



## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

### **Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

**“Estudio de penetración de calor en una conserva de sardina en salsa de tomate envasada en hojalata ovalada”**

### **TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ALIMENTOS**

Presentada por:

Bruno Leonardo Zerega Albán

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

Año: 2014

## **AGRADECIMIENTO**

Primero a DIOS por guiarme siempre. A mis padres quienes siempre están cuando los necesito para apoyarme y aconsejarme. A mi abuelita por ser una persona muy valiosa en mi vida y a todas esas personas quienes hicieron posible la realización del presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

AL DIVINO NIÑO

MIS PADRES

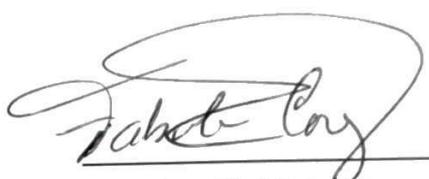
A MI ABUELITA

MIS HERMANOS

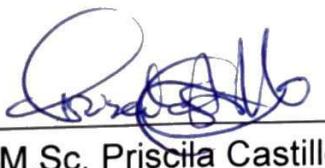
## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Dr. Kleber Barcia V., Ph.D.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



M.Sc. Fabiola Cornejo Z.  
DIRECTORA



M.Sc. Priscila Castillo S.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta  
Tesis de Grado, me corresponde  
exclusivamente; y el patrimonio intelectual de  
la misma a la ESCUELA SUPERIOR  
POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de graduación de la ESPOL)

---

Bruno Leonardo Zerega Albán

## RESUMEN

En el presente estudio se determinaron los parámetros de proceso térmico para la obtención de una conserva de sardina en medio líquido de cobertura salsa de tomate envasada en hojalata ovalada.

El requerimiento para elaborar cualquier conserva, es que debe esterilizarse y alcanzar el  $F_0$  requerido para la destrucción térmica del microorganismo más termo resistente. Sin embargo, para las conservas de sardina se debe mantener por más tiempo el producto a la temperatura de proceso, para que la dureza de la espina, parámetro de calidad, llegue al ablandamiento requerido. El aumento excesivo puede llegar a incrementar el consumo energético en la planta.

En planta piloto se procedió a realizar un estudio de penetración de calor, para definir mediante el método matemático de Ball los parámetros de proceso (tiempo y temperatura) del producto. Por otro lado, se realizaron pruebas experimentales para determinar los valores D y Z de la textura de la espina de la sardina, permitiendo establecer los parámetros de proceso, con los que se obtendrá un producto comercialmente estéril con menores perdidas energéticas. Finalmente, se caracterizó la conserva de sardina en medio líquido de cobertura salsa de tomate y se realizó un diagrama de proceso indicando parámetros y puntos de control recomendados.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGIA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.....	3
1.1 Composición del Producto.....	5
1.2 Características del Producto.....	6
1.3 Descripción del Proceso.....	7
1.4 Diagrama de Flujo.....	12
1.5 Materia Prima e Ingredientes.....	14
1.6 Instalaciones.....	15
1.7 Equipos.....	16
1.8 Parámetros del Proceso.....	18
1.9 Definición del Microorganismo de Referencia.....	20

**CAPÍTULO 2**

2. FASE EXPERIMENTAL.....	28
2.1 Materiales y Métodos.....	28
2.2 Pruebas de Laboratorio.....	36
2.3 Formulación.....	38
2.4 Pruebas de Planta Piloto.....	41
2.5 Estudio de Penetración de Calor.....	47
2.6 Desarrollo de la Hoja Técnica del Proceso.....	52
2.7 Evaluación de la degradación de la Dureza de la Espina de la Sardina.....	55

**CAPÍTULO 3**

3. RESULTADOS.....	57
3.1 Ubicación del punto frío.....	57
3.2 Datos obtenidos de la curva de Penetración de calor.....	58
3.3 Determinación de los tiempos de proceso.....	62
3.4 Mejoramiento del proceso.....	69
3.5 Caracterización del producto final.....	83
3.6 Diseño del proceso.....	84

**CAPÍTULO 4**

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
-----------------------------------	----

**APÉNDICES****BIBLIOGRAFÍA**

## ABREVIATURAS

gr	Gramos.
Kg	Kilogramos.
Lb	Libras.
min	Minutos.
ppm	Partes por millón.
J	Joule
W	Watt
Seg	Segundos.
mm	Milímetros
m	Metros
cm	Centímetros
Log	Logaritmo.
FDA	Food and Drug Administration
NTC	Norma Técnica Colombiana
CMC	Carboximetilcelulasa

## **SIMBOLOGÍA**

B <sub>b</sub>	Tiempo de Proceso de Stumbo.
CUT	Tiempo de levante.
D	Tiempo de reducción decimal.
g	Diferencia de temperatura entre la retorta y el alimento al final del calentamiento.
I <sub>c</sub>	Diferencia de temperatura entre la retorta y el alimento en el comienzo del enfriamiento.
JI <sub>h</sub>	Factor de retraso de calentamiento.
JI <sub>c</sub>	Factor de retraso de enfriamiento.
L	Velocidad letal expresada en minutos a la temperatura de Referencia por minuto a la temperatura del producto.
T <sub>i</sub>	Temperatura inicial.
T <sub>r</sub>	Temperatura de la retorta.
T <sub>ref</sub>	Temperatura de referencia.
pH	El grado de acidez o alcalinidad de una sustancia.
t	Tiempo.
F <sub>a</sub>	Factor de degradación de la calidad.
Z	Incremento de temperatura necesario para que el tiempo de reducción decimal se reduzca a la décima parte.
T <sub>ret</sub>	Temperatura de esterilización.

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Diagrama de Flujo del Proceso Modificado del Manual HACCP de la Empresa.....	12
Figura 1.2 Zonas de Pesca Registrada Durante el 2008 para Pinchagua (O. SPP.).....	14
Figura 1.3 TOLVA DE ACERO INOXIDABLE.....	16
Figura 1.4 COCINADOR.....	16
Figura 1.5 VOLTEADOR MANUAL.....	17
Figura 1.6 DOSIFICADORA DE SALSA DE TOMATE.....	17
Figura 1.7 CERRADORA.....	17
Figura 1.8 AUTOCLAVE HORIZONTAL DE VAPOR EN PLANTA.....	18
Figura 2.1 ENVASE HOJALATA OVALADA.....	30
Figura 2.2 AUTOCLAVE HORIZONTAL DE VAPOR.....	32
Figura 2.3 ACUMULADOR DE DATOS (DATA LOGGER).....	34
Figura 2.4 TERMOPARES.....	35
Figura 2.5 SENSOR COLOCADO EN LA SARDINA.....	35
Figura 2.6 MUESTRAS DE LABORATORIO.....	36
Figura 2.7 CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL MEDIO DE CALENTAMIENTO.....	37
Figura 2.8 MUESTRAS SACADAS A LOS TIEMPOS 20,40 Y 60 MINUTOS, TEMPERATURA 100°Cº.....	37
Figura 2.9 TEXTURÓMETRO midiendo la Dureza de la Espina de la Sardina	38
Figura 2.10 VISTA FRONTAL DE LA UBICACIÓN DE LOS SENORES.....	42
Figura 2.11 VISTA SUPERIOR DE UBICACIÓN DE SENORES.....	42
Figura 2.12 CALL SOFT 32 INFORMACIÓN INICIAL.....	43
Figura 2.13 ANIDACIÓN DE ENVASES DURANTE ESTUDIO DE PENETRACIÓN DE CALOR.....	44
Figura 2.14 INGRESO DE DATOS PROPORCIONADOS POR LA PERSONA.....	49

Figura 2.15 Datos sobre la Posición de la Termocuplas y Composición del Producto.....	49
Figura 2.16 Relación de Curvas para $F_h/U$ Vs $\log(G)$ , Conforme A M + $G = 180^{\circ}\text{F}$ y Varios Valores de Z (Basados en Datos de Ball y Olson).....	54
Figura 3.1 Parámetros de Proceso.....	67
Figura 3.2 Diagrama de Flujo del Proceso Diseñado.....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 1	Información Nutricional de la Etiqueta del Producto.....	5
Tabla 2	Parámetros y Requisitos para el Control de los Límites Críticos...	6
Tabla 3	Agrupación de Microorganismos y de Parásitos de Acuerdo al Tipo de Severidad del Riesgo.....	21
Tabla 4	Alimentos que Comúnmente Vehiculizan Toxiinfecciones Alimentarias.....	22
Tabla 5	Clasificación de los Alimentos Según su Acidez y Grupos de Microorganismos Causantes de Alteraciones en Alimentos Enlatados.....	24
Tabla 6	Condiciones de Crecimiento de Microorganismos de Interés	25
Tabla 7	Inactivación Microbiana.....	26
Tabla 8	Factores Considerados Para el Estudio de Distribución de Calor.....	33
Tabla 9	Formulación del Producto.....	39
Tabla 10	Formulación para el Estudio de Penetración de Calor .....	40
Tabla 11	Factores Considerados para el Estudio de Penetración de Calor.....	46
Tabla 12	Parámetros de Proceso Obtenidos de la Curva de Calentamiento.....	62
Tabla 13	Factores Críticos, Parámetros de Proceso y Tiempo de Retención a Diferentes Temperaturas Iniciales de Producto y Diferentes Temperaturas de Retorta.....	68
Tabla 14	Valores de la Dureza de la Espina Obtenidos con el Texturometro a Diferentes Tiempos y Temperaturas de Calentamiento.....	69
Tabla 15	Dureza de la Espina en Diferentes Conservas de Sardina.....	70
Tabla 16	Tiempo de Retención para el Ablandamiento de la Dureza de la Espina de La Sardina.....	78

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfica 2.1 Estudio de Distribución de Calor, Tiempo de Levante.....	46
Gráfica 2.2 Estudio de Penetración de Calor, Tiempo de Levante.....	47
Gráfica 3.1 Curvas de Penetración de Calor.....	60
Gráfica 3.2 Curva de Penetración de Calor con el Mayor Valor de $F_h$ .....	61
Gráfica 3.3 Análisis de la Curva de Penetración de Calor.....	63
Gráfica 3.4 Relación de las Curvas para $F_h/U$ Vs $G$ .....	65
Gráfica 3.5 Logaritmo de la Dureza de la Espina de la Sardina Vs Tiempo de Calentamiento, 90 °C	71
Gráfica 3.6 Logaritmo de la Dureza de la Espina de la Sardina Vs Tiempo de Calentamiento, 100 °C.....	71
Gráfica 3.7 Logaritmo de la Dureza de la Espina de la Sardina Vs Tiempo de Calentamiento, 108.5 °C .....	72
Gráfica 3.8 Logaritmo de la Reducción Decimal en Función de la Temperatura.....	74

## INTRODUCCIÓN

Las conservas alimenticias tienen un sitial importante a nivel mundial, debido a su practicidad en el uso, estabilidad e inocuidad que ofrece este tipo de producto. En la actualidad, existe una creciente demanda de conservas a partir de mariscos con valor agregado y de consumo directo.

Un requerimiento de cualquier conserva, es que debe esterilizarse y alcanzar el  $F_0$  requerido para la destrucción térmica del microorganismo más termo resistente. Sin embargo, para las conservas de sardina se debe mantener por más tiempo el producto a la temperatura de proceso, para que la dureza de la espina, parámetro de calidad, llegue al ablandamiento requerido.

El aumento excesivo puede llegar a incrementar el consumo energético en la planta. Por lo tanto, la tesis plantea establecer los parámetros de proceso (Tiempo y Temperatura) en conservas de sardina, realizando un estudio de penetración de calor considerando la textura de la espina del pescado.

El presente estudio se realizó en una empresa alimenticia del medio, la cual posee la infraestructura y tecnología necesaria para llevar a cabo el desarrollo de la tesis, en el que se obtendrán los resultados que permitirán a la empresa pesquera establecer los parámetros de proceso, con los que se

obtenga un producto comercialmente estéril con menores perdidas energéticas.

# **CAPÍTULO 1**

## **1. GENERALIDADES**

La importancia fundamental del uso de tratamiento térmico en el área de alimentos es la inactivación de microorganismos, ya que éstos tienen diferentes resistencias al calor. Por ejemplo, las células vegetativas y las levaduras son más susceptibles, mientras que las esporas son más resistentes a altas temperaturas. Principalmente los patógenos son causantes de problemas de salud pública; o microorganismos no patógenos, deteriorativos pueden ocasionar problemas cuando los sistemas alimenticios no son manejados o almacenados adecuadamente.

El alimento que se va a someter a tratamiento térmico, puede estar asociado con microorganismos que se desarrollan o presentan de manera habitual en el sistema bajo condiciones determinadas, y a este microorganismo lo caracteriza una resistencia térmica que se necesita

conocer para la aplicación del proceso térmico y con ello, asegurar la esterilidad y seguridad del producto.

En el caso de las conservas de sardina, una vez alcanzada la esterilidad comercial, se debe prolongar el tiempo de proceso, para cambiar parámetros de calidad, como el ablandamiento de la espina. Sin embargo, el aumento excesivo de tiempo puede llegar a incrementar el consumo energético en la planta. Por lo tanto, la tesis plantea establecer los parámetros de proceso (Tiempo y Temperatura) en conservas de sardina, realizando un estudio de penetración de calor considerando la textura de la espina del pescado.

### **Objetivo General**

Determinar los parámetros de penetración de calor de una conserva de sardina en salsa de tomate envasada en hojalata ovalada y definir el tiempo y temperatura de proceso considerando la textura de la espina.

### **Objetivos Específicos.**

- Definir el microorganismo objetivo del producto como referencia para el estudio a realizar.
- Realizar un estudio de penetración de calor para determinar los parámetros  $f_h$ ,  $j_h$ ,  $f_c$  y  $j_c$ .

- Determinar los parámetros D y Z de la pérdida de textura de la espina de la sardina.

### 1.1 Composición del Producto

El principal componente del producto a realizar es la sardina. Este tipo de pescado, aporta abundantes proteínas (18% del producto) de gran calidad, y sus grasas (8%) aunque varían según el momento de la captura del pescado. Posee abundantes ácidos grasos poliinsaturados como el Omega 3, ácido graso esencial que rebaja los triglicéridos, disminuye el colesterol, previene la formación de coágulos en las arterias y disminuye levemente la presión arterial. Además, las sardinas son ricas en vitaminas, especialmente solubles en grasa como la vitamina D y minerales.

**TABLA 1**  
**COMPOSICIÓN NUTRICIONAL SARDINA**  
**EN SALSA DE TOMATE**

Cada 100 gramos	KCal	Proteinas g	Grasa g	sodio mg	hierro mg	fósforo mg	Colesterol g
Sardina en salsa de tomate	138.80	22.93	5.72	187.0	1.63	25.41	4.4

**Fuente:** Tabla de Información Nutricional de la etiqueta del producto.

## 1.2 Características del Producto

El producto está compuesto por sardina (*Ophistonema Spp*), salsa de tomate y sal. Envasado en hojalata de dos piezas oval 15 onzas; 603 x 408 x 107 (164 x 111 x 36 mm)

Para un mejor entendimiento del proceso de obtención de la sardina enlatada, es necesario conocer los parámetros y requisitos esenciales para un buen control en los límites críticos como se observa en la tabla 2.

**TABLA 2**

### PARÁMETROS Y REQUISITOS PARA EL CONTROL DE LOS LÍMITES CRÍTICOS

Característica	Unidad	Especificación	Equipo/Método
<b>Histamina</b>	mg / 100 g	< 5	Fluorómetro / Método Fluorométrico Técnica AOAC 977.13
<b>Bases Volátiles expresadas como Nitrógeno</b>	mg / 100 g	< 50	Destilación / Determinación de Bases volátiles
<b>Cloruro de Sodio</b>	%	1.5	Titulación / Método cuantitativo indirecto de Volhard
<b>pH</b>	-	5 – 6	pH-metro
<b>°Brix de la salsa</b>	°Brix	9 – 10	Refractómetro / Método: Refractométrico – densimétrico
<b>Peso Neto</b>	G	425	Balanza / Determinación del peso neto
<b>Peso Escurrido</b>	G	290	Balanza / Determinación del peso escurrido
<b>Número de piezas</b>	Unid.	4 – 6	Determinación visual

**Fuente:** Parámetros Utilizados en la Empresa

La histamina puede desencadenar reacciones alérgicas en personas sensibles, por lo que existen límites críticos para su control. La sardina contiene el aminoácido L-histidina, el cual es precursor de la histamina. Ciertos microorganismos son capaces de descarboxilar el aminoácido L-histidina convirtiéndolo en histamina.

Las bases volátiles son la concentración en conjunto de NH3 (Amoniaco), TMA (Trimetilamina), DMA (Dimetilamina) y Metiláminas, su aumento está en relación con el crecimiento de las tasas bacterianas, que actúan descarboxilando aminoácidos y puede expresarse como nitrógeno total o amoniocal. Cuando su nivel sobrepasa los límites de tolerancia hay certeza de putrefacción.

### 1.3 Descripción del Proceso

#### **RECEPCIÓN:**

La etapa de recepción es muy importante, ya que aquí se evalúa la calidad, inocuidad y salubridad de la materia prima.

La especie Pinchagua *Opisthonema spp* (sardina ecuatoriana) llega a la fábrica sin cabeza y eviscerada. Primero, pasa a la báscula para obtenerse el peso. Se toma la muestra de Pinchagua (Sardina), por parte del laboratorio para determinar su

contenido de histamina. Si está en los niveles aceptados, la Pinchagua (sardina) se recibe, caso contrario se rechaza. También, se realizan controles de temperatura, análisis organoléptico y análisis físico-químico. Dependiendo de la hora de llegada del producto puede ir directamente a proceso o a almacenamiento en frío.

#### **ALMACENAMIENTO:**

Una vez pesada la sardina, se coloca en una canasta de plástico para ser llevada a la cámara frigorífica, donde se congela -5°C a -10°C, hasta que vaya a ser procesada. El objetivo del almacenamiento es mantener el producto por debajo de los 4.4 °C, límite establecido por la FDA.

#### **LIMPIEZA Y ELIMINACIÓN DE SANGRE:**

Las cajas de pinchagua son vaciadas en una tolva de acero inoxidable, en donde son lavadas con abundante agua fresca para eliminar restos de escamas y sangre presente en las sardinas.

#### **EMPAQUE:**

Una vez limpias las pinchaguas son envasadas manualmente, los envases vienen haciendo su recorrido por una cinta transportadora.

Se colocan de 4 a 6 sardinas por envase.

#### **PRE COCCIÓN:**

El cocinador utilizado para esta operación es en Batch y utiliza vapor. Posee un sistema neumático para controlar el ingreso del vapor según las exigencias de temperatura de cocción deseada.

El tiempo de cocción de la pinchagua depende de su tamaño y puede variar desde los 30 a 50 minutos a 100°C. Una vez cocinadas las sardinas pierden el 20 al 24% de su peso.

#### **VOLTEADOR:**

Una vez que las sardinas salen de la pre cocción van a un volteador manual, donde la lata queda inclinada y el exudado (agua y grasa) de pescado cae fuera del envase. La lata vuelve a quedar boca arriba una vez eliminado el exudado y es llevada al surtidor de salsa de tomate. Se procede a agregar la salsa tomate a una temperatura de aproximadamente 90 °C, para ayudar a la formación de vacío de la lata.

#### **DOSIFICACIÓN DE LÍQUIDO DE COBERTURA:**

Los ingredientes de la salsa de tomate son pasta de tomate, agua, sal y carboximetilcelulasa espesante artificial para mejorar la textura

de la salsa. La pasta de tomate llega a la fábrica en tanques de 229 Kg. La concentración del tomate es de 30 – 31 grados brix. Dentro de los tanques la pasta de tomate viene en una funda de aluminio que asegura su calidad. La salsa de tomate se prepara en marmitas de capacidad de 100 litros, de donde se obtiene el líquido de cobertura del producto que debe alcanzar una concentración de 10°Brix. Por medio de bombas y tuberías el líquido llega al dispositivo de dosificación de cascada y consecuentemente se añade al producto. El líquido de cobertura se debe agregar por lo a menos 90 °C con el fin de asegurar el vacío en los envases.

### **SELLADO:**

Las máquinas cerradoras proceden a poner la tapa al enlatado, luego se realiza el doble cierre con lo cual le da hermeticidad al producto dejándolo aislado del medio exterior.

### **LAVADO DE LATAS:**

Los enlatados son transportados a una lavadora para eliminar residuos de salsa de tomate y producto de las operaciones propias del proceso. Aquí se utiliza agua caliente y detergente a alta presión.

**ESTERILIZACIÓN:**

Es el proceso al cual se somete al enlatado para alcanzar la esterilización comercial, las latas enjauladas son introducidas en el autoclave, los cuales son cerrados herméticamente por sistemas hidráulicos.

Terminado el proceso y con el autoclave cerrado se procede a enfriar con agua clorada y aire, consiguiendo de esta manera que la lata vuelva a su posición original sin ninguna deformación. El proceso de enfriamiento dura hasta 40 minutos.

**ETIQUETADO:**

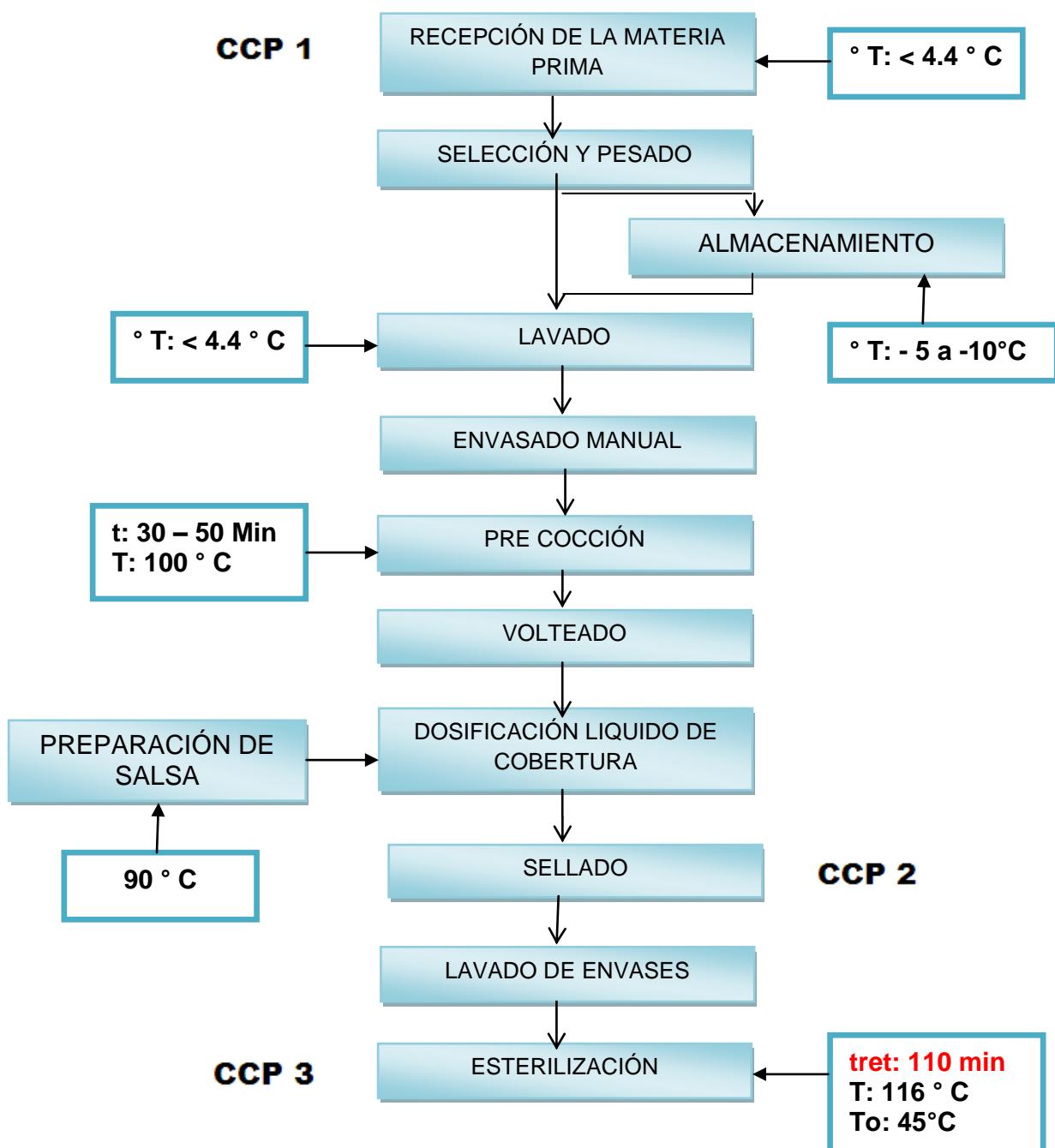
Las latas son llevadas por una cinta transportadora para ser codificadas, luego los operarios toman los envases y pegan manualmente la etiqueta.

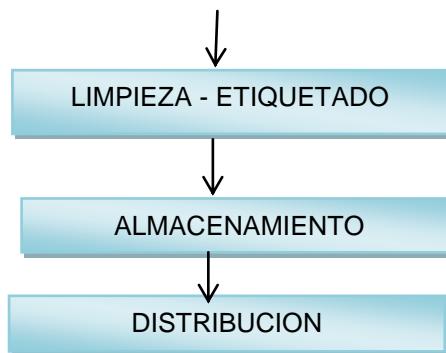
**ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN:**

El producto ya etiquetado es puesto en cartones apropiados. Para este fin cada caja lleva: 24 unidades de 425 g. Posteriormente, las cajas son cerradas con cinta pegante, colocadas en pallets y llevadas a las bodegas de productos terminados.

La distribución es el punto final de este proceso, se realiza en contenedores donde se mantiene una excelente limpieza y la temperatura debe ser al ambiente.

#### 1.4 Diagrama de Flujo





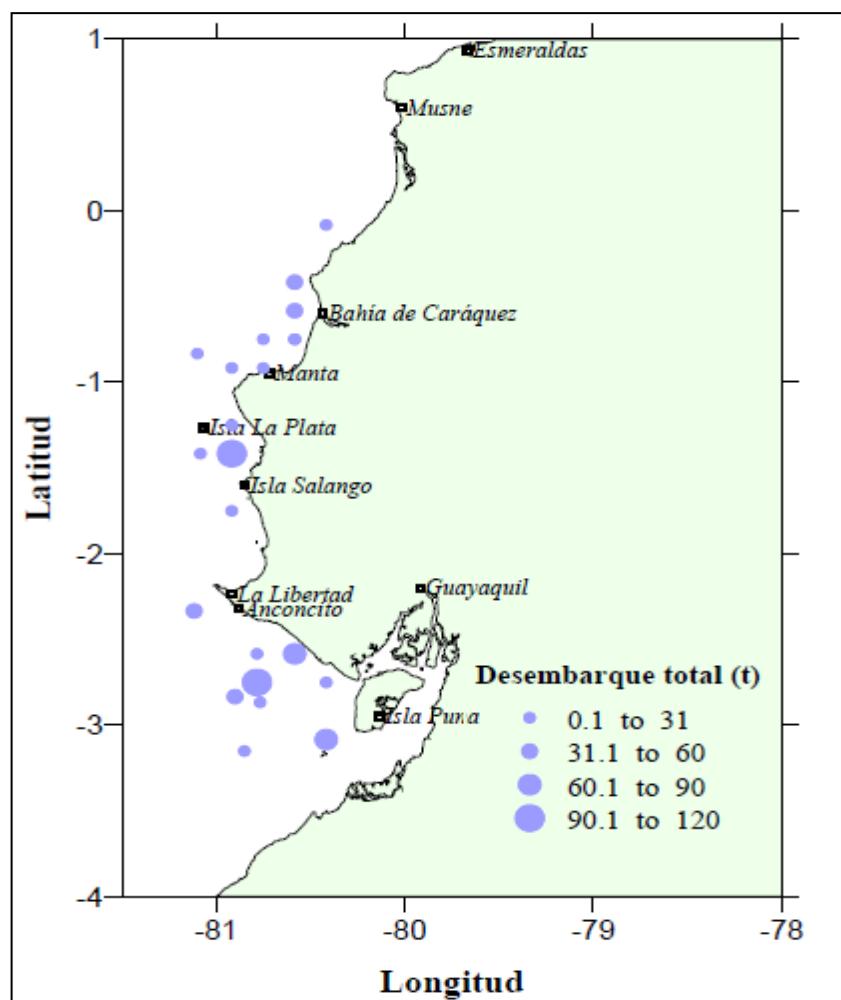
**FIGURA 1.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO MODIFICADO DEL MANUAL HACCP DE LA EMPRESA**

Los límites críticos de control mostrados en la figura 1.1, muestran los valores referenciales en la actualidad. Sin embargo, para el estudio existe la necesidad de reformar dichos valores para una disminución de tiempo.

La empresa actualmente procesa con un tiempo de retención de 110 minutos, para una temperatura inicial de 45°C y una temperatura de retorta de 116°C, utilizan este tiempo con el fin de ablandar la espina de la sardina. El tiempo de levante utilizado en la empresa es de 9 minutos. Por lo tanto, utilizan un tiempo de calentamiento (SteamOn-SteamOff) de 119 minutos; es durante este tiempo que va a haber consumo de vapor.

### 1.5 Materia Prima e Ingredientes.

Para la elaboración del producto se utilizó la especie *Opisthonema* spp, comúnmente conocida como pinchagua. En Ecuador, la pinchagua forma cardúmenes compactos y migratorios que se han observado a lo largo de toda la zona costera.



**FIGURA 1.2 ZONAS DE PESCA REGISTRADA DURANTE EL 2008  
PARA PINCHAGUA (O. spp.)**

Fuente: (Prado, 2008).

En la figura 1.2 se identifican las zonas de distribución de la pinchagua. Los puntos de color celeste muestran las zonas de mayor captura en el año 2008, siendo los más representativos el Golfo de Guayaquil, al oeste de la isla Puná y provincia de Manabí entre la isla de La Plata y la isla Salango. (Prado, 2008.)

El tamaño varía según la zona donde habite, siendo un rango aproximado entre 10 a 30 cm, esto se relaciona directamente con la edad, razón por la cual lo ideal es capturar especies grandes que han cumplido su edad reproductiva (Codex Alimentarius, 2006)

El anexo A muestra la norma técnica colombiana 1242.

## 1.6 Instalaciones

El local es lo suficientemente grande para albergar las siguientes áreas: recepción de la pasta de tomate y sardina, proceso, empaque, bodega, laboratorio, oficina, servicios sanitarios y vestidor. La construcción es de bloc repellado con acabado sanitario en el piso y paredes para facilitar la limpieza. Los pisos son de concreto recubiertos de loseta, con desnivel para el desagüe. Los techos de estructura metálica con zinc y cielorraso, las puertas de metal y ventanales de vidrio. Se utilizan cedazos en las puertas y ventanas.

## 1.7 Equipos

Todos los equipos deben ser de acero inoxidable (#16). Por lo general tienen un mantenimiento mensual. A continuación se muestran los equipos (Fig. 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8) según el orden del proceso.



**FIGURA 1.3 TOLVA DE ACERO INOXIDABLE**



**FIGURA 1.4 COCINADOR**



**FIGURA 1.5 VOLTEADOR MANUAL**



**FIGURA 1.6 DOSIFICADORA DE SALSA DE TOMATE**



**FIGURA 1.7 CERRADORA**



**FIGURA 1.8 AUTOCLAVE HORIZONTAL DE VAPOR**

### **1.8 Parámetros Del Proceso**

Como parte de cada proceso, existen parámetros que son necesarios en el momento de la manufactura. Es así que se procede a detallar los más relevantes.

#### **Líquido de Gobierno**

La salsa de tomate se agrega a 90 ° C, esto permite que se forme el vacío en la lata. También, es recomendable agregar el líquido de gobierno a una temperatura superior a 180 °F (82,2 °C), con el fin de prevenir el crecimiento de los termófilos.

#### **Llenado de los Envases**

El llenado del producto (sardina) se realiza de forma manual. Para

esta forma de llenado, es necesario llevar un control del peso de cada uno de los envases. El llenado del líquido de cobertura se añade mediante el sistema “Liquid Falls”, donde el envase pasa a través de una dosificación continua de salsa de tomate.

### **Peso de Llenado**

El peso de llenado establecido en la empresa para la sardina es de 280 g. Para los estudios de penetración de calor es recomendable trabajar con un 10% más del peso neto con el que trabaja la empresa.

### **Espacio de cabeza**

El espacio de cabeza normalmente es de 6 a 10% de la altura de la lata. El espacio de cabeza es importante, ya que si es muy pequeño puede resultar en un proceso térmico inadecuado.

### **Pre cocción**

La pre cocción utilizada en la empresa varía de 30 a 50 minutos, ya que depende del tamaño de la sardina, se utiliza temperatura de 100 ° C. Su función es deshidratar parcialmente la carne evitando que durante el esterilizado se liberen estos fluidos que se acumularían en el envase. También, se eliminan grasas o aceites,

algunos de los cuales tienen sabores fuertes.

### **Esterilización**

En la empresa se trabaja con una temperatura de autoclave de 116 °C y un tiempo de proceso de 110 minutos. En 60 minutos la sardina alcanza su esterilidad comercial, pero es debido a la dureza de la espina que en la empresa le dan un tiempo de proceso de 110 minutos. Este tiempo de proceso para el ablandamiento de la espina es el que la tesis busca mejorar, mediante experimentación.

### **1.9 Definición del Microorganismo de Referencia**

Los microorganismos de carácter o criterio imperativo, son aquellos que no deben estar presentes en el alimento o bebida, ya que su presencia representa un daño a la salud o la vida de los consumidores. Su presencia determinará la eliminación del alimento de acuerdo a la Norma que para tal efecto dicte el Ministerio de Salud. La tabla 3 muestra los microorganismos de carácter o criterio imperativo:

**TABLA 3**  
**AGRUPACIÓN DE MICROORGANISMOS Y DE PARÁSITOS DE**  
**ACUERDO AL TIPO DE SEVERIDAD DEL RIESGO**

Tipo de riesgo	Organismo
<b>Criterio Imperativo</b>	Clostridium botulinum tipos A, B, E y F Shigella dysenteriae Salmonella typhi serotipos paratyphi A y B Escherichia coli enterohemorrágica virus de la hepatitis A y E Brucella abortus, Brucella suis Vibrio cholerae 01 Vibrio vulnificus Taenia solium  <span style="border: 2px solid blue; padding: 2px;">Anaerobios Mesofilos/Termofilos (Conservas)</span>

**Fuente:** Smoot y Pierson, 1997

Según la tabla (Smoot y Pierson, 1997), se debe tener como principal consideración para el producto, conserva de sardina en salsa de tomate, los microorganismos de **carácter imperativo**, los anaerobios mesofilos/termófilos para el caso de conservas, donde su presencia como ya se mencionó determinará la eliminación del alimento. Dentro de este grupo se encuentra el Clostridium Botulinum, microorganismo indicador utilizado con frecuencia en productos tipo conservas.

En la tabla 4 a continuación se detallan las características microbiológicas de alimentos que comúnmente vehiculizan toxiinfecciones alimentarias.

**TABLA 4**  
**ALIMENTOS QUE COMÚNMENTE VEHICULIZAN TOXIINFECCIONES ALIMENTARIAS**

Bacterias	C A R N E S	A V E S S	P E S C A D O S	L E C H E	H U E V O S	D U L C E S	V E G E T A L E S	E N L A T A D O S **
Bacillus Cereus	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Campylobacter jejuni</i>	+	+	-	+	+	-	+	-
<i>Clostridium botulinum</i>	+	+	+	-	-	-	+	+
<i>Clostridium perfringens</i>	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i>	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Listeria monocytogenes</i>	+	+	+	-	-	-	+	-
<i>Salmonella</i> spp.	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	+	+	+	+	+	-	+
<i>Vibrio</i> spp	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Yersinia enterocolitica</i>	+	+	+	+	-	-	-	-
* hortalizas, granos y harinas, ** hortalizas, carnes, leche en polvo								

Fuente: Mossel DAA et al., 2003

Cómo se puede observar en la tabla, en las características microbiológicas para el pescado (Sardina) se tiene:

- *Clostridium botulinum*
- *Escherichia coli*
- *Salmonella spp.*
- *Vibrio spp.*
- *Yersenia enterocolitica*

En la siguiente tabla se detalla mejor la correspondiente clasificación del producto respecto a la acidez y un rango de pH como mezcla de sardina en salsa de tomate con los respectivos microorganismos predominantes en el alimento.

TABLA 5

**CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS SEGÚN SU ACIDEZ Y GRUPOS  
DE MICROORGANISMOS CAUSANTES DE ALTERACIONES EN  
ALIMENTOS ENLATADOS.**

GRUPOS SEGÚN GRADO DE ACIDEZ	RANGO DE pH	GRUPOS DE ALIMENTO	MICROORGANISMOS
Grupo 1: poco ácidos	> 5	Productos cárnicos Productos marinos Leche Hortalizas	Aerobios esporulados Anaerobios esporulados Levaduras, mohos y bacterias no esporuladas
Grupo 2: semiácidos	4,5 < pH < 5,0	Mezclas de carne y vegetales Sopas Salsas	
Grupo 3: ácidos	3,7 < pH < 4,5	Tomates Peras Higos Piña Otras frutas	Bacterias esporuladas Bacterias no esporuladas Levaduras Mohos
Grupo 4: muy ácidos	pH < 3,7	Encurtidos Pomelo Zumos cítricos	

*Fuente: Cameron y Esty, 1940*

Por lo tanto, por tratarse de una conserva en condiciones anaerobias, los microorganismos preocupantes aparte del *Clostridium Botulinum*, en el caso de la sardina, predominan *Salmonella* microorganismo gram-negativo anaerobio facultativo y *Staphylococcus aureus* coagulasa + anaerobio facultativo, gram-positivo.

**TABLA 6**  
**CONDICIONES DE CRECIMIENTO DE MICROORGANISMOS DE**  
**INTERÉS**

TEMPERATURA DE CRECIMIENTO							
MICROORGANISMO	Temp. Minim a °C	Temp. Optim a °C	Temp. maxim a °C	pH minimo o	DESTRUCCIÓN	TIEMPO POR CALOR	Tolerancia a la Sal %
Clostridium botulinum	10	35	48	4.7	15 min/121 °C		8.9
Staphylococcus aureus	6.6	35	47	4.8	30 min/62.8°C		17
Salmonella	6.6	37	45	5.5	30min/60°C		10

**Referencia:** FRAZIER W.C. Microbiología de los Alimentos. Ed. Acribia. España, 1985

Ahora, conociendo los microorganismos predominantes y perjudiciales dentro del producto se puede comparar los valores de Z para poder llegar a una conclusión más acertada.

**TABLA 7**  
**INACTIVACION MICROBIANA**

T <sub>a</sub> (°C)	Microorganismo	D(min)	z(°C)
65,6	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	0,2-0,3	4,4-5,5
65,6	<i>Salmonella</i> spp	0,02-0,25	4,4-5,5
65,6	<i>Salmonella senftenberg</i>	0,8-1,0	4,4-6,6
65,6	<i>Staphylococcus aureus</i>	0,2-2,0	4,4-6,6
65,6	<i>Coxiella burnetti</i>	0,5-0,6	4,4-5,5
65,6	<i>Lactobacillus</i> spp, <i>Leuconostoc</i> spp	0,5-1,0	4,4-5,5
65,6	Bacterias de la putrefacción, mohos y levaduras	0,5-3,0	4,4-6,6
100	<i>Bacillus polymyxa</i> , <i>B. macereus</i>	0,1-0,5	6,6-8,9
121,1	<i>Clostridium botulinum</i>	0,1-0,21	7,7-10,0
121,1	<i>C. sporogenes</i>	0,1-1,5	7,7-10,0
121,1	<i>C. nigrificans</i>	2,0-3,0	8,8-12,2
121,1	<i>C. thermoscharolyticum</i>	3,0-4,0	8,8-12,2
121,1	<i>B. stearothermophilus</i>	4,0-5,0	7,7-10,0

**Fuente:** José A Sánchez., 2011 (Inactivación Microbiana)

Se puede observar en la Tabla que el *Clostridium botulinum* tiene un valor Z de 7,7- 10 °C, cabe mencionar que este es el valor de termoresistencia de las esporas de *Clostridium botulinum* Tipos A y B, que son las más termoresistentes del género *Clostridium*. Los valores Z de *Salmonella* spp y *Staphylococcus aureus* son inferiores al de *Clostridium*, lo que indica una menor termoresistencia.

Existe otro microorganismo preocupante en las conservas, que es el *Bacillus stearothermophilus*. Este microorganismo debe ser tomado en cuenta, debido a que la temperatura de transporte del producto estará dentro de su rango del crecimiento, pudiendo activarse. Por lo tanto, se utilizará el valor Z de 10 °C de este microorganismo. La industria pesquera utiliza un  $F_0 = 6$  min para eliminarlo.

### ***Bacillus stearothermophilus***

Es una bacteria Gram-positiva con forma de bacilo. Es una bacteria termófila extensamente distribuida en el suelo, manantiales calientes y sedimentos oceánicos y es causa de descomposición de los productos alimenticios. Es usada comúnmente como organismo de validación en los estudios de esterilización. Lo anterior debido a que su degradación como organismo es cuando se alcanza una temperatura de 121 °C, presenta una alta resistencia a temperaturas menores. Lo que la hace un buen indicador.

**Valor Z:** Constante de resistencia térmica. El microorganismo *Bacillus Stearothermophilus* posee un valor Z de 8 - 10 °C.

**Valor D:** Tiempo de reducción decimal.  $D = 1.5$  minutos a 121.1 °C.

# CAPÍTULO 2

## 2. FASE EXPERIMENTAL

### 2.1 Materiales y Métodos

A continuación se describirá las materias primas, equipos e instrumentos y métodos aplicados en este estudio. Cabe recalcar, que los ensayos de laboratorio y planta piloto fueron realizadas en una empresa conservera, la cual cuenta con la infraestructura y tecnología necesarias.

**Sardina:** Se utilizó la especie *Ophistonema Libertate*. (sardina ecuatoriana), conocida comúnmente como pinchagua. Su nombre comercial es Pacific Thread herring. Posee una Longitud máxima cerca de 30 cm y es común entre 12-18 cm.

**Pasta de Tomate:** La pasta de tomate es un concentrado de tomate a la que se le ha quitado tanto la piel como las semillas y que posee una textura final en forma de pasta de color rojo. Dependiendo de las condiciones de manufactura se puede emplear para la elaboración del kétchup o diluir para acabar haciendo un zumo de tomate.

**Sal:** Es el aditivo más antiguo constituyéndose en un pilar de la cocina en casi cualquier cultura. La sal se utiliza para dar sabor a las sopas, cremas, aderezos, carnes, etc.

**Carboximetilcelulosa:** Es sintetizado por medio de la reacción entre la celulosa con ácido cloro acético. Se utiliza como espesante y estabilizante, pero también como producto de relleno, fibra dietética y emulsificante.

**Hojalata Ovalada:** El envase de hojalata es entre un 80%-90% de los envases más utilizados en la industria conservera. Esto se debe a un conjunto de propiedades que no las reúnen otro tipo de envases como son: Rigidez, resistencia al choque térmico, buena conductividad térmica, ausencia de toxicidad y bajo costo. Su

función es contener el producto para su transporte, almacenamiento y conservación.



**FIGURA 2.1 ENVASE HOJALATA OVALADA**

La composición de la hojalata es la siguiente (del exterior al interior):

- **Laca grado alimenticio (recubrimiento):** Debe ser atóxica, no afectar el olor ni sabor del alimento, no desprenderse en la esterilización, barrera eficiente entre el envase y alimento, presentar resistencia mecánica para no romperse mientras se fabrica el envase.
- **Película de aceite:** se aplica una capa monomolecular (5 mg/m<sup>2</sup>) de aceite protector, debe reducir el daño causado por abrasión durante cualquier manipulación de la hojalata.
- **Película de pasivación:** Película de tipo inerte que impide la interacción entre el metal y el agente externo actuante, de modo

que cualquier reacción química o electroquímica se reduce o queda anulada.

- **Estaño libre:** le da brillo a la hojalata, mejora adherencia del recubrimiento y permite formar la interfase (hierro- estaño).
- **Aleación Fe Sn2 (Hierro – Estaño):** mejora notablemente la resistencia a la corrosión.
- **Acero libre:** constituye la base de la misma, proporcionándole sus propiedades mecánicas.

**Autoclave:** El autoclave utilizado para las pruebas piloto, fue un autoclave discontinuo horizontal de vapor, este autoclave utiliza vapor saturado como medio de calentamiento y agua junto con aire comprimido durante la etapa de enfriamiento, donde el agua servirá para enfriar los envases y el aire comprimido para mantener la presión, evitando daños en el envase. El vapor se utiliza en forma saturada, por su condición para ceder calor latente a los envases.

El autoclave opera a una temperatura de esterilización de 116 ° C, tiempo de levante 9 minutos. Presión de vapor en línea de entrada 90 psi.



**FIGURA 2.2 AUTOCLAVE HORIZONTAL DE VAPOR**

**Distribución de calor en el autoclave.-** Antes de realizar un estudio de penetración de calor se debe llevar a cabo un estudio de distribución de calor. Mediante el estudio de distribución de calor se asegura que haya una distribución homogénea de temperatura dentro del autoclave, esto asegura que cada envase recibe el tratamiento térmico correspondiente. El estudio de distribución de calor permite conocer la zona más fría dentro del autoclave y hallar el tiempo de levante (CUT).

Los ensayos se realizaron en una empresa alimenticia del medio, en donde se tiene establecido un protocolo de tratamiento térmico y, además se conoce el funcionamiento de sus equipos; por tal

motivo era de conocimiento que el tiempo de levante (CUT) era de 9 minutos.

**TABLA 8**  
**FACTORES CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO DE**  
**DISTRIBUCIÓN DE CALOR**

<b>Factores</b>	<b>Especificación</b>
Orientación de los envases:	Al azar (Jumble Pack)
Temperatura inicial del producto	20 ° C (68 ° F)
Tamaño de los envases, forma y material	hojalata de dos piezas oval 15 onzas; 603 x 408 x 107 (164 x 111 x 36 mm)
Carga Máxima	Latas/capa: 25 Capas/canasta: 48 Canastas/carga: 6 Latas/carga: 7200

Elaborado por: Bruno Zerega A.

Para el estudio de distribución de calor se utilizaron envases llenos de agua para simular en el equipo un proceso normal de esterilización y de esta forma no desperdiciar producto.

**Acumulador de Datos (Datalogger).**- Este sistema debe recopilar y archivar datos de temperatura de cada termopar (TMD) a suficientes intervalos, nunca que excedan a un minuto, a lo largo del estudio. El acumulador de datos debe estar equipado

con un número suficiente de canales, los cuales serán ubicados por medio de unos termopares en las latas para ir almacenando datos de temperatura y tiempo durante el proceso. Se utilizaran al menos 10 termopares para conducir un estudio de penetración de calor. (Institute for Thermal Processing Specialists, 2004).



**FIGURA 2.3 ACUMULADOR DE DATOS (DATALOGGER)**

**Termopares (Termocuplas):** Los termopares están compuestos de dos metales disimilares que se juntan para formar dos uniones. Cuando una unión se mantiene a elevadas temperaturas comparadas con otra, genera un pequeño voltaje termoeléctrico o fuerza electromotora la cual es proporcional a la diferencia de temperatura entre las uniones. (Institute for Thermal Processing Specialists, 2004)



**FIGURA 2.4 TERMOPARES**

Debe asegurarse que el sensor quede colocado de forma correcta en la sardina, para evitar datos erróneos. Se atravesó el sensor por la parte central de varias sardinas, dejando la parte final del sensor en la zona central de la sardina más gruesa, como se observa en la figura 2.5, de manera que represente la mayor dificultad para la transferencia de calor.



**FIGURA 2.5 SENSOR COLOCADO EN LA SARDINA**

## 2.2 Pruebas

Las pruebas de laboratorio fueron para determinar los valores D y Z de la textura de la espina de sardina, combinando diferentes tiempos y temperaturas de retorta.

Para las pruebas de laboratorio se trabajó con un total de 10 muestras (sardinas). A las muestras se les procedió a cortar la cabeza, cola y se evisceraron, para simular la forma en que la sardina es recibida en la planta. (Fig. 2.6).



**FIGURA 2.6 MUESTRAS DE LABORATORIO**

Las muestras se calentaron en una olla con agua, en grupos de 3 a temperatura constante de: 90°C, 100°C y 108.5°C. Durante tiempos de: 20 min, 40 min y 60 min. La temperatura de 108.5°C se alcanzó mediante la adición de sal. Para el control de la temperatura se utilizó un termómetro digital (Fig. 2.7). La sardina restante no fue

sometida a calentamiento para tener de referencia la dureza inicial de la espina del pescado.



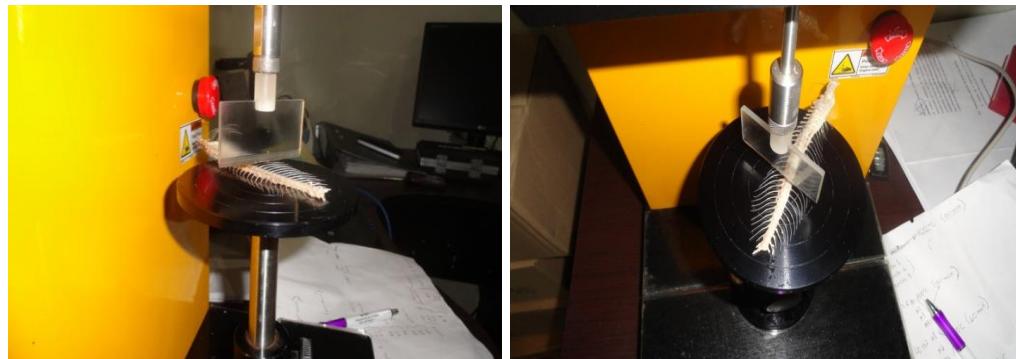
**FIGURA 2.7 CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL MEDIO DE CALENTAMIENTO**

Una vez que la muestra cumplió con su tiempo de cocción se retiró del medio de calentamiento para la posterior medición de la dureza de la espina. (fig. 2.8)



**FIGURA 2.8 MUESTRAS SACADAS A LOS TIEMPOS 20, 40 Y 60 MINUTOS TEMPARATURA 100°C.**

Para medir la dureza de la espina se utilizó el texturómetro de Brookfield. La dureza fue medida de la columna vertebral de la sardina, ya que ésta es la parte más dura. La dureza se midió en 3 puntos de la columna para cada una de las muestras. (Fig. 2.9)



**FIGURA 2.9 TEXTURÓMETRO MIDIENDO LA DUREZA DE LA ESPINA DE LA SARDINA**

Por último, se midió la dureza de la espina de 5 conservas de sardinas y se sacó su promedio, esto se realizó con el fin de determinar la dureza objetivo a la que se requiere llegar al esterilizar el producto.

### **2.3 Formulación**

En la empresa del medio donde se realizó el estudio de penetración de calor se tiene establecida la formulación del producto. La formulación se detalla en la tabla 9.

**TABLA 9**  
**FORMULACION DEL PRODUCTO**

<b>Ingrediente</b>	<b>Gramos</b>	<b>%</b>
Ophistonema Spp. (Sardina)	280	65.88
Salsa de Tomate	142	33.41
Sal	2.77	0.66
Carboximetil celulasa	0.23	0.05
	425 g	100

Elaborado Por: Bruno Zerega

La carboximetilcelulasa no tiene una limitación cuantitativa, la FDA limita su uso a una cantidad que esté "de acuerdo con las buenas prácticas de fabricación," y no mayor que la cantidad requerida para el propósito pretendido. El anexo B muestra la norma salvadoreña NSO 67.01.12:06

Al realizar el estudio de penetración de calor en la empresa, se agregó 10% más de la porción sólida (sardina) al producto, con el

fin de tener un colchón de seguridad en el peso de llenado, por ser un factor crítico para el proceso térmico.

La formulación del líquido de cobertura utilizada para el estudio de penetración de calor fue igual a la establecida por la empresa. Cambios en almidones, gomas (Carboximetilcelulasa), azúcares y otros agentes espesantes de los utilizados para establecer el proceso térmico pueden tener un efecto dramático sobre las características de calentamiento térmicas del producto, por lo que si la empresa decide variar su formulación deberá hacer un nuevo estudio de penetración de calor.

**TABLA 10**  
**FORMULACIÓN PARA EL ESTUDIO DE PENETRACIÓN**  
**DE CALOR**

Ingrediente	Gramos	%
Ophistonema Spp. (Sardina)	323	68.14
Salsa de Tomate	142	31.20
Sal	2.77	0.61
Carboximetil celulasa	0.23	0.05
	468	100

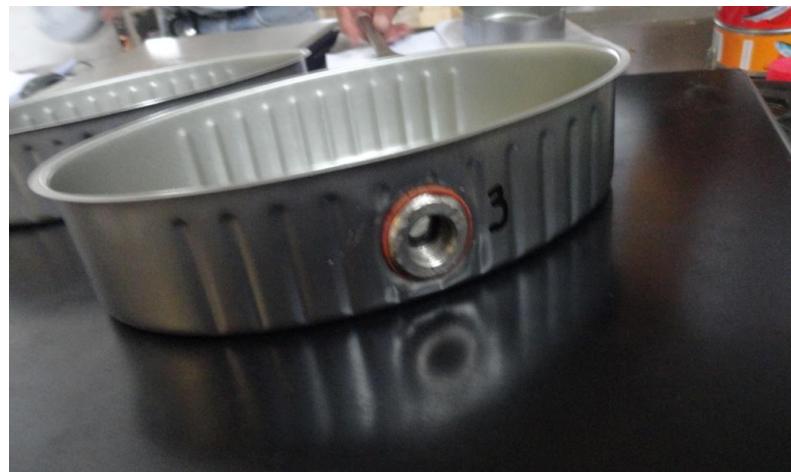
Elaborado Por: Bruno Zerega

## 2.4 Pruebas de Planta Piloto

La prueba se realizó bajo las siguientes condiciones de proceso:

- Temperatura de esterilización: 241°F (116°C)
- Presión del equipo: 12 Psi (82.74 kPa)
- Presión de vapor en línea de entrada: 90 Psi
- Tiempo de levante (CUT) durante estudio de penetración de calor: 6 minutos
- Tiempo de enfriamiento: 30 minutos

Por tratarse el producto de un sólido en líquido de gobierno, para cubrir el punto frío se aseguró que el centro del sólido de mayor tamaño recibe el tratamiento adecuado. El sensor fue colocado en el centro geométrico del envase. Se atravesó el sensor por la parte central de varias sardinas, dejando la parte final del sensor en la zona central de la sardina más gruesa, de manera que represente la mayor dificultad para la transferencia de calor.



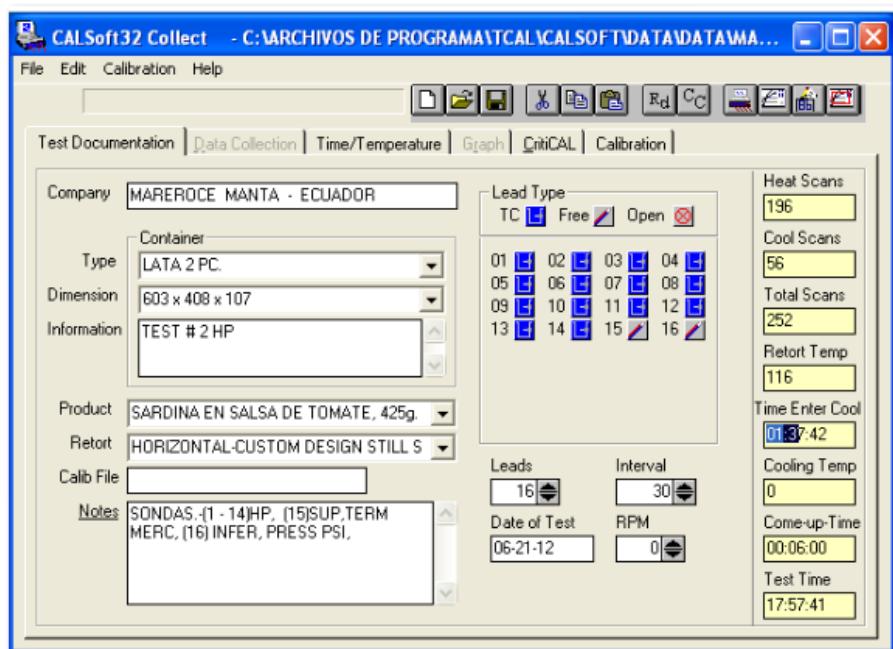
**FIGURA 2.10 VISTA FRONTAL DE LA UBICACIÓN DE SENSORES**



**FIGURA 2.11 VISTA SUPERIOR DE LA UBICACIÓN DE SENSORES**

Para el estudio de penetración de calor se utilizaron 14 termocuplas y otras 2 sondas utilizadas para medir la temperatura dentro del autoclave. Una situada cerca del termómetro de mercurio (MIG) y otra ubicada en la parte inferior del autoclave. Se debe tener precaución de que los terminales de

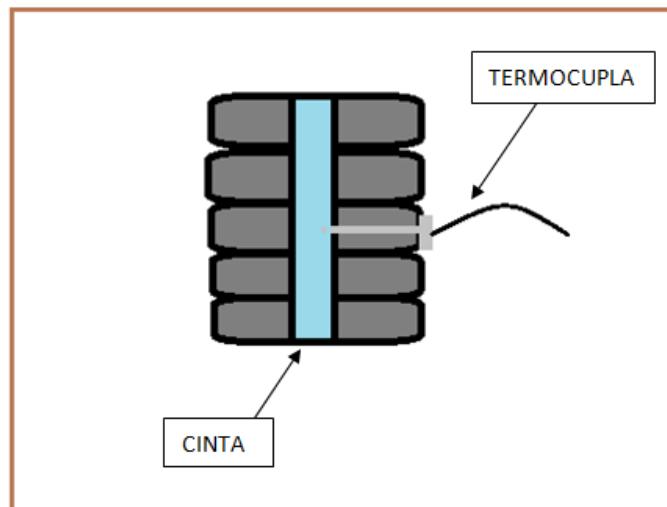
las sondas no toquen las paredes del autoclave o generaría datos erróneos. En el anexo c se explican detalladamente los pasos seguidos en un protocolo de conducción de estudios de penetración de calor. La figura 2.12 muestra la información inicial del estudio de penetración de calor.



**FIGURA 2.12 CALLSOFT 32 INFORMACIÓN INICIAL**

El estudio de penetración de calor se realizó metiendo sólo la carretilla de la parte frontal del autoclave, la cual se llenó con envases que contenían agua junto con las 14 muestras correspondientes para el estudio de penetración de calor. Por

tratarse de un envase de 2 piezas (Oval: 603 x 408 x 107), donde la carga del autoclave que realiza la empresa es al azar (Jumble Pack), existe el problema de anidado de los envases, por lo que el estudio de penetración de calor se realizó tanto con latas anidadas y latas sueltas. Para mantener las latas anidadas durante el estudio, se utilizó una cinta que no permitió que se separen los envases. (Figura 2.13)



**FIGURA 2.13 ANIDACIÓN DE ENVASES DURANTE ESTUDIO DE PENETRACIÓN DE CALOR**

Para el estudio de penetración de calor no se llenó el autoclave por motivos de tiempo y por costo de los envases. Las muestras no fueron puestas en la zona de menor letalidad del equipo, si no

en la parte frontal del autoclave, por facilidad de colocación de los cables. Esto es factible, debido a que el estudio se realizó sólo para obtener los parámetros de proceso ( $jh$ ,  $fh$ ).

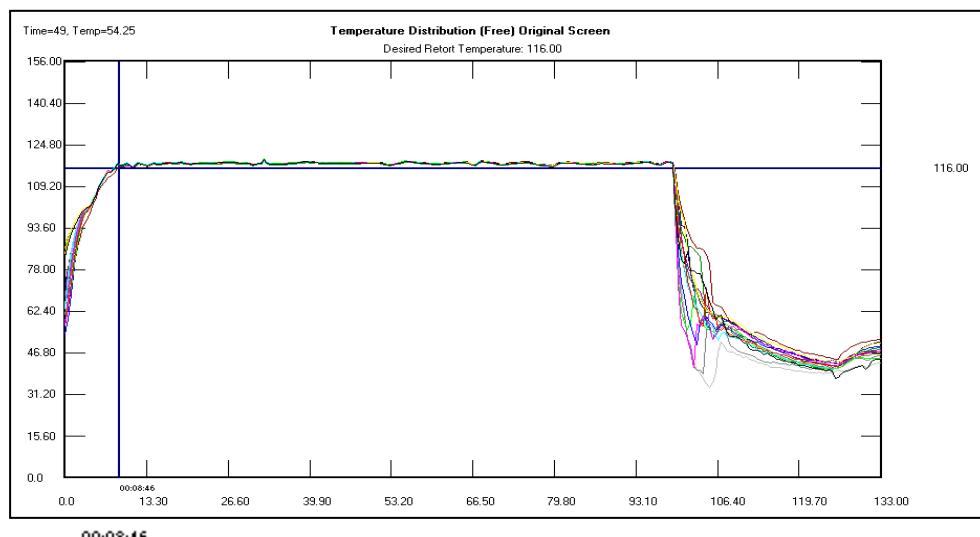
Por ser las condiciones de carga diferentes, el cut (tiempo de levante) no será igual al obtenido durante el estudio de distribución de calor, por ende fue necesario establecer durante el estudio de penetración de calor, el tiempo en que el autoclave llegó a la temperatura de proceso, y es con este cut que se determinó el parámetro de proceso  $jh$ .

La figura 2.14 muestra el tiempo de levante obtenido durante el estudio de distribución de calor, por otro lado en la figura 2.15 se puede observar el cut obtenido durante el estudio de penetración de calor.

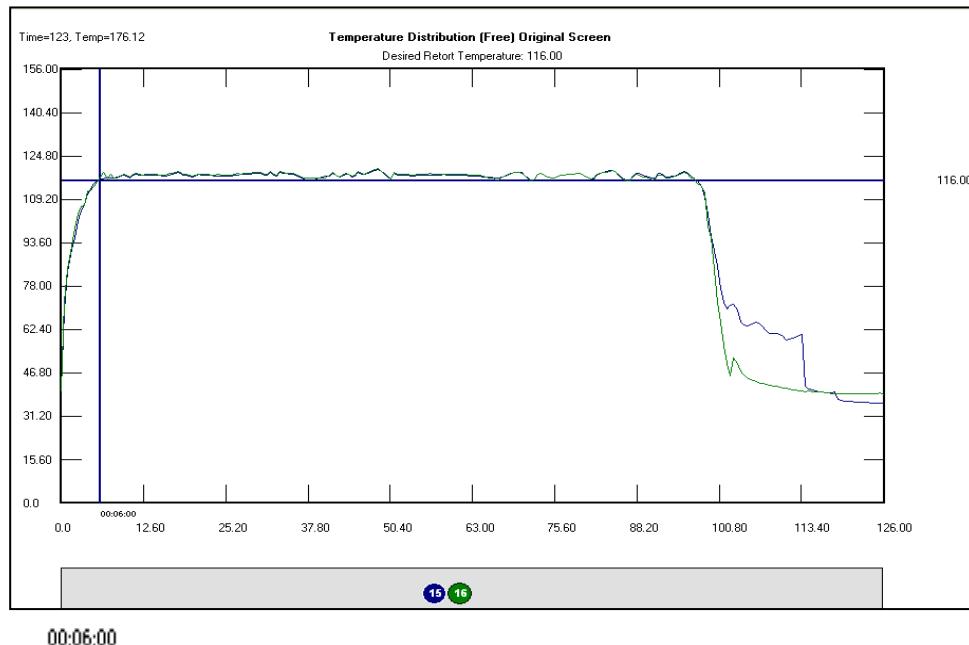
**TABLA 11**  
**FACTORES CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO DE**  
**PENETRACIÓN DE CALOR**

Factores	Especificación	Unidad
Peso de llenado	323	G
Peso neto	468	G
Formulación del producto	Sardina: 323 Salsa de tomate: 142 °Brix de la Salsa: 9-10 Sal: 2.77 Carboximetilcelulasa: 0.23	G G °Brix G G
Espacio de cabeza	3	mm
Vacio	-1	Pulgadas Hg
Condiciones de Carga	Al azar (Jumble Pack), considerando anidación de los envases.	-

Elaborado por: Bruno Zerega A.



**GRÁFICA. 2.1 ESTUDIO DE DISTRIBUCIÓN DE CALOR**  
**TIEMPO DE LEVANTE= 8:46 MINUTOS ≈ 9 MINUTOS**



00:06:00

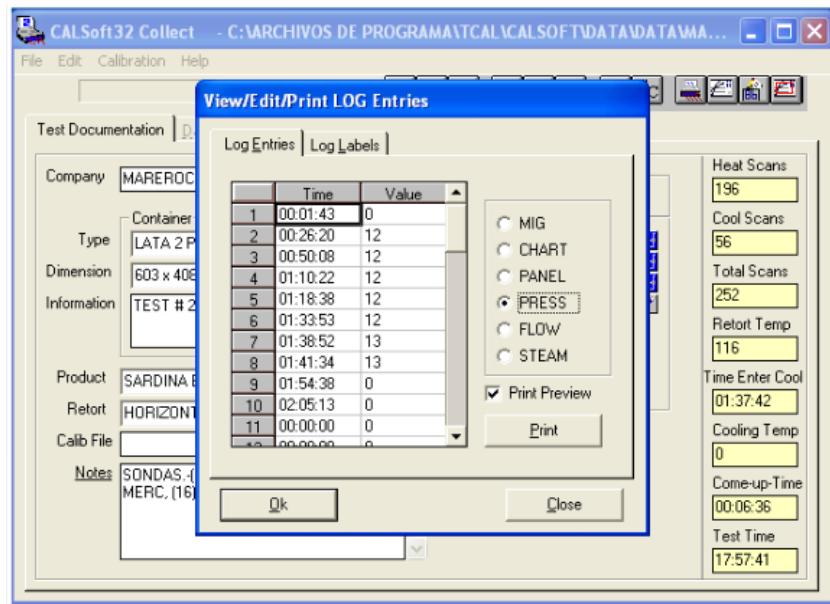
**GRÁFICA 2.2 TIEMPO DE LEVANTE (CUT) 6 MINUTOS  
DURANTE EL ESTUDIO DE PENETRACION DE CALOR**

## 2.5 Estudio de Penetración de Calor

Es la parte modular de este trabajo, donde para la recopilación de datos de temperatura del producto se utilizó el programa informático Call Soft 32, el cual se programó para que registre automáticamente las mediciones de temperatura a través de las termocuplas cada 30 segundos. Se registraron las temperaturas en intervalos menores a 1 minuto para obtener mayor precisión a la hora del análisis de datos. El estudio de penetración de calor se

llevó a cabo siguiendo los protocolos del “Institute for Thermal Processing Specialists” (ANEXO C).

También, hubo una persona encargada del ingreso de datos, para un mayor control del proceso (Fig. 2.16). Los datos que proporciona la persona dependen del autoclave en el que se realiza el estudio, donde los datos recomendados para autoclaves de vapor saturado son: lecturas del termómetro de mercurio (MIG), presión de vapor en línea de entrada del autoclave (STEAM), presión interna en el autoclave (PRESS), lectura de la graficadora de temperaturas (CHART) y lecturas del panel (PANEL - termocupla ubicada junto al termómetro de mercurio dentro del autoclave). El ingreso de estos datos se hizo cada 30 segundos durante el tiempo de levante, cada 5 minutos durante el tiempo de proceso, y cada minuto durante el enfriamiento. Los intervalos son más frecuentes durante el tiempo de levante y enfriamiento por haber mayor variabilidad en los datos. La persona también es la encargada de ingresar la información sobre la posición de las termocuplas en el producto y los ingredientes de su composición. (Fig. 2.17)



**FIGURA 2.14 INGRESO DE DATOS PROPORCIONADOS POR LA PERSONA**

CALSoft32 Collect - C:ARCHIVOS DE PROGRAMA\CAL\CALSOFT\DATA\DATA\WAREROCE\12062102, HP, LATA 2PC, SARDINAS EN SALSA DE TOMATE...									
Test Documentation   Data Collection   Time/Temperature   Graph   Critical   Calibration									
TC Position	TC 9	TC 10	TC 11	TC 12	TC 13	TC 14	TC 15	TC 16	UNITS
TC Position	GC	GC	6C	6C	GC	6C			0 - GC
Location	4 - Horizontal	3 - Vertical	3 - Vertical						
Orientation									
PESCADO	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00	0.00	0.00	1 - grams
PASTA TOMATE	145.00	145.00	145.00	145.00	145.00	145.00	0.00	0.00	1 - grams
Ingredient#3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 - ounces
Ingredient#4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 - ounces
Ingredient#5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 - ounces
Tare Weight	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 - ounces
Gross Weight	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 - ounces
Net Weight	425.00	425.00	425.00	425.00	425.00	425.00	0.00	0.00	1 - grams
Drain Weight	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 - ounces
Residual Gas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0 - cc
Particle Size									0 - inches
Pre-Imple	□	□	□	□	□	□	□	□	
Post-Imple	□	□	□	□	□	□	□	□	
Pre-Headspace (Gross)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0 - 32ndst
Pre-Headspace (Temp)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1 - °C
Post-Headspace (Gross)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0 - 32ndst
Post-Headspace (Temp)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1 - °C
pre pH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
post pH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
pre Viscosity	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 - centipo
post Viscosity	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0 - centipo

**FIGURA 2.15 DATOS SOBRE LA POSICIÓN DE LAS TERMOCUPLAS Y COMPOSICIÓN DEL PRODUCTO**

Para el análisis de datos el programa Call Soft 32 utiliza el Método de Ball y el Método General.

**Método General:** Este método está basado en el hecho de que cada punto de las curvas de calentamiento y enfriamiento, correspondientes a la historia de penetración de calor de un producto, ejerce un efecto letal para el microorganismo objetivo de dicho producto.

El procedimiento requiere la conversión de las temperaturas del producto (registradas en el punto frío) durante su calentamiento y enfriamiento a letalidad y la obtención del valor  $F_{proceso}$  correspondiente. Entre las ventajas del método general es que es fácil calcular los valores de  $F_o$  mientras el autoclave está funcionando, lo que hace posible detener el proceso cuando se alcanza el  $F_o$  del calentamiento. Además, brinda un resultado exacto del valor de letalidad del proceso. (M.C. Ma. Luisa Colina Irezabal., 2012)

**Método de Ball:** Este método, desarrollado en 1923, es muy usado en la industria y es considerado como el punto de partida para los cálculos de procesos térmicos. El método de Ball hace uso de una línea recta en la sección de calentamiento de una curva

semilogarítmica de penetración de calor. Ball hizo una contribución al tiempo total de letalidad conocido como CUT (Cut Up Time), determinando un valor de 0,42 del tiempo de calentamiento ( $0,42tc$ ), por lo cual éste es un factor que se le suma al tiempo de proceso ( $tp$ ) para obtener el tiempo efectivo del proceso. Basado en observaciones experimentales y en suposiciones conservadoras, Ball fijó el valor de  $jc$  a 1.41 y asumió  $fh=fc$  de manera que se liberó de la necesidad de recolectar datos durante la etapa del enfriamiento. La ventaja del método de Ball es que permite obtener procesos alternativos, lo cual es muy útil al momento de existir una desviación del proceso programado.  
(Nikolaos G. Stoforos,. 2009)

**Cero corregido:** Multiplicar el tiempo en que el autoclave llega a temperatura de calentamiento por 0.58 (42% de este tiempo tiene letalidad). Marcar este punto en la escala de tiempo y trazar una recta hasta interceptar la extensión de la porción recta de la curva de calentamiento. Este es el cero corregido del proceso utilizado para autoclaves estacionarios. (Vásquez Carlos, 2008)

## 2.6 Desarrollo de la Hoja Técnica del Proceso

### Cálculo del tiempo de proceso por el método de Ball:

La metodología seguida para la determinación del tiempo de proceso en orden de cumplir un valor particular de  $F$  requerido ( $F_o = 6$  min), se explican a continuación:

- 1) Determinación de los valores  $j_h$  y  $f_h$  de la curva experimental de penetración de calor.
- 2) Cálculo del valor  $\frac{f_h}{U}$ , obteniéndolo del valor de  $f_h$  encontrado en el paso 1 y del valor de  $F$  requerido ( $F_o = 6$  min), a través de la formula:

$$U_g = F_{Tref}^z * F_i \quad (1)$$

Donde  $F_i$  se define según la ecuación 2.

$$F_i = 10^{\frac{T_{ref} - T_{Ret}}{z}} \quad (2)$$

- 3) Encontrar el valor de  $\log(g)$ , para el valor de  $fh/U$  calculado en el paso anterior, y el apropiado valor  $m + g$  y valor  $z$  del gráfico de Ball. (Fig. 2.18)
- 4) Cálculo del tiempo de Ball B, de la ecuación 3 y del valor  $\log(g)$  encontrado en el paso 3.

$$Bb = fh [\log (jh * I) - \log (g)] = T_{steam\ on\ to\ steam\ off} - 0.58$$

**CUT (3)**

- 5) Finalmente, se calculó el tiempo de retención por medio de la ecuación 4.

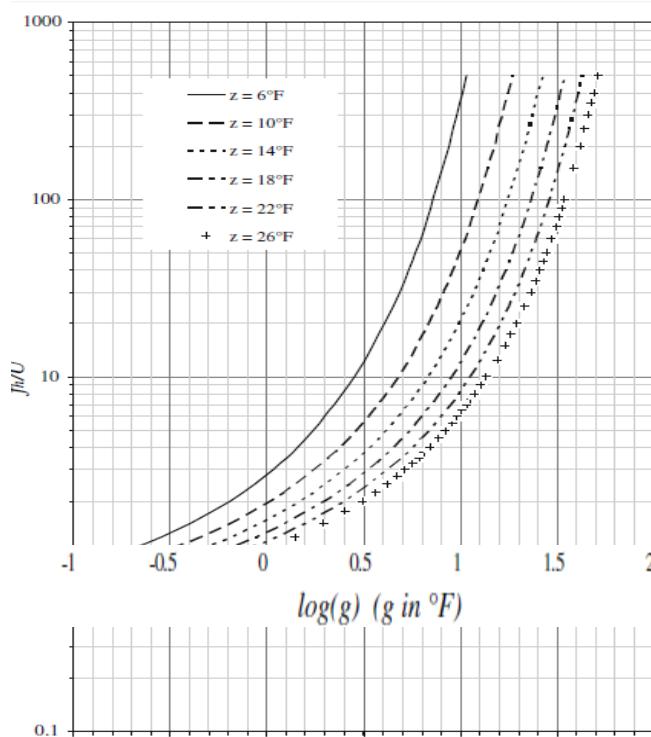
$$Trc = Bb - 0.42cut \quad (4)$$

Una vez definido el tiempo de proceso del producto para un  $Fo=6$ , y su valor  $g$  correspondiente, se puede desarrollar una hoja de proceso.

En ella, se indica los tiempos de proceso para diferentes temperaturas iniciales del producto y temperaturas de retorta. A continuación se describe la metodología en la elaboración de dichas tablas:

1. Definir las posibles temperaturas iniciales a las cuales el producto puede presentarse.
2. Definir las diferentes temperaturas de retorta para el posible caso de una caída de temperatura durante el proceso.
3. Utilizar la ecuación 5 para determinar los tiempos de proceso a diferentes temperaturas iniciales y de retorta.

$$Trc = fh \left[ \log(jh^*(Tr-Ti) - \log(g)) \right] - (0.42 * cut) \quad (5)$$



**FIG. 2.16 RELACIÓN DE CURVAS PARA FH/U VS LOG(G), CONFORME A M + G = 180°F Y VARIOS VALORES DE Z (BASADOS EN DATOS DE BALL Y OLSON)**

## 2.7 Evaluación de la Degradación de la Dureza de la Espina de la Sardina

Este parámetro se valorará de la siguiente manera:

1. Graficar el logaritmo de la dureza de la espina de la sardina obtenidas con el texturómetro; para las muestras cocinadas a diferentes tiempos (0, 20, 40, y 60 minutos) y temperaturas (90, 100 y 108 °C).
2. Determinar el **valor D**, el cual se obtiene del inverso de la pendiente al linealizar las gráficas obtenidas en el punto 1.
3. Graficar el logaritmo de los valores D obtenidos a las temperaturas 90, 100 y 108.5°C.
4. Determinar el **valor Z**, el cual se obtiene del inverso de la pendiente al linealizar las gráficas obtenidas en el punto 3.
5. Mediante la ecuación 6, se realizó una conversión del valor D a 100°C; obteniendo un nuevo valor D a 121.11 °C , temperatura en la cual se lleva a cabo el proceso.

$$D_{121.11^\circ\text{C}} = D_{100} * 10 \frac{(Tx - Tret)}{Z} \quad (6)$$

6. Mediante la ecuación 7 se determinará el valor de Fv de calidad a 121.11°C.

$$F_v = V \cdot S \cdot D_{Calidad} \quad (7)$$

7. Finalmente, se diseñará el proceso térmico utilizando las tablas de Stumbo para Calidad (ANEXO D) en base al valor de Fv encontrado en el paso 6.

# **CAPÍTULO 3**

## **3 RESULTADOS.**

### **3.1 Ubicación del Punto Frío**

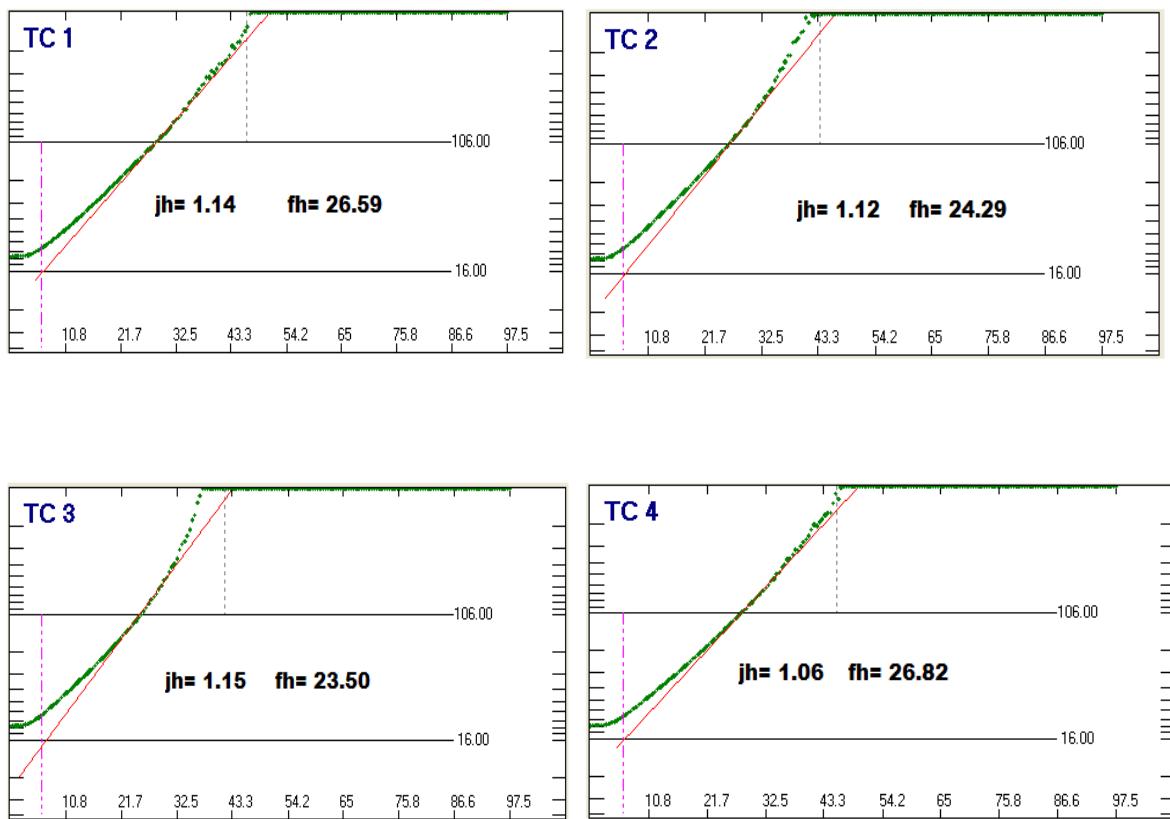
La ubicación del punto frío en un envase es crítica para establecer el proceso térmico.

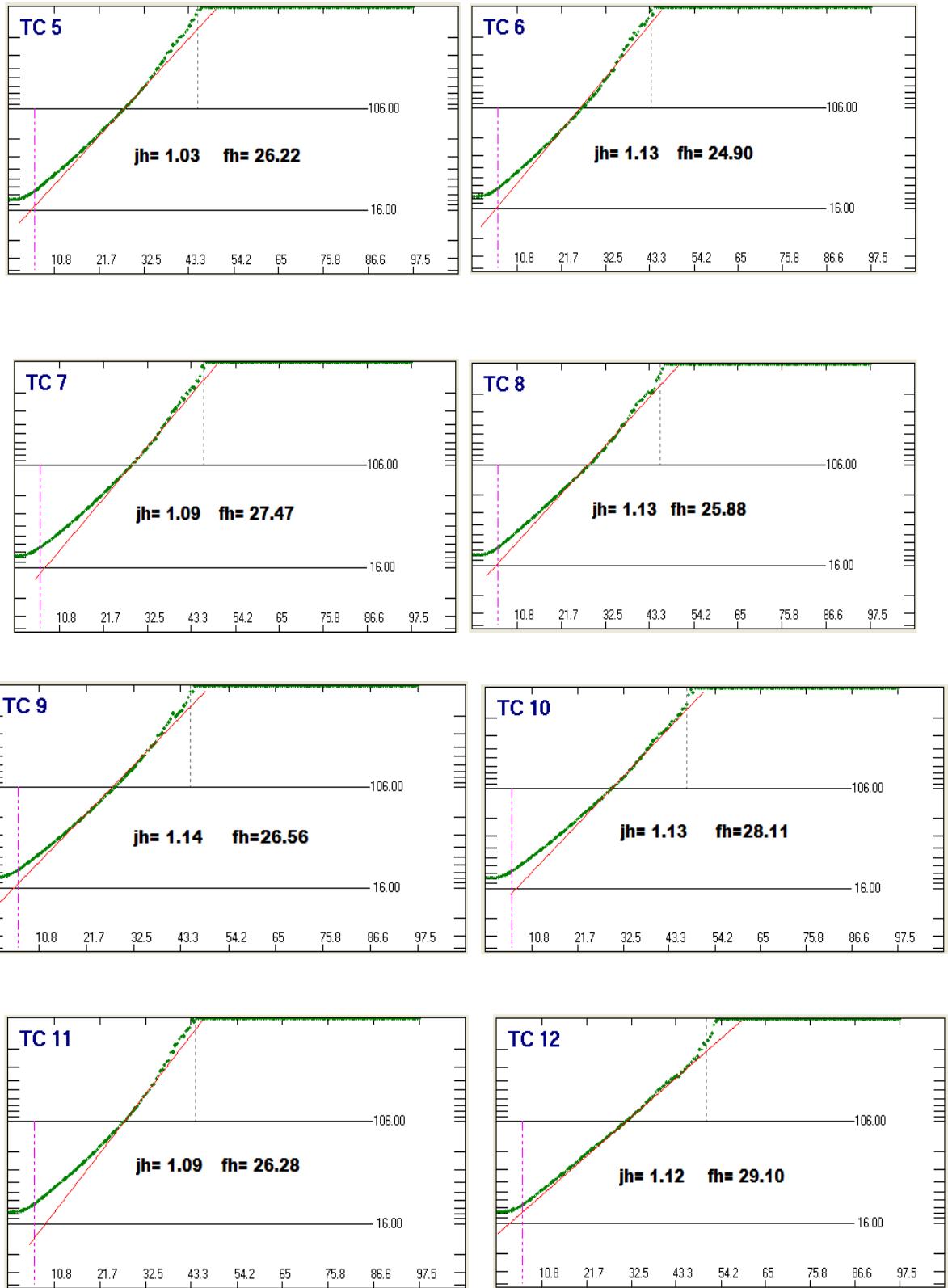
De acuerdo a protocolos, referencias bibliográficas y experiencias de autoridades de proceso en base al producto sardina en salsa de tomate envasada en hojalata ovalada, es de conocimiento que el centro geométrico del envase es considerado el punto que más demora en calentarse. Por tratarse de un producto sólido en líquido de gabinete (conducción y convección), fue necesario asegurarse que el centro del sólido de mayor tamaño reciba el tratamiento térmico adecuado, fue ahí donde se ubicó el sensor. Como las

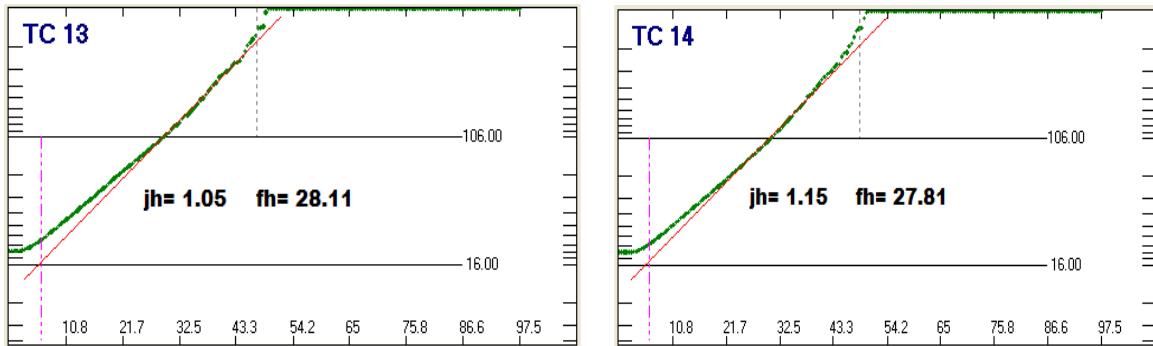
sardinas fueron colocadas de forma apilada debido a su forma, el sensor fue colocado de forma que atravesara varias sardinas quedando el extremo de la aguja de la termocupla en el centro de la sardina ubicada en la zona central del envase.

### 3.2 Datos obtenidos de la Curva de Penetración de Calor

La gráfica 3.1 muestra las curvas de penetración de calor obtenidas de las 14 termocuplas durante el estudio de penetración de calor.

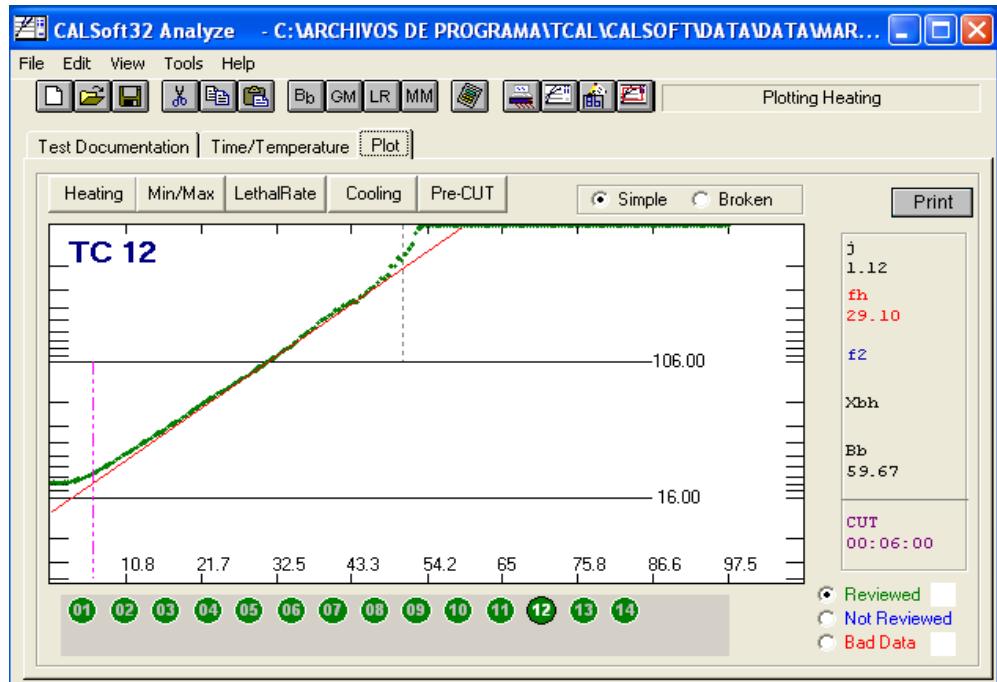






**GRÁFICA 3.1 CURVAS DE PENETRACIÓN DE CALOR  
CALLSOFT 32**

El programa callsoft 32 permite graficar las curvas de una manera fácil y precisa. Para linealizar se debe considerar los puntos dentro del ciclo logarítmico señalado por el programa y los puntos finales, ya que estos representan mayor letalidad. El valor de  $fh$  es inversamente proporcional a la velocidad de penetración de calor a través de la muestra, por ende se puede observar que la curva de la termocupla 12 muestra el mayor valor de  $fh$  representando la muestra que más demora en alcanzar el  $F_0$  requerido. Por lo tanto, es con estos valores de  $jh$  y  $fh$  que se trabajó para hallar los tiempos de proceso a diferentes temperaturas de autoclave y temperaturas iniciales.



**GRÁFICA 3.2 CURVA DE PENETRACIÓN DE CALOR CON EL  
MAYOR VALOR DE FH**

El programa Callsoft 32 da la opción de elegir si la curva graficada es simple o es una curva rota. Los productos se calientan por convección, por conducción o por una mezcla de convección y conducción, esto depende de las propiedades físicas del producto. Algunos productos tienen un comportamiento de curva rota, esto se debe a que el producto puede comenzar calentándose por convección y debido a un cambio físico en el producto cambian a calentarse por conducción y viceversa. La termocupla en el producto fue ubicada en la sardina, por lo que la curva representa la

penetración de calor a través del pescado (sólido), pudiéndose concluir que el calentamiento es por conducción, por lo tanto en el programa Call Soft 32 se seleccionó la opción de curva simple para cada una de las muestras.

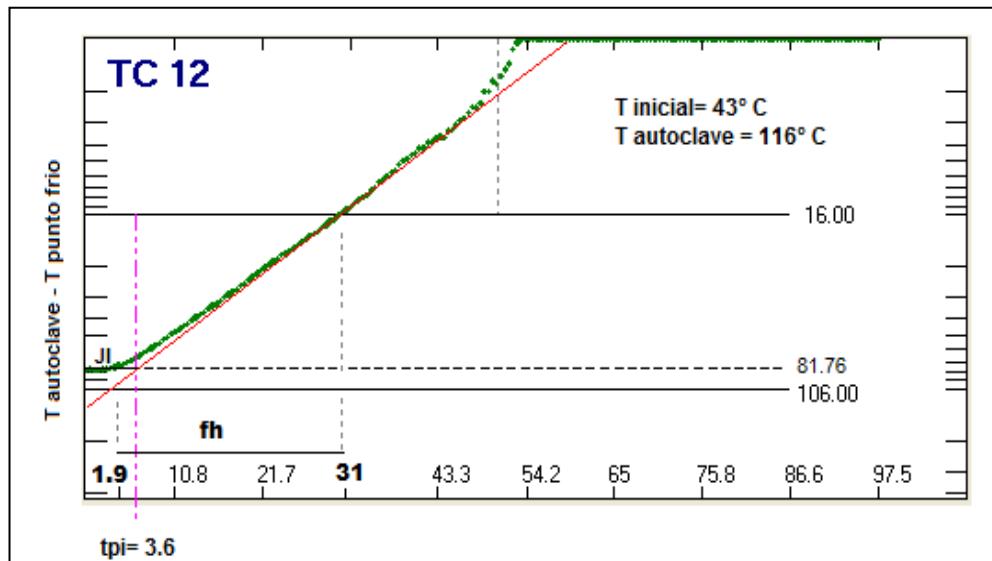
**TABLA 12**  
**PARÁMETROS DE PROCESO OBTENIDOS DE LA CURVA**  
**DE CALENTAMIENTO**

Concepto	Parámetro	Valor	Unidades
Factor de Velocidad de Penetración de Calor	Fh	29.10	Min
Factor de Inercia (Calentamiento)	Jh	1.12	Adimensional

Elaborado por: Bruno Zerega

### 3.3 Determinación de los Tiempos de Proceso

Para obtener la hoja técnica del proceso a diferentes temperaturas de autoclave e iniciales a las que puede estar el producto, el programa realizó los cálculos a través del método de Ball como se describe a continuación.



Elaborado por: Bruno Zerega Albán L.

### GRÁFICA 3.3 ANÁLISIS DE LA CURVA DE PENETRACIÓN DE CALOR

#### Factor de Inercia $J_I$

##### 1. Cálculo del factor $I$

$$I = T^o \text{ retorta} - T^o \text{ inicial del producto} \quad (8)$$

$$I = 116 - 43$$

$$I = 73$$

##### 2. Cálculo del factor $J_I$

$$J_I = T^o \text{ retorta} - T^o \text{ pseudoinicial producto} \quad (9)$$

$$J_I = 81.76, \text{ (figura 3.2)}$$

3. Cálculo del factor de Inercia Jh

$$Jh = \frac{JI}{I} \quad (10)$$

$$Jh = \frac{81.76}{73}$$

$$Jh = 1.12, \text{ (figura 3.2)}$$

**Factor de Velocidad de Penetración de Calor Fh**

1. Cálculo del factor de velocidad de penetración de calor Fh

$$Fh = 31 - 1.9 \quad (11)$$

$$Fh = 29.10 \text{ min, (figura 3.2)}$$

**Cálculo del factor fh/U**

$$\frac{fh}{U} = \frac{fh}{(Fo \times Fi)} \quad (12)$$

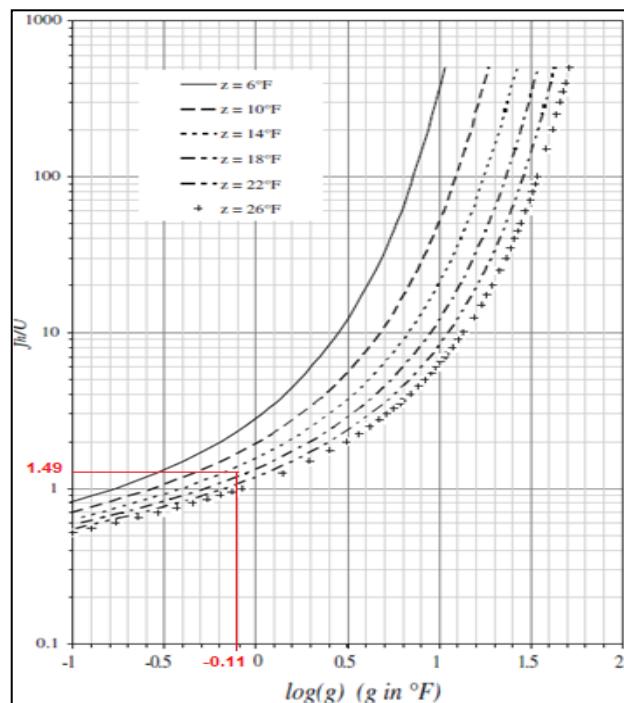
$$\text{Donde; } Fi = 10^{\frac{T_{ref} - T_{Ret}}{z}} = Fi = 10^{\frac{121.1 - 116}{10}} = 3.236 \quad (13)$$

$$\frac{fh}{U} = \frac{29.10}{(6 \times 3.236)}$$

$$\frac{fh}{U} = 1.498$$

**Cálculo del factor log q**

Ingreso al gráfico de Ball (Fig 3.3) mediante el valor de  $Fh/U = 1.498$  y el respectivo valor  $Z = 10$  y factor  $m + g = 100$



**GRÁFICA. 3.4 RELACIÓN DE CURVAS PARA FH/U VS LOG(G), CONFORME A M + G = 180°F Y VARIOS VALORES DE Z (BASADOS EN DATOS DE BALL Y OLSON)**

$\log g = -0.11$ , (figura 3.3)

### Cálculo del tiempo de Proceso Bb

$$Bb = fh [\log (j * l) - \log g] \quad (14)$$

$$Bb = 29.10 \{\log [1.12 * (116 - 45)] - \log g\}$$

$$Bb = 29.10 [\log (1.12 * 71) - (-0.11)]$$

$$Bb = 29.10 [1.90 + 0.11]$$

$$Bb = 58.50$$

### Cálculo del tiempo de Retención Tret

$$Tret = Bb - 0.42 \text{ CUT} \quad (15)$$

$$Tret = 58.50 - 0.42 (9)$$

$$Tret = 54.72$$

### Cálculo del tiempo desde que se prende el vapor hasta que se apaga

$$TSteamOn-SteamOff = Bb + 0.58 \text{ cut} \quad (16)$$

$$TSteamOn-SteamOff = 58.50 + 0.58 (9)$$

$$TSteamOn-SteamOff = 63.72$$

De acuerdo a los cálculos se puede observar que si la conserva de sardina está a una temperatura inicial de 45°C y el autoclave opera a una temperatura de 116°C (241°F), habrá que darle un tiempo de retención de 54.72 minutos para alcanzar un valor de  $Fo = 6$  de esterilidad comercial.

Para el cálculo del tiempo de retención se ha restado el 42% del tiempo de levante, esto se realiza, ya que el 42% del CUT tiene un efecto letal. Algunas compañías no le restan este 42% del CUT de

forma que el colchón de seguridad sea mayor, al no restar el 42% del tiempo de levante, el tiempo de retención será mayor y por ende se alcanzará un mayor  $F_o$ .

El CUT utilizado para calcular el tiempo de retención es el de 9 minutos (Fig 3.4), tiempo de levante conocido de los datos del estudio de distribución de calor con el que contaba la empresa, ya que es con este CUT con el que procesa la compañía. El CUT de 6 minutos solo se utilizó para determinar el parámetro de proceso  $j_h$ .

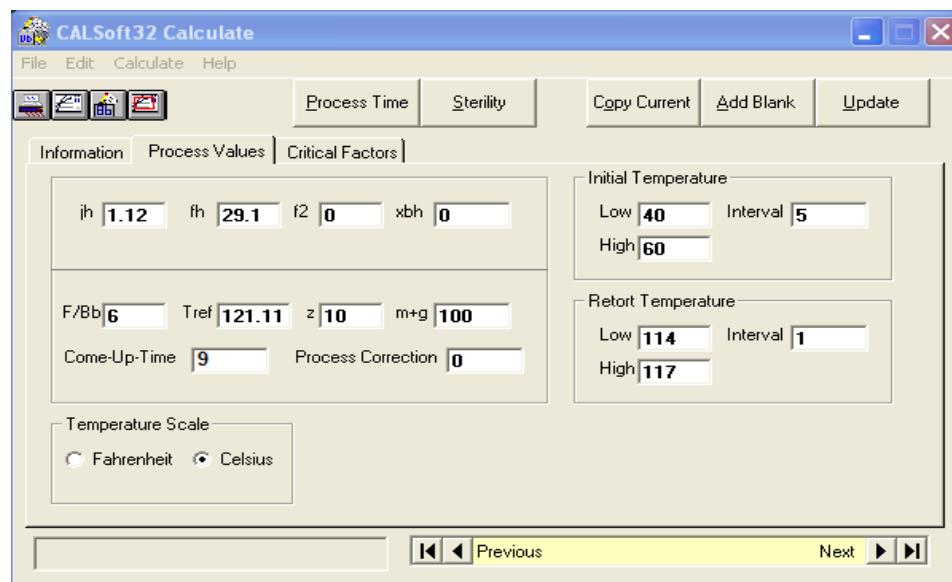


FIGURA 3.1 PARÁMETROS DE PROCESO

En la tabla 11 se muestra los resultados de los tiempos de retención sugeridos para cada temperatura a la que podría estar el producto antes de la esterilización.

**TABLA 13**  
**FACTORES CRÍTICOS, PARÁMETROS DE PROCESO Y TIEMPO DE RETENCIÓN A DIFERENTES TEMPERATURAS INICIALES DE PRODUCTO Y DIFERENTES TEMPERATURAS DE RETORTA**

<b>FACTORES CRÍTICOS:</b>				
- Máximo peso de llenado: 468 g - Orientación de envases en el autoclave: Al granel - Mínima presión de vapor: 90 psi				
$jh = 1.12$	$fh = 29.10$	$f2 = 0.00$		$xbh = 0.00$
$jc = 1.41$	$fc = 29.10$	$F(10.00/121.11) = 6.00$		$m+g = 100$
Come-Up-Time used for Credit Calculation= 9.00				
Process Correction Factor= 0.00%				
I.T.	R.T.	<b>Tiempo de Retención Calculado</b>		<b>Tiempo de Retención Sugerido</b>
(°C)	(°C)	Minutos	(HH:MM:SS)	Minutos
40.00	114.00	67.61	01:07:37	68.00
40.00	115.00	61.03	01:01:02	62.00
40.00	116.00	55.58	00:55:35	56.00
40.00	117.00	51.02	00:51:02	52.00
45.00	114.00	66.73	01:06:44	67.00
45.00	115.00	60.16	01:00:10	61.00
45.00	116.00	54.72	00:54:44	55.00
45.00	117.00	50.17	00:50:11	51.00
50.00	114.00	65.77	01:05:47	66.00
50.00	115.00	59.22	00:59:14	60.00
50.00	116.00	53.80	00:53:48	54.00
50.00	117.00	49.26	00:49:16	50.00
55.00	114.00	64.75	01:04:45	65.00
55.00	115.00	58.21	00:58:35	59.00
55.00	116.00	52.80	00:52:48	53.00
55.00	117.00	48.28	00:48:17	49.00

60.00	114.00	63.63	01:03:38	64.00
60.00	115.00	57.11	00:57:07	58.00
60.00	116.00	51.72	00:51:44	52.00
60.00	117.00	47.22	00:47:14	48.00

Elaborado por: Bruno Zerega A.

### 3.4 Mejoramiento del Proceso

Primero se calculará el valor D y Z de la espina de la sardina para luego proceder con el cálculo del valor F necesario para alcanzar la dureza objetivo de la espina del pescado, que se muestra en la tabla 15.

**TABLA 14**  
**VALORES DE LA DUREZA DE LA ESPINA OBTENIDOS CON EL**  
**TEXTURÓMETRO A DIFERENTES TIEMPOS Y TEMPERATURAS**  
**DE CALENTAMIENTO**

TEMPERATURA	TIEMPO (min)	DUREZA (Newton)
Lote 1 90°C	20	-
	40	29.19 +/- 0.54
	60	5.26 +/- 0.27
TEMPERATURA	TIEMPO (min)	DUREZA (Newton)
Lote 2 100°C	20	28.57 +/- 0.30
	40	10.81 +/- 0.27
	60	4.20 +/- 0.25
TEMPERATURA	TIEMPO (min)	DUREZA (Newton)
Lote 3 108.5°C	20	26.03 +/- 0.07
	40	16.06 +/- 0.08
	60	-

TEMPERATURA	TIEMPO (min)	DUREZA INICIAL (Newton)
Lote 4 Sin Cocción	0	37.53 +/- 0.09

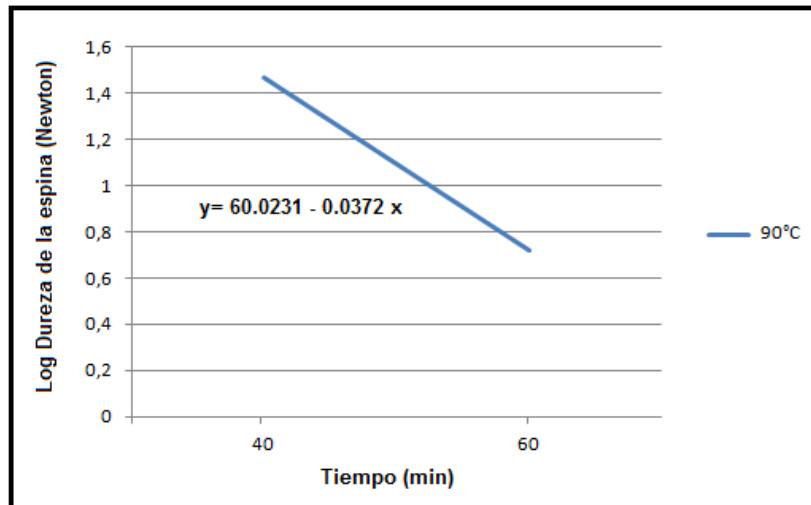
Elaborado por: Bruno Zerega A.

**TABLA 15**  
**DUREZA DE LA ESPINA EN DIFERENTES CONSERVAS DE**  
**SARDINA, TOMANDO SU PROMEDIO COMO DUREZA**  
**OBJETIVO**

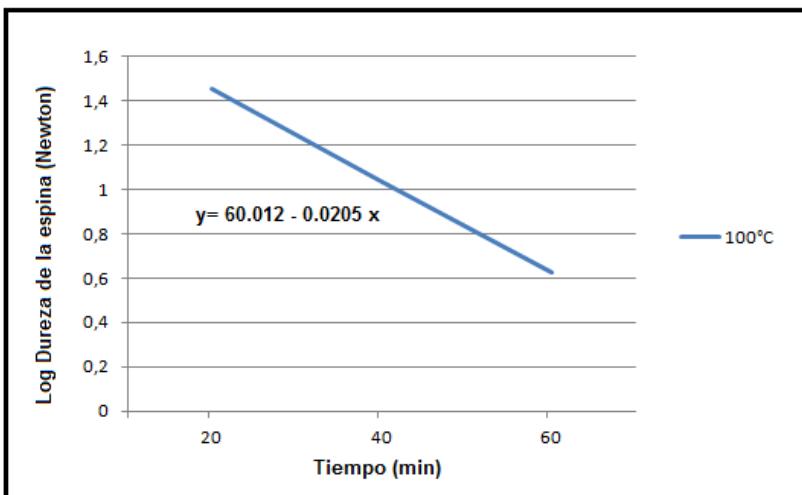
Conserva	Dureza (Newton)
1	2
2	2.5
3	3
4	4
5	3.5
<b>Promedio (Dureza Objetivo)</b>	<b>3 +/- 0.79</b>

Elaborado Por: Bruno Zerega A.

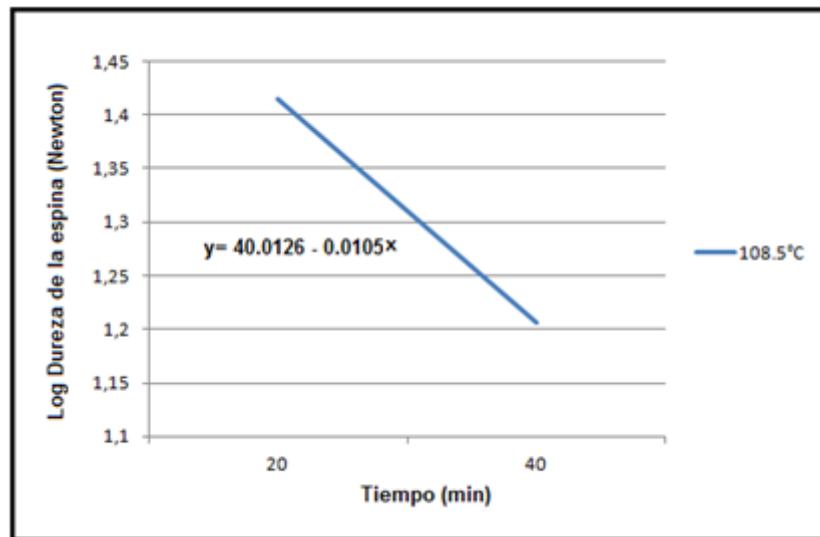
Las gráficas 3.5, 3.6 y 3.7 muestran el logaritmo de la dureza de la espina de la sardina vs Tiempo de Calentamiento a 90 °C, 100 °C y 108.5°C respectivamente.



**GRÁFICA 3.5 LOGARITMO DE LA DUREZA DE LA ESPINA VS TIEMPO DE CALENTAMIENTO A 90 ° C**



**GRÁFICA 3.6 LOGARITMO DE LA DUREZA DE LA ESPINA VS TIEMPO DE CALENTAMIENTO A 100 ° C**



**GRÁFICA 3.7 LOGARITMO DE LA DUREZA DE LA ESPINA VS  
TIEMPO DE CALENTAMIENTO A  $108.5^{\circ}\text{C}$**

Elaborado Por: Bruno Zerega A.

### Cálculo del valor D

#### 1) Cálculo de las pendientes

$$m_T = \frac{\text{Log dureza}2 - \text{Log dureza}1}{t_2 - t_1} \quad (17)$$

$$m_{90^{\circ}\text{C}} = \frac{0.721 - 1.465}{60 - 40}$$

$$m_{90^{\circ}\text{C}} = -0.0372$$

$$m_{100^\circ C} = \frac{0.623 - 1.034}{60 - 40}$$

$$m_{100^\circ C} = -0.0205$$

$$m_{108.5^\circ C} = \frac{1.205 - 1.415}{40 - 20}$$

$$m_{108.5^\circ C} = -0.0105$$

## 2) Valor D

$$D_t = \frac{1}{mt} \quad (18)$$

$$D_{90^\circ C} = \frac{1}{0.0372}$$

$$D_{90^\circ C} = 26.88$$

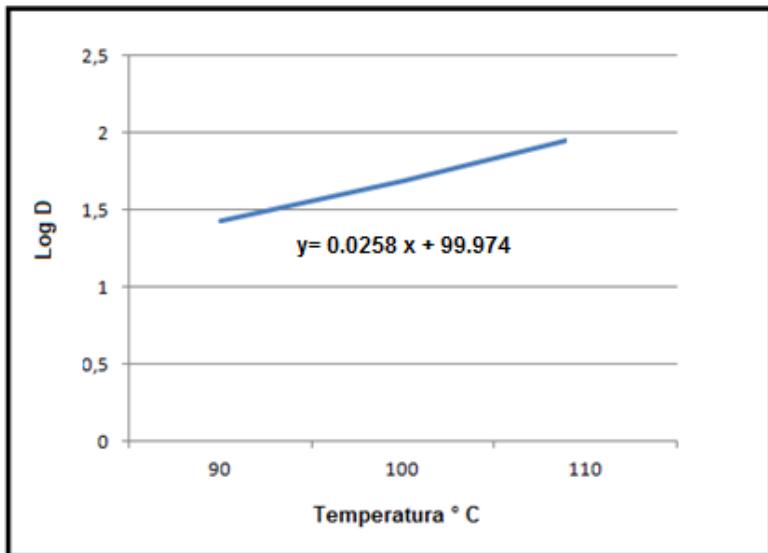
$$D_{100^\circ C} = \frac{1}{0.0205}$$

$$D_{100^\circ C} = 48.78$$

$$D_{108.5^\circ C} = \frac{1}{0.0105}$$

$$D_{108.5^\circ C} = 95.23$$

La gráfica 3.8 muestra el logaritmo de la reducción decimal en función de la temperatura.



Elaborado por: Bruno Zerega A.

### GRÁFICA 3.8 LOGARITMO DE LA REDUCCIÓN DECIMAL EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA

#### Cálculo del Valor Z

$$Z = \frac{1}{m_d} \quad (19)$$

$$Z = \frac{1}{0.0258}$$

$Z = 38.76^{\circ}\text{C}$  ( $69.55^{\circ}\text{F} \approx 70^{\circ}\text{F}$ - con este valor entro a tabla de Stumbo para Calidad)

### **Cálculo del valor D a 121.11°C**

$$D_{121.11} = D_{100} * 10^{(T_x - T_{ret})/Z} \quad (20)$$

$$D_{121.11} = 48.78 * 10^{(100 - 121.11)/38.76}$$

$$D_{121.11} = 13.92$$

### **Cálculo del valor Fv a 121.11°C**

$$Fv_{121.11}^{38.76} = VS D_{121.11} \quad (21)$$

$$Fv_{121.11}^{38.76} = \log \frac{dureza\ initial}{dureza\ final} D_{121.11}$$

$$Fv_{121.11}^{38.76} = (\log 37.53 - \log 0.03) 13.92$$

$$Fv_{121.11}^{38.76} = 43.11$$

### **Diseño del Proceso**

$$T_{ret} = 116^{\circ}\text{C} \quad T_o = 45^{\circ}\text{C}$$

$$1) \quad U = Fv \quad F_i$$

$$U = F_v 10^{\frac{T_{ref} - T_{Ret}}{Z}}$$

$$U = 43.11 10^{\frac{121.11 - 116}{38.76}}$$

$$U = 58.40$$

$$2) \frac{fh}{U} = \frac{29.10}{58.40}$$

$$\frac{fh}{U} = 0.50$$

Con el valor de fh/U ingreso a Tabla de Stumbo para calidad (Anexo D)

**Se determinó Factor gj= 1.41**

$$g = 0.0273$$

Tiempo de proceso (Bb) para el ablandamiento de la Dureza de la Espina

$$Bb = fh [\log (j * I) - \log g]$$

$$Bb = 29.10 \{ \log [1.12 * (116 - 45)] - \log 0.0273 \}$$

$$Bb = 29.10 [\log (1.12 * 71) - (-1.56)]$$

$$Bb = 29.10 [1.90 + 1.56]$$

$$Bb = 100.69$$

**Tiempo de Retención para el ablandamiento de la Dureza de la Espina**

$$Tret = Bb - 0.42 \text{ CUT}$$

$$Tret = 100.69 - 0.42 (9)$$

$$Tret = 96.91$$

**Cálculo del tiempo desde que se prende el vapor hasta que se apaga**

$$TSteam-on-Steam-off = Bb + 0.58 \text{ cut}$$

$$TSteam-on-Steam-off = 100.69 + 0.58 (9)$$

$$TSteam-on-Steam-off = 105.91$$

**TABLA 16**  
**TIEMPO DE RETENCIÓN PARA EL ABLANDAMIENTO DE LA**  
**DUREZA DE LA ESPINA DE LA SARDINA**

I.T. (°C)	R.T. (°C)	Tiempo de Retención Calculado		Tiempo de Retención Sugerido Minutos
		Minutos	(HH:MM:SS)	
45	116	96.91	01:36:55	97.00

**Elaborado por:** Bruno Zerega

Basado en los resultados obtenidos se puede observar que para alcanzar una dureza objetivo de 0.03 Newton, será necesario un tiempo de retención de 97 minutos para una temperatura inicial del producto de 45°C y una temperatura de retorta de 116°C. El tiempo de calentamiento (SteamOn-SteamOff) será de 106 minutos para estos mismos factores de temperatura.

Como se puede observar se necesita dar más tiempo una vez que ha sido alcanzada la esterilidad comercial con un  $F_0 = 6$  min, donde se necesita un tiempo de retención de 55 minutos para una temperatura inicial del producto de 45 °C y temperatura de retorta de 116°C, mientras que para alcanzar la dureza objetiva de la

espina con un  $Fv_{121.11}^{38.76} = 43.11$  se necesita un tiempo de retención de 97 minutos para los mismos factores de temperatura anteriormente mencionados.

### Consumo de Vapor para el Ablandamiento de la espina de la Sardina

El balance energético para determinar el consumo de vapor sería:

$$Q_{cedidovapor} = Q_{producto} + Q_{latas} + Q_{pared} + Q_{pared2} + Q_{conveccion} + Q_{radiacion}$$

#### 1. Calor por calentamiento del producto

$$Q_1 = M_p C_{p_{sardina}} \frac{(T_{final} - T_{inicial})}{\Delta t}$$

$$Q_1 = 3060 \text{ kg} \times 3.59 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg} \text{ } ^\circ\text{C}} \frac{(116 \text{ } ^\circ\text{C} - 45 \text{ } ^\circ\text{C})}{1 \text{ hora} \times 3600 \text{ seg}}$$

$$Q_1 = 216.65 \text{ Kw}$$

**Nota:** El cp de la sardina fue obtenido por el cálculo de Choi y Okos, M. R., 1986. (Libro Paul Singh)

## 2. Calor por calentamiento de las latas

$$Q_2 = M_{latas} \ Cp_{latas} \frac{(T_{final} - T_{inicial})}{\Delta t}$$

$$Q_2 = 504 \text{ kg} \times 3.59 \frac{Kj}{Kg \text{ } ^\circ C} \frac{(116 \text{ } ^\circ C - 45 \text{ } ^\circ C)}{1 \text{ hora} \times 3600 \text{ seg}}$$

$$Q_2 = 35.68 \text{ Kw}$$

**Nota:** El cp de las latas fue obtenido de la tesis (Socrates, 2011).

## 3. Calor almacenado en la primera pared del autoclave

$$Q_3 = \rho_{acero} \ Cp_{acero} V \frac{(T_{final} - T_{inicial})}{\Delta t}$$

$$Q_3 = \rho_{acero} \ Cp_{acero} (\pi R^2 L) \frac{(T_{final} - T_{inicial})}{\Delta t}$$

$$Q_3 = 7900 \frac{Kg}{m^3} \times \frac{1 \text{ Kj}}{1000 \text{ J}} \times 477 \frac{J}{Kg \text{ } ^\circ K} \times [\pi (0.59m)^2 (4.88m)] \frac{(116 - 45) \text{ } ^\circ C}{1 \text{ hora} \times 3600 \text{ seg}}$$

$$Q_3 = 396.62 \text{ Kw}$$

## 4. Calor almacenado en la segunda pared del autoclave

$$Q_4 = \rho_{acero} \ Cp_{acero} V \frac{(T_{final} - T_{inicial})}{\Delta t}$$

$$Q_4 = \rho_{acero} \ Cp_{acero} (\pi R^2 L) \frac{(T_{final} - T_{inicial})}{\Delta t}$$

$$Q_4 = 7900 \frac{Kg}{m^3} \times \frac{1 \text{ Kj}}{1000 \text{ J}} \times 477 \frac{J}{Kg \text{ } ^\circ \text{K}} \times [\pi (0.54m)^2 (4.88m)] \frac{(116-45)^\circ \text{C}}{1 \text{ hora} \times 3600 \text{ seg}}$$

$$Q_4 = 332.25 \text{ Kw}$$

## 5. Calor por radiación al medio ambiente

$$Q_5 = \varepsilon \times \sigma \times A_{ext} \times (T_v^4 - T_a^4)$$

$$Q_5 = 5.67 \times 10^{-8} \times 0.17 \times [2\pi (0.59m) (4.88m) + 2\pi(0.59m)^2] \times (389.15^4 - 308.15^4)$$

$$Q_5 = 2720 \text{ W} \times \frac{1 \text{ kw}}{1000} = 2.7 \text{ Kw}$$

## 6. Calor por convección al medio ambiente

$$Q_6 = h_{aire} \times A_{ext} \times (T_v - T_a)$$

$$Q_6 = 6.21 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ \text{C}} \times [2\pi (0.59m) (4.88m) + 2\pi(0.59m)^2] \times (116 - 35)^\circ \text{C}$$

$$Q_6 = 10,199.89 \text{ W} \times \frac{1 \text{ kw}}{1000} = 10.19 \text{ kw}$$

## Masa de vapor requerido

$$m_v \times \lambda_v = Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 + Q6$$

$$m_v = \frac{216.65 \text{ Kw} + 35.68 \text{ Kw} + 396.62 \text{ Kw} + 332.25 \text{ Kw} + 2.7 \text{ Kw} + 10.19 \text{ Kw}}{2708 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}}$$

$$m_v = 0.367 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \times \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hora}} = 1321.2 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}}$$

Considerando un tiempo de calentamiento (SteamOn-SteamOff) de 119 minutos actualmente utilizado por la empresa;

$$m_v = 1321.2 \frac{\text{Kg}}{60 \text{ min}} \times 119 \text{ min} = 2,620.38 \text{ kg} \times \frac{2.2 \text{ lb}}{\text{Kg}} = 5,764.83 \text{ lbs}$$

Se puede apreciar un consumo de vapor de 5,764.8 lbs de vapor actualmente utilizado por la empresa.

En esta tesis se determinó que se necesita un tiempo de calentamiento de 106 minutos para alcanzar la dureza objetivo de la espina de la sardina, por lo tanto;

$$m_v = 1321.2 \frac{\text{Kg}}{60 \text{ min}} \times 106 \text{ min} = 2,334.12 \text{ kg} \times \frac{2.2 \text{ lb}}{\text{Kg}} = 5,135.06 \text{ lb}$$

Se puede observar que la empresa actualmente utiliza un tiempo de calentamiento de 119 minutos consumiendo 5,764.83 lbs. de vapor con el fin de ablandar la espina de la sardina, mientras que en esta tesis se encontró que se necesitan 5,135.06 lbs. de vapor y un tiempo de calentamiento de 106 minutos para alcanzar la misma dureza objetivo (0.03 Newton). Por lo tanto, la empresa actualmente

tiene un derroche de 629.77 lbs. de vapor y 13 minutos innecesarios de tiempo de calentamiento, generando un derroche de energía.

### **3.5 Caracterización del Producto Final**

Este producto ha sido formulado y establecido para cumplir los siguientes parámetros de control una vez procesado:

#### **Análisis Físico-Químico**

- Peso Neto: 425 g
- Peso Drenado: 290 g
- pH: 5-6
- Histamina: < 5mg/100 g (50 ppm)
- Bases Volátiles expresadas como Nitrógeno: < 50 mg/100g
- Cloruro de Sodio: 1.5 %
- Brix de la Salsa: 9 - 10
- Número de Piezas: 4-6

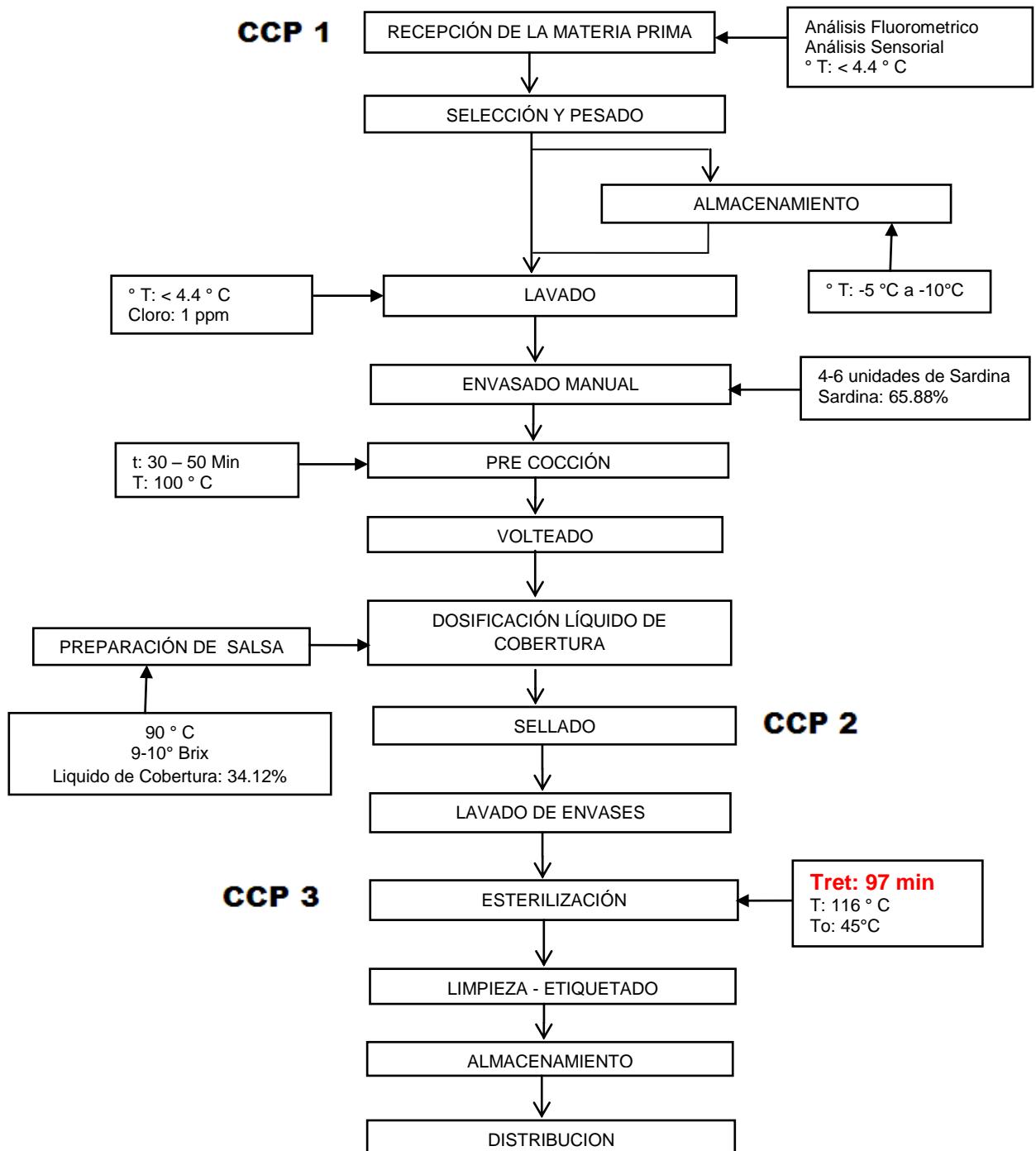
El envase rígido utilizado es la hojalata ovalada de dimensión 603 x 408 x 107 (164 x 111 x 36 mm).

Los principales requisitos de calidad y composición del producto están especificados en la norma técnica colombiana 1242 para la sardina en conserva y se la ha tomado como referencia en la elaboración de este producto, cuyo documento se encuentra en el anexo E.

### **3.6 Diseño del Proceso**

El diagrama de proceso que a continuación se presenta en la figura 3.1; detalla cada uno de las etapas seguidas en la elaboración de la conserva. Basados en las pruebas experimentales se incluye las condiciones de proceso para las diferentes etapas para el procesamiento de la conserva de sardina en salsa de tomate.

La descripción de cada una de las etapas se las encuentra en el capítulo 1.



Elaborado Por: Bruno Zerega A.

**FIGURA 3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DISEÑADO**

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La empresa trabaja actualmente con un tiempo de retención de 110 minutos, para una temperatura de retorta= 116°C y temperatura inicial= 45°C, alcanzando una dureza de 0.03 newton. Mediante esta tesis se determinó que para esos factores de proceso es necesario un tiempo de retención de 97 minutos (Figura 3.1), alcanzando la misma dureza objetivo. Además, considerando el tiempo en que el vapor se mantiene encendido se consume innecesariamente 629.77 lbs. de vapor actual por cada corrida de producción.
  
- Por lo tanto, es imperativo que empresas de alimentos utilicen la metodología empleada en el presente trabajo como guía en el diseño y desarrollo de procesos térmicos de productos similares al obtenido, con el fin de ahorrar energía y obtener productos no solo con la

inocuidad apropiada, sino también, con las características organolépticas que el consumidor exige.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Prado, M; 2008, la pesquería de peces pelágicos pequeños en Ecuador. p. 28
2. Codex Alimentarius; 2006, Informe técnico sobre las características biológico-pesqueras de la Pinchagua: 8-9.
3. Smoot, L y Pierson M; 1997, Muestreo y examen microscópico de los alimentos, Agrupación de microorganismos y de parásitos de acuerdo al tipo de severidad del riesgo: 10-11.
4. Mossel DAA et al. 2003. Microbiología de los Alimentos. 2<sup>a</sup> ed. Acribia, Zaragoza: 518-620.
5. Camero, G y Estefy, J; 1940, Clasificación de los alimentos según su acidez y grupos de microorganismos productores de alteraciones en alimentos enlatados: 1-2
6. Frazier, W; 1985, “Microbiología de los Alimentos”, Ed. Acribia. España: 681
7. Sanchez, J; 2011, Introducción a la microbiología descriptiva, inactivación microbiana: 40-41.
8. IFTPS; 2004, Institute for thermal processing specialists, protocol for carrying out heat penetration studies: 1-14.
9. Luisa, C; 2012, Métodos para el Cálculo de Procesamiento Térmico, Ingeniería de Alimentos 1: 1-2.

10. Nikolaos, G; 2009, Thermal Process Calculations through Ball's Original Formula Method. *Food Eng Rev* (2010) 2:1–16: 1-16.
11. Vásquez Carlos, 2008, Estudio de penetración de calor en una conserva de camarón envasada en empaque flexible, *Tesis ESPOL.* 13- 14.
12. Sócrates Arturo, 2011, Evaluación y adecuación de un tanque con agitador y chaqueta de vapor de 0,9 m<sup>3</sup> para la pasteurización de 880 Kg de pulpa de fruta, *Tesis ESPOL.* 100- 102.

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

Las sardinas de la especie utilizadas en la elaboración, según la **Norma Técnica Colombiana 1242** del producto deben:

- Ser sanas, limpias y pueden estar frescas, congeladas o ahumadas.
- Tener características organolépticas propias de la especie de la cual provienen, sin procesar, aptas para consumo humano.
- Tener carne firme y consistencia elástica, presentar la textura propia de la especie correspondiente,
- Estar exentas de cola, cabeza, vísceras, branquias, escamas, con o sin espinas y con o sin góndadas,
- Tener el corte de la cabeza posterior a las agallas y los bordes del resultado del corte deberán ser perpendiculares a la línea lateral,
- No presentar tejido sin piel que deje la carne expuesta en un área mayor de 15 mm<sup>2</sup>.
- Las salsas y aderezos utilizados en la preparación de las sardinas en conserva deben ser elaborados específicamente para tal fin, adicionados o no de especias o condimentos naturales.
- Las sardinas de cada envase deben ser de tamaño uniforme y no deben estar fragmentadas; se admite la presencia de una sardina más pequeña con el objeto de completar el peso mínimo requerido.

## APÉNDICE B

### Espesante y emulsionantes

322	Lecitinas	
400	Acido algínico	
401	Alginato de sodio	
402	Alginato de potasio	
403	Alginato de amonio	
404	Alginato de calcio	
405	Alginato de propilenglicol	Limitado por BPF
406	Agar	
407	Carragaenina y sus sales de Na, K, NH <sub>4</sub> (incluido el Furcelaram)	
	Gelatina	
410	Gomas de semilla de algarrobo (goma garrofin)	
411	Goma guar	
415	Goma xantán	
418	Goma gelán	
432	Polioxietileno (20), monolaurato de sorbitán	
433	Polioxietileno (20), monololeato de sorbitán	
434	Polioxietileno (20), monopalmitato de sorbitán	1 g/kg
435	Polioxietileno (20), monoestearato de sorbitán	
436	Polioxietileno (20), tristearato de sorbitán	
440	Pectinas	
460	Celulosa	
461	Metilcelulosa	
463	Hdroxipropilcelulosa	
464	Hidroxipropilmetylcelulosa	Limitada por BPF
465	Metiletilcelulosa	
466	Carboximetilcelulosa sódica	
471	Monoglicéridos y diglicéridos de ácidos grasos	
472 a	Esteres acéticos y de ácidos grasos de glicerol	
472 b	Esteres lácticos y de ácidos grasos de glicerol	
472 c	Esteres cítricos y de ácidos grasos del glicerol	
508	Cloruro de potasio	Limitados por BPF
509	Cloruro de sodio	

1410	Fosfato de monoalmidón	
1412	Fosfato de dialmidón, esterificado con trimetafosfato de Sodio, esterificado con oxicloruro de fósforo	
1413	Fosfato de almidón fosfatado	
1414	Fosfato e dialmidón acetilado	
1420	Acetato de almidón esterificado con anhídrido acético	Limitado por BPF
1422	Adipato de dialmidón acetilado	
1440	Almidón hidroxipropilado	
1442	Fosfato de dialmidón hidroxipropilado	
1450	Almidón octenil succinado sódico	

## APÉNDICE C

### PROTOCOLO PARA LA CONDUCCIÓN DE ESTUDIOS DE PENETRACIÓN DE CALOR (002)

Varios métodos y equipos pueden ser empleados para la adquisición precisa de datos en un estudio de penetración de calor. El objetivo de esta guía es el de recomendar los procedimientos a seguir en la conducción de estudios de penetración de calor para establecer procesos térmicos necesarios para producir alimentos comercialmente estériles empacados en envases herméticamente sellados.

***Las siguientes recomendaciones deben ser consideradas guías voluntarias.*** Mientras que estas guías no excluyen la utilización de otros métodos y de los equipos para la adquisición de datos durante el estudio de penetración de calor, estas guías han sido desarrolladas por consenso del Instituto de Especialistas en Procesos Térmicos y debería darse seria consideración como adopción como metodología por individuos que realizan estudios de Penetración de Calor.

### TERMINOLOGÍA

- 1.1. ***Envases para prueba:*** Envases que pueden ser requeridos para llenar el autoclave durante el estudio de penetración de calor para simular las condiciones de producción normal. El tipo, la forma y el tamaño del envase deberá ser el mismo que se utilizaría en el proceso. El producto para llenar estos envases podría ser el mismo que se utiliza para el estudio o cualquier otro producto que tenga similares características térmicas o en algunas circunstancias, agua.
- 1.2. ***Ciclo de enfriamiento:*** El tiempo requerido que sigue a la introducción en el autoclave del medio que va a enfriar los envases para bajar la temperatura interna del producto a un valor específico, comúnmente de 35 a 45° C (95 a 110° F)
- 1.3. ***Factores Críticos.*** Factores químicos y físicos que pueden influenciar en la reacción térmica de un producto al proceso térmico, la variación

del cual puede influenciar en el proceso diseñado y que incluye: envases, producto, autoclave y condiciones de proceso

- 1.4. **Pesos de Llenado, Escurrido y Neto.** *El peso de llenado es el peso del sólido antes del proceso; escurrido, el peso del sólido después del proceso; y neto, el peso de todo el producto del envase.*
- 1.5. **Curva de Penetración de Calor:** Trama de la diferencia logarítmica entre la temperatura del autoclave y el producto (curva de calentamiento) o temperatura del producto y del medio de enfriamiento (curva de enfriamiento) versus tiempo.
- 1.6. **Termómetro de Mercurio (MIG)** Generalmente usado como instrumento referencial de temperatura del autoclave y regulado para su aplicación por agencias gubernamentales en algunos países. Otros instrumentos de medición de temperatura pueden ser calibrados con un MIG que a su vez ha sido calibrado con un termómetro patrón debidamente calibrado y certificado.

## DISEÑO DE UN ESTUDIO DE PENETRACIÓN DE CALOR

El propósito del estudio de Penetración de Calor es el de determinar el comportamiento del calentamiento y enfriamiento de un producto y su envase en un sistema específico de autoclave para establecer un proceso térmico seguro y evaluar sus desviaciones. El estudio debe ser diseñado para realizar un análisis de todos los factores críticos asociados con el producto, el envase, el proceso y el efecto de los ratios térmicos. El número de envases empleado para las pruebas así como, el número de pruebas en sí, son muy importantes para establecer la variabilidad estadística como se discute en la sección 5.11 y 5.12. Antes de iniciar un estudio de penetración de calor deberá completarse primero con la evaluación de la temperatura del autoclave así como su distribución adecuada, evaluación algunas veces conocida con el nombre de Estudio de Distribución de Calor. La meta de este estudio es identificar la peor situación esperada que puede ocurrir en una producción comercial influenciada por el producto, envase y proceso.

## **FACTORES QUE AFECTAN AL COMPORTAMIENTO TÉRMICO**

Algunos factores relacionados con los productos, procesos y envases pueden contribuir a la variación en los datos de temperatura y tiempo obtenidos durante el estudio de penetración de calor. El establecer un proceso requiere del juzgamiento experto y la obtención de adecuados datos experimentales para determinar cuál de los factores son críticos y el efecto que causaría el cambio de esos factores ya sea dentro o fuera de los **límites** críticos establecidos. La lista de factores que se refiere en esta sección es extensa pero no debería asumirse que cubren todos los posibles factores.

Los datos cuantitativos sobre variabilidad también deben ser recopilados cuando sea apropiado y todos los datos pertinentes documentados para un mejor entendimiento y ser tomados en cuenta en posibles variaciones en el comportamiento de la penetración de calor.

### ***Producto:***

La variación en la formulación o el peso de los ingredientes deberán ser consistentes con los valores extremos que podrían darse en la producción normal. Los cambios en la formulación podrían necesitar un nuevo estudio de penetración de calor.

El peso de llenado para estudios de penetración de calor no deberá ser menor al máximo declarado para el proceso. El exceso de producto podrá expresarse como sobre llenado.

El contenido de sólidos de los productos no homogéneos deberán ser medidos antes y después de procesarlos. El contenido de sólidos drenado debe ser pesado y expresado como porcentaje del peso total. Nota: la adición de ingredientes compactos o deshidratados pueden incrementar el peso escurrido.

La consistencia y la viscosidad de los componentes líquidos y semilíquidos deben ser medidas antes y después del proceso. El comportamiento de fluidez cambiará con el tipo de concentración del agente aglutinante (almidón, gomas, etc.), ratios de temperatura y reducción. Los cambios

pueden ser reversibles o irreversibles los cuales son importantes cuando se reprocesan los productos.

El tamaño, forma y peso de los componentes sólidos deben ser medidos antes y después de procesarlos.

La integridad y el tamaño de los sólidos compactados pueden cambiar durante el proceso y afectar al sensor de temperatura ubicado en el producto o en el lugar más frío del envase.

El método de preparación del producto antes del llenado deberá simular a aquel empleado en producciones comerciales. Por ejemplo el escaldado puede causar dilatación, o compactación del producto lo cual puede influenciar en las características de penetración de calor.

El ablandamiento o la compactación del producto puede cambiar las características del producto e influenciar en su punto más frío. Además se deberá tomar especial precaución con los productos en rodajas los cuales pueden compactarse entre sí durante el proceso.

La rehidratación de productos secos, antes o después del proceso, es un factor crítico que puede influenciar en el comportamiento de la penetración de calor, como también a la eficacia del proceso con respecto a la inactivación de las esporas. Los detalles del procedimiento de rehidratación deberán registrarse durante el estudio de penetración de calor.

Los productos pueden calentarse por convección, conducción o una mezcla de ambas dependiendo de sus características físicas. Algunos productos exhiben comportamiento de calentamiento complejo. Algunos productos pueden inicialmente calentarse por convención y luego, debido a cambios físicos en el producto, cambiar a calentamiento por conducción. Por ejemplo, para productos como sopas que contienen almidón, los cambios en el comportamiento de calentamiento pueden ser debido a la gelatinización del almidón a una temperatura en particular.

Pequeñas variaciones en la formulación del producto o sus ingredientes pueden causar la transición de calentamiento convexo a conducción a diferentes temperaturas y tiempos específicos. Especial cuidado deberá

tomarse para identificar y controlar específicamente la variación de los productos y procesos con relación al ratio de su calentamiento.

**Envase:**

Las características adicionales del producto tales como el contenido de sal, actividad del agua, pH, gravedad específica, concentración de preservativos y métodos de acidificación pueden influenciar en la transmisión de calor o la resistencia microbiológica, cuyas características deberán también ser registradas.

El fabricante y la marca de los envases deberá registrarse en caso de que la Información de llenado, sellado o de proceso sea requerida.

El tipo de envase (metal, vidrio, flexible, pouch, semirígido), tamaño y dimensión deberá ser registrados.

El anidado de los envases que tienen diámetro menor en su base, puede influenciar en el comportamiento de la penetración del calor. Los estudios de penetración de calor en autoclaves llenas con envases dispuestos al azar (sin planchas divisoras) deben conducirse con envases deliberadamente anidados así como con envases sueltos.

El vacío y espacio de cabeza deben ser registrados cuando se trata de envases rígidos.

Para envases flexibles o semi-rígidos se debe determinar el gas residual en su interior. El gas entrampado puede crear una capa aislante dentro del envase cambiando la ubicación del punto más frío, decreciendo el ratio de calentamiento.

El control de la sobre presión durante el proceso se ha encontrado que reduce este efecto.

El espesor máximo de las paredes del envase flexible (pouch) tiene una relación directa con la velocidad de transmisión lenta de la temperatura para llegar a su lugar más frío comparado con el espesor de pared más delgado,

de aquí que los estudios de penetración de calor deben efectuarse con envases que tengan sus paredes el máximo espesor.

La orientación de los envases en el autoclave (vertical u horizontal) puede ser factores críticos para cierta combinación de productos y envases y deberá ser estudiado cuando el caso amerite.

El cambio en la orientación de los envases podría también influenciar tanto al venteo del autoclave como al ciclo de alza justo antes del proceso.

El examen post proceso de los envases de prueba por anomalías debe efectuarse haciendo especial énfasis con los envases que se han calentado más rápido o al contrario de manera más lenta.

Se recomienda de manera especial que en los envases flexibles, se examine cuidadosamente la ubicación de las puntas de los termómetros luego del proceso. Si la ubicación del sensor se ha movido es probable que los datos adquiridos durante el estudio no sean confiables.

### **3.3. *Método de llenado***

La temperatura de llenado del producto debe ser controlada ya que esta afecta a la temperatura inicial la que puede influenciar en ciertos parámetros de la penetración de calor (factor de retardo, tiempo de levante) La temperatura de llenado puede convertirse en un punto crítico de control para un proceso particularmente si se trata de productos que exhiben comportamiento de calentamiento “quebrado”.

El llenado y el peso neto pueden influenciar en el ratio de calentamiento tanto en las autoclaves estáticas o rotativas. La información sobre variabilidad puede encontrarse en los controles de proceso estadístico y en los registros de control de calidad del producto.

En la mayoría de casos el controlar el espacio de cabeza determinando el peso neto no es suficiente debido a la posible variación de la gravedad específica del producto.

Debe tomarse el respectivo cuidado para prevenir la incorporación de aire que afecte al vacío del espacio de cabeza. En procesos rotativos, el espacio de cabeza es un punto crítico de control debido a que la burbuja en el espacio de cabeza ayuda a mezclar el producto durante la agitación.

#### **3.4. Sellado o cerrado**

El equipo de sellado o cerrado debe proveer de un sello fuerte y hermético el cual debe mantenerse durante el proceso térmico. El vacío en envases de metal o vidrio se recomienda que sea entre 35 – 70 kPa(10-20in-Hg) medido a temperatura ambiente.

El vacío es afectado por variables tales como espacio de cabeza, temperatura del producto, aire atrapado y eficiencia del equipo para producir vacío. Algunos productos como los vegetales empacados en envases metálicos, una lectura de vacío mínimo puede ser considerado como punto crítico de control.

Para otros productos empacados en envases flexibles o semi rígidos, el vacío influirá en el contenido de aire en el envase, también constituyéndose en un punto crítico de control.

#### **3.5. Sistema de Autoclave:**

El tipo de sistema de autoclave utilizado puede tener una influencia significativa en el aspecto termal sobre los productos procesados. En los resultados del estudio de penetración de calor se debe reportar con referencia al tipo de autoclave y las condiciones existentes durante la prueba.

El tiempo de alza debe ser lo más corto posible y consistente, obteniendo una distribución satisfactoria de calor en el autoclave. Se puede utilizar un autoclave tipo laboratorio para desarrollar estudios de comportamiento en penetración de calor. Los resultados deben ser conservados tomando en consideración que en autoclaves pequeñas el tiempo de alza es más corto que en autoclaves de producción. Luego de desarrollado el proceso térmico este debe ser confirmado físicamente en una autoclave de producción comercial.

Se pueden utilizar planchas divisoras para separar las filas de envases que se disponen en los canastos que se depositan en el autoclave para el proceso; bandejas para los envases flexibles o semi rígidos para proveer soporte y canales de circulación y asegurar que el espesor máximo del “pouch” no exceda. Se debe prestar especial atención para entender la influencia del diseño de las partes de un sistema específico, en el comportamiento del autoclave así como la transferencia de calor a los envases.

Los sistemas de autoclaves estáticos varían en su operación de acuerdo al tipo de medio de calentamiento (vapor, vapor/aire, inmersión en agua, chorro de agua), su o orientación (vertical, horizontal) método de agitación del medio de calentamiento (ventilador, bomba, inyección de aire) y otros factores que puedan influenciar e comportamiento del calor.

Los sistemas de autoclave rotativos (axial, de volteo) están diseñados para rotar u oscilar los canastos durante el proceso. La agitación de los envases puede proporcionar mayor velocidad de penetración de calor al lugar más frío del envase, si se compara con el sistema estático. Sin embargo, si esto sucede con la mayoría de envases de la carga, es probable que para otros de la misma carga no lo sea, por lo que se debe identificar los envases que se calientan más lentos. Esto puede conducir a un estudio detallado de la posición de los envases. Se recomienda, al inicio de la prueba, que los datos sean adquiridos cada 15 segundos particularmente para líquidos viscosos en los cuales el lugar más frío puede moverse con relación a la posición predeterminada de los termopares durante la rotación, dando resultados distorsionados. Los conectores, “Slip Ring”, en este tipo de sistemas, deben estar totalmente limpios y la calibración de los termopares verificados intervalos regulares. Los factores críticos en estas autoclaves incluyen: espacio de cabeza, consistencia del producto, ratio de sólidos a líquidos, temperatura inicial, tamaño de envase, velocidad y ratio de rotación.

Los sistemas de autoclaves continuos pueden mover los envases a través de la cámara de proceso por medio de un conducto espiral ubicado en la circunferencia interior del cuerpo del autoclave horizontal o a través de una cadena en las autoclaves hidrostáticas. La colocación de termopares para obtención de datos en estos sistemas de autoclaves es dificultosa o

imposible. Los datos pueden obtenerse mediante unidades de medición de temperatura individuales colocadas dentro de los envases o usando simuladores de proceso.

## APÉNDICE D

Valores g y fh/U para un jc= 1.41, Z= 70°F

Fh/U	1.00	1.20	1.41	1.60
0.2	2,18E-04	2,45E-04	2,73E-04	2,98E-04
0.3	0,0101	0,0113	0,0126	0,0138
0.4	0,0689	0,0773	0,0861	0,0941
0.5	0,0219	0,0245	0,0273	0,0299
0.6	0,474	0,532	0,593	0,649
0.7	0,828	0,93	1,037	1,13
0.8	0,263	0,418	0,581	0,72
0.9	1,76	1,97	2,202	2,41
1.0	2,30	2,58	2,882	3,15
2.0	8,35	9,38	10,47	11,46
3.0	13,73	15,44	17,24	18,87
4.0	18,2	20,48	22,87	25,04
5.0	21,9	24,64	27,51	30,12
6.0	25,1	28,22	31,49	34,46
7.0	27,9	31,34	34,95	38,22
8.0	30,3	34,02	37,92	41,46
9.0	32,5	36,46	40,62	44,38

## **SARDINAS EN CONSERVA**

### **1. OBJETO**

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las sardinas en conserva hasta el momento de su venta al público. Esta norma se aplica a sardinas en conserva envasadas en aceites vegetales comestibles, salsa de tomate u otros medios de cobertura adecuados.

### **2. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN**

#### **2.1 DEFINICIONES**

Para los efectos de esta norma se establece la siguiente: Sardinas en conserva: es el producto preparado con las especies que se enumeran a continuación, envasado en medio líquido de cobertura como aceite vegetal comestible, salsa de tomate u otros medios adecuados, en recipientes herméticamente cerrados y sometidos a tratamiento térmico que garantice la esterilidad comercial del producto.

#### **ESPECIES**

*Anchovia dupeoide**Cetengraulis edentulus**Cetengraulis mysticetus**Clupea antipodum**Clupea bassensis**Clupea fuegensis**Clupea harengus**Clupea sprattus**Engraulis anchoita**Ethmidium maculatus**Etrumeus micropus**Fluivialosa vlamminghi**Fluivialosa vlamminghi**Harengula clupeola**Harengula pensacolae* (*Harengula jaguana*)*Hyperlophus vittatus*

*Opisthonema berlangai* *Opisthonema bulleri* *Opisthonema libertate* *Opisthonema medirastre* *Opisthonema oglinum**Sardinella anchovia* *Sardinella aurita* *Sardinella brasiliensis* *Sardinops caerulea* *Sardinella eba* *Sardinops melanostictus* *Sardinops neopilchardus* *Sardinops ocellatus* *Sardinops sagax* o *caeruleus* *Sardina*

#### **2.2 CLASIFICACIÓN**

Las sardinas en conserva se clasifican de acuerdo al modo de preparación y conservación, como se indica a continuación:

**2.2.1** Sardinas al natural: son aquellas preparadas y conservadas en sal y agua.

**2.2.2** Sardinas en aceite comestible con o sin mantequilla: son aquellas preparadas y conservadas en aceite de oliva, maní u otros aceites comestibles con o sin adición de mantequilla.

**2.2.3** Sardinas en salsa de tomate: son aquellas preparadas y conservadas en salsa de tomate.

**2.2.4** Sardinas en salsa picante: son aquellas preparadas y conservadas en salsa picante.

**2.2.5** Sardinas en salsas especiales: son aquellas preparadas y conservadas en salsas especiales no contempladas en los numerales 2.2.2, 2.2.3, 2.2.4.

---

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA      NTC 1242 (Primera actualización)**

---

### **3. REQUISITOS GENERALES**

**3.1** Las sardinas de la especie utilizada en la elaboración del producto deben:

**3.1.1** Ser sanas, limpias y pueden estar frescas, congeladas o ahumadas.

**3.1.2** Tener características organolépticas propias de la especie de la cual provienen, sin procesar, aptas para consumo humano.

**3.1.3** Tener carne firme y consistencia elástica, presentar la textura propia de la especie correspondiente,

**3.1.4** Estar exentas de cola, cabeza, vísceras, branquias, escamas, con o sin espinas y con o sin gónadas,

**3.1.5** Tener el corte de la cabeza posterior a las agallas y los bordes del resultado del corte deberán ser perpendiculares a la línea lateral,

**3.1.6** No presentar tejido sin piel que deje la carne expuesta en un área mayor de 15 mm

**3.2** Las salsas y aderezos utilizados en la preparación de las sardinas en conserva deben ser elaborados específicamente para tal fin, adicionados o no de especias o condimentos naturales.

**3.3** Las sardinas de cada envase deben ser de tamaño uniforme y no deben estar fragmentadas; se admite la presencia de una sardina más pequeña con el objeto de completar el peso mínimo requerido.

**3.4** Cuando se envasan en latas planas, las sardinas deben colocarse en una o más capas dispuestas en forma tal que la parte anterior y posterior queden colocadas alternativamente, adyacentes a un extremo de la lata o paralelas al lado más largo o empleando el sistema de envase cruzado, esto es, paralelos al lado más corto de la lata.

**3.5** El contenido de residuos de plaguicidas estará de acuerdo con las normas de la FAO/OMS.

**3.6** No se permite el uso de aditivos artificiales, ni conservantes.

**3.7** El vacío de la lata se aplicará de acuerdo con las buenas prácticas de manufactura.

#### **4. REQUISITOS ESPECÍFICOS**

**4.1** Las sardinas en conserva deberán cumplir con lo indicado en la Tabla 1.

**4.2** Las sardinas en conserva deberán cumplir con la prueba de esterilidad comercial.

**4.3** Las sardinas en conserva deberán cumplir con los límites máximos de contaminantes indicados en la Tabla 2.

---

#### **NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1242 (Primera actualización)**

---

**Tabla 1. Requisitos Fisicoquímicos para las sardinas en conserva**

Requisitos	Limite
Bases volátiles expresadas como nitrógeno, en mg/100 g, base húmeda, máx.	50
Cloruros como cloruro de sodio, en % m/m, máx.	3
Gas sulfídrico como H <sub>2</sub> S.	Negativo
Histamina, mg/100 g , máx	3

**Tabla 2. Límites Máximo de metales pesados**

Requisitos	Limite (mg/Kg)
Cobre como Cu	10
Estaño como Sn	100
Plomo como Pb	2
Mercurio como Hg	0,5
Arsénico como As	0,1

## **5. TOMA DE MUESTRAS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO**

### **5.1 TOMA DE MUESTRAS**

La toma de muestras se efectuará de acuerdo con la NTC 1236.

### **5.2 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO**

Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos indicados en esta norma, se considerará no calificada. En caso de discrepancia se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tales efectos. Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso, será motivo para rechazar el lote.

---

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1242 (Primera actualización)**

---

## **6. ENSAYOS**

### **6.1 DETERMINACIÓN DE BASES VOLÁTILES NITROGENADAS**

Se efectuará de acuerdo con lo indicado en la NTC 1322.

### **6.2 DETERMINACIÓN DE CLORUROS**

Se efectuará de acuerdo con lo indicado en la NTC 1322.

### **6.3 DETERMINACIÓN DE GAS SULFHÍDRICO**

Se efectuará de acuerdo con lo indicado en la NTC 1322.

### **6.4 DETERMINACIÓN DE HISTAMINA**

Se efectuará de acuerdo con lo indicado en la NTC 1276.

### **6.5 DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS**

Las determinaciones de cobre, arsénico, estaño y plomo se harán por absorción atómica ya sea en horno de grafito o por generación de hidruros. La determinación de mercurio como metil mercurio se hará por absorción atómica por generación de hidruros.

## **6.6 DETERMINACIÓN DE ESTERILIDAD COMERCIAL**

Véase el numeral 8.

## **7. ENVASE Y ROTULADO**

### **7.1 ENVASE**

Deberá ser de un material tal que no reaccione con el producto alterando sus características organolépticas o produciendo sustancias tóxicas. En los envases de hojalata las superficies en contacto con el producto deberán estar convenientemente recubiertas con laca apropiada que asegure la conservación del mismo durante su vigencia sanitaria. Los envases deberán estar cerrados herméticamente y no deberán presentar deformaciones, manchas, herrumbre u otros defectos. Al ser perforado el recipiente que contiene el producto no deberá presentar desprendimiento de gases, ni proyección de líquido

### **7.2 ROTULADO**

El rótulo debe cumplir con las indicaciones de la NTC 512, además debe llevar la siguiente información:

**7.2.1** Aparecer en caracteres legibles la palabra "Sardinas X" donde "X" es el nombre del país, de una zona geográfica o de la especie, o el nombre vernáculo de la especie, seguida del correspondiente al medio de cobertura, de modo que no se induzca a error al consumidor.

---

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1242 (Primera actualización)**

---

**7.2.2** Marca o nombre comercial.

**7.2.3** Si el pescado ha sido ahumado o sazonado al humo debe indicarse este particular en el rótulo muy cerca del nombre.

**7.2.4** Cuando en un producto que contiene aceite el agua exudada exceda del 12 %, se denominará el producto "X elaborado en su propio jugo con adición de aceite" (donde "X" representa el nombre del alimento)

**7.2.5** Debe indicarse el peso del pescado escurrido y el contenido neto en gramos.

**7.2.6** Debe estar impresa en la lata la fecha de vencimiento y el lote de producción o el código de identificación.