

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Alimentos



DETERMINACION POR EL METODO GENERAL Y EL METODO DE
FORMULA DEL PROCESO TERMICO NECESARIO PARA DESTRUIR
EL CLOSTRIDIUM BOTULINUM Y OBTENER ESTERILIZACION
COMERCIAL DE CAMARONES ENLATADOS EN SALMUERA EN
LATAS 211 X 211

RICARDO MANUEL BLANCO CALDERON

Trabajo de graduación presentado para optar
al grado académico de

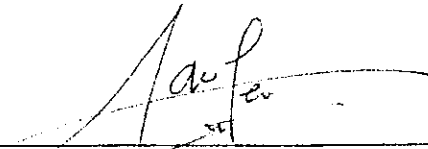
Licenciatura en Ingeniería y Ciencia de los Alimentos

Guatemala
1996



DETERMINACION POR EL METODO GENERAL Y EL METODO DE
FORMULA DEL PROCESO TERMICO NECESARIO PARA DESTRUIR EL
CLOSTRIDIUM BOTULINUM Y OBTENER ESTERILIZACION COMERCIAL
DE CAMARONES ENLATADOS EN SALMUERA EN LATAS 211 X 211

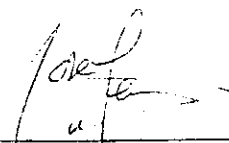
Vo. Bo.:

(f) 
Licenciado Roberto De León Fajardo
Asesor

Tribunal:

(f) 
Licenciada Patricia Palaeros de Palomo

(f) 
Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f) 
Licenciado Roberto De León Fajardo

Fecha de Aprobación: 06 de Noviembre, 1996

A DIOS,
A MIS PADRES Y HERMANOS,
Y MUY ESPECIALMENTE A MI FUTURA ESPOSA,
JANINA SAAVEDRA PONCIANO

RESUMEN

El tema central del presente trabajo lo constituye la determinación por el Método General y por el Método de Fórmula, del proceso térmico necesario para obtener esterilización comercial en camarones enlatados en salmuera en latas sanitarias 211 X 211. Para ello se comenzó investigando la teoría relacionada con los camarones, su anatomía, especies de importancia tecnológica, áreas de pesca de camarones, modo de transporte, control de calidad y proceso de elaboración de camarones enlatados en salmuera. Igualmente, la clasificación de microorganismos, microbiología de alimentos enlatados, procesos térmicos y una variedad de tópicos relacionados con el tema. Cuando todo el proceso de investigación estuvo concluído, se realizó la parte experimental en el ICAITI, para lo cual se enlataron 35 latas de camarones en salmuera, de las cuales 4 contenían termopar instalado en un graficador. Se procesaron por aproximadamente 22 minutos a 250 °F y luego se dejaron enfriar lentamente. Con la gráfica obtenida se tabularon los datos en la Tabla de Resultados, y se determinaron los valores de letalidad, área bajo la curva y sumatoria del área bajo la curva. Se determinó el proceso por el Método General y se obtuvo un resultado de 9.81 minutos. Luego se determinó el proceso por el Método de Fórmula, para lo cual se construyó la curva de penetración de calor y con ayuda de gráficas de la literatura, se determinó el proceso,

el cual resultó ser de 9.43 minutos. Finalmente se pusieron en cuarentena algunas de las latas en incubación a 40 °F, y se observó que no sufrieron ninguna descomposición. Se comprobaron las hipótesis del trabajo y se demostró que los resultados obtenidos por uno u otro método fueron similares.

CONTENIDO

Resumen	vi
I. Introducción	1
II. Antecedentes	
A. Generalidades del camarón	4
1. Anatomía del camarón	4
a. Forma	4
b. Cobertura o Protección corpórea.....	5
c. Apéndice	7
d. Aberturas	7
e. Esqueleto	7
f. Sistema muscular	8
g. Sistema digestivo	9
h. Sistema respiratorio y circulatorio	11
i. Reproducción	12
j. Sistema excretorio	12
2. Especies de importancia tecnológica que pueden capturarse	12
3. Areas de pesca de los camarones	13
4. Modo de transporte del camarón	15
5. Control de calidad en la recepción de materia prima	17
B. Proceso de elaboración de camarones enlatados en salmuera	19
C. Aspectos microbiológicos	
1. Clasificación de los microorganismos	27

2. Resistencia de los microorganismos al calor....	30
3. Microbiología de los alimentos enlatados	33
4. Microbiología del camarón	37
5. Descomposición de los alimentos	39
6. Descomposición de los alimentos enlatados	40
7. Factores responsables de la descomposición de los alimentos enlatados	44
D. Latas sanitarias utilizadas en la industria de ali- mentos enlatados	
1. Materiales utilizados	45
2. Lacas y barnices para envases de alimentos con alto contenido de azufre	47
3. Forma de sellado	51
4. Importancia de un vacío	54
E. Procesos térmicos	
1. Mecanismos de transferencia de calor	55
2. Características de la penetración de calor en alimentos enlatados	57
3. Procesos térmicos en el enlatado de alimentos.	60
4. Curvas de destrucción térmica en el proceso de alimentos enlatados	64
5. Métodos de determinación de procesos térmicos.	78
a. Método general para el cálculo de procesos térmicos	79
b. Método de Fórmula de Ball para el cálculo de procesos térmicos.....	82
III. Justificación	86
IV. Objetivos	89

V. Hipótesis	90
VI. Materiales y Métodos	91
VII. Resultados	
A. Formulación y proceso del Producto.....	92
B. Estudio de penetración de calor	93
C. Determinación del proceso térmico por el Método General	94
D. Determinación del proceso térmico por el Método de fórmula	105
VIII. Discusiones	110
IX. Conclusiones	136
X. Recomendaciones	137
XI. Bibliografía	139
Apéndice.....	144
Curva de penetración de calor en camarones enla- tados en salmuera en latas 211 X 211.....	144

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica No.
Página

1	Organización externa del camarón	6
2	Organización interna del camarón	9
3	Lata normal y latas de alimentos descompuestos	44
4	Fabricación de una lata sanitaria	52
5	Diagrama de una costura doble	53
6	Clases de transferencia de calor de productos alimenticios	57
7	Punto frío de calentamiento para productos por convección y conducción	59
8	Curva de destrucción térmica a partir de los datos de la Tabla No. 3	67
9	Curvas hipotéticas de supervivencia	69
10	Curva de razón de destrucción térmica (Número de sobrevivientes vrs. tiempo)	73
11	Curva de razón de destrucción térmica (logaritmo de sobrevivientes vrs. tiempo)	74
12	Curvas de destrucción térmica	76
13	Curvas de destrucción térmica	77
14	Tiempo de proceso vrs. letalidad (curva de calentamiento)	100
15	Tiempo de proceso vrs. letalidad (curva de enfriamiento)	101
16	Tiempo de proceso vrs. letalidad (proceso completo)	102
17	Tiempo vrs Area de letalidad (proceso completo)	103

18	Tiempo vrs Area de letalidad (área amplificada)	104
19	Curva de calentamiento de camarones enlatados en salmuera en latas 211 x 211	108
20	Valores de f_h/U y Log g cuando $m + g = 180$ °F	109

LISTA DE TABLAS

Tabla No.		Página
1	Clasificación de las bacterias según su temperatura óptima de crecimiento	29
2	Tipos de lámina estañada disponibles para latas sanitarias	47
3	Resultados de tiempos de destrucción térmica en un caso específico	66
4	Valores de letalidad y área bajo la curva para el estudio de penetración de calor de camarones enlatados en salmuera en latas 211 X 211	96

I. INTRODUCCION

Desde tiempo inmemorial, el hombre ha tenido como uno de sus objetivos no sólo la elaboración de alimentos de alta calidad, sino también la conservación de los mismos por mucho tiempo. Sin embargo, hasta fines del siglo XVIII éste objetivo no pudo cumplirse debido a la falta de conocimientos sobre el tema. Este problema cobró mayor importancia en épocas de guerra, debido a que los soldados se alimentaban con carne podrida y con dietas pobres en su nivel nutricional. No podían llevar alimentos de gran valor nutritivo, debido a que éstos se descomponían antes de que pudieran ser comidos. Conscientes de éste problema, el gobierno de Francia ofreció en 1795, un premio de 12,000 francos a cualquier persona que descubriera un método adecuado para lograr la conservación de los alimentos por largos períodos de tiempo. Este premio fue otorgado en 1810 a Nicolás Appert, un confitero francés que observó que los alimentos calentados en recipientes sellados eran conservados si el recipiente no era reabierto o si el sello no era roto (Desrosier, 1989). Se hicieron varias pruebas de éste procedimiento y se comprobó que en efecto, se conservaban los alimentos por mucho tiempo. A pesar de que el procedimiento fue exitoso, no se conocían las causas de éste éxito. Sin embargo, se comenzó a preservar los alimentos de ésta manera, y ésto dio origen a lo que actualmente se conoce como la industria del envasado. Esta industria tiene varias

ramas distintas, una de las cuales es la industria del enlatado. El enlatado es una manera de preservar los alimentos indefinidamente, colocándolos en recipientes de metal sellados herméticamente y tratados térmicamente para asegurar su larga duración.

Uno de los principales problemas que se tuvo en el proceso del enlatado de alimentos, fue determinar cuál era el tratamiento térmico adecuado para cada producto. Es decir, cuál era el tiempo, la presión y la temperatura adecuada para poder asegurar la destrucción de todos los microorganismos capaces de provocar destrucción del alimento. Con el objeto de resolver éste problema, se hicieron estudios y se corrieron experimentos de distintos tratamientos térmicos para cada tipo de alimento enlatado. Se registraron los resultados y se observó que existía una relación semilogarítmica entre las dos variables: temperatura y tiempo de destrucción de una cantidad estipulada de ciertos tipos de microorganismos. De ésta manera, se graficaron ambas variables, colocando en el eje de las abcisas la temperatura, y en el eje de las ordenadas el tiempo de destrucción, en minutos. Se obtuvo entonces una gráfica que actualmente se denomina Curva de Destrucción Térmica, en base a la cual se puede decidir, entre cierto rango, la temperatura que se utilizará en el tratamiento térmico, siempre y cuando se le aplique por el tiempo que la gráfica lo indique.

El presente trabajo, tiene como tema central, la determinación por medio de un método científico aprobado por el National Canners Association of America, que es el Método General, del proceso térmico necesario que se necesita aplicar a una lata de 202 x 308 que contiene camarones en salmuera para lograr la esterilidad comercial y garantizar el producto.

Sin embargo, el trabajo abarca literatura específica relacionada con los camarones (composición química, reacciones de descomposición más comunes, formas de preservar su calidad, textura, etc), así como tópicos relacionados con el proceso de enlatado de los mismos, como son los distintos tipos de material con los que se fabrican las latas, los tipos de barnices que se utilizan para los mariscos en salmuera, los tres métodos de transferencia de calor, el proceso completo, etc.

II. ANTECEDENTES

A. Generalidades del camarón

Si una planta procesadora está interesada en enlatar camarones en salmuera, es necesario que el tecnólogo tenga conocimientos anatómicos y fisiológicos claros y precisos de cada especie con la que se trabaje, puesto que entre ellas existen diferencias en la constitución, manera de responder a la manipulación, conservación e industrialización.

La forma, tamaño, alimentación, período pre o postre-productivo, etc., crean variantes en la anatomía y fisiología del pez, originando comportamientos diferentes, según vivan en aguas salobres, saladas, o que alternen entre una y otra (Bertullo, 1975).

1. Anatomía

a. Forma

Los camarones pertenecen al orden de los crustáceos. Dentro de éste orden, los que ofrecen interés comercial son los Peneidos (langostinos y camarones), Panilurinae (langosta) y los Crangos (cangrejo). De éstas especies, lo que tiene valor comercial es el músculo, el cual puede tener las siguientes formas:

Unciniforme, o forma de gancho: como la cola de camarón y langostino (familia Paenidae).

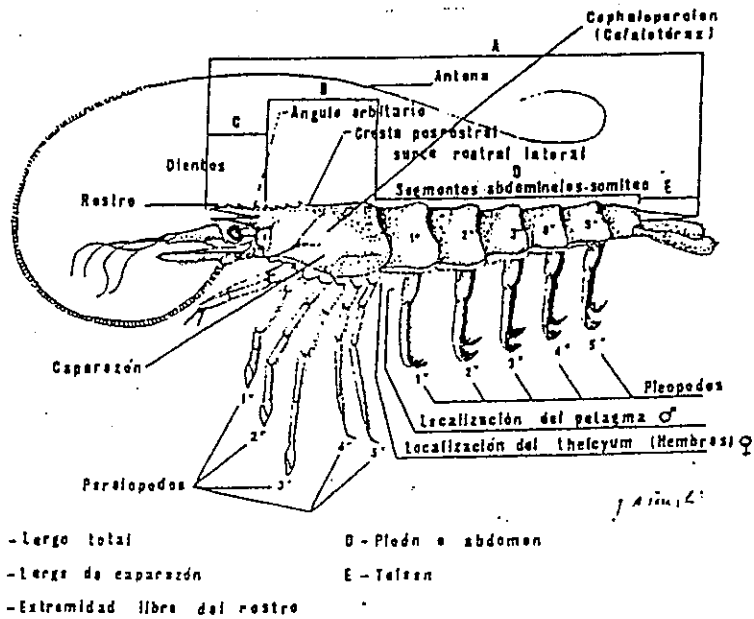
las pinzas, etc.

Filiformes: en forma de hilos, como los músculos dorsales de los cangrejos y centollas.

Las distintas formas, exigen tratamientos diferentes durante su manipulación e industrialización (Bertullo, 1975).

b. Cobertura o protección corpórea

Los crustáceos están protegidos por una cobertura quitinosa, dividida o no en segmentos. Entre los primeros, se encuentran los camarones, langostinos y langostas, y entre los segundos el cangrejo y la centolla. Morfológicamente, el cuerpo del camarón se divide en Cephalon (cabeza), Percion (tórax), Pleon (abdomen) y Telson (región posabdominal). Las dos primeras partes anteriores están fusionadas entre sí y constituyen el cephalopercion o cephalotórax:



Gráfica No. 1: Organización exterior del camarón

Dentro de la organización morfológica y funcional del camarón, el pleon o abdomen constituye el órgano principal de propulsión y natación, formado por seis somitos de gran flexión entre sí (Boschi y Angelescu, 1962).

Tecnológicamente, la región que marca la separación entre el cefalotórax y el abdomen en el camarón, es de gran importancia para determinar su grado de frescura, puesto que allí comienza la acción enzimática del hepatopáncreas, que luego se continúa por el ataque microbiano, encontrándose signos subjetivos indicativos de putrefacción (Bertullo, 1975). La mayor o menor elasticidad de las membranas que unen los segmentos, también son elementos coadyuvantes.

El color grisáceo o ligeramente rosado del langostino, producido por los cromatóforos, cambia cuando el ejemplar o su cola son sometidos a cocción. Esto es debido a la presencia de dos pigmentos, uno azul termolábil y otro colorado termoestable. Cuando el langostino es sometido a temperaturas mayores de 65-70 °C, el primero, astaxantina (carotenalbúmina), se desnaturaliza, apareciendo el rojo sin interferencias y dándole su color característico. El astaceno, pigmento carotenoide, es el que produce esa coloración, pero en determinadas condiciones se va desvaneciendo a través de la oxidación (Bertullo, 1975).

c. Apéndice

En los crustáceos el apéndice no tiene importancia tecnológica.

d. Aberturas

En ciertos productos marítimos, las aberturas tienen importancia tecnológica; por ejemplo, en los peces la boca, las aberturas branquiales y el ano coadyuvan a establecer el grado de frescura del pescado. Sin embargo, en el caso del camarón y de los crustáceos en general, las aberturas no tienen significancia tecnológica (Bertullo, 1975).

e. Esqueleto

En el caso del esqueleto, tampoco es de mayor

importancia; sin embargo, eliminando el cefalotórax, el exoesqueleto se comercializa junto con los músculos abdominales, aunque también suele eliminarse en determinadas ocasiones (Bertullo, 1975).

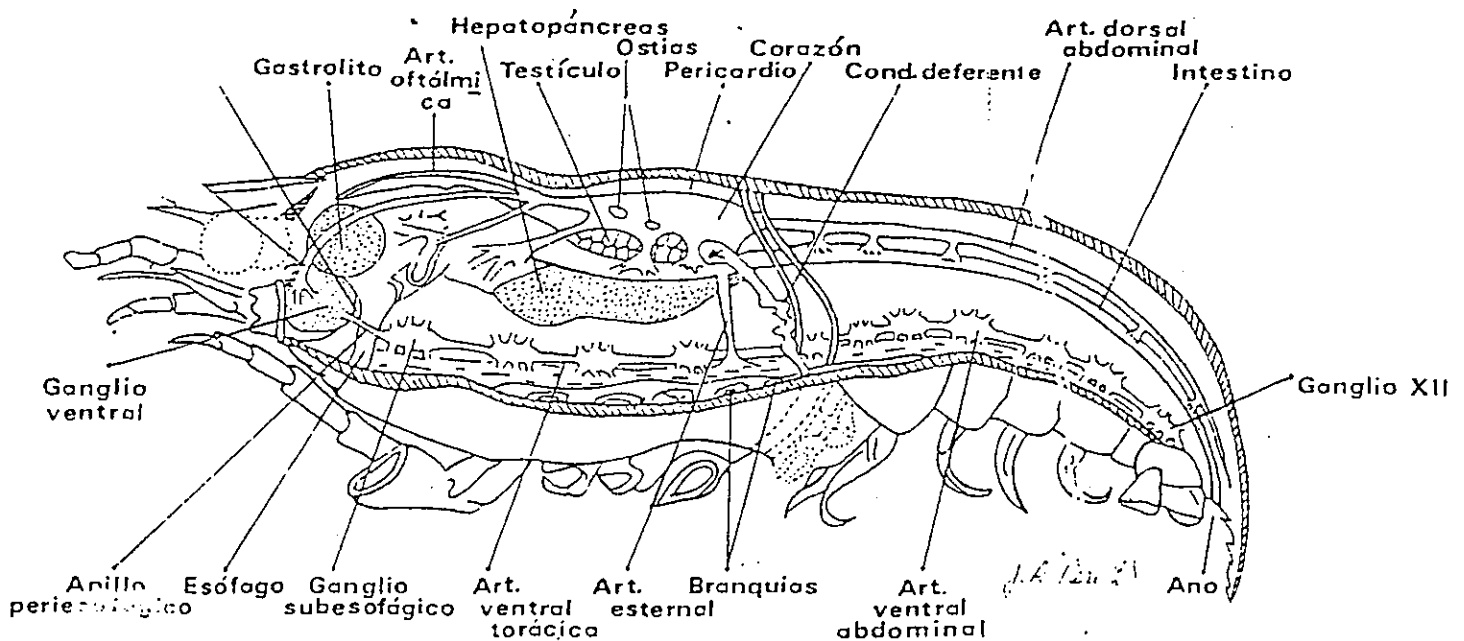
f. Sistema muscular

En los camarones, el sistema muscular estriado está constituido de una manera áltamente intrincada. Los crustáceos en general poseen músculos oblicuos longitudinales, músculos centrales formando monturas musculares, todos pertenecientes al sistema ventral, mientras que el sistema dorsal muscular puede ser dividido en dos partes: una mediana, que consiste en músculos pares retorcidos uno en el otro, y otra lateral, en la que los músculos atraviesan los segmentos particulares en una dirección oblicua. La ordenación longitudinal de los músculos ventrales y el sistema de músculos flexores que poseen los camarones y langostinos, pueden correlacionarse con la habilidad del animal en saltar hacia atrás fuera del agua, por medio de una repentina y violenta contracción del abdomen, mientras el telson se dirige hacia su rostro (Bertullo, 1975).

Durante la industrialización del camarón y el langostino, la contracción muscular hace que éste se enrolle, permitiendo que las máquinas clasificadoras utilizadas en el enlatado puedan trabajar con eficiencia. En la industria se considera como de inferior calidad a la cola del camarón con un "rulo" o enrollado pobre (Jarvis, 1943).

g. Sistema digestivo

En los camarones y langostinos, el sistema digestivo se divide en tres regiones:



Gráfica No. 2: Organización interna del camarón

una región anterior o stomodacum, de gran extensión, que comprende el esófago con la abertura bucal, el estómago con las cámaras cardíaca y pilórica y el divertículo digestivo o hepatopáncreas; una región mediana o mesenteron, que incluye la mayor parte del intestino hasta el 6o somito abdominal, y una región posterior o proctodacum de ubicación posterior en el pleon, reducida a la parte terminal del intestino (rectum y anus). El intestino es rectilíneo y relativamente corto, de aspecto tubular y pared delgada extendiéndose a lo largo del

cuerpo por un plano superior y mediano de las cavidades viscerales del cefalopercion y del pleon. El orificio anal es de posición ventral y se abre sobre la superficie interna del telson a la altura de un plano que comprende los protopoditos de los urópodos. El divertículo digestivo es conocido también como glándula digestiva y está anexa al tubo digestivo; cumple con una actividad metabólica en los procesos de absorción y degestión muy semejante a las del hígado y páncreas en los vertebrados, razón por la cual se le ha asignado el término de hepatopáncreas. El hepatopáncreas está ubicado en la región céntrica y posterior de la cavidad visceral del cefalopercion y se despliega en dos lóbulos que se extienden a cada lado del estómago pilórico y el tramo inicial del intestino. Las partes laterales se tocan entre sí por encima del conducto intestinal y en las hembras sexualmente maduras todo el conjunto se halla cubierto por los ovarios. La glándula tiene en estado fresco un color pardo-rosado y alcanza un gran tamaño en los ejemplares adultos en relación con el peso total del cuerpo. La masa glandular se compone de numerosos tubos ciegos yuxtapuestos y de diámetro muy reducido y todos desembocan en la parte interna e inferior de la glándula, la cual está adherida a la pared del estómago pilórico (Bertullo, 1975).

Los camarones y langostinos se alimentan de detritos orgánicos y pequeños organismos bentónicos, siendo carnívoras algunas especies en su estado adulto (Boschi, 1963). La digestión es muy rápida, cumpliéndose antes de las 6 horas de

ingerido el alimento. Tecnológicamente, es importante observar lo siguiente:

a) La actividad del hepatopáncreas continúa una vez muerto el animal, digiriendo la zona que separa el cefalotórax del abdomen, haciendo que el camarón presente la cabeza "suelta" o "floja" y el clásico aspecto del primer segmento muscular de la cola producido por la acción enzimática, la cual precede a la contaminación bacteriana.

b) La acción enzimática del hepatopáncreas produce en los obreros que proceden al descabezado, una digestión de la piel de las papilas dactilares, incapacitándolos por lo doloroso de las heridas, que generalmente se infectan.

c) La característica disposición del intestino en el camarón, langostino y langosta obliga a su eliminación por estar llenos de limo y arena, lo que origina un rechazo en el consumidor por razones estéticas (Bertullo, 1975).

h. Sistema respiratorio y circulatorio

En los crustáceos, la respiración se lleva a cabo por medio de las branquias, cuya cantidad varía desde 21 en el palinurus hasta 80 en el cangrejo común. La cavidad corpórea está dividida en compartimientos, la mayor parte de los cuales contienen sangre y son porciones del sistema vascular, constituido por una coraza contráctil y la sangre es tomada de éste y trasladada por arterias a los distintos órganos para volver al sinus pericardial por los senos y las venas. La

sangre no presenta características destacables. Tecnológicamente, es importante la aparición de unas manchas negras en la cola del camarón y langostino, las cuales son causadas por la acción de la tirosinasa que produce el hepatopáncreas y que es transportado por la sangre. Esta enzima ataca la tirosina y es entonces cuando aparecen las manchas negras.

El ennegrecimiento o melanosis del camarón es un defecto común tanto en ejemplares enteros como descabezados. Se desarrolla primero en la cola y región de la cabeza, luego en la parte baja del abdomen a lo largo de los segmentos y sube con lentitud hasta llegar a manchar la carne (Bertullo, 1975).

i. Reproducción

En los crustáceos los sexos están separados, pero el almacenamiento de los huevos puede ser interno como en el caso del langostino (familia Pennidae) o externo, como en el caso de los cangrejos y centollas (Bertullo, 1975).

j. Sistema excretorio

En los camarones y en los crustáceos en general, el sistema excretorio carece de importancia tecnológica.

2. Especies de importancia tecnológica que pueden capturarse

Langostinos (*Mhimenopeneus mulleri*); langostino (*Penaeus aztecus*) y camarón (*Artemesia longinaris*) (Bertullo, 1975). Dentro de los nombres "vulgares" o comunes, se suele designar a éstas especies de Penidae de dos maneras distintas: como "langostino", al espécimen de color rosado rojizo, y como "camarón" al de color marrón grisáceo. Sin embargo, siempre existen las confusiones debido a que en cada región o país se acostumbra llamar al camarón o langostino de diversas formas.

3. Areas de pesca de los camarones

Desde el punto de vista industrial-comercial de los camarones enlatados en salmuera, es necesario tener conocimiento de cuáles son las áreas de pesca y recolección de la materia prima principal. Muchos de los recursos pesqueros aún no están totalmente estudiados y analizados, mientras otros se encuentran en vías de serlo y presentan un panorama bastante alentador en función del volumen existente, lo que hace necesaria una evaluación muy cuidadosa desde el punto de vista tecnológico.

Es muy importante considerar la distancia que existe entre el área de pesca del camarón y el puerto en el que será desembarcado. Esta distancia tendrá un efecto inherente en factores de calidad, preservación, factores industriales y económicos. A mayor distancia entre el área de pesca y el desembarque, mayor cuidado debe tenerse en la preservación de

la calidad del producto (Temperatura adecuada, medio adecuado).

El camarón de uso e interés comercial es el de la especie *Artemesia Longinaris*, el cual es de un color gris pardo y azulados los bordes de los urópodos. No tiene ninguna mancha particular en su cuerpo. A pesar de que su localidad típica se encuentra cerca de Veracruz, México, su distribución geográfica abarca todo el golfo de México, Florida, Carolina del Sur, Carolina del Norte, Nueva Jersey, Cuba, Jamaica, Santo Domingo, Guayanas, Salvador, Río de Janeiro, Santos, Uruguay, Lagunas de Rocha y de Castillos y áreas circundantes a éstas (Bertullo, 1975).

Los camarones adultos admiten aguas con una salinidad que va desde 33.75 a 36.50%, y temperaturas de superficie del agua de 16 a 31 °C. Habitan en áreas que tienen fondos de fango o arena. Los ejemplares jóvenes crecen en litorales que se comunican con el mar, en ambientes cuya salinidad es mucho menor por estar diluída por el aporte de agua dulce (14-20%). Es una especie nadadora, y tiene el hábito de enterrarse en el sustrato durante las horas de luz solar. Habita a 13 brazas de profundidad, y su color, cuando está vivo, es pardo con muchos cromatóforos en los pleópodos, siendo los bordes de las láminas laterotergal de color rojo y azul (Bertullo, 1975).

El langostino, clasificado ahora como *Penaeus aztecus*, cubre una gran zona geográfica a lo largo del litoral sudamericano, desde Río de Janeiro, Brasil, a 23° de latitud

sur, hasta Puerto Deseado (Argentina) a 48° de latitud sur (Angelescu y Boschi, 1959). Por lo general, se encuentra en la región de aguas costeras de profundidad reducida, entre 3 y 12 brazas. Para el langostino, el factor ambiental de mayor importancia es la temperatura (Bertullo, 1975).

El área típicamente poblada por langostinos, se sitúa entre los 35 y 20° de latitud sur y 55 y 15° de longitud oeste, a unas 13 brazas de profundidad y en fondo fangoso. En los ejemplares vivos, el color es anaranjado rojizo, con diferentes intensidades. Habitan en aguas cuya temperatura varía de 19 a 23 °C, y una salinidad del 33.27 al 33.94% (Bertullo, 1975). Los fondos de pesca son por lo general de fango o de fango y arena. Tiene hábitos bentónicos, descansa sobre sí mismo, y se nutre de detritos orgánicos y pequeños organismos bentónicos.

4. Modo de transporte del camarón

En el caso de los camarones, una manipulación descuidada a bordo origina, cuando se almacena el producto entero, el desprendimiento de la cabeza que provoca el derrame de los jugos digestivos del hepatopáncreas y una posterior digestión autolítica de la carne que entra en su contacto y que toma un color blanco-cremoso o amarillento. Cuando el producto se descabeza a bordo y luego no se refrigera de modo apropiado, aparece una mancha negra, la cual ya fue mencionada

anteriormente. Asimismo, si la aplicación de hielo no se hace adecuadamente, se produce en el camarón un lavado de la carne y pérdida de su gusto característico. Esto se debe a la pérdida que sufre la glicina, aminoácido que es responsable de aquel gusto (Bertullo, 1975).

También es necesario considerar el tiempo que permanece el camarón en hielo, pues un tiempo muy prolongado influye en forma negativa sobre el rendimiento de la carne. Un almacenamiento de 12 horas después de su captura a 1 °C produce una pérdida de peso de aproximadamente 2 % de la carne colocada en latas herméticamente selladas y esterilizadas con salmuera como medio llenante, mientras que la pérdida aumenta a 4 % cuando se enlata a las 24 horas de estar almacenada a 10 °C (Bertullo, 1975).

La carne de camarón presenta un olor agradable, dulzón, ligeramente amoniacal. La putrefacción del camarón es mucho más violenta que en los peces y moluscos. Se produce un fuerte olor amoniacal, sulfhídrico, con pérdida del aspecto blanco nacarado de la carne. El camarón sufre una pérdida de elasticidad de los músculos de la cola, coloración amarilla fuerte o castaño-amarilla en el extremo, la que se relaciona con el céfalo-tórax producido por la acción enzimática del hepatopáncreas, falta de elasticidad en la articulación normal de los distintos segmentos quitinosos (somites), sequedad de la carne o extremada blandura, o aparición de manchas negras (mencionadas anteriormente), sobre los somitos y en la carne

adyacente, producidas por la acción de la tirosinasa sobre el aminoácido respectivo. Todos éstos síntomas son indicios del grado de alteración y/o putrefacción sufridos por el camarón; por lo tanto se convierten automáticamente en parámetros de control de calidad de recepción de materia prima de una planta procesadora de camarones enlatados.

5. Control de calidad en la recepción de materia prima

Para una planta procesadora de camarones enlatados, es de vital importancia comenzar su proceso con materia prima de óptima calidad, máxime en el caso de los mariscos, debido a los fuertes aromas nocivos que se desarrollan en las especies en vías de putrefacción y a las decoloraciones o aparición de manchas, lo cual provoca inmediatamente un rechazo por parte del consumidor.

No existe duda alguna de que para efectuar un buen control de calidad del camarón, los métodos idóneos y más precisos desde el punto de vista técnico son los métodos bacteriológicos (análisis de laboratorio), puesto que no sólo indican la carga bacteriana, sino también las bacterias de la putrefacción o aquéllas perjudiciales para el hombre. Sin embargo, no son aplicables desde el punto de vista práctico, ya que requieren no sólo un dilatado espacio de tiempo para llegar a una conclusión definitiva, sino además requieren gran cantidad de trabajo y materiales. Esto no coincide con la

necesidad de la industria de disponer con rapidez de la materia prima y de no disminuir, mientras se realizan los análisis y controles, la calidad tecnológica del producto. Por ésa razón, muchas plantas procesadoras, o tal vez la mayoría, no utiliza métodos bacteriológicos para el control de calidad del camarón, a menos de que haya sospecha de contaminación, caso en el que, no tienen otra alternativa que utilizar dichos métodos (Bertullo, 1975).

Esto no quiere decir que no se efectúe control de calidad sobre la materia prima. Para determinar la calidad del camarón, se pueden utilizar métodos de reducción o métodos físicos. Uno de los métodos de reducción más utilizado consiste en la utilización de la sal de tetrazida (2-p-iodophenyl-3-p-nitrophenyl-5-phenyltetrazodium chloride), impregnando papel de filtro, aplicada a la superficie del músculo a investigar, hace que la solución incolora pase al rojo del formazán que se produce. La reacción de reducción con la formación de ésta sal, es causada por los sistemas de dehidrogenasas que producen las células vivientes, estando comprometidas las coenzimas I y II. Al determinarse por lectura colorimétrica la cantidad de formazán producida, puede llegarse a una estimación de la contaminación bacteriana, y por lo tanto, de la calidad del camarón.

Para determinar los grados de calidad y putrefacción del camarón, puede utilizarse papel rojo fenol, con variaciones de pH entre 6.8 y 8.20. En el caso del camarón fresco, no hay

cambio de color. En el caso del camarón que está en vías de alterarse, adquiere un color rosado; y en el caso de los camarones putrefactos adquiere un color rosado fuerte (Bertullo, 1975).

B. Proceso de elaboración de camarones enlatados en salmuera

Desde el punto de vista industrial, el proceso de enlatar camarones en salmuera comienza con la recepción de materia prima.

La planta procesadora recibe el camarón en hielo, ya sea entero o descabezado. El primer paso consiste en un lavado con agua, el cual elimina una elevada cantidad de bacterias y elementos contaminantes agregados. El lavado se efectúa con agua corriente, preferentemente con un contenido de cloro residual libre de 5 ppm con baja dureza y un pH que varíe entre 6.5 y 7.5, a una temperatura de entre 2 y 5 °C.

Finalizada la operación de limpieza del camarón, se procede al descabezado, lo cual se hace manualmente. Seguidamente se hace una clasificación manual del camarón, con la finalidad de eliminar los ejemplares inapropiados para la conserva, por causas como putrefacción, ruptura muscular o avanzado estado de alteración enzimática. En ésta

clasificación manual se separan los camarones de distinto color, representando cada color una especie distinta: café (Penaeus aztecus), azul (Penaeus stylirostris), blanco (Penaeus vannamei), rosado (Penaeus occidentalis) y chacalín (Macrobrachium sp.) (Massanet, 1982). Cuando la clasificación manual está concluida, se procede a una clasificación mecánica del camarón, la cual se hace para separar al camarón por su tamaño, de modo que se forman grupos de camarones de tamaño específico.

Una vez se tiene el camarón descabezado y de un tamaño uniforme, se somete el mismo a un blanqueado, en el cual se utiliza vapor o se sumerge en agua caliente en lapsos que varían entre 20 segundos y 10 minutos. En el blanqueado industrial del camarón, se observa que éste se encuentra ya cocido cuando sube a la superficie del baño de cocción, proceso que dura entre 90 y 180 segundos. Sin embargo, se recomienda que se utilice un tiempo de 3 minutos a una temperatura de 95 °C.

El blanqueado es una operación unitaria que se realiza por varios motivos: a) destrucción de enzimas; b) destrucción de bacterias no esporuladas; c) eliminación de gas o aire atrapados en las células del músculo; d) reducción de humedad del producto al encogerlo; y e) remoción de materia grasa.

El siguiente paso es el pelado del camarón, para lo cual se utilizan dos técnicas: en caliente y en frío. El primero se efectúa cuando la carne se encuentra entre los 60 y 70 °C, inmediatamente después del blanqueado; y el segundo se efectúa luego de ser enfriado con agua. En el pelado en frío, el camarón muestra un tinte rojo con un ligero tono lila, mientras que en caliente presenta un color rojo con un ligero tono naranja. Este último, originado quizás por la oxidación que toma lugar durante el lento enfriado del aire. Se ha comprobado que el pelado en frío posibilita un producto de mejor gusto. En el proceso de pelado, que puede ser manual o mecánico, se desprende no sólo la caparazón quitinosa del camarón, sino también las patas y la parte final de la cola, dejando libre para el siguiente paso la parte del tórax y abdómen del camarón, que es la que contiene la carne utilizable comercialmente.

Cuando el camarón se encuentra limpio, clasificado, blanqueado y pelado, ya está listo para ser envasado. Por tanto, el siguiente paso es el llenado del camarón en las latas sanitarias. El llenado es usualmente manual, aunque hay plantas que tienen llenadoras automáticas. En cualquiera de ambos casos, se introduce en cada lata el peso correspondiente al "peso escurrido" declarado en la etiqueta final, el cual es aproximadamente del 50 al 60 % del peso total. El siguiente paso consiste en llenar la lata con salmuera, la cual tendrá

una fórmula exclusiva que depende de cada fabricante. La salmuera debe estar caliente a la hora del envasado, con el objeto de reducir el "comming up time" del proceso térmico o tiempo de llegada (el cual se explica más adelante), y con el objeto de lograr un mayor vacío parcial a la hora de sellar la lata por la condensación del vapor de agua que ocupa el espacio de cabeza de la misma.

Para la salmuera debe usarse sal limpia, no contaminada y de primer uso. Luego de hervir la salmuera, se debe filtrar ésta por un paño apropiado antes de incorporarla al producto.

Cuando por razones tecnológicas se tenga que utilizar ácidos con el fin de regular el pH y protegerlo de coloraciones inapropiadas, sólo puede utilizarse el acético y los cítricos y lácticos de pureza certificada y aptos para consumo humano.

Todo medio llenante será incorporado a la lata a una temperatura no menor de 70 °C; sin embargo, lo mejor es que la temperatura de la salmuera esté cercana a los 100 °C.

Con el objeto de eliminar todo el aire posible del producto y de la lata, debe someterse antes del sellado a un precalentamiento que asegure una temperatura cercana a los 70 °C y ésto efectuarlo con el líquido llenante o no. La

experiencia demuestra que es mejor sin embargo, trabajar con una temperatura de 80-85 °C, tanto en el precalentamiento como en el líquido llenante, pues es conveniente tener una cobertura de varios grados entre el tiempo de salida del precalentador y el cierre de la lata.

Cuando el producto ya se encuentra envasado y sin aire interno, se procede a sellar herméticamente la lata. Inmediatamente después de sellada la lata, se procede a aplicarle un proceso térmico, con el objeto de lograr la esterilidad comercial del producto final. Esto se logra introduciendo la producción de latas en un autoclave o retorta, en la cual se mantiene el producto por un tiempo específico determinado, a una temperatura y presión específicas. Este tiempo de proceso térmico se determina por distintos métodos en el momento de diseñar el mismo, y depende de varios factores, como son el tipo de alimento a enlatar, su disposición en la retorta, el tamaño de la lata, el método de transferencia de calor dentro de la lata, etc., lo cual se analiza detenidamente más adelante. Los autoclaves utilizados, deben tener registros gráficos de temperatura y presión y cada registro llevará las mismas claves que la producción del día.

Una vez esterilizada la producción de latas, éstas deben enfriarse rápida y bruscamente, pues un enfriamiento brusco tiene un efecto letal sobre los microorganismos presentes.

Para ello se sacan las latas del autoclave o retorta, y se introducen en un baño de agua o salmuera con hielo, el cual tiene una temperatura aproximada de 0 °C. Se mantienen las latas en el baño frío el tiempo necesario, para que la temperatura interna de la lata llegue a unos 5 °C.

Cuando la temperatura interna de la lata llega a 5 °C, las latas son sometidas a un cuidadoso lavado antes del etiquetado o almacenamiento para la maduración. El lavado debe llevarse a cabo con agua y detergente. Toda agua que se utilice en el enfriado de la conserva, así como aquella destinada al lavado de los envases, debe tener como mínimo un contenido de cloro naciente no menor de 5 ppm.

Después del lavado, se procede a secar la lata, lo cual puede hacerse manual o mecánicamente. Mecánicamente puede secarse por corrientes de aire caliente a presión elevada, o introduciendo la producción en recámaras calientes que evaporan el agua adherida a la lata.

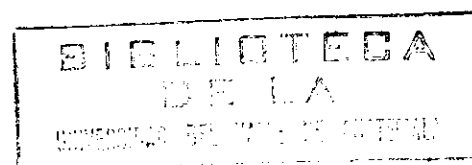
Una vez seca la lata, se procede a etiquetar, empacar en cajas de cartón corrugado y almacenar para su posterior comercialización.

La elaboración de claves son propias de cada industria. Se recomienda que se las elabore sobre la base de un número

que indique: día, mes, año, fábrica y tipo de producción. Se puede fijar en la tapa del envase de dos maneras distintas: por estampado previo o por sellado posterior a la esterilización. El primero tiene la ventaja de ser indeleble, inmodificable, inalterable y de ahorrar tiempo, pues la clave se prepara e imprime fuera de la producción. Presenta un gran inconveniente: si el estampado no es correcto, el golpe del estampador quiebra el esmalte y el estaño interior y produce soluciones de continuidad que pueden luego originar alteraciones en la coloración de la conserva. El segundo método no presenta éste problema, pues la impresión se efectúa con sellos de goma y tinta indeleble, pero pueden ser objeto de alteraciones, adherirse mal a la tapa por una defectuosa limpieza de ésta y originar problemas posteriores.

Es muy raro que para la industria de la pesca se utilicen latas impresas previamente, siendo lo más común la etiqueta. Cada país en América Latina, tiene su criterio propio respecto del etiquetado, así como cada país importador dispone de su reglamento, pero en todo caso, tres elementos son los que se toman en consideración: las normas de calidad, contenido y enunciación.

La etiqueta debe contener todo aquello que atañe al producto. Deben enumerarse los ingredientes utilizados, los preservantes y colorantes utilizados, cuidando que el país



importador autorice su utilización. El contenido debe expresarse en peso neto global y peso neto escurrido.

La enunciación de la etiqueta, debe basarse en un concepto muy importante: la etiqueta debe estar escrita o enunciada en términos tales que cualquier comprador común con información común y por el simple deseo de adquirir lo que está leyendo, pueda recibir lo que esperaba recibir.

Para su comercialización, toda conserva es empacada en cajas de cartón corrugado en cantidades que varían de 6 a 48 piezas, de acuerdo con su volumen y peso. Las cajas deben cerrarse con adhesivo fuerte y luego colocarles flejes, por lo general de plástico, que le darán al recipiente la resistencia requerida. No sólo el empaque facilita el transporte, sino que las latas colocadas firme y comprimidas entre ellas, forman un bloque protegido que resiste los golpes, manipulación descuidada, etc., sin afectar el producto.

Tanto las etiquetas de las latas como las cajas que los contienen deben tener impreso el nombre del país que las elaboró utilizando tanto el idioma nativo como el del país importador.

Una vez elaborados, todos los productos de la pesca deben ser acompañados por certificados de la autoridad competente en

los cuales se indican frescura, sanidad y aptitud del producto para el consumo humano. En Guatemala, la entidad responsable de otorgar éstos certificados es la Dirección General de Servicios de Salud, Departamento de Registro y Control de Alimentos. El certificado recibe el nombre de Registro Sanitario, y para optar a él es necesario llenar una solicitud indicando los datos de la empresa fabricante, tiempo de vida de anaquel del producto, fórmula cualitativa y en el caso de aditivos químicos, es necesario indicar el porcentaje en peso. Debe adjuntarse la licencia sanitaria del establecimiento fabricante, una fotocopia de la misma, tres fotocopias de la etiqueta del producto y dos muestras del producto, las cuales son llevadas al LUCAM para la elaboración de análisis de laboratorio. El análisis está dividido en la sección físico-química y la sección de microbiología. Si el producto cumple con las normas mínimas de calidad para el consumo humano, se otorga el registro sanitario siempre y cuando la etiqueta esté aprobada por el Departamento de Registro y Control de Alimentos.

C. Aspectos microbiológicos

1. Clasificación de los microorganismos

Todos los productos de la pesca son altamente perecederos, y esa condición está dada en parte, por

fenómenos biológicos originados por enzimas, pero también por causas netamente microbiológicas.

La destrucción de los microorganismos por medio de calor es atribuída básicamente a dos factores: la desnaturalización de las proteínas, y la inactivación de las enzimas requeridas para el metabolismo. El tratamiento térmico necesario para destruir los microorganismos o sus esporas, varía con el tipo de organismo, su estado, y su ambiente durante el calentamiento; cuando éstas variables son identificadas y estudiadas, se selecciona el tratamiento térmico adecuado al proceso, el cual dependerá básicamente de tres factores: el efecto que el calor pueda producir en el alimento, otros métodos preservantes a ser utilizados, y como se dijo anteriormente, el tipo de organismos a ser destruídos (Frazier, 1978).

Los organismos que se busca destruir en un proceso térmico, son aquéllos que son capaces de producir descomposición o cambios desfavorables en el alimento. Sin embargo, para poder destruírlos, es necesario identificarlos, de acuerdo a sus propiedades, características y/o facultades. Por tal motivo, los microorganismos se clasifican principalmente de acuerdo a dos parámetros:

- a) Su habilidad para utilizar oxígeno libre; y
- b) Su resistencia al calor.

De acuerdo con la habilidad para utilizar oxígeno libre, los microorganismos se clasifican en: aeróbicos, cuando necesitan oxígeno libre para su existencia; anaeróbicos, cuando crecen mejor en la ausencia de oxígeno libre; y facultativos, cuando crecen adecuadamente en condiciones aerobias o anaerobias. La tensión o la presión parcial del oxígeno en el alimento y el potencial de oxidación-reducción del alimento mismo, tienen una influencia significativa en el tipo de organismos que crecerán en el alimento, y por tanto, en el tipo de cambios que puedan producirse en el mismo (Frazier, 1978).

De acuerdo a su resistencia al calor, las bacterias se clasifican en distintos grupos, debido a que para cada especie bacteriana, existe una temperatura óptima de crecimiento. Esta clasificación puede observarse en la siguiente tabla:

TABLA NO. 1: Clasificación de las bacterias según su temperatura óptima de crecimiento

CLASE	TEMPERATURA MINIMA	TEMPERATURA OPTIMA	TEMPERATURA MAXIMA
Sicrófila	0 °C 32 °F	10-15 °C 50-59 °F	30 °C 86 °F
Mesófila	15-25 °C 59-77 °F	25-37 °C 77-98.6 °F	40-55 °C 104-131 °F
Termófila	25-45 °C 77-113 °F	50-60 °C 122-140 °F	60-90 °C 140-194 °F

Existen grupos de bacterias que resisten altas temperaturas, las cuales se denominan termodúricas; asimismo, existen las que resisten bajas temperaturas, que son las psicrotolerantes. La temperatura determina hasta cierto punto, la tasa de crecimiento, el crecimiento total, el metabolismo, y la forma de la bacteria (Revilla, 1982).

Como puede observarse en la Tabla No. 1, las células (y las esporas) difieren en gran medida en su resistencia a temperaturas altas. Incluso se han observado diferencias en la resistencia al calor de las células o esporas de una misma población. En una población, un pequeño grupo de células tiene una baja resistencia al calor; la gran mayoría tiene una resistencia media; y un pequeño grupo tiene una alta resistencia al calor (Frazier, 1978).

2. Resistencia de los microorganismos al calor

Cuando se desee aplicar un tratamiento térmico para lograr la preservación de un alimento, es necesario considerar ciertos factores que afectan la resistencia al calor de los microorganismos que se quiera destruir. Entre los factores más importantes, se encuentran los siguientes:

a) La relación Temperatura-Tiempo, pues el tiempo de destrucción de las células o esporas, disminuye al incrementar la temperatura aplicada;

b) La concentración inicial de las esporas o células, debido a que mientras mayor sea el número inicial de células o esporas en el medio, mayor será el tratamiento térmico necesario para destruirlas en su totalidad;

c) Historia previa de las células vegetativas o esporas, dado que las condiciones bajo las cuales han crecido las células y se han producido las esporas, así como su tratamiento posterior, influyen su resistencia al calor. Las condiciones de crecimiento incluyen:

- Medio de cultivo. El medio en donde las células crecen y se producen las esporas es especialmente importante, debido a que en general, mientras mejor sea el medio de crecimiento, más resistentes al calor serán las células y/o esporas.

- Temperatura de incubación. En general, la resistencia al calor aumenta si la temperatura de incubación es la óptima o se encuentra cercana a ella. En algunos organismos, la resistencia al calor aumenta si la temperatura del medio es la máxima para el crecimiento.

- Edad o fase de crecimiento. La resistencia al calor de las células vegetativas, varía con la fase de crecimiento; en el caso de las esporas, varía con la edad.

- Deseccación. las esporas secas de algunas bacterias son más difíciles de destruir que aquéllas mantenidas en humedad; sin embargo éste hecho no se observa con todas las bacterias.

d) La composición del sustrato en el que las células o esporas son calentadas. Es de vital importancia considerar la humedad, el pH y la presencia de otros constituyentes en el sustrato.

- Humedad. El calor húmedo es mucho más efectivo para destruir microorganismos, que el calor seco. Los materiales secos requieren más calor para la esterilización que los húmedos.
- Concentración de Hidrógeno o pH. En general, las células y esporas son más resistentes al calor en un sustrato que tenga un pH neutro. Un incremento en acidez o en alcalinidad, acelera la destrucción de organismos por calor, aunque un aumento en acidez es más efectivo que su correspondiente aumento en alcalinidad. Debido a que el grado de acidez tiene una influencia significativa en la resistencia al calor de los microorganismos, así como en su capacidad para desarrollarse, los alimentos enlatados han sido clasificados de la siguiente manera:

- * Alimentos bajos en acidez: son aquéllos que tienen un pH mayor de 5.3. En éste rango, se incluyen las arvejas, el maíz, la lima, los frijoles, la carne, el pescado, las aves y la leche.

- * Alimentos de Acidez media: son aquéllos que tienen un pH entre 5.3 y 4.5. En éste rango, se incluyen alimentos como espinaca, espárragos, remolacha y calabaza.

- * Alimentos Acidos: son aquéllos cuyo pH se encuentra entre 4.5 y 3.7. En éste grupo, se encuentran los tomates, las peras y la piña.

* Alimentos de Acidez alta: son aquéllos que tienen un pH de 3.7 o menor. En éste grupo, se encuentra la col fermentada, fresas, frambuesas, etc. (Frazier, 1978).

- Otros constituyentes en el sustrato. La única sal presente en cantidades apreciables en los alimentos, es el cloruro de sodio, el cual tiene un efecto protector en algunas esporas si se encuentra en bajas concentraciones. El azúcar protege algunos organismos o esporas, pero no otros. La concentración óptima para la protección, varía con el tipo de organismo. Debido a que la concentración de solutos puede afectar el proceso térmico necesario para la esterilización, los alimentos enlatados también se han clasificado en alimentos con alto contenido de sólidos solubles y alimentos con bajo contenido de sólidos solubles (Frazier, 1978).

3. Microbiología de los alimentos enlatados

Existen dos géneros importantes de bacterias que forman esporas. Ambos tienen forma de bastón: uno es aerobio (Bacilo) y otro es anaerobio (Clostridio). Sin embargo, en los procesos térmicos, son los organismos anaerobios los de mayor importancia, y entre ellos, cobra especial relevancia el *Clostridium botulinum*. Existen por lo menos cuatro tipos distintos de ésta bacteria, que son el A, B, C y D. El tipo A, por lo general, sólo se encuentra en suelo virgen o en áreas forestales cultivadas nuevamente, y el tipo B se encuentra en los suelos cultivados. Este organismo es una bacteria

grampositiva, anaerobia y esporógena. Solamente se desarrolla en ausencia de oxígeno atmosférico o en medios circundantes de baja tensión de oxígeno. El organismo existe en forma vegetativa y en forma de espora resistente al calor. La forma vegetativa se destruye fácilmente por medio del calor húmedo a temperaturas menores de 212 °F. Sin embargo, las esporas son mucho más resistentes al calor. Por tanto, las esporas del Clostridium botulinum son la forma importante del organismo desde el punto de vista de enlatado o procesado de alimentos. Este organismo tiene una resistencia al calor a 250 °F de 2.8 minutos por 10,000 esporas por mililitro en una solución buffer neutra de fosfato. Desde un punto de vista de salud pública, los alimentos con valores de pH mayores que 4.5 deben ser procesados de tal forma que el valor de esterilización sea igual a 2.8 minutos a 250 °F (National Canners Association Research Laboratories, 1976). En la industria de alimentos, se utiliza la "esterilización comercial", no la esterilización absoluta. La esterilización absoluta, es definida como un estado completamente libre de todos los microorganismos viables. Sin embargo, para lograr una esterilización completa, el proceso calorífico requerido destruiría la consistencia del producto y los valores nutricionales que contiene. La esterilización comercial se define como:

(a) La ausencia de microorganismos capaces de crecer en el alimento y descomponerlo bajo condiciones normales de almacenamiento; y

(b) La ausencia de microorganismos patógenos capaces de proliferarse en el alimento.

Por lo tanto, para un alimento esterilizado comercialmente, es permisible contener microorganismos viables; sin embargo, éstos no aumentan en número y consecuentemente no causan cambios físicos en el producto alimenticio. No se encuentran patógenos presentes, o son incapaces de reproducirse en el producto (National Cannery Association Research Laboratories, 1976).

La toxina botulina producida por el Clostridium botulinum es soluble en agua y extremadamente letal para el ser humano. Las esporas deben germinar para producir una célula vegetativa que produce la toxina. Para que ésta toxina se destruya, es necesario exponerla durante diez minutos a calor húmedo a 212 °F. Como se dijo anteriormente, existen cuatro tipos diferentes de Clostridium Botulinum; sin embargo, sólo las toxinas tipo A y tipo B son importantes para el hombre. Si se quiere determinar cual es la toxina presente en un medio, se recurre a las reacciones antigénicas, es decir que se administra la antitoxina A y/o B (Desrosier, 1989).

Una condición anaerobia adecuada para el crecimiento de éste organismo puede ser una lata sellada con un vacío; debido a que éste es el caso de los alimentos enlatados, es de vital

importancia destruirlo en su totalidad. Es necesario tener especial cuidado en la exterminación del 100 % de las esporas del *C. botulinum*, puesto que en condiciones favorables, éstas pueden germinar, y sus células vegetativas pueden producir la toxina botulina causando envenenamiento y descomposición del alimento. En el caso de los alimentos enlatados altos en acidez, también es necesaria la exterminación de todas las esporas, pues si bien es cierto que éstas no se desarrollan en un medio ácido, es posible que se desarrollen después de que el ácido haya sido utilizado por otros organismos (mohos por ejemplo), aumentando el pH (Desrosier, 1989).

En la determinación del tratamiento térmico de los alimentos enlatados, es frecuente que se utilice como parámetro el *Costridium botulinum*, debido a que es un organismo termofílico no deseable. Al alcanzar la relación temperatura-tiempo necesaria para su destrucción total, usualmente se destruyen otros organismos no deseables que son menos resistentes al calor. Sin embargo, dependiendo del alimento que se trate, es posible que se requiera la destrucción de un organismo no deseable que tenga una resistencia al calor mayor que el *C. botulinum*; en éste caso, ya no se utiliza éste último como parámetro de determinación del proceso térmico necesario, aunque es poco frecuente.

4. Microbiología del camarón

La microflora más frecuente del camarón, está compuesta por especies de los siguientes géneros: Achromobacter, Coryneforms, Micrococcus, Acinetobacter, Alcalígenes y Pseudomonas (Edwards, P. y W. Ewing, 1972).

En la superficie de los camarones se encuentran bacterias gram-negativas psicotróficas. Los tejidos internos y el sistema sanguíneo son estériles. Las únicas bacterias naturales al ambiente marino potencialmente patógenas son Clostridium botulinum y Vibrio parahemolyticus (Thompson, R. H., 1978).

Se han realizado estudios experimentales sobre la sobrevivencia de las enterobacterias en el agua de mar, así como la incidencia en camarones sin pelar, pelados y en forma de salmuera, obteniendo presencia de coliformes en sólo una muestra de ocho que fueron examinadas (Dahle, H. et. al., 1976). Sin embargo, en otro estudio se obtuvieron conteos de bacterias especialmente de estafilococco, sobre todo en camarones pelados (Herrera, et. al., 1975 y Nickelson, et. al., 1975).

Los peneidos están sujetos a todas las formas básicas de infección que atacan criaturas marinas y terrestres: larvas de

4. Microbiología del camarón

La microflora más frecuente del camarón, está compuesta por especies de los siguientes géneros: Achromobacter, Coryneforms, Micrococcus, Acinetobacter, Alcalígenes y Pseudomonas (Edwards, P. y W. Ewing, 1972).

En la superficie de los camarones se encuentran bacterias gram-negativas psicotróficas. Los tejidos internos y el sistema sanguíneo son estériles. Las únicas bacterias naturales al ambiente marino potencialmente patógenas son Clostridium botulinum y Vibrio parahemolyticus (Thompson, R. H., 1978).

Se han realizado estudios experimentales sobre la sobrevivencia de las enterobacterias en el agua de mar, así como la incidencia en camarones sin pelar, pelados y en forma de salmuera, obteniendo presencia de coliformes en sólo una muestra de ocho que fueron examinadas (Dahle, H. et. al., 1976). Sin embargo, en otro estudio se obtuvieron conteos de bacterias especialmente de estafilococco, sobre todo en camarones pelados (Herrera, et. al., 1975 y Nickelson, et. al., 1975).

Los peneidos están sujetos a todas las formas básicas de infección que atacan criaturas marinas y terrestres: larvas de

meetazoos, protozoos, hongos, bacterias y virus (Massanet, 1982). Los hongos también les ocasionan problemas en el exoesqueleto, como en el caso de Pythium sp. cuya infección es rápida y causa mortalidad en tanques de cultivo (Hanson, J. y L. Goodwin, 1977).

Un estudio realizado en Guatemala en 1980, analiza la contaminación microbiana de los camarones vendidos en forma de ceviche. Los resultados revelan una innumerable lista de bacterias que están presentes y que son patógenas al hombre. Tal es el caso de Shigella sp., Enterobacter sp., Proteus sp., Pseudomonas sp., Alcaligenes sp., Aeromonas sp., Flavobacterium sp. y otras más (Ubico, 1980).

Microbiológicamente se sabe que las salmonellas no existen originalmente en el camarón ni en otras especies marinas. Si bien el consumo de éste alimento ha causado repetidas veces intoxicaciones alimentarias causadas por aquellas, éstas bacterias toman contacto con el camarón mientras se procesa y proliferan durante éste período (Massanet, 1982). También hay posibilidad de que las salmonellas y otras bacterias colonicen al camarón cuando éste procede de aguas costeras contaminadas (Massanet, 1982).

Sin embargo, se ha demostrado que las salmonellas no son capaces de vivir mucho tiempo en el agua de mar. A los pocos

días de haberla contaminado, ésta se autopurifica principalmente por la dilución que sufre, a las corrientes marinas, a la sedimentación, absorción, oxidación y actividades ejercidas por la temperatura y la luz, así como por otros microorganismos (Massanet, 1982).

Los rayos gamma pueden disminuir la cantidad de bacterias así como su crecimiento. Asimismo, las temperaturas altas terminan con la mayoría de las bacterias.

5. Descomposición de los alimentos

La descomposición de los alimentos es un proceso natural y lógicamente, no deseable. Sin embargo, no existe una definición universal ni un criterio unificado sobre el concepto de descomposición de alimentos. Es un término relativo, ya que lo que para cierta gente puede ser un alimento descompuesto, para otra gente puede ser un alimento totalmente comestible. Ejemplo de esto, son ciertos tipos de quesos, yogourt, y los huevos, que son considerados comestibles por los orientales cuando están parcialmente descompuestos (Desrosier, 1989).

La descomposición de los alimentos se debe a una o más de las siguientes causas:

1. Crecimiento y actividad de los microorganismos (u ocasionalmente formas superiores)
2. La acción de las enzimas que se encuentran por naturaleza en el alimento.
3. Las reacciones químicas no catalizadas por enzimas
4. Cambios físicos, los cuales pueden ser causados por congelamiento, quemado, secado, presión, etc.
5. Insectos (Frazier, 1978).

El tipo de descomposición de un alimento en particular, depende en gran medida de su composición, estructura, tipos de microorganismos involucrados y las condiciones de almacenamiento del alimento. Otros factores que controlan el tipo y grado de la descomposición microbiana de los alimentos son el contenido de humedad, la temperatura, la concentración de oxígeno, los nutrientes disponibles, el grado de contaminación con los microorganismos de la fermentación y la presencia de inhibidores del crecimiento (Desrosier, 1989).

6. Descomposición de los alimentos enlatados

La descomposición de los alimentos tratados térmicamente puede tener una causa química, una causa biológica o ambos. En los alimentos enlatados, el tipo más importante de descomposición química es el hinchamiento por hidrógeno, que

resulta de la presión del gas hidrógeno producido por la acción del ácido de un alimento sobre el hierro de la lata (Frazier, 1978).

La descomposición biológica de los alimentos enlatados, causada por microorganismos, es consecuencia de uno de los dos factores siguientes:

- (1) La supervivencia de microorganismos después del tratamiento térmico; y
- (2) La presencia de una fuga o escape de la lata después del tratamiento térmico, permitiendo la entrada de los organismos (Frazier, 1978).

Las bacterias que producen descomposición en los alimentos enlatados, pueden ser clasificados de acuerdo a los cambios que producen o a sus propias características. Así, una clasificación utilizada para la descomposición de los alimentos enlatados es:

- (1) Descomposición causada por bacterias termofílicas formadoras de esporas;
- (2) Descomposición causada por bacterias mesofílicas formadoras de esporas;
- (3) Descomposición causada por bacterias no formadoras de esporas;
- (4) Descomposición causada por levaduras; y
- (5) Descomposición causada por hongos (Frazier, 1978).

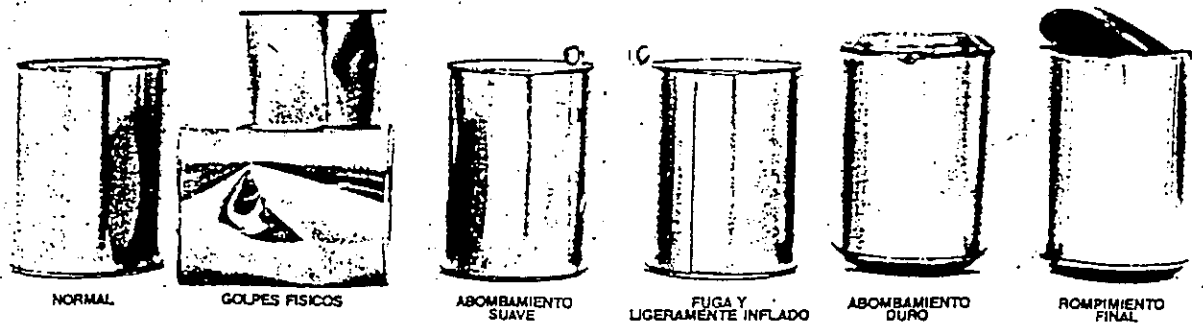
Existen tres tipos de descomposición causada por bacterias termofílicas formadoras de esporas: Descomposición ácida plana, descomposición de las bacterias anaerobias termofílicas no productoras de sulfuro de hidrógeno (abreviado Descomposición TA), y descomposición por sulfuro (Frazier, 1978).

En la descomposición ácida plana, se produce la formación de ácido, pero no se produce gas; por tanto, no se produce una presión interna y las tapaderas de la lata no se doblan, sino se mantienen planas; de allí el origen de su nombre. Este tipo de descomposición ocurre casi exclusivamente en los alimentos bajos en acidez. En la descomposición TA, existe la formación de ácido y de gas. El gas producido es una combinación de dióxido de carbono e hidrógeno (Frazier, 1978). Este gas produce una presión interna, la cual causa hinchazón de la lata, y en un caso extremo, explosión de la misma. Este tipo de descomposición se produce en los alimentos de baja y mediana acidez. En la descomposición por sulfuro, se producen grandes cantidades de sulfuro de hidrógeno, el cual torna el alimento más oscuro (Tanner, 1946).

Existen dos tipos principales de descomposición causada por bacterias mesofílicas formadoras de esporas: Descomposición por especies de *Clostridium* y descomposición por especies de *Bacillus*. La descomposición por especies

Clostridium causa el tipo de fermentación de ácido butírico en alimentos ácidos o medianamente ácidos, provocando un hinchamiento de la lata por la formación de dióxido de carbono e hidrógeno. También se encuentran las especies proteolíticas o putrefactivas (como el *C. botulinum*), las cuales descomponen proteínas con la producción de compuestos de mal olor como sulfuro de hidrógeno, amonio, etc. Los anaerobios putrefactivos, se desarrollan mejor en los alimentos enlatados de baja acidez, como arvejas, maíz, carnes, pescado, etc. La descomposición por especies *Bacillus* no es frecuente en alimentos enlatados. Sin embargo, se ha reportado el crecimiento de *B. subtilis* y *B. mesentericus* en algunos alimentos enlatados, usualmente aquéllos que tienen un vacío pobre (Frazier, 1978).

Las levaduras no son organismos de importancia en la descomposición de los alimentos enlatados, al igual que los hongos. Estos microorganismos rara vez causan descomposición (Tanner, 1946). En la siguiente gráfica, puede observarse la apariencia de una lata como consecuencia del tipo de descomposición de su contenido:



Gráfica No. 3: Lata normal y latas de alimentos descompuestos

7. Factores Responsables de la descomposición de los alimentos enlatados

La descomposición microbiológica en los alimentos enlatados usualmente es indicado por un hinchamiento del recipiente. Cuando no se encuentran presentes signos externos anormales, la descomposición puede ser indicada por un olor o apariencia anormal del producto. Las causas de éstas condiciones generales, usualmente están relacionadas con uno o más de los siguientes factores:

(1) Procesamiento insuficiente, que permite la supervivencia de microorganismos mesofílicos o termofílicos. Un procesamiento insuficiente es aquel en el que la relación temperatura-tiempo no destruye la totalidad de los organismos

causantes de descomposición;

(2) Enfriamiento inadecuado después del procesamiento y/o condiciones de almacenamiento y distribución, que permite el crecimiento de varios microorganismos; y

(3) Presencia de fugas o escapes en la lata, permitiendo a los microorganismos contaminar el producto después del procesamiento (American Public Health, 1976).

D. Latas sanitarias utilizadas en la industria de alimentos enlatados

1. Materiales Utilizados

En el enlatado de alimentos, el material que más se utiliza es el acero, aunque también se han utilizado el hierro y el aluminio. Actualmente, las latas son fabricadas de láminas de acero de alrededor de 0.01 pulg. de grosor, usualmente cubiertas con una pequeña capa de estaño en ambos lados (National Canners Association Research Laboratories, 1968). Esta capa cumple con dos propósitos principales: primero, cubrir la superficie de la lámina de acero para prevenir el enmohecimiento; y segundo, actuar como un medio por medio del cual partes de la lámina son unidos por soldamiento (National Canners Association, 1973).

Hay dos métodos comunes para impregnar la capa de estaño a la lámina de acero: el primer método consiste en introducir las láminas de acero en un baño de estaño derretido, mientras el segundo método (que es el más usado actualmente) consiste en un procedimiento electrolítico, en el cual se logra un recubrimiento de estaño por un proceso de electrodeposición (National Canners Association, 1973).

En los alimentos enlatados, es de importancia conocer qué cantidad de estaño contienen las latas. Por tal razón, se desarrolló el concepto de libras de estaño por caja base. Una caja base es la cantidad de lámina estañada equivalente a 112 cuadros de 14 x 20 pulg. de tamaño, o el área en un lado de 31,360 plg cuadradas. Una libra de estaño por caja base produce un recubrimiento de aproximadamente 60 millonésimas de pulgada de grosor por lado (National Canners Association Research Laboratories, 1968).

En la tabla No. 2, se observan los distintos tipos de lata disponibles, y sus nombres comunes:

TABLA No. 2: Tipos de lámina estañada
disponibles para latas

Tin per base box (lb)	Trade Name of Plate	Process Used
0.10	No. 10	Electrolytic
0.25	No. 25	"
0.50	No. 50	"
0.75	No. 75	"
1.00	No. 100	"
1.35	No. 135	"
1.00 on one side and 0.25 on the other side ¹	No. 100-25 (differentially coated)	"
1.25	Common coke	Hot dip ²
1.50	Standard coke	" "
1.70	Best coke	" "
2.00	Kammers Special coke	" "
Over 2.00	Charcoal	" "

2. Lacas, barnices y revestimientos utilizados en envases de alimentos con alto contenido de azufre

La gran mayoría de los alimentos enlatados necesitan para su mejor preservación, una laca o barniz protector además de la capa de estaño que lleva el metal. El tipo de laca o barniz de la lata depende del tipo de alimento que se vaya a enlatar, así como de sus características intrínsecas (pH, composición química, presencia de pigmentos, etc.).

Desde el principio de la industria de los alimentos

enlatados, el tecnólogo ha tenido que superar el problema de los productos que presentan manchado por sulfuros. Debido a que todos los alimentos que contienen alto contenido de azufre presentan éste problema, se le ha brindado especial atención. Entre éstos se encuentran las semillas de legumbres como arvejas y judías, bretones, coliflor, pescado como atún y sardinas, mondongo, crustáceos (camarones), moluscos y caracoles (González, 1984).

Estos productos azufrados contienen proteínas cuyos aminoácidos se descomponen durante el proceso térmico para esterilización, produciendo compuestos de azufre capaces de combinarse con los metales presentes. Entre éstos compuestos, pueden estar mercaptano, sulfuro y sulfuros ácidos, los cuales reaccionan fácilmente con el estaño, formando un precipitado adherente de color azul o púrpura (González, 1984).

En las imperfecciones del recubrimiento de estaño, se presenta reacción con el hierro dando un precipitado negro grumoso, que aunque no tiene efectos tóxicos, sí daña la imagen del envase. Si se quieren eliminar éstos fenómenos, es necesario recurrir a las lacas.

Cuando se habla de alimentos con alto contenido de azufre es indispensable hacer una distinción entre productos sólidos y productos líquidos. Los productos sólidos incluyen jamón,

paté de carne y pescado sólido como atún que no esté en salsa. Este tipo de artículos requiere una laca que actúe como barrera a los productos del azufre, y que por lo tanto evitará el manchado por sulfuros de la hojalata. Este tipo de lacas son de alta impermeabilidad al ión sulfuro, como las fenólicas y epoxifenólicas pigmentadas con polvo de aluminio (González, 1984).

Durante muchos años, las lacas fenólicas fueron las generalmente aceptadas como barreras para el azufre en muchos tipos de productos. En muchos casos, sin embargo, se ha dado un cambio a mezclas de lacas epoxifenólicas, principalmente para paté de carne y pescado. Esto se debe al hecho de que las latas epoxifenólicas tienen mayor resistencia que las fenólicas a los solifosfatos y otros preservantes que actualmente se usan. Por otro lado, las lacas epoxifenólicas tienen mayor resistencia a los sulfuros que las fenólicas puras, y ésto ha hecho una práctica normal la incorporación de pigmento de aluminio para evitar un eventual manchado por sulfuros. Es normal encontrar que inhibidores de la aglomeración de carnes se agreguen a éstas lacas para facilitar la remoción del contenido del envase en el momento de abrirlo (parafinas).

En el caso de los productos líquidos, como los camarones enlatados en salmuera, los productos sulfurados que se forman

en el alimento se pueden mover libremente a través del líquido y se concentran principalmente en el espacio libre del envase. Si un recubrimiento tipo barrera fuera utilizado, éstos productos podrían provocar un olor desagradable al momento de abrir el envase. Por ésta razón, es necesario absorber y neutralizar los productos sulfurados que se han liberado (Pilley, 1981).

Hay dos formas de hacerlo, siendo la primera el uso de lacas oleorresinosas pigmentadas con óxido de cinc. Durante la esterilización, éstas lacas se ablandan por la influencia del calor, lo cual permite que los compuestos de azufre reaccionen con el óxido de cinc. La reacción produce sulfuro de cinc, que es de color blanco y no es peligroso.

Es posible usar éste tipo de lacas en el cuerpo y el fondo del envase, pero lo más normal es utilizar una laca fenólica o epoxifenólica en el cuerpo para mejorar la resistencia al quemado cerca a la costura lateral durante la operación de soldeo. La cantidad de óxido de cinc usada en los dos fondos es suficiente para absorber y neutralizar los compuestos de azufre liberados. Para los camarones, que contienen una alta cantidad de azufre, se utiliza laca pigmentada en todo el envase.

El segundo método consiste en dejar el cuerpo sin lacar.

Los productos son removidos por reacción en la superficie de la lata que consecuentemente, se ennegrece. Aunque ésto no es peligroso, da una apariencia desagradable. Para reducir éste efecto, los fondos de algunos envases son lacados, para que cuando sea abierto tenga una apariencia limpia e higiénica (Pilley, 1981).

3. Forma de sellado

Para fabricar una lata, a partir de la lámina estañada, se sigue un orden específico. Primero se cortan las distintas partes de la lata: el cuerpo y los extremos. Luego, los extremos muertos del cuerpo son ranurados, encorvados, enganchados y aplanados para formar una costura lateral. Seguidamente es aplicada una soldadura en la superficie exterior de la costura lateral, y los extremos del cuerpo son torcidos exteriormente en forma especial, para hacer el reborde (Desrosier, 1989). Este procedimiento puede observarse mediante la siguiente gráfica:

GRAFICA No. 4: Fabricación de una lata sanitaria

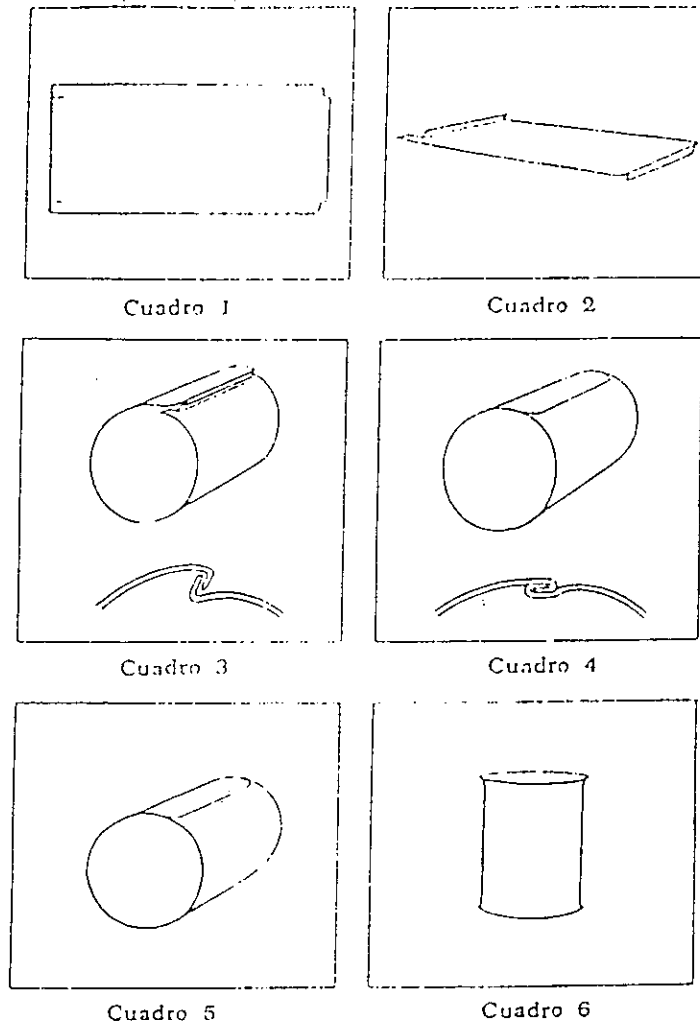
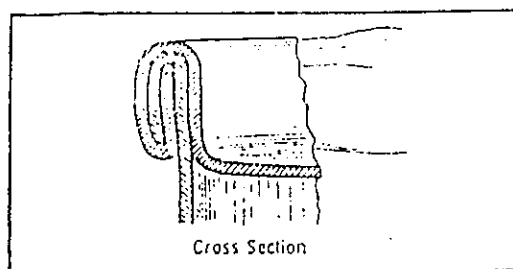


FIG. 48. Fabricación de una lata sanitaria. Pasos en la formación de las latas. Un extremo de la lata es sellado por el fabricante de latas y el otro por el procesador de alimentos. (1) Los extremos muertos son ramurados; (2) en-corvados; (3) los extremos muertos son enganchados y formados alrededor del formador del cuerpo; (4) el gancho muerto enganchado es aplastado para formar una costura lateral; (5) es aplicada soldadura en la superficie exterior de la costura lateral, y (6) los extremos del cuerpo son torcidos exteriormente en forma especial para hacer el "reburde"

Para lograr un sellado hermético entre el cuerpo de la lata y los extremos, es necesario aplicar un material sellador durante la fabricación. Por tal motivo, se desarrolló un compuesto líquido que puede ser aplicado desde una boquilla hacia la posición deseada. Sin embargo, siempre se recurre a la "costura doble", la cual es la parte de la lata formada por la unión del cuerpo de la lata y los extremos. Se forma así, un gancho que se traba formando una estructura mecánica muy fuerte, la cual puede observarse en la siguiente figura:

GRAFICA No. 5: Diagrama de una costura doble



NORMAL SEAM

El compuesto sellador y el enganchado mecánico del cuerpo de la lata con el extremo, trabajan conjuntamente para lograr una costura doble herméticamente sellada. Ninguno de éstos es capaz de sellar herméticamente una lata por sí solo (National Cannery Association, 1973).

4. Importancia de un vacío

En la industria del enlatado de alimentos, se entiende por "vacío" la diferencia que existe entre la presión interna y la presión externa de una lata, y usualmente es medido con un tubo de tipo Bourdon, el cual mide el vacío en pulgadas (National Canners Association Research Laboratories, 1968).

Una condición de vacío parcial es conveniente en los alimentos enlatados por razones biológicas, químicas y físicas. Biológicamente un vacío es importante, porque restringe el crecimiento de los organismos aerobios. Químicamente, es importante eliminar el oxígeno del aire en la parte superior del recipiente, debido a que los vacíos en los recipientes de alimento ayudan a evitar cambios químicos en el alimento tales como oxidación de grasas o vitaminas, evitar la decoloración de algunos productos, proteger el sabor, evitar la ranciedad debida a oxidación y retardar la corrosión de la placa de estaño (Desrosier, 1989).

Desde un punto de vista físico, un vacío es importante en el mantenimiento de los extremos cóncavos de las latas y en la reducción de la presión dentro de los recipientes, mientras están siendo tratados térmicamente (Desrosier, 1989).

E. Procesos Térmicos

1. Mecanismos de transferencia de calor

El calor es una forma de energía medida en términos de calorías o de unidades térmicas británicas (Desrosier, 1989). La aplicación o remoción de energía, está envuelta en muchos puntos en la producción de alimentos. Al calentar una sustancia, sus moléculas adquieren movilidad y son agitadas. La energía se transfiere de la fuente de calor hacia el alimento, el cual es calentado por radiación, conducción o convección. En la mayoría de los casos, se encuentra involucrado más de un mecanismo (Charley, 1982).

En la radiación, las fuentes de calor son unidades de energía conocidas como "quanta", que viajan como ondas electromagnéticas o rayos. Estos rayos infrarrojos son más largos que los de la luz visible, pero más cortos que los de la radio y del sonido. Cuando la energía es transmitida por radiación, ésta va directamente de la fuente hacia el objeto calentado, sin ser asistido por un medio que intervenga. De hecho, una superficie que intervenga, sólo disminuye la cantidad de energía transmitida por radiación. La radiación es un rápido método de calentamiento, ya que la energía radiante viaja con la velocidad de la luz. A pesar de que los rayos de

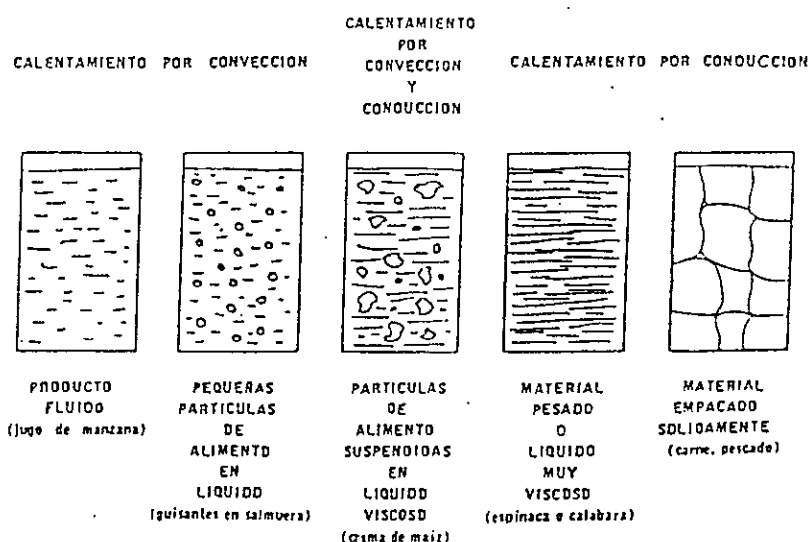
energía viajan en línea recta, sí se despliegan al salir de la fuente. Por tanto, mientras más lejos se encuentre un objeto de la fuente de energía radiante, menos rayos recibe y menos se calienta (Charley, 1982). Cuando el calor viaja por conducción, la energía cinética o agitación, es transmitida de molécula a molécula. Un cuerpo frío es calentado por conducción, sólo cuando está en contacto directo con una superficie de calor. La conducción es un mecanismo de transferencia de calor comparativamente lento, aunque algunos materiales son mejores conductores que otros (Charley, 1982).

Un tercer mecanismo de transferencia de calor, es por medio de las corrientes de convección. La energía que realiza el calentamiento arriba por aire, agua o grasa líquida. Cuando un gas o un líquido es calentado, se pone menos denso que su contraparte fría. Los gases y los líquidos calientes "suben" en el recipiente, y los fríos fluyen hacia abajo, donde el calor es aplicado. Esto establece un flujo de abajo hacia arriba y luego de arriba hacia abajo. Este flujo circular de corrientes de convección, tiende a mantener la temperatura algo uniforme a través del medio. A pesar de que las corrientes de agua, aire y grasa caliente, pueden circular rápidamente al objeto que se está calentando, la energía debe pasar del medio caliente al objetivo por medio de conducción (Charley, 1982).

2. Características de la penetración de calor en alimentos enlatados

Cuando una lata de alimento es sellada herméticamente y colocada en un recipiente de vapor a presión, el calor es transferido del cuerpo caliente (cámara de vapor) al cuerpo frío (la lata de alimento). El mecanismo de transferencia de calor en el alimento enlatado puede ser dividido en clases definidas (mencionadas anteriormente). Es posible, hasta cierto punto, colocar el alimento dentro de las clases de transferencia de calor conociendo sus características físicas (Desrosier, 1989). En la siguiente gráfica, se observa una clasificación de los mecanismos de transferencia de calor, respecto de las propiedades físicas del alimento enlatado:

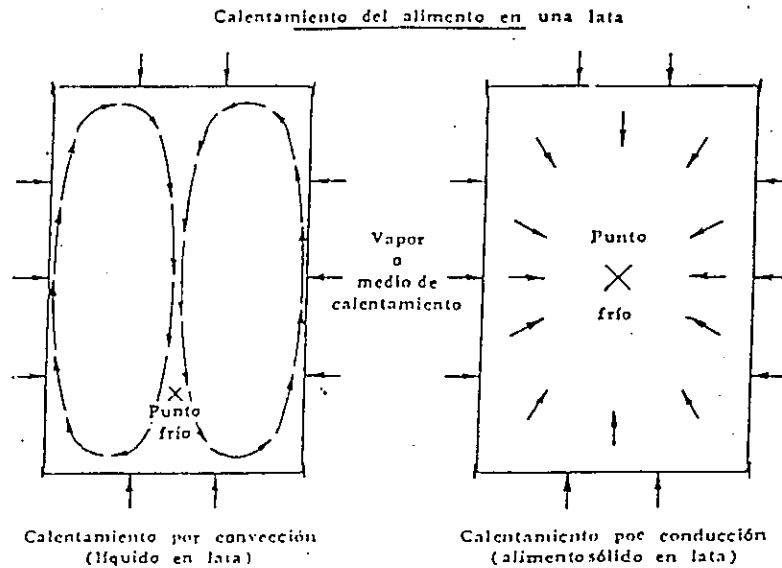
GRAFICA No. 6: Clases de transferencia de calor de productos alimenticios



El calor es transferido por conducción del vapor a la lata y de la lata a su contenido. El contenido de la lata se calienta por corrientes de convección o por conducción. En algunos casos, se calienta primero por un método, y después por otro. Los alimentos enlatados calentados por convección, tienen una mejor oportunidad de sobrevivir el proceso en mejor condición que aquéllos que requieran que el calor sea transmitido por conducción, lo cual es más lento y por tanto requiere más tiempo (Desrosier, 1989).

Cuando se le aplica calor a un recipiente herméticamente sellado, no todos los puntos se encuentran a la misma temperatura. Existe una zona en donde el calentamiento es más lento, la cual es llamada punto frío del recipiente. Es ésta, la zona más difícil de esterilizar, debido al retraso en el calentamiento. En los productos calentados principalmente por convección, el punto frío se encuentra sobre el eje vertical, cerca del fondo del recipiente. En cambio, en los productos calentados por conducción, el punto frío se encuentra en el centro de la lata, sobre el eje vertical. Esto puede apreciarse en la siguiente gráfica:

GRAFICA No. 7: Punto frío de calentamiento para productos por convección y conducción



Para medir la penetración de calor adentro de los alimentos enlatados, el método más satisfactorio es el uso de los termopares, los cuales están formados por dos alambres de metales disimilares soldados juntos en los extremos. Si los extremos de éstos alambres son puestos a diferentes temperaturas, se desarrolla un voltaje capaz de ser medido, el cual está relacionado con la diferencia de temperatura entre los dos extremos del termopar. De ésta manera, es posible seguir los cambios de temperatura en una lata que esté colocada dentro de una retorta (Desrosier, 1989).

Existen varios factores que influyen la razón de penetración de calor en los alimentos enlatados; los más importantes son los siguientes:

- (1) Forma y tamaño de la lata
- (2) Consistencia del producto alimenticio
- (3) Reacción del alimento
- (4) Localización de la lata adentro de la retorta
- (5) Agitación
- (6) Temperatura inicial
- (7) Temperatura de la retorta

3. Procesos térmicos en el enlatado de alimentos

En el enlatado de alimentos, el término "proceso térmico" se refiere a la aplicación de calor a un recipiente herméticamente sellado durante un tiempo específico, a una temperatura específica, bajo un set de condiciones específicas (National Canners Association Research Laboratories, 1976). El propósito o el objetivo final de un proceso térmico, es obtener la esterilización comercial del producto, la cual debe lograrse con el menor efecto adverso posible en la calidad.

En los alimentos bajos en acidez (pH de 4.5 o mayor), se define la esterilización comercial como la condición en la cual todas las esporas *C. botulinum* y todas las demás

bacterias patogénicas han sido destruídas, así como organismos más resistentes al calor, que de estar presentes podrían producir descomposición y cambios no deseables bajo condiciones normales de almacenamiento y distribución (National Canners Association Research Laboratories, 1976).

A pesar de que es posible la destrucción de cualquier número de esporas resistentes al calor en un alimento enlatado, es posible que después del proceso el alimento quede tan dañado, que ya no pueda ser vendido al consumidor (Tanner, 1946). En el caso de que un alimento bajo en acidez no soporte el proceso térmico, es decir la presión de la retorta y la temperatura por el tiempo de aplicación, se opta por aplicar procesos de acidificación controlada, en los cuales se baja el pH del alimento a un pH menor o igual a 4.5, el cual es suficiente para inhibir el crecimiento del *C. botulinum*. En tales casos, los procedimientos de acidificación deben ser cuidadosamente controlados, y un número adecuado de las muestras acidificadas deben ser examinadas periódicamente con un potenciómetro, utilizando un electrodo de vidrio (National Canners Association Research Laboratories, 1976). En algunos casos, al acidificar productos alimenticios bajos en acidez, el equilibrio del pH no se alcanza sino hasta varios días después. Por lo tanto, para determinar su pH, es necesario mezclar el contenido de la lata en un desintegrador eléctrico, como el mezclador tipo Waring (National Canners Association

Research Laboratories, 1976).

Existen varios métodos que se utilizan en el procesamiento de alimentos enlatados; sin embargo, los métodos que más se utilizan en la actualidad son dos: vapor seco y agua caliente. Estudios realizados sobre éstos dos métodos, muestran que no existe diferencia alguna en la razón de penetración de calor, ya sea procesando con vapor o con agua caliente (bajo presión de vapor) (Tanner, 1946).

En los procesamientos térmicos, es necesario conocer el tiempo y la temperatura requeridos para esterilizar adecuadamente los alimentos enlatados. Este procedimiento, involucra no sólo la destrucción de las esporas por calor húmedo, sino también la velocidad de penetración del calor y la conductividad térmica de los recipientes y su contenido (Desrosier, 1989). El calor aplicado en los procesos térmicos, debe ser calor húmedo, debido a que las proteínas de las células no coagulan en ausencia de humedad (Desrosier, 1989). Debe recordarse que las enzimas necesarias para el normal metabolismo de los microorganismos no deseables, son proteínas.

Para lograr la esterilización comercial de un producto, pueden utilizarse autoclaves o retortas continuas, en las cuales las latas son rotadas, lo cual acelera la penetración

de calor en muchos alimentos. Estas retortas son cascotes cilíndricos colocados en posición horizontal. Adentro de la retorta existe una senda helicoidal para los alimentos enlatados. Las latas entran y salen de la retorta a través de válvulas construídas de tal manera que no se alteran mucho las condiciones adentro de la retorta (Tanner, 1946).

El proceso térmico de un alimento puede ser considerado como la desinfección por calor húmedo; sin embargo, la calidad del alimento tiene que ser considerado. Probablemente los dos factores más importantes en la selección de los tiempos y temperaturas de proceso son la calidad del alimento y subesterilización, es decir, un proceso térmico insuficiente. Entre los varios factores que pueden afectar el valor de esterilización de un proceso, Bigelow listó los siguientes:

- (1) La temperatura inicial puede ser muy baja
- (2) Los contenidos pueden estar envasados muy apretadamente
- (3) La exactitud del termómetro de la retorta
- (4) El cuidado mantenido en retener el termómetro de la retorta a la temperatura deseada
- (5) El "coming up" time de la retorta. El "coming up" time es el tiempo que transcurre desde que se introduce el vapor en la retorta cerrada hasta que la misma alcanza la temperatura requerida por el proceso. Podría traducirse como tiempo de llegada.
- (6) La influencia de los aparatos de control de temperatura

sobre el tiempo de llegada y la temperatura inicial de la retorta.

(7) El tamaño y la forma de las bolsas del termómetro

(8) La cantidad y posición de los respiraderos

(9) La construcción de la retorta, especialmente el sistema de distribución en la tubería de vapor

(10) La cantidad de agua en la retorta durante el proceso

(11) La manera en que las jatas pequeñas son colocadas en la retorta

(12) La forma del enfriamiento del producto y la prontitud con la que es enfriado después de procesado

(13) La presencia de azúcares, sales o jarabes pesados (Tanner, 1946).

4. Curvas de destrucción térmica en el proceso de alimentos enlatados

La resistencia al calor de los microorganismos, usualmente es expresada en términos de tiempo de destrucción térmica, el cual se define como el tiempo que se requiere para destruir un número establecido de organismos o esporas a una temperatura definida, bajo condiciones específicas. A veces se utiliza el término tiempo absoluto de destrucción térmica, para distinguirlo del tiempo mayoritario de destrucción térmica, en la cual se destruyen casi todas las células o

esporas presentes. A la razón de destrucción de los organismos se le denomina razón de destrucción térmica. Otro concepto utilizado es el de punto de destrucción térmica, el cual es la temperatura necesaria para destruir todos los organismos en 10 minutos (Frazier, 1978).

Con la información de las características de calentamiento del alimento, y los tiempos de destrucción térmica de los organismos, es posible construir las curvas de destrucción térmica (abreviada CDT), las cuales son de vital importancia en la determinación de los procesos térmicos. Existen tres métodos generales para obtener los datos necesarios para plotear las CDT:

- (1) Método de Crecimiento-no-Crecimiento
- (2) Método clásico de punto final de Bigelow y Esty
- (3) Método de utilización de curvas de supervivencia a distintas temperaturas (Desrosier, 1989).

Un ejemplo de los resultados que pueden ser obtenidos utilizando el método de crecimiento-no-crecimiento, se muestra en la tabla siguiente, en la cual se utilizaron series de seis tubos:

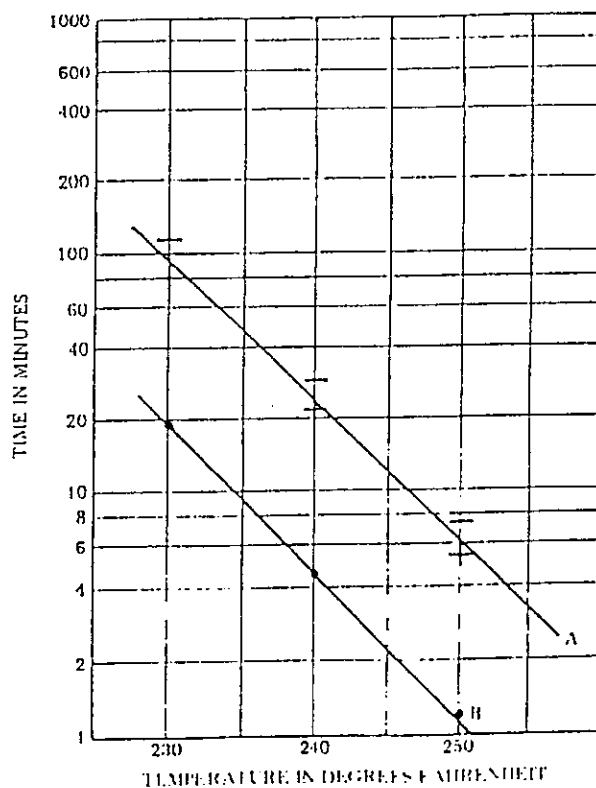
TABLA No. 3: Resultados de tiempos de destrucción térmica en un caso específico

Temperature	Corrected heating time min	Number of samples	
		Heated	Positive
110 C (230 F)	25	6	6
	40	6	6
	60	6	6
	80	6	5
	110	6	0
	140	6	0
115.6 C (240 F)	10	6	6
	14	6	6
	18	6	6
	22	6	2
	28	6	0
	36	6	0
121 C (250 F)	3	6	6
	4	6	6
	5.5	6	2
	7.5	6	0
	10	6	0
	13	6	0

De ésta tabla, puede observarse que a una temperatura de calentamiento de 110 °C por 110 minutos no hubo sobrevivientes en ninguno de los seis tubos, pero sí los hubo en el grupo que fue calentado por 80 minutos. Por tanto, para éstas condiciones específicas, se dice que el tiempo de destrucción térmica a 110 °C es mayor que 80 minutos, pero menor que 110 minutos (Frazier, 1978).

A partir de éstos datos, es posible graficar la curva de destrucción térmica, en papel semilogarítmico. En el eje de las abcisas se plotea la temperatura de una manera aritmética o lineal, y en el eje de las ordenadas, se plotea el tiempo mínimo requerido para destruir el organismo, en minutos y en escala logarítmica. Al graficar, resulta una línea recta. La curva de destrucción térmica correspondiente a la Tabla No. 3, se muestra en la siguiente gráfica:

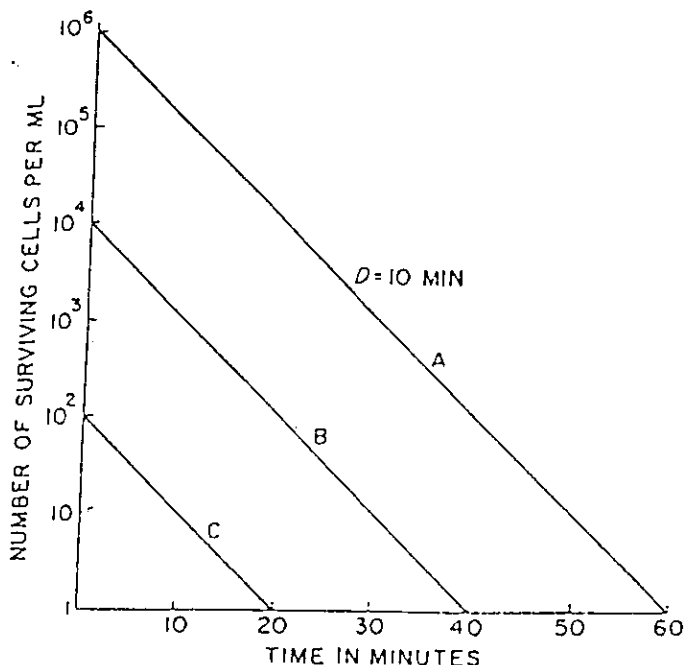
GRAFICA No. 8: Curva de destrucción térmica a partir de los datos de la Tabla No. 3



El método clásico de punto final de Bigelow y Esty para la determinación de la curva de destrucción térmica, es muy similar al método de crecimiento-no-crecimiento, excepto que en éste caso, la supervivencia es obtenida en sólo uno de los varios tubos, cuando se calienta a las distintas temperaturas (Frazier, 1978).

Un tercer método para determinar una curva de destrucción, es aquél en el cual se obtienen primero curvas de razón de destrucción o curvas de supervivencia a varias temperaturas. Por ejemplo, si durante el calentamiento de una población de esporas se hacen conteos de los sobrevivientes a distintos intervalos de tiempo, es posible trazar una curva de supervivencia. El número de sobrevivientes se grafica en la escala logarítmica, y el tiempo, en la escala aritmética. La línea resultante es la curva de razón de destrucción, la cual puede observarse en la siguiente gráfica (Frazier, 1978):

GRAFICA No. 9: Curvas hipotéticas de supervivencia



A la razón de destrucción de un organismo a una temperatura dada, se le representa por la letra D. Es el tiempo en minutos a una temperatura constante necesario para destruir el 90 % del organismo presente. En la CDT, el valor de D es el tiempo en minutos requerido para atravesar un ciclo logarítmico. Un subíndice denota la temperatura a la que está relacionada el valor de D. Al graficar el tiempo de supervivencia y destrucción (en minutos) en escala logarítmica contra la temperatura en °F en la escala lineal, se observa que la línea recta que mejor se ajusta por encima de todos los puntos de supervivencia y por debajo de todos los puntos de

destrucción posibles es la Curva de Destrucción Térmica (National Canners Association Research Laboratories, 1976).

La curva "fantasma" de destrucción térmica es aquélla en la cual se grafican los valores de D en la escala logarítmica contra la temperatura en °F en la escala lineal. La mejor línea recta trazada a través de éstos puntos, se conoce como curva fantasma de destrucción térmica, debido a que tiene la pendiente correcta, pero no posee posición en relación al tiempo completo de destrucción para una concentración particular de esporas. A la pendiente de la CDT o la CFDT (curva fantasma de destrucción térmica) se le designa por la letra z. El valor de z representa el número de °F requeridos por la curva para atravesar un ciclo logarítmico, y mide el cambio del tiempo de destrucción térmica o de la razón de destrucción con el cambio de temperatura (National Canners Research Laboratories, 1976).

El número de minutos requeridos para destruir un número dado de organismos a una temperatura específica, se conoce como la letra F. El valor de F es utilizado para comparar los valores de esterilización de diferentes procesos. Sin embargo, para que los valores de F de distintos microorganismos puedan ser comparados, el valor de z de éstos debe ser el mismo. Los valores de F a menudo se representan con un subíndice y un superíndice. El subíndice indica la temperatura de referencia

y el superíndice indica el valor de z de referencia. Al número de minutos requerido para destruir un número estipulado de esporas a 250 °F cuando z tiene un valor de 18, se le representa por F_{250}^{18} . Usualmente se asume un valor de z igual a 18 para el *C. botulinum* cuando las determinaciones de tiempo de destrucción térmica no han sido hechas en el producto bajo consideración (National Canners Association Research Laboratories, 1976). Los valores de z deberían ser idénticos para cada alimento, pero varían dependiendo del tipo del que se trate. Este valor de z generalmente ha sido utilizado para el cálculo de procesos de todos los alimentos no ácidos, a excepción de la leche. Sin embargo, éste valor debe ser determinado para cada alimento (Tanner, 1946).

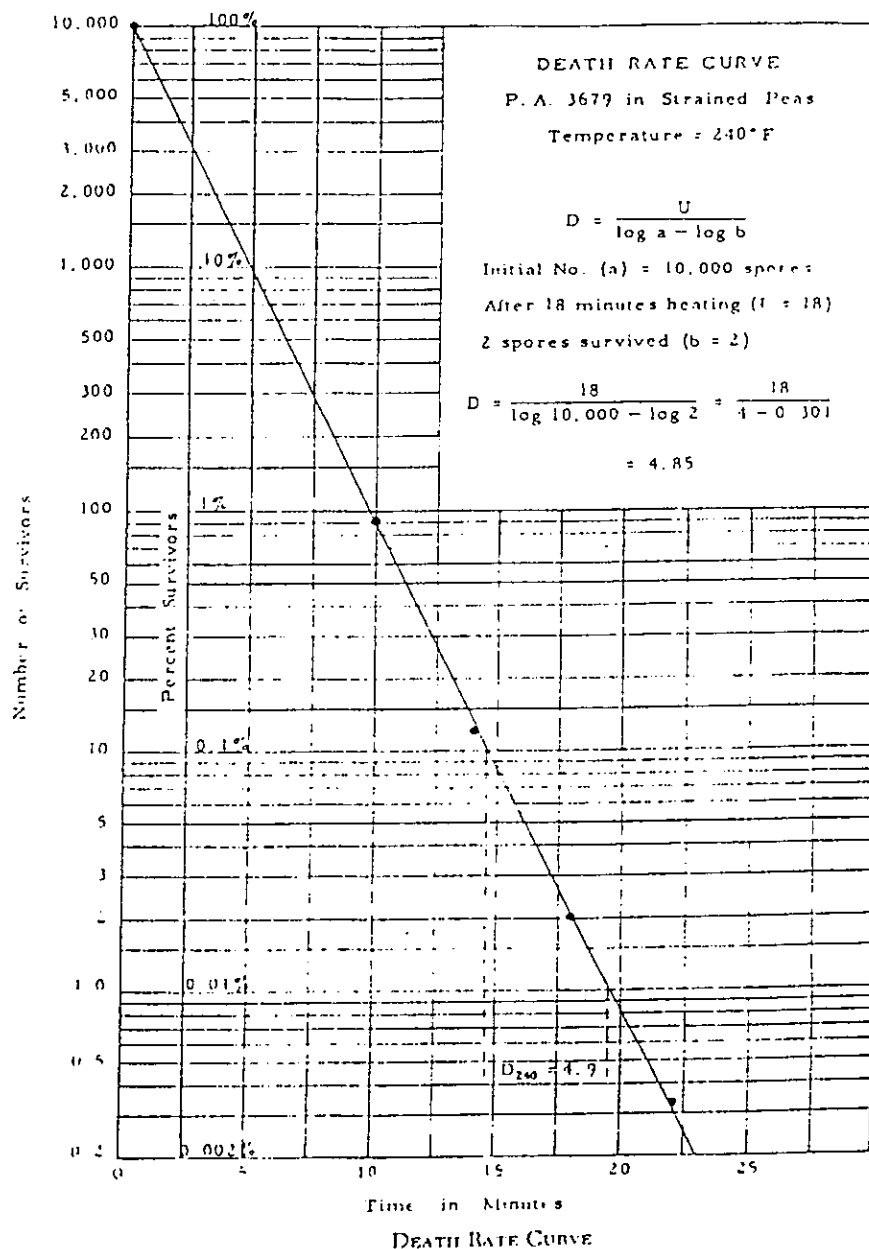
Cuando se hacen los conteos de los microorganismos sobrevivientes a intervalos durante un proceso térmico, pueden usarse varios métodos para plotear los datos:

- (1) En papel semilogarítmico, se plotea el tiempo en minutos en la escala lineal contra el número de organismos sobrevivientes en la escala logarítmica.
- (2) Se plotea en papel semilogarítmico el tiempo en minutos en la escala lineal contra el porcentaje de sobrevivientes en la escala logarítmica.
- (3) Se plotea en papel lineal normal el tiempo en minutos contra el logaritmo de los sobrevivientes.
- (4) Se plotea en papel lineal normal el tiempo en minutos

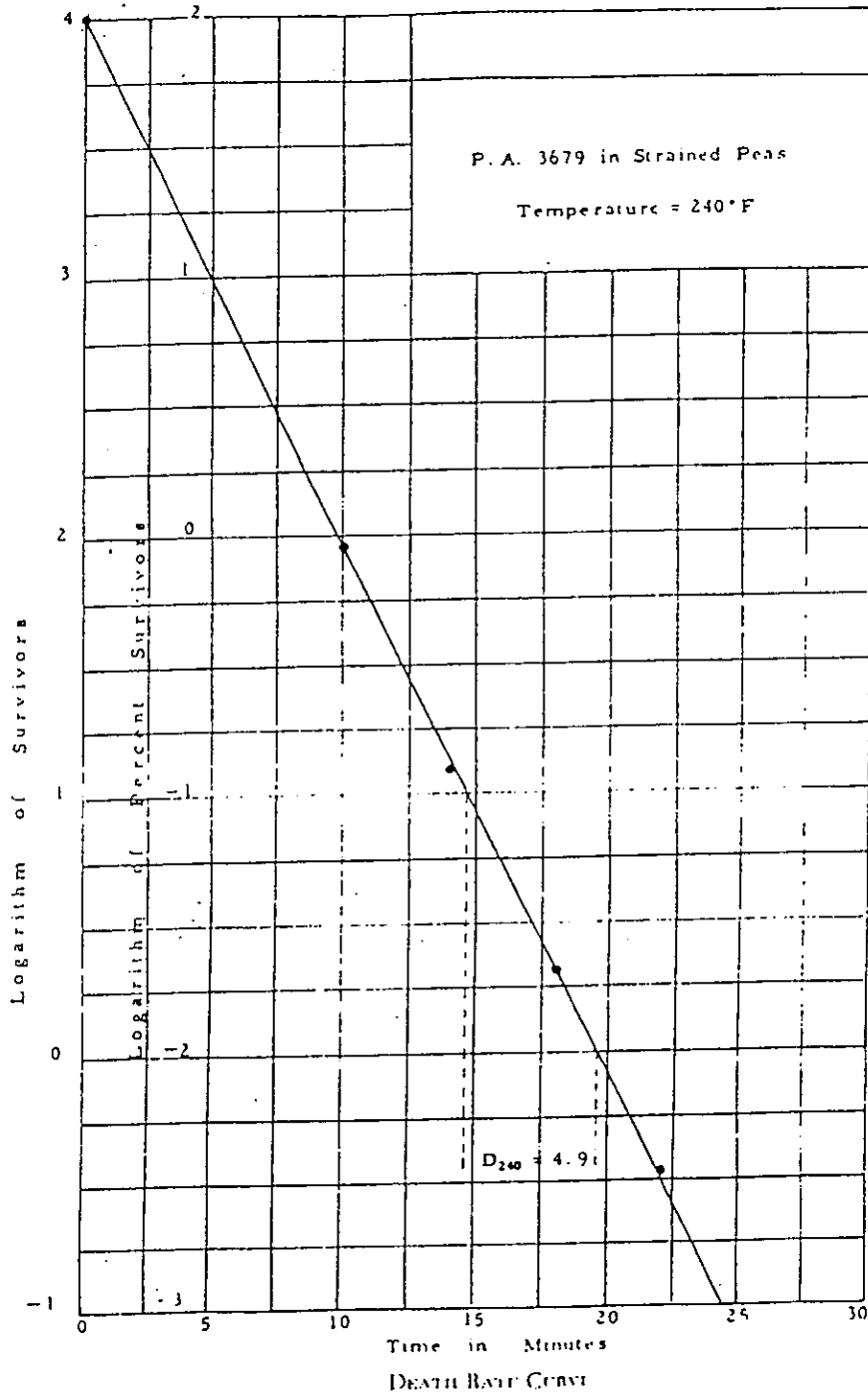
contra el logaritmo del porcentaje de sobrevivientes (National Canners Association Research Laboratories, 1976).

Las curvas de destrucción térmica obtenidas a partir de los mismos datos, deben tener el mismo valor de pendiente, independientemente del método que se utilice. En las siguientes páginas, pueden observarse ejemplos de curvas de razón de destrucción térmica:

GRAFICA No. 10: Curva de razón de destrucción térmica (número de sobrevivientes Vrs. tiempo)



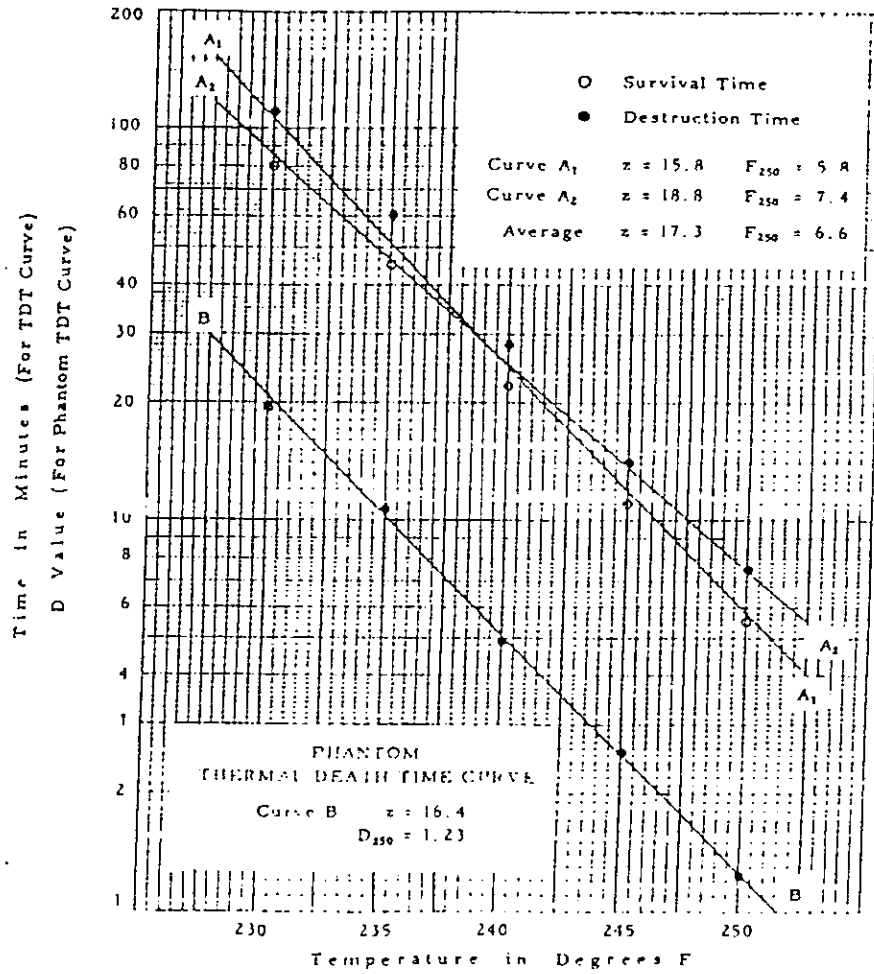
GRAFICA No. 11: Curva de razón de destrucción
térmica (Logaritmo de sobrevivientes Vrs. tiempo)



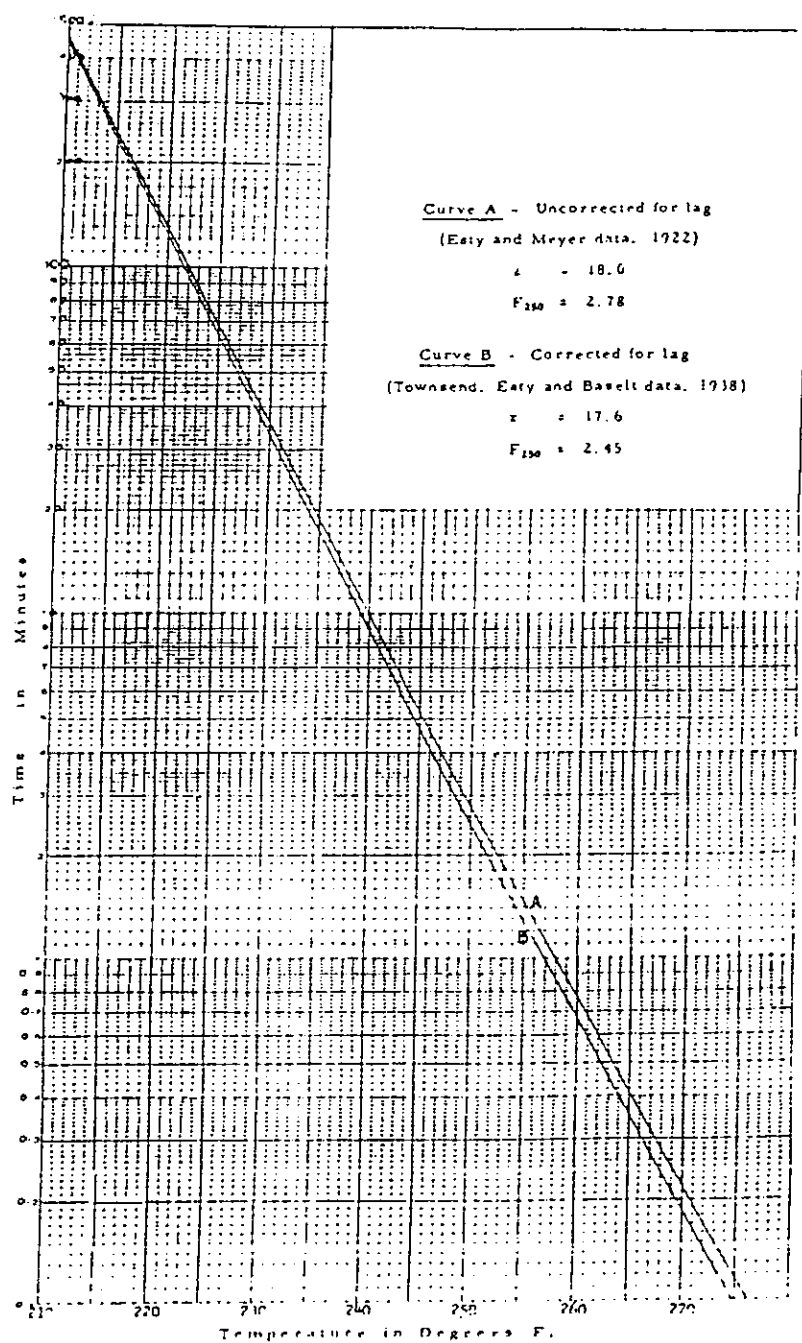
Se ha encontrado que las curvas de razón de destrucción térmica no son necesariamente líneas rectas. Sin embargo, esto se atribuye a las variaciones de la resistencia al calor de las esporas que forman una población (National Canners Association Research Laboratories, 1976).

Con el objeto de determinar el tiempo de destrucción térmica de un alimento, se utilizan dos métodos. Estos son la técnica de tubo de tiempo de destrucción térmica, y la técnica de lata de tiempo de destrucción térmica. Al utilizar los datos de éstas técnicas para construir CDT, es necesario hacer una corrección por retraso. Para ello, primero se determina el valor preliminar de z , y luego se hace la corrección correspondiente por medio de "Tablas de Corrección por Retraso", o por medio de pruebas experimentales de penetración de calor. Con los datos corregidos, se procede a plotear la CDT (National Canners Association Research Laboratories, 1976). En la siguiente gráfica puede observarse un ejemplo de CDT:

GRAFICA No. 12: Curvas de destrucción térmica



GRAFICA No. 13: Curvas de destrucción térmica



CLASSICAL THERMAL DEATH TIME CURVE C. BOTULINUM IN PHOSPHATE BUFFER

5. Métodos de determinación de procesos térmicos

En la determinación del proceso térmico de un alimento enlatado, básicamente se utilizan dos métodos: el procedimiento experimental de los paquetes inoculados, y el método de cálculo basado en los datos de penetración de calor y de tiempos de destrucción térmica (National Canners Association Research Laboratories, 1976).

En el método experimental de los paquetes inoculados, se inocula el alimento enlatado con bacterias cuya resistencia al calor se conoce. Se procesa a distintos niveles de tiempo y/o temperatura, y se determina el grado de descomposición por medio de incubación o subcultivos (National Canners Association Research Laboratories, 1976). En éste método, la inoculación del organismo se hace aproximadamente en el punto frío de los recipientes. En los alimentos viscosos, la inoculación permanece más o menos en la posición en que es colocada. En los alimentos calentados por convección, la inoculación es arrastrada por las corrientes de convección formadas durante el calentamiento de los recipientes. En el caso de los alimentos empacados sólidamente, la inoculación debe ser inyectada con una aguja un cuarto de pulgada adentro de la pulpa del alimento.

Para que el método de los paquetes inoculados sea

confiable, debe inocularse un mínimo de 24 recipientes, y tenerse un mínimo de 12 recipientes control (Desrosier, 1989). Todos ellos deberán ser procesados a distintos tiempos y/o temperaturas.

El método de cálculo de proceso térmico involucra la correlación de los datos de penetración de calor y de los tiempos de destrucción térmica, y puede lograrse de 4 maneras:

- (1) El método general de Bigelow
- (2) El método gráfico
- (3) El método de fórmula y
- (4) El método de nomograma (National Canners Association research Laboratories, 1976).

Puesto que el método que se utiliza en el presente trabajo de tesis es el método general, sólo se profundizará en él, y no en los otros métodos.

a. Método General para el cálculo de Procesos Térmicos

Para determinar el tiempo necesario para lograr la esterilización comercial de una lata por éste método, es necesario primero tener los datos de penetración de calor en el punto frío de la lata. Para ello se introducen por lo menos doce latas en el autoclave con un termopar en cada lata. Se acciona el autoclave y se procede a tomar las lecturas de la temperatura interna de la lata a cada tiempo determinado, por

ejemplo, a cada minuto. Se toman las lecturas de calentamiento, y de enfriamiento. Luego se procede a graficar la curva, colocando en el eje horizontal los tiempos y en el eje vertical las temperaturas.

Una vez se tiene ésa información, se procede a calcular los valores de letalidad para cada tiempo determinado por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Letalidad} = 1/\{\log^{-1}((TR-T_{pf})/z)\}$$

en donde:

- TR es la temperatura de la retorta
- T_{pf} es la temperatura del punto frío en la lata
- z es valor de la pendiente de la curva de destrucción térmica del Clostridium botulinum y por teoría es igual a 18.

Cuando ya se tienen calculados los valores de letalidad para cada tiempo de proceso, se procede a construir la tabla de resultados, la cual está constituida por 6 columnas:

- a) La primera columna corresponde a cada intervalo de tiempo en el cual el graficador registró la temperatura en el punto frío de la lata.
- b) La segunda columna corresponde a la temperatura en °C registrada por el graficador a cada intervalo de tiempo.

c) La tercera columna corresponde a la misma temperatura registrada en la columna No. 2, expresada en °F.

d) En la cuarta columna se expresan los valores de letalidad calculadas por medio de la fórmula descrita anteriormente.

e) En la quinta columna se escribe el valor del área bajo la curva para cada delta "t", expresada como:

$$\{ (L_n + L_{n+1}) / 2 \} * 1.2$$

en donde L_n es el valor de letalidad para cualquier valor de tiempo "n" y L_{n+1} es el valor de letalidad para el valor de tiempo inmediato posterior. Al dividirlo en dos, se obtiene el valor promedio, el cual al ser multiplicado por el delta "t" de 1.2 segundos, nos da el área bajo la curva del intervalo de tiempo en cuestión.

f) En la sexta y última columna se escriben los valores de área acumulada bajo la curva, o lo que es lo mismo, sumatoria del área.

Dado que el Método General establece que el tiempo de proceso térmico es aquel en el cual el área bajo la curva de penetración de calor es igual a 1.00, debemos buscar el tiempo exacto para el cual la sumatoria del área bajo la curva resulte ser igual a la unidad. Para lograr encontrar éste dato, se realiza una regresión lineal tomando por lo menos un punto que tenga un área acumulada menor a la unidad, y por lo menos dos puntos que tengan un área acumulada mayor a la unidad o viceversa. El resultado de la regresión lineal nos da

el valor de tiempo para el cual el área bajo la curva es igual a 1.00, siempre y cuando las variables de la regresión lineal se encuentren dentro de los rangos estadísticamente permitidos.

b. Método de fórmula de Ball para el cálculo de proceso térmico

El método de Fórmula puede utilizarse cuando la curva de penetración de calor puede ser representada por no más de 2 líneas rectas en papel semilogarítmico. La fórmula permite evaluar procesos para condiciones de retorta y de temperatura inicial distintas de las condiciones con las cuales se obtuvieron los datos de penetración de calor. En el caso de las curvas de calentamiento representadas por una sólo línea recta en papel semilogarítmico, los factores de penetración de calor pueden ser convertidos a distintos tamaños de latas.

El primer paso en el cálculo de un proceso térmico por el Método de Fórmula, es graficar en papel semilogarítmico la curva de penetración de calor, en la cual se plotea en la escala lineal el valor de tiempo, y en la escala logarítmica la temperatura. El tiempo cero es el tiempo en el cual se enciende el paso de vapor a la retorta. Generalmente un papel semilogarítmico de tres ciclos provee un rango suficiente para plotear los datos. Los valores de temperatura que se plotean

en el eje logarítmico son la temperatura de la retorta menos la temperatura de la lata. Sin embargo, en lugar de hacer éstas sustracciones, es más práctico darle la vuelta a la hoja de papel semilogarítmico y plotear las temperaturas de la lata directamente. La temperatura de la línea superior, debe ser un grado menos que la temperatura de la retorta. En la parte baja del primer ciclo logarítmico, la temperatura es 10 grados menor a la temperatura de la retorta y en la parte baja del segundo ciclo logarítmico es 100 grados menor.

Para una curva de calentamiento simple, se traza una línea recta a través de los puntos en el rango de la temperatura letal (superior a 210°F). Debe procurarse que la línea recta trazada no se separe más de 1°F de todos los puntos de la gráfica, lo cual es más confiable que utilizar un método geométrico.

Una vez hecha la curva, se procede a determinar el valor de ciertos factores que son indispensables para la aplicación de la fórmula. Para principiar, se determina el valor de f_h , el cual representa el valor de la pendiente de la curva de calentamiento del producto en cuestión. Este dato se saca de la curva, y es el tiempo en minutos requerido para atravesar un ciclo logarítmico. Seguidamente se calcula el valor de J , que puede definirse como el lapso de tiempo que transcurre antes de que la curva de calentamiento asuma una línea recta

en papel semilogarítmico. Se determina por la siguiente fórmula:

$$J = (TR - T_{ch}) / (TR - IT), \text{ donde}$$

TR es la temperatura de la retorta, T_{ch} es la temperatura del cero corregido del proceso (dato que se obtiene de la gráfica), e IT es la temperatura inicial de la lata.

Seguidamente se calcula el valor de I, que es la diferencia entre la temperatura de proceso y la temperatura inicial del producto:

$$I = TR - IT$$

En seguida se calcula el valor de JI, que es el resultado de la multiplicación de $J * I$. A éste valor se le calcula el logaritmo, a modo de obtener el valor de "Log JI". Cuando éste valor ya está determinado, se procede a determinar el valor de "Log g", en donde "g" es la temperatura de referencia menos la temperatura al final del proceso. Para ello, primero es necesario determinar el valor de f_h/U , en donde U es la letalidad del proceso en términos de minutos a la temperatura de la retorta, y es igual a:

$$U = D_{250}^{18} = 0.133 * \text{No. de ciclos de esporas que se desean destruir}$$

El valor "D" = 0.133 se obtiene de la literatura y es el

tiempo en minutos requerido para destruir el 90% del Clostridium botulinum cuando $z = 18$ y la temperatura es igual a 250°F .

Cuando ya se tiene calculado el valor de U , se procede a determinar el valor de f_h/U , el cual sirve para determinar el valor de $\text{Log } g$. Este valor de $\text{Log } g$ se obtiene de la gráfica de $\text{Log } g$ Vrs. f_h/U para una $z = 18$ cuando $m + g = 180^{\circ}\text{F}$.

Finalmente se sustituyen los valores obtenidos, en la Fórmula de Ball:

$$B = f_h * (\text{Log } JI - \text{Log } g)$$

en donde B es igual al tiempo de proceso térmico necesario para esterilizar comercialmente el producto en cuestión.

III. JUSTIFICACION

Los camarones representan un alimento rico en proteínas y minerales (Massanet, 1982), que tiene mucha aceptación entre los consumidores y cuyo ingreso al país, económicamente es bastante alto.

El estudio sobre la composición de la carne del camarón, ha demostrado que contiene proteína de buena calidad nutricional. Un trabajo de investigación realizado por Toma y James (1975) demuestra la razón de proteína eficiente en camarón en una muestra de ratas. Los resultados demostraron que el crecimiento de éstas fue promovido en un 3 % al darles un desperdicio de camarón.

Los análisis cromatográficos han determinado que los aminoácidos más frecuentemente encontrados en la carne de camarón son: cistina, serina, glicina, tirosina y arginina (Czeczuga, 1976). Otros estudios de investigación han demostrado que los camarones contienen en su composición un alto contenido de vitaminas liposolubles (Stepanova y Aman, 1977).

En Guatemala el consumo de camarón per cápita es bastante bajo, lo cual se debe a varios factores, entre ellos el hecho de que gran porcentaje del cultivo de camarón se exporta a mercados internacionales. Otras razones para su bajo consumo

es su costo relativamente alto, el mal manejo en la cadena de distribución, lo que produce la contaminación del mismo y la idiosincracia de nuestro medio. Sin embargo, es evidente que se está perdiendo la ingesta de un alimento que es nutricionalmente muy rico. Si se educa a la cultura guatemalteca y al mismo tiempo se genera una oferta de camarones enlatados en salmuera (un producto que actualmente no existe en Guatemala) a un precio razonable, se estará aumentando el consumo de un alimento rico en nutrientes, y al mismo tiempo se estará contribuyendo al crecimiento de la industria de camarones en Guatemala.

No existe actualmente un estudio de investigación en el cual se indiquen exactamente las curvas de destrucción térmica de los microorganismos presentes en camarones enlatados, así como tampoco existe un estudio de investigación que indique cuál es el tiempo de proceso térmico necesario para lograr la esterilización comercial de dicho producto.

Al lograr determinar la curva de destrucción térmica del *Clostridium botulinum* y el proceso térmico necesario para la fabricación de camarones enlatados en salmuera, se logran tres objetivos:

- 1) Despejar cualquier tipo de duda en cuanto a la fabricación de dicho producto.
- 2) Si se fabricase éste producto a nivel comercial, se

ofrecería al mercado un alimento que actualmente no existe como tal, proporcionando al consumidor la confianza total de que está adquiriendo un producto totalmente sano y libre de contaminantes, lo cual no ocurre con los camarones que pueden comprarse frescos en un mercado.

3) Desde un punto de vista empresarial, la elaboración de camarones enlatados en salmuera puede ser atractivo económicamente, generándose una industria nueva en Guatemala.

IV. OBJETIVOS

Los objetivos de éste trabajo de graduación, son los siguientes:

- 1) Determinar por un método científico (METODO GENERAL) la curva de destrucción térmica del *Clostridium botulinum* en una lata 202 X 315 de camarones en salmuera.
- 2) Diseñar por un método científico aprobado por el National Canners Association, el proceso térmico exacto para la fabricación de camarones enlatados en salmuera para obtener la esterilidad comercial, indicando sus puntos críticos.

V. HIPOTESIS

1. Mediante el Método General y el Método de Fórmula, es posible determinar el proceso térmico necesario para lograr la esterilidad comercial de una lata de camarones en salmuera, para lo cual debe realizarse un estudio de penetración de calor.

2. Los resultados del proceso térmico obtenidos por el Método General y el Método de Fórmula deben ser similares.

VI. MATERIALES Y METODOS

a) Materiales para el proceso:

- Camarones comerciales:

reino animal

subfilum mandibulata

clase crustácea

subclase malacostraca

superorden hopoclarida

orden stomatopoda

- Estufa industrial marca Vulcan

- Latas sanitarias 211 x 211

- Enlatadora marca Lanico V 10 automática. Corriente trifásica.

- Autoclave marca Market Forge modelo No. 047675

- Termopares

- Graficador de autoclave

- Cloruro de sodio

- Agua potable

- Benzoato de sodio

b) Métodos:

Se utiliza el método General y el Método de Fórmula, los cuales se explican con detalle en el diseño experimental.

VII. RESULTADOS

A. Formulación y proceso del producto

El producto fue enlatado en latas 211 X 211. Estuvo constituido de la siguiente manera:

- Peso drenado: 105 gramos
- Peso salmuera: 102 gramos
- Peso total: 207 gramos

a) Preparación Preliminar:

Se referirá al camarón congelado como materia prima. Una vez llega el camarón congelado a la planta, se sumerge en agua para su descongelación cuidando que la temperatura se mantenga baja (entre 2 y 4 C) para mantener la textura y frescura del camarón. Luego se procede a las operaciones de pelado y desvenado, las cuales se hacen manualmente. Debe trabajarse con un mismo tamaño de camarón, puesto que ésto influye en el proceso térmico y en el aspecto final del producto. Por lo tanto, debe clasificarse por tamaño para finalmente hacer una operación de inspección.

b) Precocción:

Esta operación es muy importante, ya que influye enormemente en el peso drenado final del producto y sobre la calidad. Para ello se introducen los camarones en agua

caliente (aproximadamente 96 C) durante 4 minutos, tiempo en el cual el camarón cambia a un color rosado claro en la superficie y la carne se torna blanca y firme y obtiene su curvatura característica.

c) Formulación de la salmuera:

La salmuera estará formulada de la siguiente manera:

Agua.....	6.995 libras
Sal.....	3.000 libras
Benzoato de sodio.....	0.005 libras (0.05 %)
Total.....	10.000 libras

d) Llenado:

El llenado de las latas es realizado manualmente, haciendo un control de peso cuidadoso (80 gramos). En seguida se agrega la salmuera caliente, dejando un espacio de cabeza adecuado. Se sellan las latas y se procesan térmicamente. Al final del proceso térmico, se sacan las latas de la retorta y se sumergen en agua fría, hasta que la temperatura interna de la lata alcance la temperatura ambiente.

B. Estudio de penetración de calor

Para realizar el estudio de penetración de calor, se procesó térmicamente un lote de 35 latas, de las cuales cuatro

tenían un termopar incorporado, los cuales registraron la temperatura en el punto frío de la lata en todo momento del proceso. Las latas se procesaron por 20 minutos a 121 °C. Transcurrido éste tiempo, se concluyó el proceso térmico, se purgó todo el vapor del autoclave, se abrió el mismo, y se dejó que las latas fueran enfriándose lentamente hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Durante el transcurso del proceso térmico, un graficador conectado a los termopares fue graficando tiempo Vrs. temperatura en el punto frío de cada lata. Cada termopar registró la temperatura a intervalos de 1.2 minutos por medio de un color específico, es decir que cada termopar fue registrado en la gráfica con un color determinado.

Al final del proceso, se obtuvo una gráfica de tiempo versus temperatura, en la cual puede apreciarse perfectamente la curva de calentamiento, la curva de proceso y la curva de enfriamiento, es decir, la secuencia de la temperatura desde el inicio hasta el final.

C. Determinación del proceso térmico por el Método General

Para determinar el proceso térmico por el Método General o de Bigelow, es necesario antes que nada construir una tabla

que indica la temperatura en °Celsius en el punto frío de la lata más fría, a cada intervalo de tiempo de 1.2 minutos. A continuación se convierten éstas temperaturas a °Fahrenheit por medio de la siguiente fórmula:

$$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} * 9/5) + 32$$

Seguidamente se calculan los valores de letalidad para cada delta t (1.2 minutos), por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Letalidad} = 1/\{15 * \log^{-1}[(\text{TR} - \text{T}_{\text{ff}})/z]\}$$

en donde TR es la temperatura de referencia que es de 250 °F, T_{ff} es la temperatura de la lata en el tiempo "t", y el valor de z es tomado por teoría como 18 para el Clostridium botulinum.

De tal manera que sacando los valores de tiempo-temperatura de la gráfica conectada a los termopares en el autoclave (ver gráfica en el apéndice), y calculando los valores de letalidad, área y área acumulada en hoja electrónica, se obtuvieron los siguientes datos:

TABLA No. 4: Valores de letalidad y area bajo la curva para el estudio de penetracion de calor de camarones enlatados en latas 211 X 211

TIEMPO (Minutos)	TEMPERATURA (oCelsius)	TEMPERATURA (oFahrenheit)	LETALIDAD	AREA	SUMATORIA DEL AREA
0	53	127.4	1.5086E-08	8.8902E-07	
1.2	71	159.8	1.4666E-06	6.7219E-05	8.8902E-07
2.4	88	190.4	1.1056E-04	1.1540E-03	6.8108E-05
3.6	99	210.2	1.8128E-03	9.4039E-03	1.2221E-03
4.8	107	224.6	1.3860E-02	5.7626E-02	1.0626E-02
6	114	237.2	8.2183E-02	1.5505E-01	6.8252E-02
7.2	117	242.6	1.7623E-01	2.8156E-01	2.2330E-01
8.4	119	246.2	2.9304E-01	4.0255E-01	5.0486E-01
9.6	120	248	3.7788E-01	5.1910E-01	9.0741E-01
10.8	121	249.8	4.8729E-01	5.8475E-01	1.4265E+00
12	121	249.8	4.8729E-01	5.8475E-01	2.0113E+00
13.2	121	249.8	4.8729E-01	5.8475E-01	2.5960E+00
14.4	121	249.8	4.8729E-01	5.8475E-01	3.1808E+00
15.6	121	249.8	4.8729E-01	5.8475E-01	3.7655E+00
16.8	121	249.8	4.8729E-01	5.8475E-01	4.3503E+00
18	121	249.8	4.8729E-01	5.8475E-01	4.9350E+00
19.2	121	249.8	4.8729E-01	5.8475E-01	5.5197E+00
20.4	121	249.8	4.8729E-01	5.8475E-01	6.1045E+00
21.6	121	249.8	4.8729E-01	4.6820E-01	6.6892E+00
22.8	119	246.2	2.9304E-01	2.8156E-01	7.1574E+00
24	117	242.6	1.7623E-01	1.6932E-01	7.4390E+00
25.2	115	239	1.0598E-01	1.0182E-01	7.6083E+00
26.4	113	235.4	6.3731E-02	6.7892E-02	7.7101E+00
27.6	112	233.6	4.9422E-02	4.7486E-02	7.7780E+00
28.8	110	230	2.9721E-02	2.8557E-02	7.8255E+00
30	108	226.4	1.7873E-02	1.9040E-02	7.8541E+00
31.2	107	224.6	1.3860E-02	1.4765E-02	7.8731E+00
32.4	106	222.8	1.0748E-02	1.0327E-02	7.8879E+00
33.6	104	219.2	6.4638E-03	6.8858E-03	7.8982E+00
34.8	103	217.4	5.0125E-03	5.3398E-03	7.9051E+00
36	102	215.6	3.8871E-03	4.1409E-03	7.9104E+00

....CONTINUACION TABLA No. 4

TIEMPO (Minutos)	TEMPERATURA (oCelsius)	TEMPERATURA (oFahrenheit)	LETALIDAD	AREA	SUMATORIA DEL AREA
37.2	101	213.8	3.0144E-03	2.8963E-03	7.9146E+00
38.4	99	210.2	1.8128E-03	1.9311E-03	7.9175E+00
39.6	98	208.4	1.4058E-03	1.4975E-03	7.9194E+00
40.8	97	206.6	1.0901E-03	1.1613E-03	7.9209E+00
42	96	204.8	8.4538E-04	9.0057E-04	7.9221E+00
43.2	95	203	6.5557E-04	6.9837E-04	7.9230E+00
44.4	94	201.2	5.0838E-04	5.4158E-04	7.9237E+00
45.6	93	199.4	3.9424E-04	4.1998E-04	7.9242E+00
46.8	92	197.6	3.0573E-04	3.2569E-04	7.9246E+00
48	91	195.8	2.3708E-04	2.5256E-04	7.9250E+00
49.2	90	194	1.8385E-04	1.9586E-04	7.9252E+00
50.4	89	192.2	1.4258E-04	1.5188E-04	7.9254E+00
51.6	88	190.4	1.1056E-04	1.1778E-04	7.9256E+00
52.8	87	188.6	8.5740E-05	9.1338E-05	7.9257E+00
54	86	186.8	6.6490E-05	7.0831E-05	7.9258E+00
55.2	85	185	5.1562E-05	5.4928E-05	7.9259E+00
56.4	84	183.2	3.9985E-05	4.2596E-05	7.9259E+00
57.6	83	181.4	3.1008E-05	3.3032E-05	7.9260E+00
58.8	82	179.6	2.4046E-05	2.5616E-05	7.9260E+00
60	81	177.8	1.8647E-05	2.2376E-05	7.9260E+00
61.2	81	177.8	1.8647E-05	1.9864E-05	7.9260E+00
62.4	80	176	1.4460E-05	1.5404E-05	7.9261E+00
63.6	79	174.2	1.1214E-05	1.3456E-05	7.9261E+00
64.8	79	174.2	1.1214E-05	1.1946E-05	7.9261E+00
66	78	172.4	8.6960E-06	1.0435E-05	7.9261E+00
67.2	78	172.4	8.6960E-06	9.2638E-06	7.9261E+00
68.4	77	170.6	6.7436E-06	8.0923E-06	7.9261E+00
69.6	77	170.6	6.7436E-06	7.1839E-06	7.9261E+00
70.8	76	168.8	5.2295E-06	6.2754E-06	7.9261E+00
72	76	168.8	5.2295E-06	5.5709E-06	7.9261E+00
73.2	75	167	4.0554E-06	2.4332E-06	7.9261E+00

El proceso térmico necesario para esterilizar comercialmente el producto, es igual al tiempo de proceso para el cual el área bajo la curva es igual a 1.00 (letalidad al 100%). Para determinar dicho valor, se procede a calcular la regresión lineal de la curva de letalidad, tomando como base 5 puntos: dos valores de tiempo para los cuales el área es menor que la unidad, y tres valores para los cuales el área es mayor que la unidad:

PUNTO ESTERILIZADO	TIEMPO DE PROCESO	AREA BAJO LA CURVA
1	8.4	5.0486 E-01
2	9.6	9.0741 E-01
3	10.8	1.4265 E+01
4	12.0	2.0113 E+01
5	13.2	2.5960 E+01

Seguidamente se procede a calcular la regresión lineal, con el objeto de determinar el tiempo en minutos correspondiente a un valor de letalidad de 1.00 (letalidad del 100%):

REGRESSION OUTPUT

Constant	7.436907
Std Err of Y Est	0.157793
R Squared	0.994813
No. of Observations	5
Degrees of Freedom	3
X Coefficient (s)	2.258304
Std Err of Coef.	0.094150

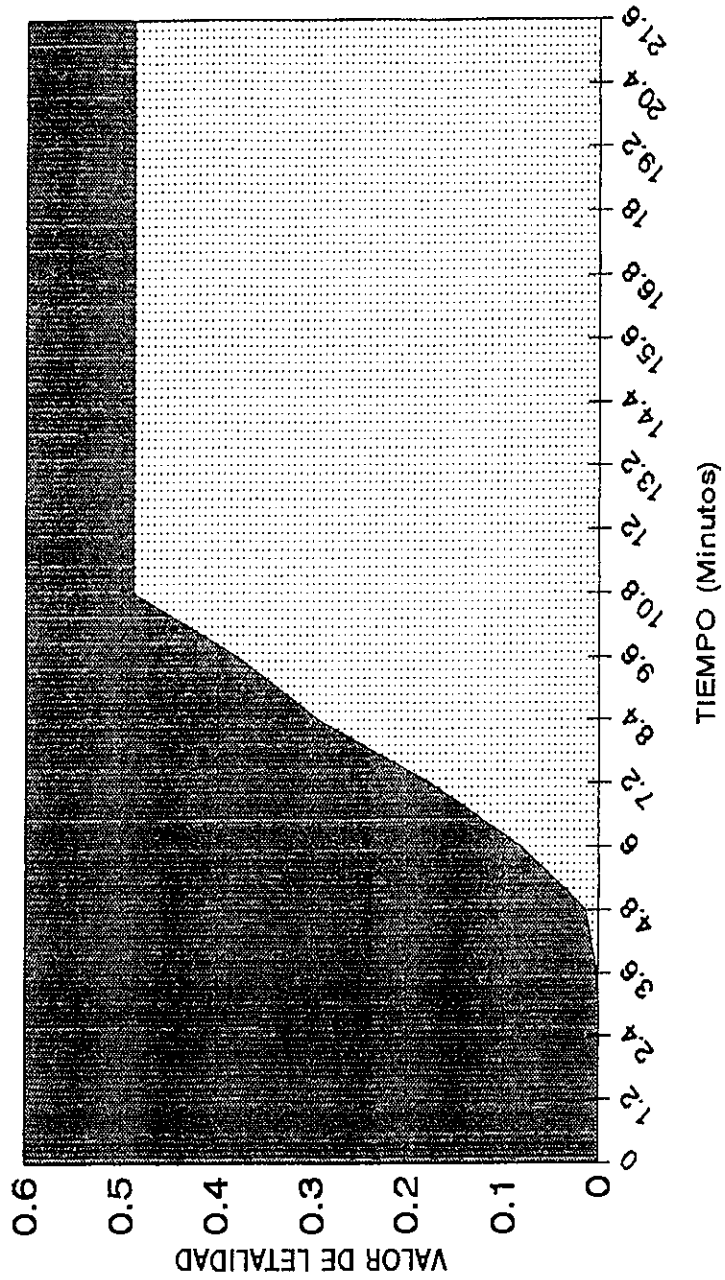
Tiempo de proceso para un área bajo la curva de letalidad igual a 1.00 (letalidad del 100%):

$$\begin{array}{rclclcl} \text{Constant} & + & \text{X Coefficient (s)} & = & & \\ 7.436907 & + & 2.258304 & = & 9.695212 & \end{array}$$

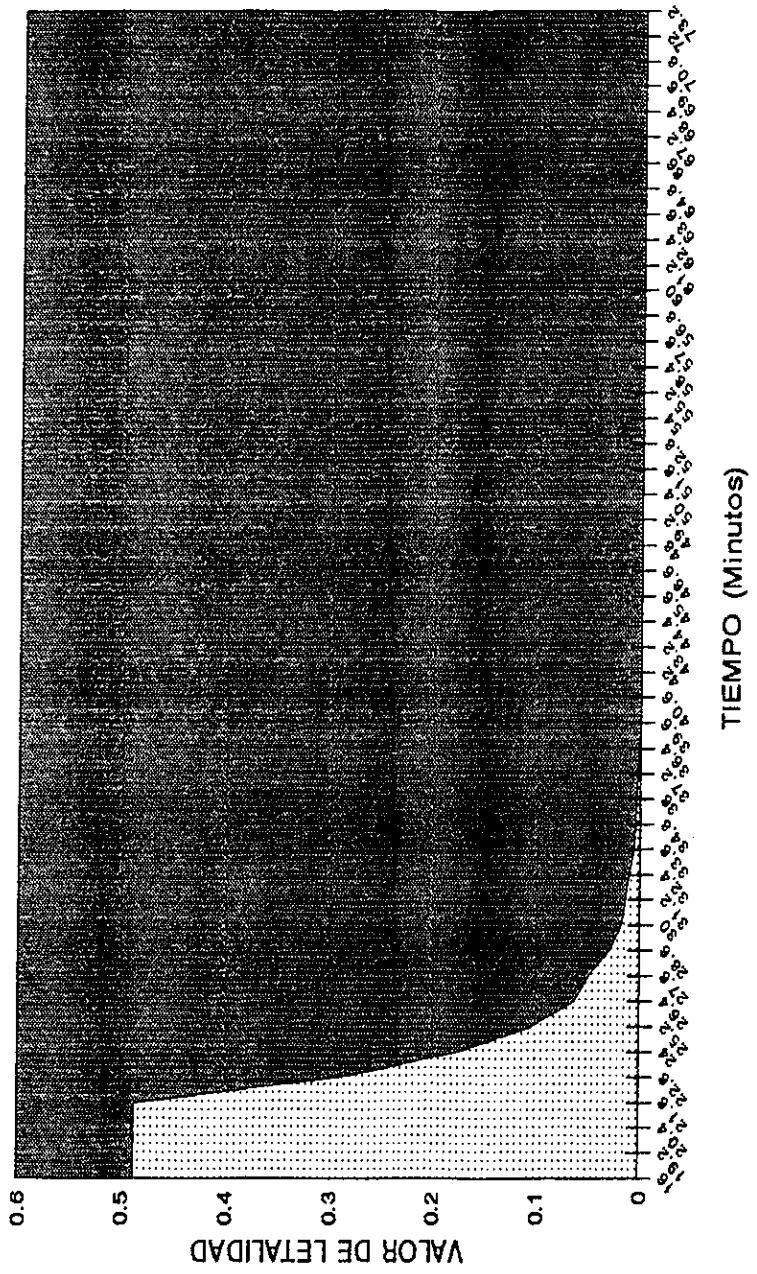
De tal manera, queda demostrado mediante un método científico, el Método General, que el proceso térmico necesario para esterilizar comercialmente una producción de camarones enlatados en salmuera en latas 211 X 211 es de:

$$9.695 \pm 0.005 \text{ minutos a } 121 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

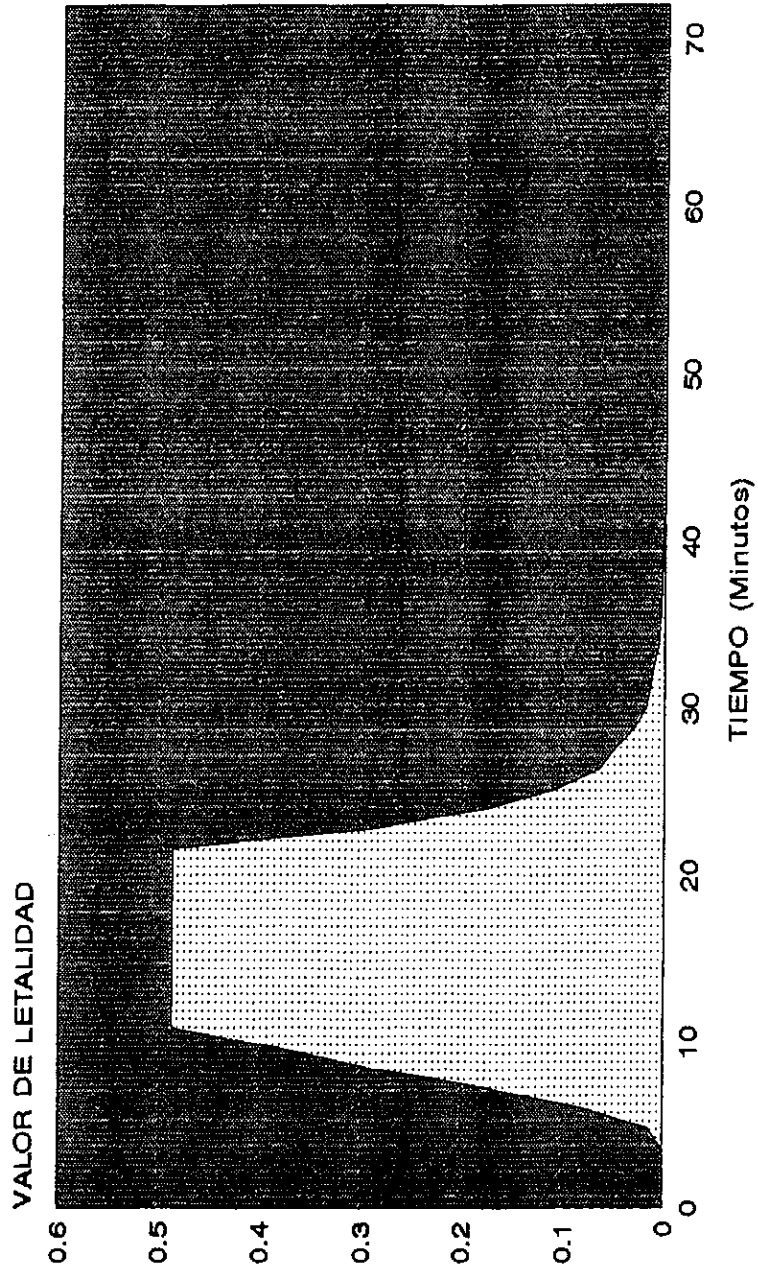
GRAFICA No. 14
TIEMPO Vrs. LETALIDAD
(Curva de calentamiento)



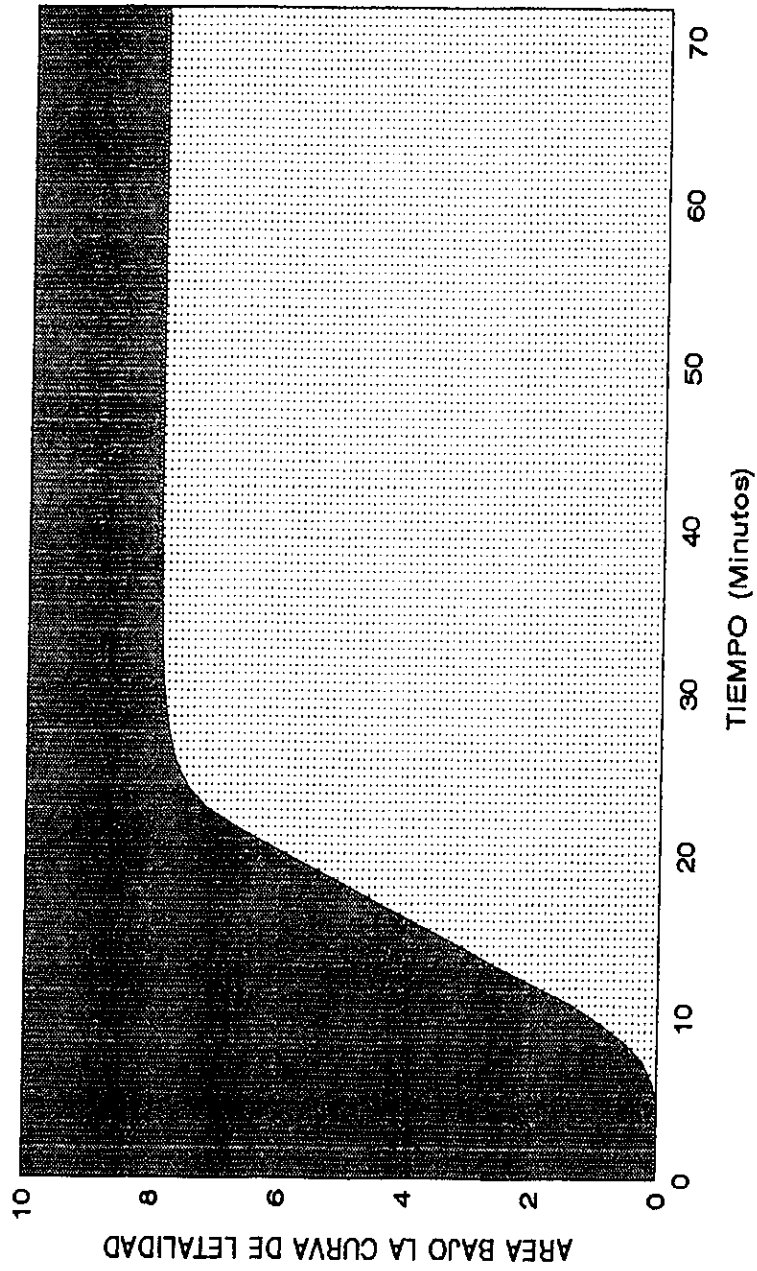
GRAFICA NO. 15
TIEMPO Vrs. LETALIDAD
(Curva de Enfriamiento)



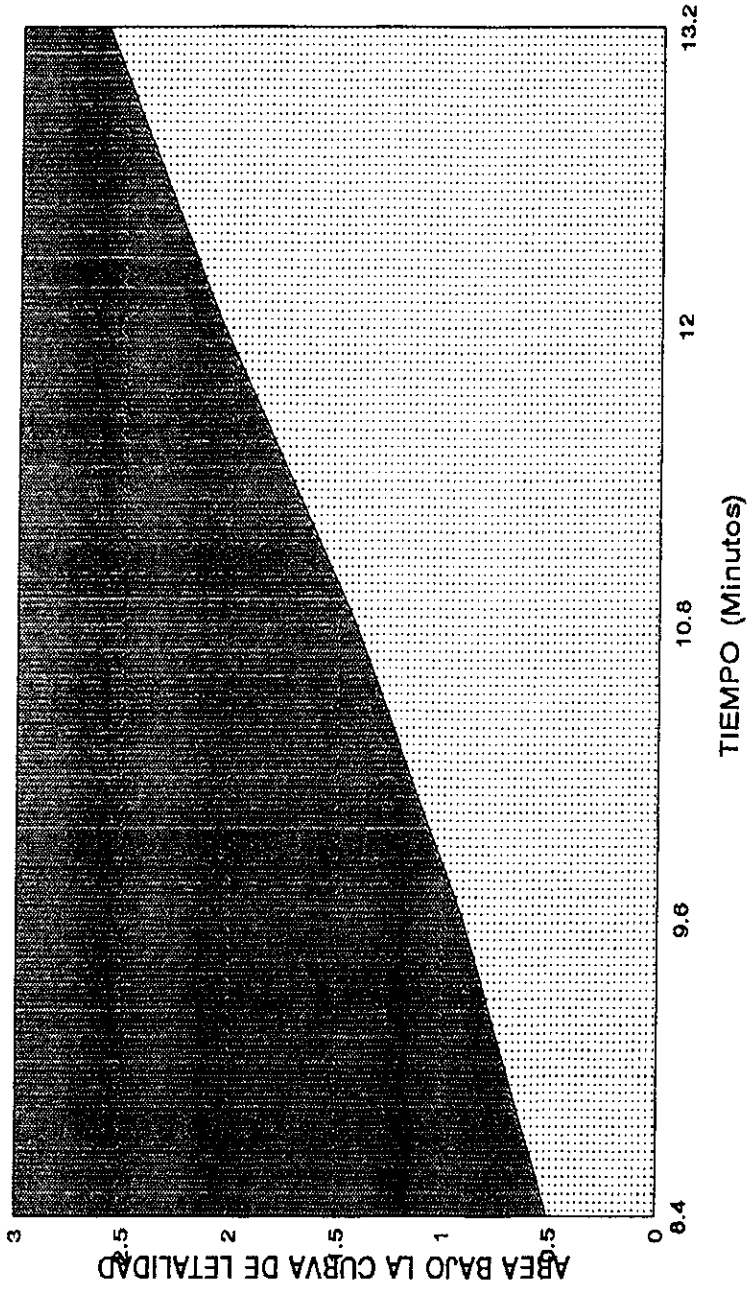
GRAFICA No. 16 TIEMPO Vrs. LETALIDAD (Proceso Completo)



GRAFICA NO. 17
TIEMPO Vrs. LETALIDAD
(Proceso Completo)



GRAFICA NO. 18
TIEMPO Vrs. AREA DE LETALIDAD
(Area amplificada)



D. Determinación del proceso térmico por el Método de Fórmula

Para determinar el proceso térmico por el método de fórmula, se resuelve la siguiente ecuación:

$$B = f_h (\text{Log } JI - \text{Log } g)$$

En donde:

B = tiempo en minutos necesario para obtener la esterilización comercial en nuestro producto a una temperatura de 250 °F.

f_h = es la pendiente de la curva de calentamiento del producto en cuestión. Este dato se saca de la curva (Gráfica No. 19), y es el tiempo en minutos requeridos para atravesar un ciclo logarítmico. De la gráfica se observa que éste dato es de 5.3

J = es el lapso de tiempo que transcurre antes de que la curva de calentamiento asuma una línea recta en papel semilogarítmico. Se determina por la siguiente fórmula:

$$J = (TR - T_{ch}) / (TR - IT), \text{ donde}$$

TR es la temperatura de la retorta, T_{ch} es la temperatura del cero corregido del proceso, e IT es la temperatura inicial de la lata.

I = es la diferencia entre la temperatura de referencia (250

$^{\circ}\text{F}$) y la temperatura inicial del producto.

g = es la temperatura de referencia menos la temperatura del producto al final del proceso.

De tal manera que para determinar el tiempo de proceso térmico por éste método, se resuelve la fórmula anterior, determinando cada una de las variables involucradas:

$f_h = 5.3$ (sacado de la gráfica de calentamiento, Gráfica No. 19)

$$J = (250 - 90)/(250-125) = 1.28$$

$$I = 250 - 125 = 125$$

$$JI = (1.28) * (125) = 160$$

$$\text{Log } JI = \text{Log } 160 = 2.20$$

Para determinar el $\log g$, primero es necesario determinar el valor de f_h/U , en donde U es la letalidad del proceso en términos de minutos a la temperatura de la retorta:

$U = D_{250}^{18} = 0.133 * 15 = 2$ minutos (el valor "D" = 0.133 se obtiene de la literatura y es el tiempo en minutos requerido para destruir el 90% del Clostridium botulinum cuando $z = 18$ y la temperatura es igual a 250°F . Se multiplica por 15 debido a que en ésta determinación se busca destruir 15 ciclos de esporas).

Por tanto,

$$f_h/U = 5.3/2 = 2.65$$

El valor de Log g se obtiene de la gráfica de Log g Vrs. f_h/U para una $z = 18$ cuando $m + g = 180$ °F (Gráfica No. 20), y se observa que:

$$\text{Log } g = 0.42$$

Finalmente, se sustituyen los valores calculados en la fórmula de Ball, y debe obtenerse un resultado cercano al obtenido por el método General:

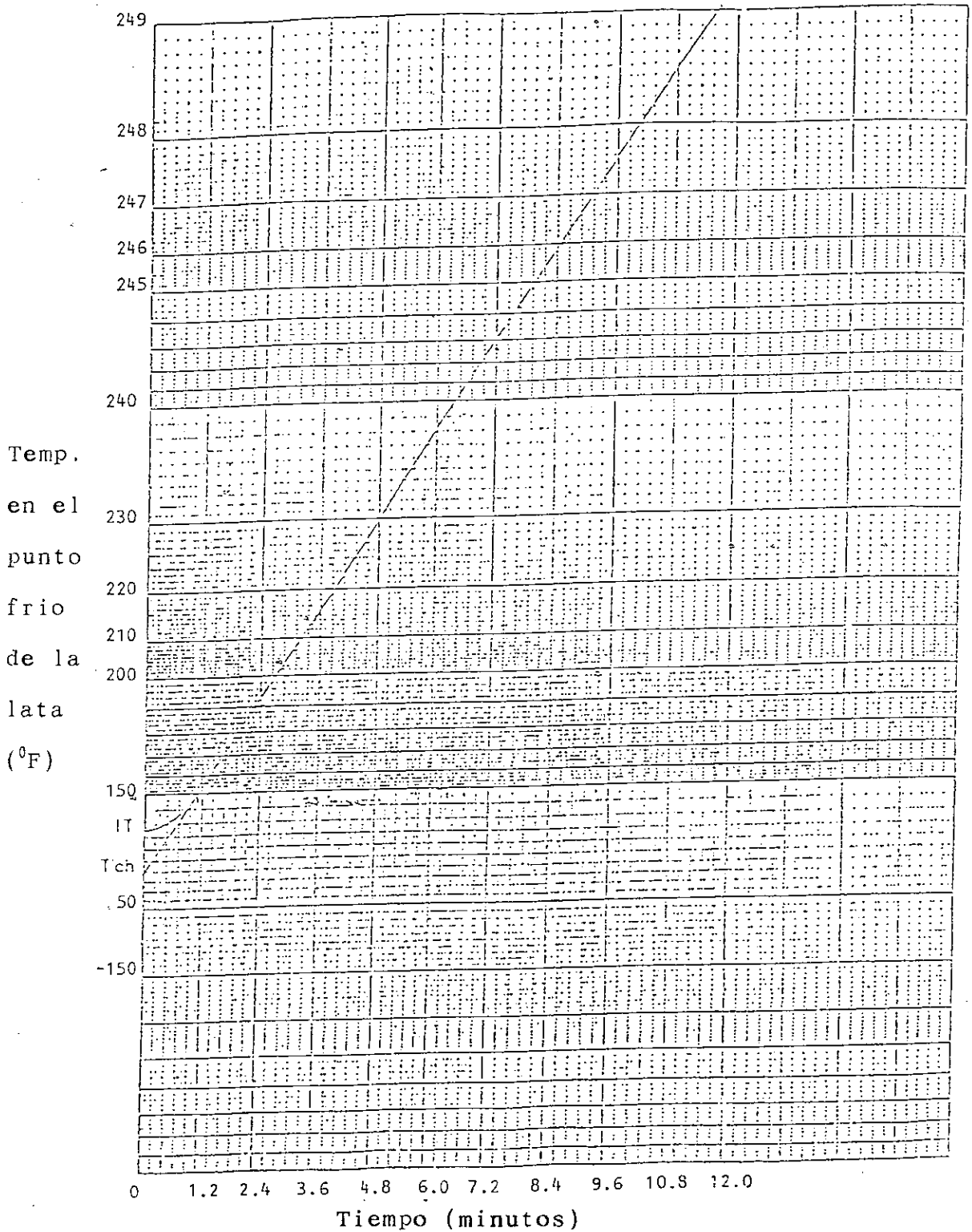
$$B = f_h * (\text{Log } JI - \text{Log } g)$$

$$B = 5.3 * (2.20 - 0.42)$$

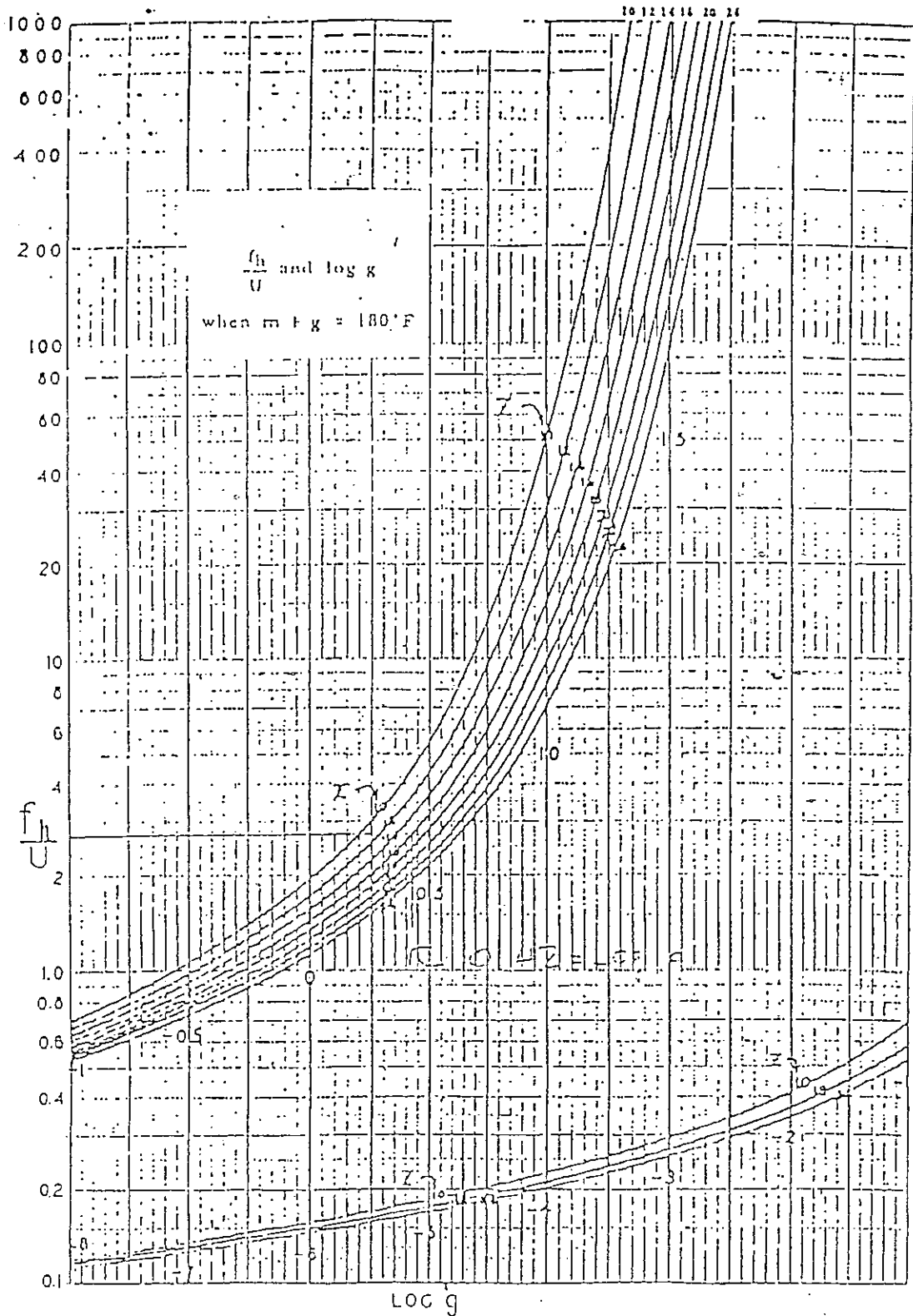
$$B = 9.43$$

Por lo tanto, el tiempo de proceso térmico a 250 °F de camarones enlatados en salmuera en latas 211 X 211 resulta ser de 9.43 minutos, calculado por el METODO DE FORMULA.

GRAFICA No. 19: Curva de calentamiento de camarones enlatados en salmuera en latas 211 x 211



GRAFICA No. 20: Valores de f_h/U y Log g cuando $m + g = 180^\circ F$



VIII. DISCUSIONES

De la sección de resultados del presente trabajo, puede observarse que sí es posible determinar el tiempo de proceso térmico de un producto enlatado como camarones en salmuera si previamente se efectúa un análisis de penetración de calor, y si se emplean correctamente los métodos científicos en cuestión. De tal manera que queda demostrada la primera hipótesis del trabajo.

De la sección de resultados puede observarse que utilizando el Método General, el tiempo de proceso fue de 9.69 minutos; mientras que utilizando el Método de Fórmula el tiempo de proceso resultó ser de 9.43 minutos. De tal manera que queda demostrada la segunda hipótesis de la tesis, la cual predice que los resultados obtenidos por los dos métodos científicos deben ser similares. Esto se comprueba dado que sólo hubo una variación de 2.1%, equivalente a 15.6 segundos de diferencia entre un método y el otro.

El presente trabajo comenzó con la recepción de materia prima. Los camarones se compraron congelados, y el primer paso fue descongelarlos. Para tal efecto, se sumergieron los camarones en agua fresca, y se dejaron reposar, despegando los camarones cada cierto tiempo y cuidando que la temperatura no

sobrepasara los 3 °C. Esto es particularmente importante debido a que si la temperatura sobrepasa ése límite, el camarón comienza a experimentar cambios físicos, químicos y microbiológicos que disminuyen la calidad del mismo.

Cuando el camarón estuvo descongelado, se realizó un control de calidad, basado en análisis organolépticos evaluando textura, apariencia visual, olor, y características específicas. Lo ideal hubiera sido mandar muestras de los camarones a un laboratorio especializado para efectuar análisis de carga microbiana, etc. Sin embargo, ésto no es práctico ni rentable desde el punto de vista industrial, pues si se realizaran análisis de laboratorio para determinar parámetros de calidad de los camarones, se tendría que esperar de dos a tres días para obtener los resultados, lo cual no es posible. Si una industria esperara ése lapso, tendría que mantener mientras tanto la materia prima congelada, lo cual eleva los costos considerablemente. Por tal motivo, se hace un control de calidad subjetivo, con el ánimo de poder utilizar la materia prima inmediatamente. Los parámetros que se utilizaron para verificar la calidad de los camarones fueron los siguientes:

a) Se observó la región que marca la separación entre el cefalotórax y el abdomen del camarón. Esta región es de gran importancia para determinar el grado de frescura del camarón

debido a que allí comienza la acción enzimática del hepatopáncreas, el cual continúa con el ataque microbiano formándose signos subjetivos indicativos de putrefacción. Como se dijo anteriormente, es importante que cuando el camarón se esté trabajando, la temperatura se mantenga baja, idealmente menor de 3 °Celsius. Esto se debe a que la actividad del hepatopáncreas continúa aún después de muerto el animal, digiriendo la región que separa el cefalotórax del abdomen. Cuando esto ocurre, el camarón presenta la cabeza "floja" o "suelta". Mucha de la responsabilidad de que esto no ocurra, la tiene el barco pesquero, así como la distancia que exista entre el área de pesca y el puerto donde será desembarcado, dado que ésta distancia tiene un efecto inherente en factores de calidad, preservación, factores industriales y económicos. En Guatemala esto no constituye mayor problema, debido a que éstas distancias no son tan largas. Sin embargo, una manipulación descuidada a bordo, sí puede disminuir la calidad del camarón. Por ejemplo, si un barco almacena el camarón entero y no lo sumerge rápidamente en hielo, puede ocurrir un desprendimiento de la cabeza provocando el derrame de los jugos digestivos del hepatopáncreas y una posterior digestión autolítica de la carne que entra en su contacto y que toma un color blanco-cremoso o amarillento. Si el producto se descabeza a bordo y luego no se refrigera como es apropiado, aparecen unas manchas negras que se mencionan adelante. Adicionalmente, si la aplicación de hielo no se hace

adecuadamente, se produce en el camarón un lavado de la carne y una pérdida de su gusto característico. Esto se debe a la pérdida que sufre la glicina, el cual es el aminoácido responsable de aquel gusto. Lógicamente no se tuvo acceso a información sobre cómo se manipuló el camarón en el barco pesquero. Sin embargo, si al inspeccionar la calidad del camarón se observa que ésta es buena y que el producto está fresco, puede concluirse que en el barco el producto recibió una buena manipulación. Cuando se inspeccionó cuidadosamente la región que separa el cefalotórax del abdomen, se observó que éste estaba totalmente fresco, y que no había indicios de cabezas flojas o sueltas.

b) El segundo parámetro de calidad que se utilizó, fue la elasticidad de las membranas que unen los segmentos quitinosos. Al examinarlos cuidadosamente, se observó que la elasticidad de las membranas sí era buena, lo cual es un indicio de frescura. Cuando el camarón comienza a sufrir putrefacción por el efecto de la acción enzimática del hepatopáncreas, se observa una pérdida de elasticidad de los músculos de la cola.

c) El tercer parámetro de calidad que se utilizó, fue la presencia o ausencia de manchas negras en el camarón. Se observó que ningún camarón tenía dichas manchas. Esto es importante porque dichas manchas causan inmediatamente el

rechazo por parte del consumidor. Estas manchas se deben a la acción de la tirosinasa que produce el hepatopáncreas y que es transportado por la sangre. Esta enzima ataca la tirosina y es entonces cuando aparecen las manchas negras. El ennegrecimiento o melanosis del camarón, es un defecto común tanto en ejemplares enteros como descabezados. Se desarrolla primero en la cola y región de la cabeza, luego en la parte baja del abdomen a lo largo de los segmentos y sube con lentitud hasta llegar a manchar la carne.

d) Se examinó el olor del camarón. Al evaluar el aroma del mismo, se observó que tenía un olor agradable, dulzón. Es importante tener en mente que la putrefacción del camarón es mucho más violenta que la de los peces y moluscos. Se produce un fuerte olor amoniacal, sulfhídrico con pérdida del aspecto blanco nacarado de la carne. El hecho de que el camarón haya tenido un olor dulzón agradable se convirtió en un parámetro más de la frescura y calidad del mismo.

e) Se examinó el color del camarón, el cual fue marrón grisáceo. Esto es una prueba más de la frescura de los camarones utilizados, puesto que si los camarones hubieran estado en proceso de putrefacción, los camarones hubieran tenido una coloración amarilla fuerte o castaño amarilla en el extremo.

f) El siguiente parámetro de calidad que se utilizó fue la textura de la carne. Se observó que la carne de los camarones tenían una textura suave pero consistente, no reseca ni muy blanda. Esto significa que el estado de los camarones es fresco, ya que si no fuera así, se hubiera observado sequedad en la carne o extremada blandura. Sin embargo, éste es uno de los parámetros de calidad más subjetivos.

Después de evaluar éstos 6 parámetros de control de calidad, se pudo concluir que los camarones estaban en óptima calidad y grado de frescura, razón por la cual se procedió a efectuar un lavado con agua con un contenido de cloro residual de 5 ppm a baja temperatura. Esto se hizo con el objeto de eliminar una elevada cantidad de bacterias y elementos contaminantes. Finalizado el lavado, se procedió a efectuar el pelado y descabezado. Esta operación se hizo manualmente, teniendo especial cuidado de eliminar toda la cobertura quitinosa, la cabeza y la cola, dejando únicamente la carne utilizable. En ésta operación, se tuvo especial cuidado en clasificar manualmente el camarón, con la finalidad de separar los ejemplares inapropiados para la conserva por causas como putrefacción, ruptura muscular o avanzado estado de alteración enzimática. Sin embargo, no hubo necesidad de separar ni un sólo camarón por éstos motivos. Durante ésta etapa sí se separaron algunos camarones, pero por tamaño, no por calidad. Se separaron aproximadamente 7 ú 8 camarones por ser muy

grandes y unos 20 por ser muy pequeños. Esto es importante, porque para lograr una calidad uniforme y una transferencia de calor uniforme al centro de cada camarón, el tamaño de éste también tiene que ser uniforme.

Cuando todos los camarones estuvieron pelados y clasificados, se procedió al blanqueo de los mismos. Este es un paso importante y se efectúa para inactivar enzimas, para destruir las bacterias no esporuladas, para remover materia grasa, para eliminar gas o aire atrapado en las células del músculo y para reducir la humedad del producto al encogerlo. Para ello se introdujeron los camarones en un recipiente cerrado lleno de agua, al cual se le introdujo vapor vivo hasta poner a hervir toda el agua de blanqueo. El producto se blanqueó por aproximadamente 10 minutos, tiempo en el cual se observaron dos cosas interesantes. La primera es el cambio de color que sufrieron los camarones. Al entrar en contacto con el agua hirviendo, los camarones cambiaron de marrón gris al color anaranjado característico de los camarones. El color grisáceo original de los camarones es producido por los cromatóforos y cambia cuando el ejemplar es sometido a cocción. Esto se debe a la presencia de dos pigmentos, uno azul termolábil y otro colorado termoestable. Cuando el camarón es sometido a temperaturas mayores de 65-70 °C, el pigmento termolábil, que es una carotenalbúmina llamada astaxantina, se desnaturaliza apareciendo el colorado sin

interferencias y dándole al camarón su color característico. La segunda cosa interesante que se observó en el blanqueo, es la formación de la curvatura característica de los camarones.

Cuando el camarón estuvo blanqueado, se procedió a envasar manualmente el mismo, teniendo especial cuidado de mantener constante el peso escurrido para no modificar las condiciones del proceso. Para tal efecto, se tomaron las latas vacías y se llenaron con el camarón caliente hasta aproximadamente un 75% de la altura de la lata, y se fueron pesando en una balanza digital. Se llenó un lote de 35 latas, de las cuales 4 tenían un termopar instalado. Idealmente la totalidad de las 35 latas debían tener un termopar; sin embargo, debido a la falta de equipo, tan sólo 4 de ellas pudieron tenerlo. Cuando se instalaron los termopares, se tuvo especial cuidado de que el procedimiento de instalación fuera el correcto. Primero debe perforarse la lata con una herramienta especial que produce una circunferencia perfecta, la cual se perforó a la altura del punto frío de la lata. Debido a que el producto ofrece partículas sólidas suspendidas en un medio líquido, se toma el punto frío de la lata como el punto frío de un alimento que se calienta por convección. Es decir, en el eje central de la lata un poco por debajo de la mitad de la altura de la misma. Cuando el agujero estuvo perforado, se procedió a armar el termopar, teniendo especial cuidado en que los empaques que hacen contacto con la lata por

la parte interior y exterior estuvieran bien puestos, a manera de crear un sello totalmente hermético. Esto es muy importante, debido a que si el sistema termopar-lata tiene una fuga, los datos de lectura de temperatura interna de la lata ya no serían confiables. Cuando ya se tuvo el sistema termopar-lata armado y hermético, se procedió a introducir la termocopla de cada termopar en la parte central de un camarón, el cual se introdujo en el punto frío de la lata.

Para la realización del presente trabajo, se utilizaron latas estañadas recubiertas con un barniz epoxifenólico, con costura eléctrica. Este tipo de barniz se utilizó porque es el más adecuado para envasar productos alimenticios con alto contenido de azufre. Si se hubiera utilizado otro tipo de barniz, hubiera habido reacciones químicas entre el azufre del camarón y la lata, lo cual hubiera provocado manchado por sulfuros. Esto ocurre porque el camarón contiene proteínas cuyos aminoácidos se descomponen durante el proceso térmico, produciendo compuestos de azufre como mercaptanos, sulfuros y sulfuros ácidos, los cuales son capaces de combinarse con los metales presentes reaccionando fácilmente con el estaño formando un precipitado adherente de color azul o púrpura. Si los compuestos azufrados reaccionan directamente con el hierro (lo cual puede ocurrir si existen imperfecciones en el recubrimiento de estaño), se produce un precipitado negro, grumoso, que aunque no es tóxico, sí daña la imagen del

producto y provoca el inmediato rechazo del consumidor. Por tal motivo, se utilizó en el presente trabajo un barniz epoxifenólico, ya que tiene una alta impermeabilidad al ion sulfuro y una mayor resistencia a los polifosfatos y otros preservantes. Debido a que los compuestos sulfurados producidos por la descomposición de aminoácidos en el proceso térmico no pudieron reaccionar con los metales de la lata debido a la impermeabilidad del barniz epoxifenólico, éstos tuvieron plena libertad de movimiento dentro del sistema debido a la naturaleza del producto. Es decir, que pudieron desplazarse libremente por la salmuera. Sin embargo, éstos compuestos sulfurados tienden a depositarse en la parte superior de la lata, es decir en el espacio de cabeza. Esto ocasiona un olor desagradable al momento de abrir el envase, lo cual no es conveniente. Para evitar ése mal olor, lo que se recomienda es utilizar el cuerpo de la lata recubierto con un barniz epoxifenólico como se hizo en el presente trabajo, y en el fondo del envase utilizar una laca oleorresinosa pigmentada con óxido de cinc. Este tipo de fondo no pudo utilizarse en éste trabajo, debido a que no se encontraba disponible en el mercado guatemalteco. Por tal motivo, es muy probable que al momento de abrir las latas procesadas, éstas desprendan un olor desagradable, el cual se disipará momentos después. Si se hubieran conseguido fondos con éste tipo de laca oleorresinosa, no se produciría ningún olor desagradable debido a que éstas lacas se ablandan por la influencia del

calor, lo cual permite que los compuestos de azufre reaccionen con el óxido de cinc, dando como resultado la producción de sulfuro de cinc, el cual es de color blanco, no es peligroso y no produce el rechazo del consumidor.

Después de llenar las 35 latas con camarones calientes, se procedió a llenar las latas con la salmuera caliente, la cual había sido preparada simultáneamente. La salmuera fue preparada con agua purificada, a la cual se le añadió 2.5% de sal y 0.05% de benzoato de sodio como preservante. Es importante tener en cuenta que el benzoato de sodio no es necesario introducirlo a la fórmula, siempre y cuando el producto enlatado esté bien procesado. Sin embargo, sí se convierte en un ingrediente útil para alargar la vida del producto después de que la lata es abierta por el consumidor, pero si no se termina el producto y quiera guardarse para otro día. El lote de 35 latas se llenó con salmuera hirviendo, es decir, a aproximadamente 96 °C. Se tuvo especial cuidado en dejar un espacio de cabeza adecuado de aproximadamente 0.5 cm. Inmediatamente después se colocó la tapa a cada una de las latas, y se procedió a sellarlas en la selladora de latas. El trabajo de envasar los camarones calientes, envasar la salmuera caliente, tapar las latas, sellar las latas e introducir las en el autoclave para iniciar el proceso, se tuvo que hacer lo más rápido posible, debido a que si éste trabajo se hubiese hecho lentamente, la temperatura hubiese disminuído

demasiado. Si ésto ocurre, entonces la temperatura inicial del proceso es muy baja, lo cual es contraproducente. De la tabla de resultados de la penetración de calor puede observarse que cuando se inició el paso de vapor en la retorta, es decir, al tiempo cero del proceso, la temperatura interna de la latas más fría fue de 53 °C. Como puede observarse, ésta es una temperatura demasiado baja para iniciar un proceso térmico. Idealmente, la temperatura inicial de un proceso debería ser superior a 73 °C. En nuestro caso, la disminución tan drástica de la temperatura, se debió a que transcurrió mucho tiempo en lo que se llenaron las latas de camarón, luego se llenaron de salmuera, después se colocaron las tapaderas, se sellaron y finalmente se colocaron en el autoclave. Para evitar éste problema, lo ideal es pasar las latas por un túnel de vapor, con lo cual se logra elevar la temperatura interna a 95-96 °C, y se logra eliminar burbujas de aire y gas que todavía pueda contener el producto. Sin embargo, en nuestro trabajo no pudo hacerse ésto por la falta de equipo.

Es importante tener presente que mientras más caliente se encuentre la salmuera al momento de envasado, mayor será el vacío parcial obtenido. Este vacío se produce debido a que el vapor de agua que despiden la salmuera desplaza al aire, el cual contiene un gran porcentaje de oxígeno. Al momento de sellar la lata, un gran porcentaje del volúmen del espacio de cabeza está ocupado por vapor de agua, el cual no contiene

oxígeno en estado libre. Este vapor de agua se condensa al momento de enfriar las latas, produciendo el vacío parcial. Lógicamente, mientras más caliente esté la salmuera, mayor vapor de agua producirá y mayor oxígeno de aire desplazará, produciendo un mayor vacío. En el mejor de los casos, es aconsejable utilizar selladoras de latas con vacío, que son selladoras que contienen una bomba de vacío incorporada. Sin embargo, ésto no se pudo hacer por la falta de equipo.

Después de colocar las 35 latas en la retorta y conectar los termopares con el graficador, se cerró la misma, la cual ya contenía su nivel de agua interno. Al cerrar el autoclave se puso especial énfasis en apretar muy bien todas las abrazaderas, a modo de generar un sello hermético y evitar fugas de vapor de agua. Hecho ésto, se encendió el paso de vapor, a modo de permitir que el vapor de agua llene todo el interior del autoclave. Desde el inicio del paso de vapor, se dejó la válvula de purga abierta, por aproximadamente 10 minutos. Esto es muy importante y debe hacerse con el objeto de eliminar completamente el aire dentro de la retorta. Es de vital importancia que el 100% del aire se elimine y que sea sustituido por vapor de agua, debido a que el coeficiente de transferencia de calor del aire, es significativamente menor que el del vapor de agua. Es decir que al ser un mal conductor el aire, podría tenerse una presión interna de autoclave de 15 lbs/plg², y una temperatura menor a la que se tendría si la

misma presión fuera provocada sólo por vapor. Si en una retorta no se realiza una purga efectiva y total, pueden quedar bolsas de aire atrapadas. Si el termopar se encuentra fuera de éstas bolsas de aire, registraría una temperatura mayor a la que tendrían las latas que se encuentren dentro de las bolsas de aire. Estas latas podrían quedar subprocesadas, lo cual puede ser peligroso.

Para evitar tal problema, se dejó la purga abierta por aproximadamente 10 minutos. Durante éste lapso, se observó que al principio sólo salía aire; sin embargo conforme pasaban los minutos comenzó a salir vapor de agua, y en los últimos 5 minutos se observó sólo escape de vapor a presión, lo cual nos garantizó la efectiva purga del aire.

Después de haber eliminado todo el aire del compartimiento interno de la retorta, se cerró la llave de purga, y se comenzó a tomar el tiempo del proceso. De éste momento en adelante, la presión de la retorta fue aumentando paulatinamente hasta llegar a 15 libras de presión, obteniéndose una temperatura de 249.8 °F. Cuando la presión llegó a las 15 libras, inmediatamente se cerró el paso de vapor, y cuando la presión bajaba, se encendía de manera automática el paso de vapor. Esto no necesitó la pericia de un operario, dado que el sistema lo realiza automáticamente por medio de una válvula solenoide.

Durante éste período de calentamiento, la transferencia de calor en las latas fue por corrientes de convección en la salmuera de la lata, y por conducción de la parte externa de los camarones al centro de los mismos.

Después de 20 minutos de proceso, se cerró la llave de vapor de agua y se abrió la válvula de purga. Al hacer ésto inmediatamente se dejó escapar el vapor interno de la retorta, y la presión interna de la retorta disminuyó a cero. Luego se destornillaron las abrazaderas y se abrió el autoclave, dejando las latas enfriar lentamente.

Lo ideal hubiera sido sacar las 35 latas y sumergirlas en un baño de agua fría. Al hacer ésto se logra un shock térmico, el cual tiene un efecto letal sobre los microorganismos presentes. Sin embargo no se hizo con el objeto de poder apreciar más detalladamente la curva de enfriamiento. Cuando las latas estuvieron completamente frías, se sacaron de la retorta, se secaron con un trapo limpio para evitar oxidación de las uniones cuerpo-tapaderas, y se guardaron para su posterior observación. En cuanto a las cuatro latas que contenían termopar, se abrieron, se desprendieron las termocopias de los camarones, se desarmaron los termopares, se limpiaron y se guardaron.

Cuando se llegó a éste paso, ya se tuvo la información

suficiente y necesaria para el objetivo central del presente trabajo: determinar el proceso térmico para camarones enlatados en salmuera por dos métodos científicos. Para poder resolver la incógnita, dos cosas eran necesarias: la información sobre la penetración de calor en el alimento en cuestión, la cual fue proporcionada por el graficador del autoclave conectada a los cuatro termopares, y la información que la literatura proporciona. Es decir que ya se tuvo la información necesaria, razón por la cual se procedió a determinar el tiempo de proceso por el Método General.

Para tal efecto, lo primero que se hizo fue elaborar una tabla de resultados, en la cual se colocó en la primera columna cada delta tiempo. El tiempo comenzó en el minuto cero, que fue cuando se abrió el paso de vapor, y fue incrementándose en intervalos de 1.2 minutos; es decir que a cada 1.2 minutos el graficador registraba la temperatura interna en el punto frío de cada una de las latas que contenía un termopar. La temperatura interna de cada una de las 4 latas se diferencia en la gráfica por un color distinto: es decir que la temperatura correspondiente a un termopar se registró en la gráfica por medio de puntos verdes, la temperatura correspondiente a otro termopar se registró en la gráfica por medio de puntos rojos, la de otro termopar con puntos negros y la del otro termopar por medio de puntos azules.

Así pues, en la tabla de resultados se registró en la primera columna el tiempo en minutos, comenzando con el tiempo cero, tiempo 1.2 minutos, 2.4, 3.6, y así consecutivamente hasta llegar al minuto 73.2. En la columna No. 2 se anotó la temperatura correspondiente a cada delta tiempo, la cual fue anotada en °Celsius debido a que así lo registra el graficador. Debido a que el Método General utiliza las temperaturas en °Fahrenheit, se procedió a convertir la temperatura correspondiente a cada delta tiempo a °F, y estos valores se anotaron en la columna No. 3 de la tabla de resultados. El siguiente paso consistió en determinar el valor de letalidad para cada delta "t", por medio de la fórmula de letalidad. Esta fórmula involucra el valor de z, el cual es tomado por teoría igual a 18 para el *Clostridium botulinum*. Como puede observarse en la sección de resultados, la fórmula involucra un valor de 15, el cual significa que se están destruyendo 15 ciclos logarítmicos de esporas o microorganismos. Después de calcular los valores de letalidad, los cuales se anotaron en la columna 4 de la tabla de resultados, se procedió a calcular los valores de área bajo la curva de letalidad para cada delta t. Para ello se multiplicó el delta t que es de 1.2 minutos por el promedio de la letalidad "n" y la letalidad "n+1". Estos valores de área bajo la curva para cada delta t se tabularon en la columna No. 5 de la tabla de resultados. Es interesante observar que tanto el valor de letalidad como de área bajo la curva, van aumentando

en valor desde el tiempo cero hasta el tiempo 10.8 minutos, que es el lapso en el cual la temperatura va aumentando paulatinamente. Luego se observa un comportamiento estable para el valor de letalidad y de área bajo la curva desde el tiempo igual a 10.8 minutos hasta 21.6 minutos, que es el lapso en el cual la temperatura también se mantuvo constante en 121°C , y es el lapso en el cual el valor de letalidad y área alcanzaron su máximo valor por cada 1.2 minutos. En seguida se observa la etapa de enfriamiento, en la cual comienza a disminuir paulatinamente la temperatura, y por ende, el valor de letalidad y área bajo la curva. Finalmente, en la columna No. 6 se tabuló la sumatoria del área bajo la curva, la cual no es más que la suma del área desde el tiempo cero hasta el tiempo "x". Debido a que el proceso térmico necesario a aplicar es aquél en el que el área bajo la curva, es igual a la unidad (letalidad de 100%), a simple vista puede observarse de la tabla de resultados, que éste proceso se encuentra entre 9.6 y 10.8 minutos, lo cual se confirma matemáticamente al realizar los cálculos correspondientes.

Para calcular exactamente el valor del tiempo de proceso, se procedió a determinarlo por medio de regresión lineal. Para ello, es necesario tomar como mínimo tres puntos de la curva de tiempo versus área bajo la curva de letalidad, es decir la gráfica No. 17 de la sección de resultados. Al observar la gráfica completa, puede observarse que no presenta un

comportamiento lineal, razón por la cual no puede emplearse cualquier punto de la misma para la regresión lineal. Sin embargo, puede observarse que hay tres segmentos que sí presentan un comportamiento lineal y que por lo tanto sí pueden ser utilizados para determinar un valor de "x" o de "y" por regresión lineal:

- 1) Segmento 1: de $t = 00.0$ a $t = 04.8$
- 2) Segmento 2: de $t = 08.4$ a $t = 20.4$
- 3) Segmento 3: de $t = 30.0$ a $t = 73.2$

Debido a que el valor de tiempo de proceso se encuentra entre 9.6 y 10.8 minutos (lo cual puede observarse en la tabla de resultados), se realizó una regresión lineal utilizando tres puntos del segmento 2. De los tres puntos que se escogieron, uno era correspondiente a un área bajo la curva de letalidad inferior a la unidad y dos puntos eran correspondientes a un área superior a la unidad.

La regresión lineal se hizo en hoja electrónica, la cual arrojó los resultados expuestos en la página 59 del presente trabajo. El resultado obtenido estuvo en el rango esperado, y fue de 9.808342 minutos. Esto significa que bajo el mismo set de condiciones expuestas en el presente trabajo, se requieren de 9.81 minutos de proceso térmico a 121 °Celsius para

destruir 15 ciclos logarítmicos de la población de esporas de *Clostridium botulinum* y obtener así esterilización comercial del producto.

Como puede observarse en la sección de resultados, el error estándar de la regresión lineal fue de 0.037503, el cual es un valor aceptable, y el valor de r cuadrado fue de 0.999790, lo cual confirma el comportamiento lineal de los puntos utilizados para la regresión.

Con el ánimo de determinar el proceso por un método alternativo y tener un parámetro de comparación, se procedió a calcular el proceso por el METODO DE FORMULA, para lo cual es indispensable poseer dos gráficas: la gráfica No. 19 y la gráfica No. 20. La primera de ellas se construye a partir de los datos de penetración de calor, mientras que la segunda se saca de la literatura. Para graficar la curva de penetración de calor, se utiliza papel semilogarítmico de tres ciclos. En la escala lineal, se plotea el tiempo comenzando desde el tiempo cero, que es el tiempo en el cual se enciende el paso de vapor a la retorta. En el eje logarítmico, se plotea el valor de la temperatura, la cual puede hacerse de dos maneras distintas:

a) Utilizando la hoja de papel semilogarítmico como debe ser, se plotean en el eje logarítmico los valores de la temperatura

de la retorta menos la temperatura interna de la lata.

b) Si se le da la vuelta a la hoja de papel semilogarítmico, es decir, utilizándola al revés, pueden plotearse en el eje logarítmico directamente los valores de temperatura de la lata, sin necesidad de hacer sustracciones, teniendo especial cuidado en que la temperatura de la línea superior debe ser un grado menor que la temperatura de la retorta.

Debido a su mayor facilidad y conveniencia, se optó por construir la gráfica de penetración de calor conforme a la opción "b", es decir, utilizando la hoja al revés y ploteando directamente la temperatura en el eje logarítmico. Debido a que en el presente trabajo la temperatura de retorta es de 250 °Fahrenheit, se le adjudicó a la línea superior un valor de 249 °F. La diferencia entre línea y línea es de 1 °F para el primer ciclo logarítmico. Para el segundo ciclo logarítmico, ésta diferencia es de 10 °F. Finalmente, para el tercer ciclo logarítmico ésta diferencia es de 100 °F.

Así pues, se construyó la gráfica a partir de la tabla de resultados, la cual a su vez se construyó a partir de la gráfica de penetración de calor. Como puede observarse en la gráfica, para cada delta t se graficó un punto, el cual corresponde a la temperatura interna de la lata para ése tiempo. Hecho ésto, se trazó una línea recta procurando que se

ajuste lo mejor posible a los puntos graficados, y teniendo especial cuidado en que la línea no se separe más de 1 °F de cada punto de la gráfica.

Como puede observarse en la gráfica, el primer tramo de la curva de penetración de calor no tiene un comportamiento lineal, sino más bien parabólico. Es después del tiempo 1.2 minutos en adelante, que la curva presenta un comportamiento lineal. Con el objeto de determinar el cero corregido del proceso, se extendió la línea recta de la gráfica hasta la intersección con el eje del tiempo cero. Teniendo la gráfica construida, se procedió a determinar los valores de las variables involucradas en la fórmula de Ball.

El primer valor que se determinó, es el valor de f_h , que es la pendiente de la curva de calentamiento y es igual al tiempo en minutos requerido para atravesar un ciclo logarítmico. De la gráfica No. 19 puede observarse que éste valor es igual a 5.3 minutos. En seguida se procedió a calcular el valor de J, que es el lapso de tiempo que transcurre antes de que la curva de calentamiento asuma una línea recta. Para ello se sustituyeron los valores en la fórmula descrita en la sección de resultados, que son la temperatura de retorta menos la temperatura del cero corregido, dividida la temperatura de la retorta menos la temperatura inicial de la lata. La temperatura de la retorta

es 250°F , la temperatura inicial de la lata es de 125°F , y la temperatura del cero corregido, se determinó con la extensión de la línea recta hasta el eje del tiempo cero, y de la gráfica puede observarse que es de 90°F .

El siguiente paso fue determinar el valor de I , que es la diferencia entre la temperatura de referencia y la temperatura interna inicial del producto. Este valor resultó ser de 125°F . Con éste valor calculado, se procedió a multiplicar el valor de J por I , y a éste valor se le calculó el logaritmo, con lo cual se determinó el valor de $\text{Log } JI$, que resultó ser de 2.20.

Cuando éste valor estuvo calculado, ya sólo era necesario determinar el valor de $\text{Log } g$ para determinar el valor de B , que es el proceso térmico en cuestión. Es aquí cuando se utilizó la gráfica No. 20, la cual se sacó de la literatura: es una gráfica que da el valor de $\text{Log } g$ para su correspondiente valor de f_h/U para un valor de z específico cuando $m + g = 180^{\circ}\text{F}$. Es sabido que la curva a utilizar, es la de $z = 18$; sin embargo, primero se hizo necesario determinar el valor de f_h/U . Para ello hubo que determinar el valor de U , puesto que el de f_h ya se había determinado.

Como se mencionó anteriormente, U es la letalidad del proceso en términos de minutos a la temperatura de la retorta

y se determinó de la siguiente manera:

$$U = D_{250}^{18} = 0.133 * 15 = 2 \text{ minutos}$$

El valor de D para una z de 18 a 250 °F se obtiene de la literatura y es igual a 0.133. Este es el tiempo en minutos, requerido para destruir el 90% del Clostridium botulinum, y en nuestro caso se multiplicó por 15 debido a que se buscó destruir 15 ciclos de esporas.

De tal manera que al realizar la operación matemática correspondiente, se logró determinar el valor de f_h/U , el cual resultó ser igual a 2.65.

Con éstos datos ya se hizo posible determinar el valor de Log g utilizando la Gráfica No. 20. De ésta gráfica se determinó que éste valor es de 0.42. Siendo éste el último valor necesario para aplicar la Fórmula de Ball, finalmente se procedió a sustituir los valores de f_h , Log JI y Log g en la fórmula y se calculó el valor del proceso térmico, el cual resultó ser de 9.43 minutos.

Con éstos resultados, se logra demostrar las hipótesis formuladas en el presente trabajo y se concluye con resultados positivos todo el esfuerzo involucrado en la elaboración del mismo. Como puede observarse, el proceso térmico calculado por

un método, resultó ser muy similar al calculado por el otro método, lo cual confirma hasta cierto punto la confiabilidad en los resultados obtenidos.

Se dice "hasta cierto punto", debido a que si se quisiera confirmar plena y totalmente la veracidad de los resultados obtenidos, hubiera sido necesario realizar el estudio con dos grupos de latas en un mismo lote: un grupo de latas procesadas como se hizo en el presente trabajo, y otro grupo de latas inoculadas con una carga de 10,000 esporas de una especie de microorganismo cuya resistencia al calor sea igual o mayor que la del *Clostridium botulinum*. Después de procesarlas por 9.81 minutos a 250 °F, y de enfriarlas, se deben mantener en cuarentena en incubadora a 40 °C durante 8 días. La ausencia de abultamientos en la tapa, es una forma de comprobar la eficacia del proceso; sin embargo no es cien por ciento confiable. Para tener la plena certeza, deben abrirse unas doce latas no inoculadas y unas doce latas inoculadas, y realizar cultivos microbiológicos en agar u otro medio adecuado y observar si se desarrollan colonias de bacterias esporuladas.

Es importante tener en cuenta que para que un proceso sea confiable, en el 100 % de los casos debe haber una ausencia absoluta de colonias de microorganismos. No es permisible en los cultivos tener un porcentaje, por mínimo que éste sea, de

presencia de microorganismos ya que ésto demuestra un subproceso, el cual puede en el peor de los casos ser letal.

En el presente trabajo no fue posible tener un grupo control de latas inoculadas debido a que en el ICAITI no cuentan con las esporas de microorganismos a inocular, y era necesario hacer un pedido de importación el cual es costoso y muy tardado. Sin embargo sí se dejaron unas latas en cuarentena en una incubadora a 40 °C, y pudo observarse que no hubo abultamiento de la tapa ni cambios detectables. Adicionalmente, se probaron unos camarones de las latas procesadas, y afortunadamente pudo comprobarse que fue un buen producto, de color y sabor agradable. Al momento de abrir la lata, sí despidió un olor a marisco un poco fuerte, pero se disipó casi inmediatamente. En cuanto a la textura, pudo comprobarse que estaba algo blanda, lo cual puede deberse a que el tiempo de proceso que se le dio al producto, fue de más del doble del necesario y el tiempo de enfriamiento fue excesivamente largo.

IX. CONCLUSIONES

1. Sí es posible, por medio del Método General y el Método de Fórmula, determinar el proceso térmico necesario para obtener esterilización comercial en camarones enlatados en salmuera en latas 211 X 211, si previamente se efectúa un análisis de penetración de calor.
2. El proceso térmico calculado por el método General, resultó ser de 9.69 minutos.
3. El proceso térmico calculado por el Método de Fórmula, resultó ser de 9.43 minutos.

X. RECOMENDACIONES

El presente trabajo, como todos, tiene un límite. Sin embargo, hay una serie de recomendaciones que podrían tomarse en cuenta a la hora de realizar otro estudio similar a éste. Las recomendaciones para hacer el presente trabajo más completo y confiable son las siguientes:

1. Cuando se elaboren los camarones enlatados, es necesario que todo el equipo se encuentre cerca uno del otro, distribuído de una manera lógica, con el objeto de acelerar el proceso y evitar que la temperatura inicial de la lata disminuya en gran medida.
2. Es recomendable que en estudios de penetración de calor, todas las latas sin excepción, tengan un termopar conectado al graficador.
3. Es recomendable introducir en el autoclave un grupo de latas inoculadas con una cantidad conocida de bacterias cuya resistencia al calor es conocida. Esta resistencia al calor, debe ser igual o superior que la del Clostridium botulinum.
4. Después de determinar el proceso térmico por los dos métodos científicos empleados en el presente trabajo, es recomendable repetir el proceso utilizando el tiempo de proceso determinado previamente. Se recomienda tener un grupo

de latas control y un grupo de latas inoculadas con bacterias esporuladas. Finalmente es recomendable hacer cultivos en agar u otro medio adecuado para determinar a ciencia cierta si se logró obtener la esterilización comercial o si sobrevivieron colonias de bacterias.

XI. BIBLIOGRAFIA

- 1) American Public Health Association, Washington, D.C. 1976. Compendium of Methods for the microbiological Examination of Foods. Washington, D.C. pp. 620-622 y 632-638.
- 2) Bertullo, Victor H. 1975. Tecnología De Los Productos y Subproductos De Pescados, Moluscos y Crustáceos. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 538.
- 3) Boschi, E.E. y V. Angelescu. 1962. Descripción De La Morfología Externa E Interna Del Langostino Con Algunas Aplicaciones De Indole Taxonómica y Biológica. Instituto Biológico Marino Mar del Plata. Argentina.
- 4) Charley, Helen. 1982. Food Science. 2nd ed. New York, U.S., John Wiley & Sons. pp. 33-40.
- 5) Czeczuga, D. y M. Gierasimow. 1976. "Aminoacids content in the protein of fresh and salt water crustaceans". Bull. Aca. Polo. Sci. Biol. 24 (11): 663-666.

- 6) Dahle, H. K.; J. H. Kaaresen, G. M. Flisnes, y N. S. Leira. 1976. "Higienic quality of Shrimps marketed in brine". Nor. Vet. Tri., 88 (7/8): 454-457.

- 7) Desrosier, N. Conservación de Alimentos. Traducción de la Segunda Edición en inglés. Traducido del inglés por Antonio Habilidad Esquivel. México, CIA. Editorial Continental, S.A. de C.V., 1989. p. 468.

- 8) Desrosier, N. Elementos de Tecnología de alimentos. Traducido del inglés por Cristina Sangines de Salinas. México, CIA. Editorial Continental, S.A. de C.V., 1989. p. 783.

- 9) Edwards, P. R. y W. H. Ewing. 1972. Identification of Enterobacteriaceae. Georgia. 3ed. ed. Burgess Publishing Company. 362 p.

- 10) Frazier, W.C. y D.C. Westhoff. Food Microbiology. 3rd ed. U.S.A., McGraw-Hill Inc., 1978. P. 540

- 11) Hanson, J. A. y H. L. Goodwin. 1977. Shrimp and Prawn Farming in the Western Hemisphere. Pennsylvania. Hutchinson & Ross Inc. 439 p.

- 12) Herrera, A.; R. Pozo y P. Villar. 1975. "Comparative study

of the bacteriological of fresh, frozen and frozen peeled shrimps (Penaeus longirostris)". Ana. Bromatol., 27 (4): 347-356.

- 13) Jarvis, N. D. 1943. Principles and Methods in the Canning of Fishery Products. U.S. Dept. of Int. Res. Rept. No.7
- 14) Massanet, I. 1982. Estudio Microbiológico Comparativo entre camarones de Exportación y Camarones de Consumo Local. Guatemala. Trabajo de Tesis de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 72 p.
- 15) Nickelson, R.; J. Hosh y L. Wyatt. 1975. "A direct microscopic count procedure for the rapid estimation of bacterial numbers on green-headless shrimp". J. Milk Food Technology., 38 (2): 76-77.
- 16) National Canners Association Research Laboratories, Westport, Connecticut. Laboratory Manual for Food Canners and Processors. Volume one. Microbiology and Processing. Westport, Connecticut, 1976. p. 335
- 17) National Canners Association Research Laboratories,

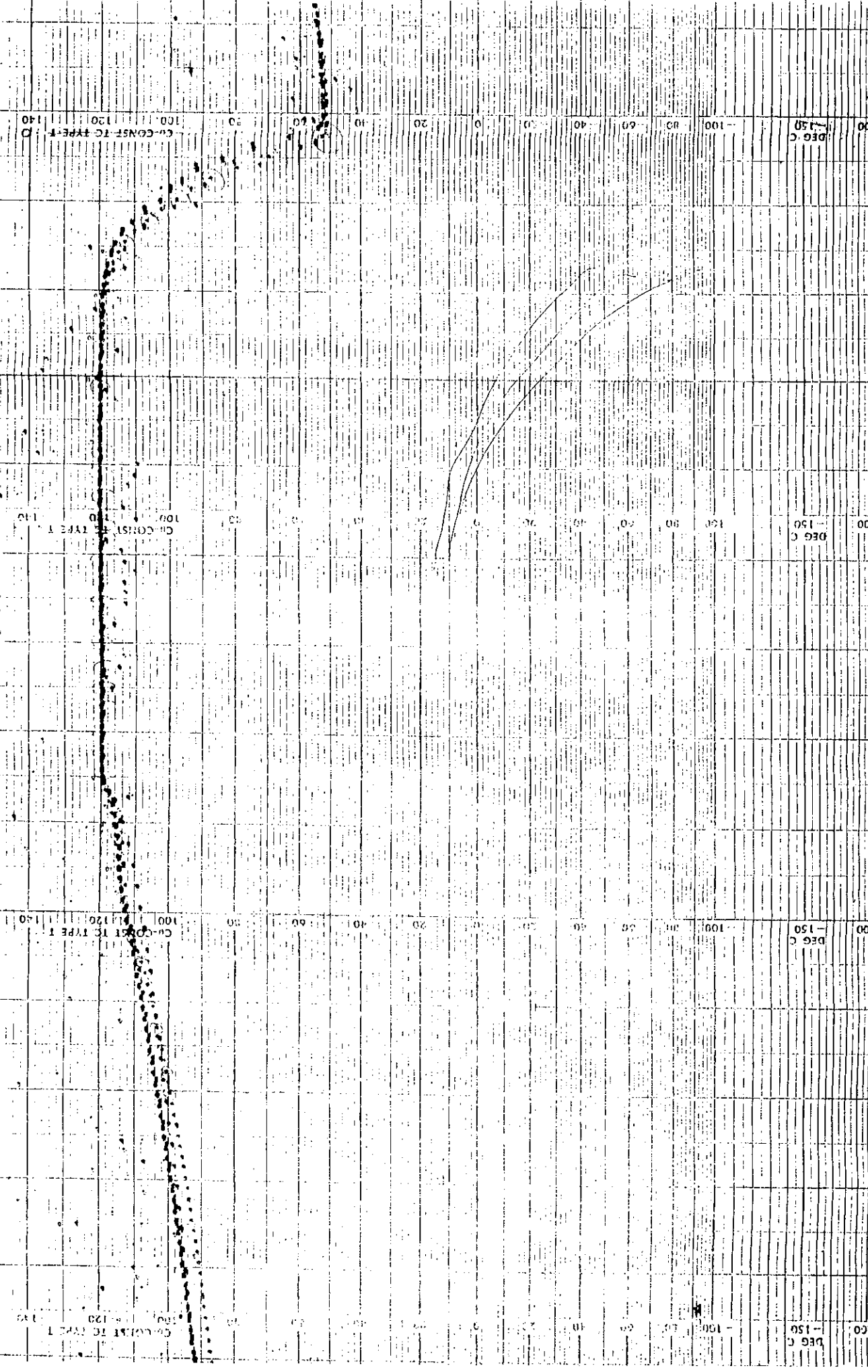
Westport, Connecticut. Laboratory manual for Food Canners and processors. Volume two. Analysis, Sanitation and Statistics. Westport, Connecticut, 1968. p. 444

- 18) National Canners Association, U.S.A. Canned Foods Principles of Thermal Process Control and Container Closure Evaluation. U.S.A., 1973. Paginación variada: de la 3-8 a la 3-11 y de la 8-11 a la 8-18.
- 19) Revilla, A. Tecnología de la leche. 2ª ed. San José, Costa Rica, Serie de Libros y Materiales Educativos, No. 53, 1982. p. 56.
- 20) Stepanova, I. V. y M. E. B. Aman. 1977. "Determination of lipophilic vitamins in fish and marine crustaceans using thin-layer chromatography". Rybone Khosyaistivo, 1: 75-76.
- 21) Tanner, Wilbur. The Microbiology of Foods. 2nd ed. Illinois, U.S.A., Garrard Press, 1946. pp. 59-108 y 945-1004.
- 22) Thampson, R. H. 1978. "Halogenated metabolites from marine animals and plants". J. Ind. Chem. Soc., 55 (1): 1209-1215.

- 23) Toma, R. B. y W. H. James. 1975. "Nutritional evaluation of protein from shrimp cannery effluent (shrimp waste protein)". J. Agric. Food Chem., 23 (6): 1168-1171.
- 24) Ubico, Sonia Renee. Contaminación Microbiana de Algunos Mariscos Destinados al Consumo Humano en la Ciudad de Guatemala. Tesis (Licenciatura en Biología), Universidad Del Valle de Guatemala. Guatemala, 1980.
- 25) United Nations Industrial Development Organization, Viena. Packaging and Packaging Materials. Viena, 1978. pp. 5-32.

APENDICE

Curva de penetración de calor de camarones enlatados en salmuera en latas 211 X 211:



DEG C 200 150 100 80 60 40 20 0

DEG C 200 150 100 80 60 40 20 0

DEG C 200 150 100 80 60 40 20 0

DEG C 200 150 100 80 60 40 20 0

CONST. TYPE T 140 120 100 80 60 40 20 0

CONST. TYPE T 140 120 100 80 60 40 20 0

CONST. TYPE T 140 120 100 80 60 40 20 0

CONST. TYPE T 140 120 100 80 60 40 20 0