencia fué mayor, la determinación se repitió.

#### 4.3. Análisis sensoriales:

Se realizó una prueba de evaluación sensorial de las formulaciones "carne precocida-carne cruda sin extensor" y "carne precocida-carne cruda con extensor".

La evaluación sensorial realizada consistió en la selección de 100 jueces no entrenados, de los cuales, 50 evaluaron la formulación "carne precocida-carne cruda sin extensor" y 50 evaluaron la formulación "carne precocida-carne cruda con extensor" y dieron su opinión en un cuestionario similar al del Apéndice IV.

Los resultados obtenidos de las 100 evaluaciones realizadas fueron los siguientes:

Escala hedónica	FORMULACION	
	carne precocida-carne cruda sin extensor	carne precocida-carne cruda con extensor
(1) gusta mucho	32	20
(2) gusta	6	12
(3) ni gusta ni disgusta	9	13
(4) disgusta	3	5
(5) disgusta mucho	0	0

Los resultados de la evaluación sensorial de ambas formulaciones por los 100 jueces fueron analizados por los siguientes métodos:

- una estimación por intervalos de la media de la población para conocer el comportamiento de las muestras si fueran evalua-

das por una población mayor.

- un análisis de variancia por el método de mínimos cuadrados para detectar si existen diferencias significativas entre ambas muestras.

Para efectos de simplificación en el estudio estadístico, se llamará muestra "A" a la formulación "carne precocida-carne cruda sin extensor" y muestra "B" a la formulación "carne precocida-carne cruda con extensor".

a) Estimación por intervalos de la media de la población de ambas muestras:

escala hedónica ( marca de clase )	frecuencia de respuestas en la muestra "A"	frecuencia de respuestas en la muestra "B"
x	f <sub>A</sub>	f <sub>B</sub>
1	32	20
2	6	12
3	9	13
4	3	5
5	0	0

- obtención de la media de la población:

$$\bar{x}_A = \frac{\sum f_A \cdot x_A}{n} = \frac{(1 \times 32) + (2 \times 6) + (3 \times 9) + (4 \times 3) + (5 \times 0)}{50}$$

$$\bar{x}_A = 1.66$$

$$\bar{x}_B = \frac{\sum f_B \cdot x_B}{n} = \frac{(1 \times 20) + (2 \times 12) + (3 \times 13) + (4 \times 5) + (5 \times 0)}{50}$$

$$\bar{x}_B = 2.06$$

- obtención de la desviación standard:

$$s_A = \frac{\sum f_A(x - \bar{x}_A)^2}{n - 1}$$

$$s_A = \frac{32(1-1.66)^2 + 6(2-1.66)^2 + 9(3-1.66)^2 + 3(4-1.66)^2}{(50 - 1)}$$

$$s_A = 0.9639$$

$$s_B = \frac{\sum f_B(x - \bar{x}_B)^2}{n - 1}$$

$$s_B = 0.8918$$

- obtención de la desviación standard promedio:

$$s_{\bar{x}_A} = \frac{s_A}{\sqrt{n}} = \frac{0.9639}{\sqrt{50}} = 0.1363$$

$$s_{\bar{x}_B} = \frac{s_B}{\sqrt{n}} = \frac{0.8918}{\sqrt{50}} = 0.12612$$

- para obtener el intervalo de la media de la población y su comportamiento con una población mayor con un nivel de significancia al 5 %, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\bar{x}_A - 3 s_{\bar{x}_A} \leq \mu \leq \bar{x}_A + 3 s_{\bar{x}_A}$$

$$1.66 - 3(0.1363) \leq \mu \leq 1.66 + 3(0.1363)$$

$$1.25 \leq \mu \leq 2.8867 \rightarrow \text{Muestra "A"}$$

$$\bar{x}_B - 3 s_{\bar{x}_B} \leq \mu \leq \bar{x}_B + 3 s_{\bar{x}_B}$$

$$2.06 - 3(0.1261) \leq \mu \leq 2.06 + 3(0.1261)$$

$$1.68 \leq \mu \leq 2.438 \rightarrow \text{Muestra "B"}$$

b) Análisis de variancia por el método de mínimos cuadrados ( 26 ):

x	$r_A$	$r_B$	$r_{x_A}$	$r_{x_B}$	$r_{x_A}^2$	$r_{x_B}^2$
1	32	20	32	20	32	20
2	6	12	12	24	24	48
3	9	13	27	39	81	117
4	3	5	12	20	48	80
5	0	0	0	0	0	0

- factor de corrección:

$$F.C. = \frac{(\sum r_{x_A} + \sum r_{x_B})^2}{n}$$

$$F.C. = \frac{(32 + 12 + 27 + 12 + 20 + 24 + 39 + 20)}{100}$$

$$F.C. = 345.96$$

- suma de cuadrados de las formulaciones:

$$s.o.f = \frac{(\sum r_{x_A})^2 + (\sum r_{x_B})^2}{n} - F.C.$$

$$s.o.f = \frac{(32 + 12 + 27 + 12)^2 + (20 + 24 + 39 + 20)^2}{50} - 345.96$$

$$s.o.f = 4$$

- suma de cuadrados totales:

$$s.o.t = \sum r_{x_A}^2 + \sum r_{x_B}^2 - F.C.$$

$$s.o.t = 32 + 24 + 81 + 48 + 20 + 48 + 117 + 80 - 345.96$$

$$s.o.t = 104.04$$

- suma de cuadrados del error:

$$s.c.e = s.c.t - s.c.f = 104.04 - 4 = 100.04$$

- suma de cuadrados medios de las formulaciones:

$$s.c.m.f = \frac{s.c.f}{\text{grados de libertad de las formulaciones}}$$

$$s.c.m.f = \frac{4}{(2-1)} = 4$$

- suma de cuadrados medios del error:

$$s.c.m.e = \frac{s.c.e}{\text{grados de libertad del error}}$$

$$s.c.m.e = \frac{100.04}{(100 - 2)} = 1.0208$$

- F calculada:

$$F_{\text{calc.}} = \frac{s.c.m.f}{s.c.m.e} = \frac{4}{1.0208} = \underline{\underline{3.9184}}$$

- se obtiene la  $F_{\text{teórica}}$  en la tabla del Apéndice V, para un 5 % de significancia, 1 grado de libertad de las formulaciones y 98 grados de libertad del error y se obtiene una  $F_{\text{teórica}}$  de 3.94.

- la  $F_{\text{calc.}}$  es menor a la  $F_{\text{teórica}}$ ; por lo tanto se concluyó que no hay diferencia significativa entre las muestras ( formulación "carne precocida-carne cruda sin extensor" y formulación "carne precocida-carne cruda con extensor" ).

## 5. O. COSTO DEL PRODUCTO:

La evaluación del proyecto de inversión para la elaboración de las formulaciones desarrolladas, y que comprende, entre otros aspectos, al análisis de los conceptos que integran los gastos fijos y variables, no está contemplada dentro de los objetivos de este trabajo; no obstante, se creyó de importancia el determinar un costo que pudiera servir de base a una industria elaboradora de éstos, obteniendo un costo en el cual solo se incluyen los gastos en materias primas a precios de mayoreo y no de menudeo, a fin de que este costo estuviera más cercano a la realidad.

Para el presente estudio, se investigaron los precios de las materias primas al 27 de julio de 1955, consultando los precios en las siguientes empresas:

1. Rastro de Ferrería, de Atzacapotzalco, D. F.
2. La Central de Abastos, de Iztapalapa, D. F.
3. El Proveedor Científico S. A. de C. V.
4. Productos de Maíz S. A. de C. V.
5. Mexicana de Envases S. A. de C. V.

El precio de la carne de res, materia prima principal del producto, influirá mayoritariamente en el costo final. Esta tiene precios muy variables según el corte que se trate, raza del animal y lugar de compra.

Para unificar el precio de la carne, se supuso que una industria que elabore los productos desarrollados en la presente Tesis, comprará la carne en canal, generalmente como medias ca-

nales, en un rastro debidamente establecido y supervisado por las autoridades sanitarias correspondientes, para que posteriormente en la planta, las canales se deshuesen y el músculo esquelético así obtenido, se utilice en la elaboración de los productos mencionados.

El precio de la carne de res en canal, en el Rastro de Ferrería de la Ciudad de México, establecido por la SECOFI a la fecha del estudio, fué de \$ 3950.00/kg.

El Departamento de Agricultura de los EE.UU. ha realizado estudios por muchos años en miles de cabezas de animales para determinar el rendimiento de carne, según la raza, sexo y edad del ganado vacuno; los resultados de dichos estudios se han publicado en tablas de rendimientos aproximados para ganado vacuno en pie y en canal ( 13, 18 ). Estos rendimientos aproximados se aplican mundialmente, siempre y cuando se hayan utilizado técnicas modernas y racionales para la obtención de la carne.

El rendimiento, según estas tablas, es muy variado, pues incluyen el rendimiento de los distintos tipos de cortes que se podrían obtener para distintos tipos de animales, su edad, grado de engordamiento, etc. Una estimación muy razonable de rendimiento que se podría aplicar en este estudio, sería la estimación del rendimiento para reses adultas, con un peso de 25<sup>4</sup> kg ( 560 lb ) en pie, sin raza definida, como se muestra a continuación en la siguiente página:

Rendimiento en pie ( considerando como 100 % a la res completa ):

- canal de res
- 37.5 % se obtiene como cortes de carne deshuesada, lista para su aprovechamiento y consumo.
  - 18.5 % son huesos, grasa y mermas del corte y deshuesado.
  - 44.0 % correspondiente a la sangre, piel, cabeza, pezuñas, vísceras y pérdidas por evaporación.

Por lo tanto, el rendimiento de la canal será:

- 66.96 % de cortes de carne deshuesada y limpia.
- 33.0 % de grasa, huesos y mermas durante las operaciones de deshuesado y corte de la carne.

En base a estos rendimientos, el costo por kilogramo de carne, ya deshuesada y en base a un precio de la canal de \$ 3950. cada kilogramo, será de: \$ 5899./kg

El costo de los demás ingredientes es el siguiente:

- NaNO <sub>2</sub>	\$ 30700./kg
- NaCl	\$ 290. "
- ajo deshidratado en polvo	\$ 15000. "
- cebolla deshidratada en polvo	\$ 38044. "
- pimienta negra molida	\$ 66666. "
- fécula de maíz	\$ 3186. "
- lata del 305 x 109	\$ 240./unidad

a ) Costo de la solución de precoccimiento:

La preparación de un litro de solución de precoccimiento tiene el siguiente costo:

ingrediente	porcentaje utilizado	costo
NaCl	3.5	\$ 10.15
NaNO <sub>2</sub>	0.03	\$ 9.21
ajo	0.05	\$ 7.50
pimienta	0.1	\$ 66.66
cebolla	0.1	\$ 38.14
costo total por litro:		\$ 131.66

b ) Costo de elaboración de la formulación "carne precocida-carne cruda sin extensor":

Esta formulación requiere el precoccimiento de la carne hasta que ésta pierda un 30 % de su peso. Posteriormente se mezclará la carne precocida con un 30 % de carne cruda respecto al peso original de carne, por lo que la obtención de 100 kg de producto final terminado, requerirán:

- 100 kg de carne cruda que al precocerse se convierten en 70 kg, más 30 kg de carne cruda, requiriendo un total de 130 kg de carne con un costo de . . . . . \$ 766 370.00
  - los 100 kg de carne que se precocerán, requieren de 200 litros de solución de precoccimiento ( a razón de 2 litros por kg de carne ) a un costo de . . . . . \$ 26 332.00
  - si se envasará en latas del 305 x 109 con una capacidad de 205 g, se requerirán 487 latas . . . . . \$ 117 073.00
- COSTO TOTAL DE 100 kg . . . . . \$ 910 275.00

- Costo por kg de producto . . . . .	\$ 9 103.00
- Costo por lata de 0.205 kg de capacidad . . . . .	\$ 1 870.00

c) Costo de elaboración de la formulación "carne precocida-carne cruda con extensor":

Esta formulación es similar a la anterior, con la diferencia que con la ayuda de un extensor, se obtendrá un aumento en el rendimiento de un 20 %, ya que se agregará un 10 % de fécula de maíz, la cual ligará el 100 % de su peso en agua, por lo que el costo de elaboración de 120 kg de producto terminado de esta formulación es el siguiente:

- 130 kg de carne cruda que darán 100 kg de mezcla de carne precocida y carne cruda . . . . .	\$ 766 870.00
- 200 litros de salmuera para precocer 100 kg de carne . . . . .	\$ 26 332.00
- 10 kg de fécula de maíz . . . . .	\$ 31 860.00
- 585 latas del 305 x 109 con una capacidad de 205 g . . . . .	\$ 140 400.00

COSTO TOTAL DE 120 kg. . . . . \$ 965 462.00

- Costo por kilogramo de producto terminado . . . . .	\$ 8 046.00
- Costo por lata de 205 g de capacidad . . . . .	\$ 1 649.00

## 6. O. NORMALIZACION DEL PRODUCTO:

En nuestro país no existe una Norma de Calidad para productos cárnicos enlatados, similares a los desarrollados en este trabajo, que establezca los parámetros de calidad mínimos deseables, por lo que se consideró conveniente establecer un proyecto de normatividad para aplicarse en la futura industrialización de estos productos. Dicho proyecto de normatividad, se estableció principalmente en base a la Norma del Codex Alimentarius CODEX STAN 88-1981 para un producto parecido, el "corned beef", adecuando el proyecto a las características propias de los productos desarrollados en esta Tesis. El protocolo del anteproyecto de Normalización sugerido es el siguiente:

### ANTEPROYECTO DE NORMATIVIDAD PARA CONSERVAS DE CARNE DE RES SECAS ENVASADAS EN RECIPIENTES HERMETICOS:

#### a ) AMBITO DE APLICACION:

Esta norma se aplicará a los productos cárnicos a base de carne de res, envasados en recipientes herméticos y sometidos después de cerrado el envase, a un tratamiento térmico lo suficientemente intenso para garantizar la estabilidad del producto durante su almacenamiento y que no represente problemas de salud pública.

#### b ) DESCRIPCION DEL PRODUCTO:

Los productos así elaborados, serán preparados exclusivamente con el músculo esquelético del ganado vacuno, curado y deshuesado.

El producto deberá prepararse con carne de vacuno troceada y precocinada de tal forma que no presente agua o caldo libres y podrá mezclarse con añadidura de hasta un 30 % de carne cruda de vacuno troceada y deshuesada; la carne deberá curarse antes o después de ser introducida en el envase.

El tratamiento térmico deberá aplicarse una vez cerrado el envase y deberá ser lo suficiente intenso para que el producto sea estable durante su almacenamiento a temperaturas ambientales y que no represente ningún peligro para la salud pública.

Por "envase cerrado herméticamente" se entiende todo envase completamente cerrado, rígido, impermeable, de cualquier material apropiado que no imparta sabores y olores extraños al producto.

c ) FACTORES ESENCIALES DE COMPOSICION Y CALIDAD:

\* ingredientes esenciales:

- carne de vacuno no curada.
- ingredientes esenciales para el curado, consistentes en sal ( cloruro de sodio ) y nitrito de sodio o de potasio.

\* ingredientes facultativos:

- los necesarios para el mejoramiento del sabor, como las especias ( pimienta, cúrcuma, jengibre, tomillo, etc. ) naturales o sus extractos.
- agentes extensores como féculas de cereales, gomas vegetales o concentrados proteínicos de origen vegetal.

- cuando se trate de productos elaborados 100 % con carne de vacuno, sin la adición de ningún agente extensor, el producto deberá contener un mínimo de proteínas del 21 % en peso y cuando se utilicen agentes extensores, el contenido de proteínas no deberá ser menor al 18 %.
- el contenido de grasa no deberá de ser mayor al 15 % en peso, tanto para productos elaborados con carne de res exclusivamente como para los que con tienen agentes extensores.
- el contenido de humedad, deberá ser tal, que la cantidad de proteínas se apegue a lo estipulado en la sección anterior y que la textura del producto sea seca, sin caldos o jugos libres.

\* factores de calidad:

- la carne con que se prepare el producto deberá es tar exenta de olores y sabores desagradables.
- el producto final deberá ser homogéneo y totalmen te libre de manchas y contaminación debidas al en vase. La carne deberá estar totalmente curada y uniforme. Su textura deberá permitir su corte con facilidad.

d ) LIMITES DE ADITIVOS ALIMENTARIOS:

\* nitrito, sales de sodio o potasio:

- la dosis máxima calculada sobre el contenido neto total del producto total no deberá exceder los

50 mg/kg expresados en nitrito de sodio.

\* estabilizadores del color:

- podrá utilizarse como agente estabilizador del color de la carne curada el ácido ascórbico o su sal sódica, hasta un máximo de 500 mg/kg sobre el contenido total del producto final, expresados como ácido ascórbico.

e ) PRACTICAS DE HIGIENE:

- ningún establecimiento aceptará carne ni productos cárnicos que no procedan de animales sometidos a inspección sanitaria ante y post mortem, que certifique que su carne es apta para el consumo humano desde cualquier punto de vista y que no hayan sido manipulados incorrectamente después de la inspección, provocándoles a dichos productos contaminaciones microbianas que los hagan inadecuados para el consumo humano.

- la carne deberá manipularse, almacenarse y transportarse en el establecimiento de modo que esté protegida contra la contaminación y el deterioro.

- el producto deberá envasarse en recipientes cerrados herméticamente que no permitan contaminación alguna, que estén limpios y en buen estado y que presenten signos evidentes de que se ha realizado en ellos el vacío.

- el agua de enfriamiento de los envases después del procesamiento térmico deberá ser potable y en caso que ésta se recicle, habrá que filtrarla y desinfectarla antes de su reutilización.

f ) LISTA DE INGREDIENTES:

- en la etiqueta deberá indicarse la lista completa de ingredientes por orden decreciente de proporciones y todos los ingredientes deberán designarse con un nombre específico, evitando que se induzca al error al consumidor. Cuando se utilicen agentes extensores, se deberá indicar claramente en la etiqueta, además de la lista de ingredientes.

g ) CONTENIDO NETO:

- deberá indicarse el contenido neto, en peso, en el sistema métrico decimal.

h ) NOMBRE Y DIRECCION DEL FABRICANTE:

- deberá indicarse el nombre y la dirección del fabricante, envasador, distribuidor o vendedor del producto, así como el país de donde es originario el producto.

i ) IDENTIFICACION DEL LOTE:

- el envase deberá estar marcado, en código o explícitamente, de modo permanente e indeleble, a fin de identificar el fabricante y el lote.

C A P I T U L O   I V .   A N A L I S I S   D E   R E S U L T A D O S .

a ) Del análisis microbiológico de la materia prima:

- la elevada cuenta microbiana que presentó la pimienta negra en polvo, es debida a que las especias, generalmente son obtenidas por métodos primitivos, que las exponen excesivamente a los contaminantes del aire y medio ambiente, como polvo e insectos entre otros. Además las especias, rara vez son sometidas a tratamientos de desinfección, por lo que pueden convertirse en una significativa fuente de contaminación, principalmente de microorganismos formadores de esporas.

- los otros ingredientes sazonadores utilizados, el ajo y la cebolla deshidratados en polvo, presentaron una cuenta microbiana muy baja, con una presencia negativa de hongos y levaduras. Esto es debido a que los compuestos azufrados característicos de estas plantas, la aliina y la alicina, se encuentran en mayor proporción que en el bulbo fresco por el proceso de deshidratación, confiriéndole a los productos deshidratados, propiedades bactericidas y/o bacteriostáticas.

- la carne utilizada presentó una cuenta microbiana más o menos elevada de bacterias mesofílicas aerobias ( 32000 U.F.C. por gramo ) y en menor cantidad, microorganismos coliformes, hongos y levaduras, lo que demuestra una descuidada manipulación de la misma. Los análisis de Extracto de Volumen Liberado, Bases Volátiles Totales y pH resultaron normales para una carne apta para consumo humano, por lo que se puede afirmar que la descomposición bacteriana no se había iniciado, por lo cual, si se mantenía la carne en congelación y/o refrigeración, se e-

vitaría el desarrollo de los microorganismos presentes, por lo que la presencia de éstos no disminuiría la calidad de los productos elaborados con esta carne, ya que éstos serían sujetos a un tratamiento térmico antibotulínico.

b ) En cuanto al cálculo del proceso térmico:

- el cálculo del proceso térmico para las tres formulaciones resultó equivalente tanto por el método de fórmula como por el método general gráfico.

- en la elaboración del lote de la prueba piloto, se prolongó el tiempo de proceso a 121.1 °C ( 250 °F ) durante 6 minutos más, lo cual brindó un mayor margen de seguridad en la prevenición del botulismo y del desarrollo de microorganismos que pudieran afectar la estabilidad del alimento durante el almacenamiento.

- el cálculo correcto del proceso térmico, así como la seguridad del mismo, se comprobó en el análisis microbiológico de control realizado al lote de la prueba piloto, donde la presenencia de microorganismos mesófilos y termófilos, tanto aerobios como anaerobios, resultó negativa. Esto se corroboró también con la utilización de las ampollitas bioindicadoras, las cuales después de procesarse junto al lote piloto, en las mismas condiciones que éste, se incubaron y presentaron un desarrollo negativo del inóculo que contenían.

- por lo tanto, se puede concluir, que el lote de la prueba piloto es 100 % seguro en lo que a la salud pública se refiere, ya que la seguridad del proceso, comprobada por medios microbiológicos, se ve reforzada por la alta cantidad de  $\text{NaNO}_2$

presente ( hasta 72 mg/kg ) en los productos desarrollados, cantidad suficiente para inhibir el desarrollo de microorganismos esporulados patógenos, e inferior al límite máximo especificado por las autoridades sanitarias para prevenir la formación de nitrosaminas.

c ) Del color de la carne curada:

- Hay que hacer notar, que la utilización de nitritos en los productos desarrollados, tiene finalidad primordial el desarrollo y conservación del color característico de la carne, aunque se tiene la ventaja adicional de la capacidad bacteriostática de estos compuestos.

Sin embargo, en la estabilidad del color impartido a la carne por los nitritos, se observó que al sacar el contenido de las latas y dejándolo un tiempo a la acción del oxígeno del aire, el color disminuía ligeramente; pero cuando el producto se calentaba, el color se intensificaba. Una forma de evitar estas variaciones en el color, sería la adición de agentes antioxidantes como el ácido ascórbico o sus sales de sodio o potasio. Este aditivo, además de ser inocuo a la salud, contribuye enormemente a la estabilización de los pigmentos de la carne, por lo que se sugiere su utilización en trabajos posteriores.

d ) Del análisis proximal:

- el análisis proximal demostró un contenido proteico muy alto, principalmente para la formulación "carne precocida-carne cruda sin extensor", con un contenido de proteínas del 22.8 %. La adición del extensor ( fécula de maíz ), además de

disminuir el costo del producto, no demerita la calidad nutritiva de la formulación que lo contiene, ya que la cantidad final de proteínas sigue siendo muy elevada ( 19.12 % ), a comparación de otros alimentos cárnicos conocidos, como embutidos y jamones. La cantidad de grasa es baja ( varía del 4.27 % al 6.33 % ), esta cantidad podría elevarse hasta un 15 % con objeto de disminuir costos, aunque ésto llevaría consigo también la disminución del contenido proteico.

- aunque un análisis proximal completo incluye la determinación de cenizas, ésta no se consideró esencial, por lo cual se omitió, ya que lo que más interesaba conocer era el valor nutritivo de los alimentos desarrollados, y la mayor o menor cantidad de cenizas en estos productos no se consideró un factor esencial de calidad.

e ) Del análisis sensorial:

La evaluación sensorial de las formulaciones "carne precocida-carne cruda con extensor" y "carne precocida-carne cruda sin extensor" en los 100 jueces no entrenados que las evaluaron, dió los siguientes resultados:

- en la estimación por intervalos de la media de la población de las muestras, se puede concluir que si éstas fueran evaluadas por una población mayor, como por ejemplo en un estudio de mercado mucho más completo, los productos desarrollados en el presente trabajo, tendrían una aceptación satisfactoria.

- el análisis de variancia por el método de mínimos cuadrados indicó que no existían diferencias significativas entre ambas formulaciones, por lo que la adición del extensor en la

proporción indicada anteriormente no disminuye la aceptación sensorial de los productos conteniendo dicho extensor, a comparación con los que no lo contienen, además que su costo se ve disminuido, mientras que la disminución del contenido de proteínas no afecta significativamente su valor nutritivo, ya que como se demostró en el análisis proximal, la cantidad de proteínas en la formulación con extensor sigue siendo muy elevada, comparada con otros productos cárnicos.

## C A P I T U L O V . C O N C L U S I O N E S .

Con base en los objetivos planteados al principio del presente trabajo y a los resultados obtenidos a través del desarrollo de éste, se puede concluir que la realización de este proyecto a nivel industrial es factible por las siguientes ventajas:

1. El desarrollo de las formulaciones se basó en la utilización de equipos sencillos, de fácil manejo e instalación, sin tecnologías costosas y extrañas a la infraestructura actual de la Industria Alimentaria Mexicana.

2. Todas las materias primas requeridas son de fácil adquisición en el mercado mexicano y su disponibilidad es abundante y constante durante todo el año.

3. Los productos desarrollados cuentan con una vida de anaquel muy larga y a diferencia de la carne fresca y otros productos cárnicos como los embutidos cocidos, no requieren refrigeración; esta última ventaja representa grandes beneficios al disminuir los costos de almacenamiento, transporte y distribución, además que muchos lugares de la República Mexicana no cuentan con servicio de energía eléctrica y mucho menos con facilidades de refrigeración o congelación, necesarias para el comercio de la carne fresca y de sus derivados pareceros.

4. Los productos desarrollados pueden consumirse sin necesidad de preparación alguna, como se demostró en el análisis sensorial efectuado, aunque si se prefiere su mejoramiento sensorial, se requerirán operaciones sencillas como, por ejemplo, un simple calentamiento o la adición de algún aderezo o condi-

mento sencillo.

5. Estos productos son excelentes para la preparación de comidas improvisadas y/o rápidas, ahorrando tiempo a los consumidores, principalmente en las grandes ciudades, donde las condiciones de vida dificultan la preparación de los alimentos en la forma tradicional, además que disminuyen la utilización de utensilios y recipientes de cocina, a diferencia de la preparación tradicional de la carne de res, que requiere ensuciar y utilizar gran cantidad de éstos.

6. Existe la posibilidad de la utilización de los productos desarrollados como base en la preparación de diversos platos culinarios.

7. Cooperan al desarrollo de la Industria Alimentaria Mexicana.

8. Son productos de alta calidad nutritiva.

No obstante de las ventajas señaladas anteriormente, la elaboración de los productos desarrollados en este trabajo, a gran escala, se enfrentaría a ciertas dificultades, principalmente a la predisposición del pueblo mexicano al consumo de alimentos industrializados y a su costo, que aún cuando pudiera considerarse elevado, no lo es si se considera su contenido proteico comparado con otros alimentos.

Sin embargo, sería conveniente la realización de un estudio de mercado amplio y confiable para conocer la aceptación y potencialidad del consumo y precisar el volumen de producción a gran escala de estos productos. Aunque también es necesario hacer notar que en nuestro país han tenido una gran aceptación

varios productos alimenticios industrializados, con un valor nutritivo desbalanceado y de un costo muy alto con relación a su bajo contenido nutritivo, como es el caso de las frituras y pastelillos ( 31 ). En relación al costo de los productos desarrollados, es necesario hacer notar que la materia prima principal, la carne de res, al igual que todas las fuentes de proteína de origen animal, es costosa, ya que la obtención de carne de bovinos requiere de un período de uno a dos años, hasta que el animal adquiere un peso adecuado y durante todo ese tiempo, los gastos de los ganaderos son numerosos, además que la ganancia de peso de estos animales en relación a la cantidad de alimento consumida es baja, su período de gestación es largo y raramente tienen alumbramientos múltiples.

A pesar de estos inconvenientes, la carne de res es una excelente fuente de proteínas de alta calidad y su consumo está ampliamente ligado a las costumbres culinarias mexicanas; no hay que olvidar que México es uno de los principales países ganaderos del mundo, ocupando el 6o. lugar mundial con más de 29 000 000 de cabezas de ganado bovino en 1980 ( 19 ), por lo que es necesario ampliar las fuentes de aprovechamiento de esa inmensa cantidad de ganado.

Una de las formas de reducir costos en la elaboración de los productos desarrollados, a nivel industrial, sería la asociación de los ganaderos para establecer cooperativas enlatadoras, tal como lo hacen algunos pescadores y agricultores, ya que con esto tendrían un costo de la materia prima más reducido, sin tener que depender de especuladores para la venta de

sus productos, ya que los especuladores son los que obtienen las principales ganancias derivadas del comercio de la carne de res, dejando a los ganaderos una ínfima ganancia, principalmente cuando hay épocas de sequía o los animales no tienen el peso adecuado o son viejos, a pesar que su carne es apta en todos los aspectos para su consumo humano.

Como se dijo anteriormente, el grueso del comercio de la carne de res en México, está sujeto al arbitrio de especuladores, por lo que la producción a gran escala de los productos de sarrollados u otros similares, principalmente a causa de sus características de larga vida de anaquel a temperaturas ambientales, serviría como un contra peso que regularía el comercio y precios de la carne fresca, ya que cuando ésta escaseara y/o su precio fuese excesivo, los consumidores tendrían otra opción de consumo.

Por otra parte, conviene hacer notar que existen productos parecidos a los desarrollados en este trabajo, como es el caso del "corned beef", que es muy aceptado en varios países, como los EE.UU., en donde se comercializan grandes cantidades de este producto, procedentes de Sudamérica, por lo que sería una oportunidad de captación de divisas para nuestro país y la creación de fuentes de empleo, el poder vender estos productos en el extranjero, con la ventaja que México tiene fronteras comunes con ese país.

En cuanto al trabajo futuro, acerca de la industrialización de estos productos, se pueden hacer notar las siguientes consideraciones:

- se recomienda la utilización de oleoresinas y/o acuarresinas y extractos o concentrados de especias y sazoadores, o un tratamiento antimicrobiano, como la exposición de estos productos a agentes bactericidas como el óxido de etileno, antes de su utilización con objeto de minimizar la posibilidad de contaminación del producto final.

- las características de los productos mencionados, permiten un ligero sobreprocesamiento sin que sus cualidades sensoriales y nutritivas se vean afectadas adversamente, lo que facilita el logro de un proceso térmico seguro, tanto en lo que respecta a la salud pública como a la estabilidad del producto durante su vida de anaquel.

- que la facilidad de realizar un sobreprocesamiento térmico no sea pretexto de una inadecuada higiene durante el proceso de elaboración o una calidad deficiente de la materia prima.

- la principal desventaja de los productos desarrollados en cuanto a su aspecto sensorial, fué que al ser sólidos, la remoción de éstos del interior del recipiente, se dificultaba ya que el producto se pega a las paredes de la lata impidiendo su remoción en una sola pieza; una solución a esta desventaja, es la fabricación de los recipientes con una cubierta interna a base de resinas epóxicas modificadas que impiden que los alimentos se peguen; sin embargo estas resinas no se fabrican en México y son muy caras. Otra solución es la fabricación de una lata de lámina de hojalata con recubrimiento fenólico azufre-resistente, tal como se emplea en el envasado de productos marinos, pero con una forma tal que facilite el vertido del producto en una sola pieza. Se sugiere una lata con una capacidad no mayor

a 300 g en forma de pirámide truncada, con facilidad de apertura sin necesidad de utilizar abrelatas ( envase "abre fácil" ) tal como se muestra en el Apéndice III.

- por último, los resultados obtenidos en el presente trabajo, sugieren que se profundice y amplíe el desarrollo de otros productos similares, tanto en lo referente a los aspectos tecnológicos como de mercadotecnia y comercialización de los mismos.

A P E N D I C E S .

A P E N D I C E I . G L O B A R I O D E T E R M I N O S Y A B R E V I A T U R A S U T I L I Z A D A S :

- a Población inicial. Número de esporas o células vegetativas de un determinado microorganismo por una cierta unidad de volumen antes de aplicar un proceso térmico.
- b Población final. Número de esporas o células vegetativas del mismo microorganismo en la misma unidad de volumen después de aplicar un proceso térmico calentando a una cierta temperatura constante durante determinado tiempo.
- AUE Area Unitaria de Esterilización. Es el área bajo la curva de letalidad equivalente a una letalidad de "uno". Indica el tiempo mínimo de proceso térmico para tener una esterilización comercial con respecto a un microorganismo determinado.
- B Tiempo de proceso a partir del caso corregido en la ecuación de Ball:  
$$B = f_h (\log JI - \log g)$$
- D Tiempo requerido de calentamiento a una cierta temperatura para destruir el 90 % de una población microbiana. Numéricamente es igual al número de minutos requeridos para que la curva de sobrevivientes atraviese un ciclo logarítmico. Matemáticamente, es igual al recíproco de la pendiente de la curva de sobrevivientes.
- $F_z$  El tiempo en minutos de calentamiento a una cierta temperatura para destruir un porcentaje de microorganismos cuya resistencia térmica está caracterizada por "z".
- $F_0$  El tiempo en minutos necesario para destruir un porcentaje de microorganismos a una temperatura de 250 °F.
- $F_1$  El tiempo en minutos a cualquier temperatura de calentamiento para destruir un porcentaje de microorganismos, equivalente a un minuto de calentamiento a 250 °F.
- $f_h$  Tiempo en minutos para que la porción lineal de la curva de calentamiento en una escala semilogarítmica, atraviese un ciclo logarítmico. Matemáticamente, es el recíproco de la pendiente de la curva de calentamiento cuando ésta se grafica en coordenadas semilogarítmicas.
- g Diferencia en  $F$  entre la temperatura de proceso o temperatura del autoclave y la máxima temperatura alcanzada por el punto frío de un recipiente al final de un proceso térmico. Este valor indica el punto en el cual termina el ciclo de calentamiento e inicia el ciclo de enfriado.

- I Diferencia en  $^{\circ}\text{F}$  entre la temperatura del autoclave (TA) y la temperatura inicial del alimento (TI) al inicio de un proceso térmico.
- J Factor lag de la curva de calentamiento.
- JI Diferencia en  $^{\circ}\text{F}$  entre la temperatura del autoclave (TA) y la temperatura pseudoinicial del punto frío de un recipiente. Este valor se localiza en la intersección de la extrapolación de la porción lineal de la curva de calentamiento y el tiempo de ajuste del autoclave (TAA) menos el 0.58 % de ese tiempo.
- t Tiempo en minutos.
- T Temperatura en  $^{\circ}\text{F}$ . En alimentos enlatados se refiere a la temperatura del punto frío.
- TAA Tiempo en minutos de ajuste del autoclave. Es el tiempo necesario para que el autoclave alcance la temperatura de proceso a partir de la salida del vapor.
- TA Temperatura en  $^{\circ}\text{F}$  del autoclave o del medio de calentamiento.
- TE Temperatura del medio de enfriamiento.
- TI Temperatura inicial del punto frío de un recipiente conteniendo un alimento al inicio del ciclo de calentamiento.
- TO Temperatura inicial extrapolada teórica al inicio del proceso ( cuando el tiempo es igual a "cero" ).
- TP Temperatura pseudoinicial extrapolada en el cero corregido ( en el tiempo igual a 0.58 % del TAA ).
- TMT Tiempo de muerte térmica.
- U La letalidad de un proceso térmico. Es el equivalente en minutos a la temperatura del autoclave de todo el calentamiento recibido en el punto frío de un recipiente durante un proceso térmico:
- $$U = F_0 F_1$$
- z Número de  $^{\circ}\text{F}$  requeridos para que la curva de Tiempo de Muerte Térmica atravesase un ciclo logarítmico. Matemáticamente es igual al recíproco de la pendiente de la curva de TMT.

A P E N D I C E    I I .    AMPOLLETAS "STERIKON BIOINDICATOR":

Principio: El "Sterikon Bioindicador" de los Laboratorios Merck, de Darmstadt, R.F.A., es un indicador para el control de la esterilización en autoclaves y productos sometidos a un tratamiento térmico. Este bioindicador consiste en una ampollita que contiene caldo nutritivo con adición de azúcar, un indicador de pH y como microorganismos de ensayo, esporas de Bacillus stearothermophilus ( ATCC 7953 ). El B. stearothermophilus no es un microorganismo patógeno. La resistencia de sus esporas se halla ajustada de tal forma que por calentamiento en vapor, solo mueren luego de 15 minutos de exposición a una temperatura no menor de 121.1 °C ( 250 °F ). Las esporas sobreviven a temperaturas más bajas o si se tratan durante períodos de tiempo menores.

Las ampollitas se colocan junto con el material a esterilizar. Luego del tratamiento en autoclaves se controla la eficacia de la esterilización incubando las ampollitas. La esterilización habrá sido suficiente si no se detecta desarrollo de B. stearothermophilus; en caso de haber desarrollo, la esterilización fué insuficiente.

Aplicación: Las ampollitas se colocarán en aquellos lugares del autoclave en los cuales la experiencia indica que existen las peores condiciones de esterilización.

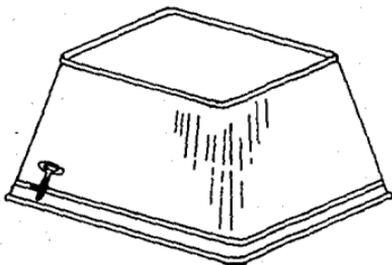
Luego de la esterilización, se retiran las ampollitas y se incuban a 55 °C durante 24 horas o en caso necesario, hasta 48 horas. Como control se incubará previamente una ampollita no esterilizada.

Evaluación: Si la esterilización ha sido insuficiente, las esporas de E. stearothermophilus habrán sobrevivido. En este caso, el contenido de las ampollitas suele mostrar, ya luego de algunas horas de incubación, turbidez y cambio de color de violeta a amarillo por formación de ácido a consecuencia de la fermentación del azúcar.

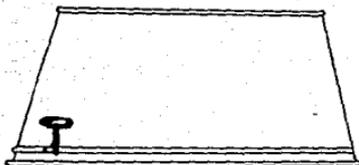
Si la esterilización fué suficiente, las esporas de E. stearothermophilus estarán muertas. El color del contenido de las ampollitas permanecerá violeta después del tiempo de incubación.

El contenido de la ampollita de control también se vuelve turbio y el color vira de violeta a amarillo.

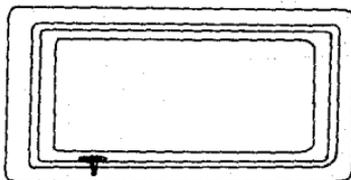
A P E N D I C E   I I I .   E N V A S E   S U G E R I D O :



Vista en perspectiva.



Vista frontal.



Vista superior.

A P E N D I C E I V . CUESTIONARIO DE EVALUACION SENSORIAL:

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Clave \_\_\_\_\_

Califique el producto de acuerdo a la siguiente escala, marcando el punto que en su opinión describa su aceptación para el producto, con una "x":

- |                         |       |
|-------------------------|-------|
| 1. Gusta mucho          | _____ |
| 2. Gusta                | _____ |
| 3. Ni gusta ni disgusta | _____ |
| 4. Disgusta             | _____ |
| 5. Disgusta mucho       | _____ |

Comentarios: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

A P E N D I C E V . TABLA DEL ANALISIS DE VARIANCIA POR COMPARACION (\*).

F <sub>1</sub>	F degrees of freedom (for greater mean square)																										F <sub>2</sub>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞			
50	4.03	3.18	2.70	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.02	1.98	1.95	1.90	1.85	1.78	1.74	1.69	1.63	1.60	1.55	1.52	1.48	1.46	1.44	50		
	7.17	5.06	4.20	3.72	3.41	3.18	3.02	2.88	2.78	2.70	2.62	2.56	2.46	2.39	2.26	2.18	2.10	2.00	1.94	1.86	1.82	1.76	1.71	1.68			
55	4.02	3.17	2.78	2.54	2.38	2.27	2.18	2.11	2.05	2.00	1.97	1.93	1.88	1.83	1.76	1.72	1.67	1.61	1.58	1.52	1.50	1.46	1.43	1.41	55		
	7.12	5.01	4.16	3.68	3.37	3.15	2.98	2.85	2.75	2.66	2.59	2.53	2.43	2.35	2.23	2.15	2.06	1.96	1.90	1.82	1.78	1.71	1.66	1.64			
60	4.00	3.15	2.76	2.52	2.37	2.26	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.86	1.81	1.75	1.70	1.65	1.59	1.56	1.50	1.48	1.44	1.41	1.39	60		
	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.56	2.50	2.40	2.32	2.20	2.12	2.03	1.93	1.87	1.79	1.74	1.68	1.63	1.60			
65	3.99	3.14	2.75	2.51	2.36	2.24	2.15	2.08	2.02	1.98	1.94	1.90	1.85	1.80	1.73	1.68	1.63	1.57	1.54	1.49	1.46	1.42	1.39	1.37	65		
	7.04	4.95	4.10	3.62	3.31	3.09	2.93	2.79	2.70	2.61	2.54	2.47	2.37	2.30	2.18	2.09	2.00	1.90	1.84	1.76	1.71	1.64	1.59	1.56			
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.01	1.97	1.93	1.89	1.84	1.79	1.72	1.67	1.62	1.58	1.53	1.47	1.45	1.40	1.37	1.35	70		
	7.01	4.92	4.08	3.60	3.29	3.07	2.91	2.77	2.67	2.59	2.51	2.45	2.35	2.28	2.15	2.07	1.98	1.88	1.82	1.74	1.69	1.63	1.56	1.53			
80	3.96	3.11	2.72	2.48	2.33	2.21	2.12	2.05	2.00	1.95	1.91	1.88	1.83	1.77	1.70	1.65	1.60	1.54	1.51	1.45	1.42	1.38	1.35	1.32	80		
	6.96	4.88	4.04	3.56	3.25	3.04	2.87	2.74	2.64	2.55	2.48	2.41	2.32	2.24	2.11	2.03	1.94	1.84	1.78	1.70	1.65	1.57	1.52	1.49			
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.30	2.19	2.10	2.03	1.97	1.92	1.88	1.85	1.79	1.75	1.68	1.63	1.57	1.51	1.48	1.42	1.39	1.34	1.30	1.28	100		
	6.90	4.82	3.98	3.51	3.20	2.99	2.82	2.69	2.59	2.51	2.43	2.36	2.26	2.19	2.06	1.98	1.89	1.79	1.73	1.64	1.59	1.51	1.46	1.43			
125	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08	2.01	1.95	1.90	1.86	1.83	1.77	1.72	1.65	1.60	1.55	1.49	1.45	1.39	1.36	1.31	1.27	1.25	125		
	6.84	4.78	3.94	3.47	3.17	2.95	2.79	2.65	2.56	2.47	2.40	2.33	2.23	2.15	2.03	1.94	1.85	1.75	1.68	1.59	1.54	1.46	1.40	1.37			
150	3.91	3.06	2.67	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.76	1.71	1.64	1.59	1.54	1.47	1.44	1.37	1.34	1.29	1.25	1.22	150		
	6.81	4.75	3.91	3.44	3.14	2.92	2.76	2.62	2.53	2.44	2.37	2.30	2.20	2.12	2.00	1.91	1.83	1.73	1.66	1.56	1.51	1.43	1.37	1.33			
200	3.89	3.04	2.65	2.41	2.25	2.14	2.05	1.98	1.92	1.87	1.83	1.80	1.74	1.69	1.62	1.57	1.52	1.45	1.42	1.35	1.32	1.26	1.22	1.19	200		
	6.76	4.71	3.88	3.41	3.11	2.90	2.73	2.59	2.50	2.41	2.34	2.28	2.17	2.09	1.97	1.88	1.78	1.69	1.62	1.53	1.48	1.39	1.33	1.28			
400	3.86	3.02	2.63	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.81	1.78	1.72	1.67	1.60	1.54	1.49	1.42	1.38	1.32	1.28	1.22	1.16	1.13	400		
	6.70	4.66	3.83	3.36	3.06	2.85	2.69	2.55	2.46	2.37	2.29	2.23	2.12	2.04	1.92	1.84	1.74	1.64	1.57	1.47	1.42	1.33	1.26	1.19			
1000	3.83	3.00	2.61	2.38	2.22	2.10	2.02	1.95	1.89	1.84	1.80	1.76	1.70	1.65	1.58	1.53	1.47	1.41	1.36	1.30	1.25	1.19	1.13	1.08	1000		
	6.66	4.62	3.80	3.33	3.04	2.82	2.66	2.53	2.43	2.34	2.26	2.20	2.09	2.01	1.89	1.81	1.71	1.61	1.50	1.44	1.38	1.28	1.19	1.11			
∞	3.84	2.99	2.60	2.37	2.21	2.09	2.01	1.94	1.88	1.83	1.79	1.75	1.69	1.64	1.57	1.52	1.46	1.40	1.35	1.28	1.24	1.17	1.11	1.06	∞		
	6.64	4.60	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32	2.24	2.18	2.07	1.99	1.87	1.79	1.69	1.59	1.52	1.41	1.36	1.25	1.15	1.09			

(\*) Fuente: Kramer, Amihud; Twigg, Bernard A. "Quality Control for the Food Industry". The AVI Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A. (1974).

A P E N D I C E    V I .    MEDIOS DE CULTIVO Y SOLUCIONES:

Agua peptonada para diluciones:

Se disolvió 1 g de peptona en 1 litro de agua destilada y se ajustó el pH a  $7.0 \pm 0.1$ . Se distribuyó la solución en los tubos de prueba utilizados para la preparación de diluciones y se esterilizó a  $121.1^{\circ}\text{C}$  durante 15 minutos.

Agar biliar rojo violeta:

Este medio se utilizó para la cuenta en placa de microorganismos coliformes en la caracterización de la carne cruda empleada como materia prima en el trabajo. Este medio tiene la siguiente composición:

Extracto de levadura	3	g
Peptona	7	g
Sales biliares	1.5	g
Lactosa	10	g
NaCl	5	g
Agar	15	g
Rojo neutro	0.03	g
Cristal violeta	0.002	g
Agua	1.0	litro

pH final =  $6.8 \pm 0.2$

Se suspendieron 41.5 g del medio deshidratado en un litro de agua destilada, se mezcló vigorosamente y se dejó reposar durante 15 minutos. Se calentó con agitación frecuente y se dejó hervir por un minuto. Posteriormente se esterilizó a  $121.1^{\circ}\text{C}$  durante 15 minutos. Se enfrió hasta  $42^{\circ}\text{C}$  y se vació en cajas

de Petri desechables estériles.

Agar de papa y dextrosa acidificado:

Este medio se utilizó para el cultivo y recuento de Hongos y Levaduras en las materias primas empleadas en el presente trabajo. La composición de este medio es la siguiente:

Infusión de papa	200 g
Dextrosa	20 g
Agar	15 g

pH final =  $5.6 \pm 0.2$

Se suspendieron 39 g del medio deshidratado en un litro de agua destilada y se dejaron remojar 15 minutos. Posteriormente, se calentó con agitación frecuente y se dejó hervir 1 minuto. Se esterilizó a  $121.1^{\circ}\text{C}$  durante 15 minutos.

Una vez esterilizado el medio y enfriado a  $45-50^{\circ}\text{C}$  se obtuvo un pH aproximado de 3.5 agregando 14 ml de una solución estéril de ácido tartárico al 10 % en agua. Una vez acidificado, se distribuyó el medio en cajas de Petri desechables estériles.

Agar triptona extracto de carne:

Con este medio de cultivo se realizó la cuenta total de microorganismos mesófilos aerobios y de microorganismos productores de acidez plana. Su composición es la siguiente:

Extracto de carne	3 g
Peptona de caseína	5 g
d-glucosa ( Dextrosa )	1 g
Agar	15 g
Agua destilada	1000 ml

pH final =  $7.0 \pm 0.2$

Se suspendieron 24 g del medio deshidratado en un litro de agua destilada y se dejaron remojar 15 minutos. Posteriormente se calentó agitando constantemente hasta que hirvió por un minuto y se esterilizó a 121.1 °C durante 15 minutos.

Se dejó enfriar a 40-45 °C y se vació en cajas de Petri de sechables estériles.

Caldo Lauril Sulfato de Sodio:

Este caldo se utilizó en la detección de microorganismos coliformes por la técnica del número más probable ( NMP ) como prueba presuntiva. La composición de este medio es la siguiente:

Peptona de caseína	20.0 g
Lactosa	5.0 g
Fosfato dipotásico	2.75 g
Fosfato monopotásico	2.75 g
NaCl	5.0 g
Lauril Sulfato de Sodio	0.10 g
Agua destilada	1000.0 ml

pH final = 6.8 ± 0.2

Se disolvieron 36.6 g del medio deshidratado en un litro de agua destilada. Posteriormente se distribuyeron en tubos de ensayo provistos de tubos invertidos, porciones de 20 ml para los tubos que se inocularían con 10 ml de muestra y porciones de 10 ml para los tubos con 1 ml y 0.1 ml de muestra.

Se esterilizaron los tubos a 121.1 °C durante 15 minutos y se enfriaron rápidamente.

Caldo de hígado picado:

Este medio se utilizó en la detección de microorganismos mesófilos y termófilos anaerobios y tiene la siguiente composición:

Hígado de res fresco	500 g
Peptona	10 g
Fosfato dipotásico	1 g
Almidón soluble	1 g
Agua destilada	1 litro

Este medio se preparó con 500 g de hígado fresco de res picado, el cual se picó y se calentó en 800 ml de agua destilada hasta hervir y se dejó hirviendo lentamente por espacio de una hora, se recuperó el volumen y se ajustó el pH a 8.5 con hidróxido de sodio. Se enfrió hasta 10 °C y se filtró la solución a través de una tela de manta de cielo presionando para quitar el exceso de grasa. A la solución filtrada se le adicionó la peptona, el fosfato dipotásico y el almidón soluble y se llevó el volumen a 1000 ml con agua destilada y posteriormente se ajustó el pH a  $7.0 \pm 0.2$ . Se envasó en tubos de 20 mm x 150 mm y se egterilizó a  $121.1$  °C durante 20 minutos y se dejó enfriar.

Caldo dextrosa púrpura de bromocresol:

Este caldo se utilizó como medio para la detección de microorganismos aerobios y anaerobios facultativos tanto mesófilos como termófilos. Su composición es la siguiente:

Dextrosa	10 g
Extracto de carne	3 g
Peptona	5 g
Púrpura de bromocresol al 0.6 % en alcohol	2 ml
Agua destilada	1000 ml

Se disolvieron los ingredientes una vez pesados por separado en 1000 ml de agua destilada caliente y se calentó agitando hasta la disolución de todos los componentes. Una vez disueltos, se ajustó el pH a  $7.0 \pm 0.1$  y se envasó el medio en tubos de ensayo en una cantidad de 12 a 15 ml.

Se esterilizó a  $121.1^{\circ}\text{C}$  durante 15 minutos y se dejó enfriar a temperatura ambiente.

BIBLIOGRAFIA:

1. A.O.A.C. "Official Methods of Analysis". The Association of Official Analytical Chemist Inc. Arlington, Va. U.S.A. ( 1984 ).
2. Ayres, John C. "Microbiological Implications in the Handling, Slaughtering and Dressing of Meat Animals". Advances in Food Research. 6, 109-61 ( 1955 ).
3. Ayres, John C.; Mundt, J. Orvin; Sandine, William E. "Microbiology of Foods". W.H. Freeman and Co. San Francisco, Cal. U.S.A. ( 1980 ).
4. Bate-Smith, E.C.; Bendall, J.R. "Factors Determining the Time Course of Rigor Mortis". Journal of Physiology 110-47 ( 1949 ).
5. Berk, Z. "The Biochemistry of Foods". Elsevier Science Publishing Co. New York, N.Y. U.S.A. ( 1983 ).
6. Laboratorios Bioxon de México S. A. "Manual de Medios de Cultivo". México ( 1979 ).
7. Brown, M.H. "Meat Microbiology". Applied Science Publishers Ltd. London U.K. ( 1982 ).
8. Codex Alimentarius. Norma Mundial para la Carne Tipo "Corned beef" Envasada. CODEX STAN 28-1981.
9. Charm, Stanley E. "The Fundamentals of Food Engineering". The AVI Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A. ( 1971 ).
10. Collins, C.H.; Lyne, Patricia M. "Microbiological Methods". Butterworth and Co. Publishers Ltd. London U.K. ( 1979 ).

11. Desrosier, James N.; Desrosier, Norman W. "The Technology of Food Preservation". The AVI Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A. ( 1977 ).
12. Dyaon, Robert D. "Principios de Biología Celular". Fondo Educativo Interamericano S.A. México ( 1977 ).
13. Eshbach, Charles E. "Administración de Servicios de Alimentos". Editorial Diana S.A. México ( 1985 ).
14. Fenemma, Owen R.; Karel, Marcus; Lendl, Daryl B. "Principles of Food Science". Part II. Marcel Dekker Inc. New York, N.Y. U.S.A. ( 1975 )
15. Forrest, John C.; Aberle, Elton D.; Hedrick, Harold B.; Judge, Max D.; Merkel, Robert A. "Fundamentos de la Ciencia de la Carne". Editorial Acribia. Zaragoza, España ( 1979 ).
16. Frazier, W.C. "Food Microbiology". Mac Graw-Hill Book Co. New York, N.Y. U.S.A. ( 1967 ).
17. Geankoplis, Christie J. "Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias". Cía. Editorial Continental S.A. México ( 1982 ).
18. Gerrard, Frank. "Meat Technology". Northwood Publications Ltd. London, U.K. ( 1977 ).
19. Gracey, J.F. "Meat Hygiene". The Baillere Tindall Ltd. London, U.K. ( 1981 ).
20. Guyton, Arthur C. "Fisiología Humana". Editorial Interamericana S.A. México ( 1987 ).
21. Heid, J. L.; Joslyn, Maynard A. "Food Processing Operations". Vol. I and II. The AVI Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A. ( 1976 ).

22. Herson, A. G.; Hulland, E. C. "Conservas Alimenticias". Editorial Acribia S. A. Zaragoza, España ( 1974 ).
23. Hidalgo Ponce, Ma. del Carmen. "Estudio de la Calidad de la Carne Empleada en la Elaboración de Chorizos Comerciales". Tesis Fac. de Química, U.N.A.M. ( 1987 ).
24. International Commission on Microbiological Specifications for Foods. "Ecología Microbiana de los Alimentos" Vol. I y II. Editorial Acribia. Zaragoza, España ( 1984 ).
25. International Commission on Microbiological Specifications for Foods. "Specifications for Foods of the International Association of Microbiological Sciences". University of Toronto Press. Toronto, Canada ( 1978 ).
26. Kramer, Amihud; Twigg, Bernard A. "Quality Control for the Food Industry". The AVI Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A. ( 1974 ).
27. Kramlich, W. E.; Pearson, A. M.; Tauber, F. W. "Processed Meats". The AVI Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A. ( 1980 ).
28. Kromarick, Stephan L.; Long, Lucy; Tressler, Donald K. "Food Products Formulary". The AVI Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A. ( 1975 ).
29. Lee, Frank A. "Basic Food Chemistry". The AVI Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A. ( 1975 ).
30. León Torres, Ma. Teresa de. "Procesamiento Térmico de Dulce de Zapote Negro". Tesis Fac. de Química, U.N.A.M. ( 1984 ).

31. Mendoza Martínez, E.; Bourges, R.H.; Morales, J.; Chávez, A. "Composición de Alimentos Industrializados". Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán. Publicación L-74. México ( 1987 ).
32. National Canners Association Research Laboratories. "Laboratory Manual for Food Canners and Processors", Vol. I and II. The AVI Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A. ( 1968 ).
33. Norma Oficial Mexicana. NOM-F-358-B-1981. "Alimentos para Humanos-Alimentos Envasados-Análisis Microbiológico".
34. Faltrineri, Gaetano. "Taller de Carne". Editorial Trillas S. A. México ( 1985 ).
35. Pearson, David. "The Chemical Analysis of Foods". The Longman Group Ltd. London, U.K. ( 1970 ).
36. Peckman, Gladys G. "Foundations of Food Preparation". The MacMillan Publishing Co. New York, N.Y. U.S.A. ( 1974 ).
37. Sanz-Egasa, C. "Enciclopedia de la Carne". Editorial Espasa-Calpe S. A. Madrid, España ( 1948 ).
38. Secretaría de Salud. "Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos". México ( 1983 ).
39. Secretaría de Salud. "Manual de Técnicas y Procedimientos para Análisis Microbiológico de Agua Potable. México ( 1987 ).
40. Secretaría de Salud. "Manual de Técnicas y Procedimientos para Análisis Microbiológico de Productos Cárnicos". México ( 1987 ).
41. Sharf, J. M. "Recommended Methods for the Microbiological Examination of Foods". The American Public Health Association Inc. New York, N.Y. U.S.A. ( 1966 ).

42. Speck, Marvin L. "Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods". The American Public Health Association Inc. Washington D.C. U.S.A. ( 1984 ).
43. Stumbo, G. R. "Thermobacteriology in Food Processing". Academic Press Inc. New York, N.Y. U.S.A. ( 1975 ).
44. Valle Vega, Pedro. "Procesamiento Térmico de Alimentos Enlatados". Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México ( 1983 ).