

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

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

“Formulación de una sopa concentrada y diseño del proceso de
esterilización comercial”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Presentada por:

Arturo Sócrates Palacios Ponce

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año : 2008

AGRADECIMIENTO

A Dios y a todas las personas quienes hicieron posible la realización del presente trabajo, por sus oportunos comentarios, por su disposición para atenderme y por toda la ayuda otorgada.

DEDICATORIA

A mi madre y hermana,
por ser el apoyo más
grande que he conocido,
por todo el esfuerzo
realizado y por el cariño
demostrado día a día.

A mis amigas y amigos,
por enseñarme y
recordarme siempre lo
necesario e importante
que se hace tenerlos.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Fabiola Cornejo Z.
DELEGADA POR EL
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTA

Ing. Karin Coello O.
DIRECTORA DE TESIS

Ing. Luís Miranda S.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la Espol)

Arturo Sócrates Palacios Ponce

RESUMEN

La tendencia de elaboración y desarrollo de productos en conserva en el país por años se ha limitado a formatos de envases pequeños de aproximadamente 0.5 Kg. tales como 307X408 (83 mm x 114 mm) para pescados, granos, frutas. En el presente trabajo se desarrolló una conserva de un plato típico de amplia aceptación, una sopa de harina de arveja y, se realizó un estudio de penetración de calor en envases metálicos de mayor dimensión, con el propósito de aliviar la demanda de alimentos en situaciones extremas de emergencia y que, además, contribuya a reducir la deficiencia calórica proteica en sectores nutricionalmente sensibles de la población escolar a través de programas de alimentación colectiva.

Seleccionamos productos de consumo tradicional y subproductos de la industria porcina para la preparación de una sopa de arveja en conserva. Luego, se procedió a realizar pruebas de formulación a nivel de laboratorio con el propósito de obtener una combinación base de ingredientes para llenar un envase convencional de 0.5 Kg. Para concluir las pruebas a nivel de laboratorio, se ajustó la fórmula para un tamaño de hojalata de 603X600 (153 mm x 152 mm).

Obtenida la formulación ideal mediante pruebas experimentales en planta piloto, se determinó el punto donde el producto demora el mayor tiempo en alcanzar la temperatura de proceso dentro del envase de 3Kg. Una vez establecido el punto frío dentro del envase, se realizó el estudio de penetración de calor y a partir de los datos obtenidos se calculó el tiempo y temperatura de proceso (parámetros para la esterilización comercial) mediante el método matemático de Stumbo, que garanticen la inocuidad de la conserva. Se realizaron pruebas sensoriales de aceptabilidad y finalmente se diseñó el diagrama del proceso.

ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|--|------|
| RESUMEN..... | I |
| INDICE GENERAL..... | II |
| ABREVIATURAS..... | IV |
| INDICE DE FIGURAS..... | V |
| INDICE DE TABLAS..... | VI |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO 1 | |
| 1. GENERALIDADES..... | 2 |
| 1.1. Materias primas..... | 2 |
| 1.2. Fundamentos del procesado térmico..... | 7 |
| 1.3. Características del producto..... | 13 |
| CAPÍTULO 2 | |
| 2. PRUEBAS EXPERIMENTALES..... | 14 |
| 2.1 Materiales y métodos..... | 15 |
| 2.2 Pruebas a nivel de laboratorio..... | 17 |
| 2.2.1 Formulación de la sopa para un formato de envase 307X408..... | 17 |
| 2.2.2 Ajuste de la formulación para un formato de envase 603X600..... | 23 |
| 2.3 Pruebas a nivel de planta piloto..... | 28 |
| 2.3.1 Determinación del punto frío..... | 29 |

| | |
|--|----|
| 2.3.2 Estudio de penetración de calor para un formato de envase 603X600..... | 31 |
|--|----|

CAPÍTULO 3

| | |
|---|----|
| 3. CALCULOS Y RESULTADO..... | 46 |
| 3.1 Parámetros de esterilización comercial..... | 46 |
| 3.1.1 Calculo del punto frío para el envase 603X600..... | 47 |
| 3.1.2 Determinación de tiempo y temperatura de proceso..... | 49 |
| 3.2 Pruebas de aceptabilidad..... | 78 |
| 3.3 Descripción del proceso para la obtención del producto..... | 82 |

CAPÍTULO 4

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

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

| | |
|-----------------|---|
| B | Tiempo de Proceso de Stumbo |
| CUT | Tiempo de levante |
| D | Tiempo de reducción decimal |
| Fo | Letalidad |
| f _h | Factor de respuesta a la temperatura en el calentamiento |
| f _c | Factor de respuesta a la temperatura en el enfriamiento |
| g | Diferencia de temperatura entre la retorta y el alimento al final del calentamiento |
| I | Diferencia de temperatura entre la retorta y el alimento en el comienzo del calentamiento |
| I _c | Diferencia de temperatura entre la retorta y el alimento en el comienzo del enfriamiento |
| j _{ch} | Factor de retraso de calentamiento |
| j _{cc} | Factor de retraso de enfriamiento |
| L | Letalidad |
| min | minuto |
| N | Número final de microorganismos |
| No | Número inicial de microorganismos |
| Ti | Temperatura inicial |
| Tr | Temperatura de la retorta |
| U | Tiempo requerido para que la temperatura de la retorta alcance una cierta letalidad |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|-------------|---|
| Figura 1.1 | Producción Nacional de Cultivos Transitorios.....3 |
| Figura 1.2 | Producción de Carne a la Canal Año 2005.....5 |
| Figura 1.3 | Perfil Temperatura-Tiempo característico de una Autoclave.....7 |
| Figura 1.4 | Historia típica de la temperatura en el punto frío de una lata durante el proceso en el autoclave.....8 |
| Figura 2.1 | Autoclave vertical vista lateral.....29 |
| Figura 2.2 | Vista superior de la ubicación de sensores.....30 |
| Figura 2.3 | Vista frontal de la ubicación de sensores en envase.....30 |
| Figura 3.1 | Composición de sopa de harina de arveja.....46 |
| Figura 3.2 | Curvas de penetración de calor, sensor ubicado a diferente altura del eje axial del envase 603X600.....48 |
| Figura 3.3 | Curva de calentamiento para el producto en la fase de levante y retención51 |
| Figura 3.4 | Curva de enfriamiento para el producto geométrico en la fase de enfriamiento.....52 |
| Figura 3.5 | Letalidades Método de Stumbo vs Lectura del Sensor.....58 |
| Figura 3.6 | Tiempos de retención Método de Stumbo vs Lectura del Sensor.....62 |
| Figura 3.7 | Perfil de letalidad F_0 en el estudio de penetración de calor.....75 |
| Figura 3.8 | Perfil de temperatura de la autoclave y de temperatura del producto en el punto frío.....76 |
| Figura 3.9 | Puntuación de muestras.....81 |
| Figura 3.10 | Comparación de media de las muestras.....81 |
| Figura 3.11 | Diagrama de Proceso para la sopa de harina de arveja.....85 |

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

| | | |
|----------|---|----|
| Tabla 1 | Nutrientes de la Arveja Seca..... | 4 |
| Tabla 2 | Formulación del Producto para un Envase 307x408..... | 22 |
| Tabla 3 | Formulación del Producto para un Envase 603X600..... | 27 |
| Tabla 4 | Prueba de Determinación del Punto Frío Sensor 1..... | 32 |
| Tabla 5 | Prueba de Determinación del Punto Frío Sensor 2..... | 39 |
| Tabla 6 | Parámetros de Penetración de Calor..... | 53 |
| Tabla 7 | Tiempos de retención para una Letalidad Deseada..... | 63 |
| Tabla 8 | Prueba de validación de datos..... | 67 |
| Tabla 9 | Tiempos de retención a diferentes temperaturas iniciales de producto y diferentes temperaturas de retorte..... | 77 |
| Tabla 10 | Análisis de Varianza..... | 79 |
| Tabla 11 | Comparación Valor F..... | 80 |

INTRODUCCIÓN

La Espol, en su continuo deseo de contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de nuestra sociedad, patrocinó el proyecto semilla “Tecnología para el desarrollo de productos dirigidos a la alimentación colectiva en el Ecuador” a fin de aliviar principalmente problemas de alimentación: escolar, situaciones de emergencia y catástrofes naturales.

La industria conservera ofrece una amplia gama de productos enlatados entre ellos sopas, mariscos, granos, etc. y cuyas presentaciones solo se limitan a envases de 0.5 Kg a 1 Kg.

En el presente trabajo se desarrolló una sopa de consumo tradicional en un formato de envase no tradicional 603 X 600 (153 mm X 152 mm) la cual sea una alternativa para los procesadores de conserva que contribuyan a priorizar la atención de sectores sociales nutricionalmente desfavorecidos y que además alivien los efectos causados por desastres naturales.

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES

A continuación se detallan las características y generalidades de las materias primas usadas en el proceso

1.1 Materia prima

La elaboración de una sopa en conserva consiste básicamente en la combinación de materias primas básicas e ingredientes auxiliares. Para la sopa concentrada de arveja se utilizaron como materias primas: agua (calidad potable), ajo, cebolla blanca, cebolla colorada, col, papa, pimiento, carne de cerdo y harina de arveja.

Los cultivos de las hortalizas antes mencionadas están concentrados básicamente en la región sierra con el 84.25%, tanto por sus condiciones edáficas, climáticas y sociales, como por las técnicas y sistemas de producción aplicadas; el 15.42% en la Costa y el 0.34% en el Oriente y Galápagos.(Fuente: www.sica.gov.ec).

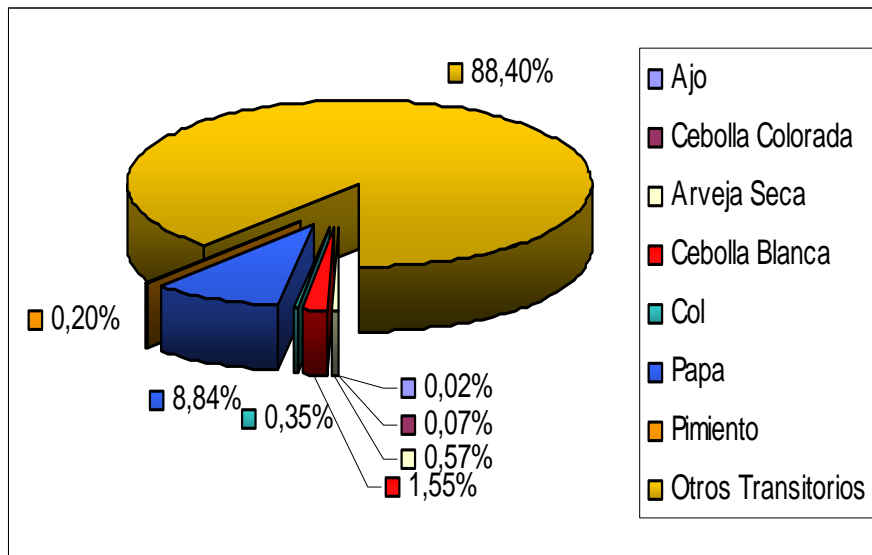


FIGURA 1.1 Producción Nacional de cultivos transitorios

Fuente: www.sica.gov.ec

Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios Ponce

A continuación, una breve descripción de las principales materias primas empleadas en el desarrollo de este trabajo:

Arveja Seca: Es una leguminosa que se cultiva en nuestro país y es una de las más consumidas en nuestro medio. La arveja es un alimento con una alta calidad nutritiva gracias a su significativo contenido en proteínas, calcio, magnesio, vitamina A y vitamina C. La arveja contiene entre 22 a 29% de proteína cruda y aunque su contenido total de proteína es menor que el de la soya, su valor nutritivo es casi el mismo. En la tabla 1 se aprecia la composición nutricional de esta leguminosa.

TABLA 1
NUTRIENTES DE LA ARVEJA SECA

| | |
|---------------------|------|
| Energía (cal) | 334 |
| Proteína (g) | 23,3 |
| Extracto Etéreo (g) | 1 |
| Carbohidratos | |
| Totales (g) | 60,1 |
| Fibra (g) | 5,7 |
| Ceniza (g) | 2,4 |
| Calcio (mg) | 70 |
| Hierro (mg) | 5,6 |
| Fósforo (mg) | 375 |
| Caroteno (mg) | 0,03 |
| Vitamina B1 (mg) | 0.68 |
| Vitamina B2 (mg) | 0,17 |
| Niacina (mg) | 2,55 |
| Vitamina C (mg) | - |

Fuente: Tabla de Alimentos Ecuatorianos

Esta hortaliza se emplea cocida en sopas, cremas, ensaladas usada en la gastronomía tradicionales en el Ecuador ya sea en su forma original (grano) o procesada como harina.

Carne de Cerdo: La mayor explotación de carne de cerdo es de tipo artesanal aproximadamente 80% de producción total, encontrándose en manos de pequeños productores mientras que la tecnificada o semi-tecnificada pertenece a pocas empresas; se estima que aporta

aproximadamente con el 22% de la oferta total estando orientada a satisfacer la demanda de carne magra de la cadena de supermercado e industrias de elaborados cárnicos. Más de 50% del faenamiento total se concentra en tres provincias: 30% corresponde a los mataderos de Pichincha, 16% en Guayas y 9% en Chimborazo.

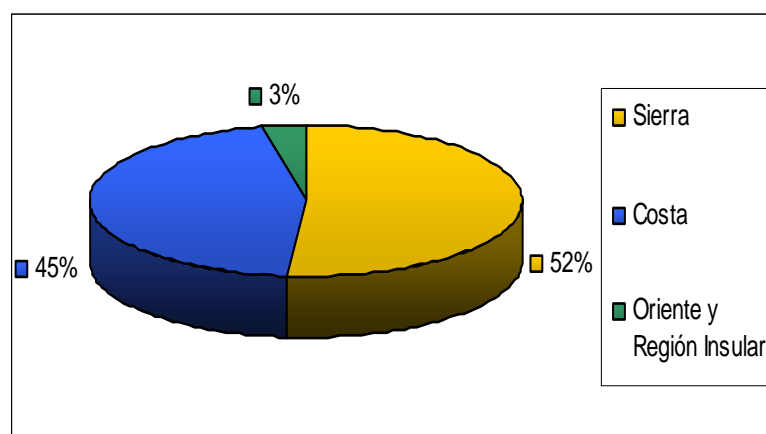


FIGURA 1.2 Producción de Carne a la Canal Año 2005

Fuente: www.sica.gov.ec

Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios Ponce

Papa: En la actualidad la papa es consumida en casi todas las regiones del Ecuador, y es junto al trigo, maíz y arroz uno de los cuatro cultivos básicos en la alimentación humana.

El cultivo de papa en Ecuador se realiza en la Sierra, en alturas comprendidas entre los 2700 a 3400 msnm (metros sobre el nivel del mar), sin embargo los mejores rendimientos se presentan en zonas ubicadas entre los 2.900 y 3.300 msnm donde las temperaturas

fluctúan entre 11 y 9 °C. La variedad utilizada en la preparación del producto es la papa superchola la cual es cultivada preferentemente en la zona norte de la sierra ecuatoriana.

Ingredientes Auxiliares : El empleo de ingredientes auxiliares como el aliño, la sal y especias o condimentos en general ayudarán a definir características tanto de sabor, color y olor en el producto final, así tenemos que:

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.

Aliño: Es obtenido a partir del licuado de hortalizas como: ajo, cebolla colorada, pimiento verde y especias como: savora y comino molido en una determinada cantidad de agua. Al igual que la sal contribuye con el sabor de las comidas.

Refrito: Se lo emplea con el objetivo de otorgarle cuerpo a la sopa que se este preparando. Este es obtenido a partir del licuado y posterior cocción de hortalizas como: cebolla blanca, cebolla colorada, pimiento, con una determinada cantidad de agua.

1.2 Fundamentos del proceso térmico

El enlatado de los alimentos es el procedimiento para conservar alimentos envasándolos en recipientes herméticamente cerrados, calentándolos para destruir microorganismos patógenos causantes del deterioro y sus esporas, así como inactivar enzimas. Esta clase de productos se los califica desde el punto de vista comercial, como estériles. Para el procesado de conservas alimenticias, el patógeno más resistente al calor que podemos encontrar es el *Clostridium botulinum* causante de intoxicación alimentaria.

Combinación de Tiempo y Temperatura

La esterilización comercial es una operación que combina tiempo y temperatura con el fin de eliminar microorganismos que puedan causar algún daño a la salud o al producto. De tal manera que cuando se procesan alimentos enlatados, se obtiene un perfil típico de temperatura de la cámara del autoclave.

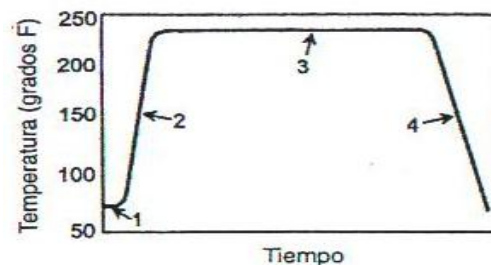


FIGURA 1.3 Perfil temperatura-tiempo característico de una autoclave
Fuente: Operaciones Unitarias, Sharma, Mulvaney y Rizvi, 1997.

El perfil de temperatura-tiempo característico de una autoclave esta distribuido en 4 fases. En la primera fase; los envases con el producto son cargados en la cámara del autoclave. En la segunda fase (levante o CUT); se introduce vapor o agua caliente para que la temperatura de la cámara aumente hasta alcanzar un valor fijado (temperatura de proceso). En la tercera fase (retención) se mantiene el sistema a la temperatura de proceso durante un periodo necesario de tiempo para destruir microorganismos y en la fase final (enfriamiento); el agua fría reemplaza al vapor, para disminuir la temperatura de la cámara a temperatura ambiente.

Durante el procesado de conservas es útil y común obtener un perfil típico de la temperatura que refleje la cinética de calentamiento en el punto de más lenta transferencia de calor en el alimento dentro del envase (centro geométrico).

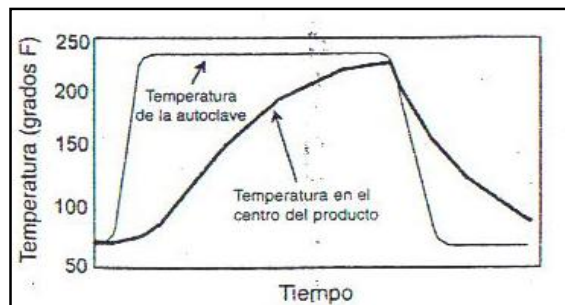


FIGURA 1.4 Historia típica de la temperatura en el punto frío de una lata durante el proceso en el autoclave.

Fuente: Operaciones Unitarias, Sharma, Mulvaney y Rizvi, 1997.

La temperatura y los tiempos de tratamiento en el autoclave dependen del tamaño y peso del envase, de la temperatura de llenado y de la forma de presentación del producto, mientras que la velocidad de penetración de calor en el producto durante la esterilización depende de los siguientes factores:

- Tamaño, forma y naturaleza del envase.
- Naturaleza del envase.
- El gradiente de temperatura.
- Características físicas del producto.
- Agitación del envase.
- Relación sólido – líquido.
- Espacio de cabeza.

Letalidad

Este término hace referencia a la inactivación de cualquier microorganismo que se encuentre en un determinado medio y que sea tratado térmicamente a cierta temperatura fija, donde la velocidad de destrucción sigue una cinética de primer orden.

$$\ln\left(\frac{N_0}{N}\right) = K\theta \quad (1)$$

Esta ecuación (1) puede integrarse bajo la condición que exista un número inicial de microorganismos (N_0), obteniéndose el valor D o

tiempo de reducción decimal (2) que es el tiempo necesario para que haya un reducción de 10 veces en el número de microorganismos a una temperatura determinada.

$$\ln\left(\frac{N_0}{N}\right) = \frac{t}{D_0} \quad (2)$$

La experiencia ha demostrado que un tratamiento de 12 reducciones decimales (12 D) en las esporas del *Clostridium botulinum* son suficientes para garantizar la inocuidad en una conserva.

El valor Z mide la variación de la velocidad de destrucción térmica con la temperatura y representa el incremento de temperatura necesaria para reducir el tiempo de tratamiento a la décima parte, en este caso D_0 para las esporas el *Clostridium botulinum*, se ha tabulado un valor de $Z=18$ °F o $Z=10$ °C.

Este valor se lo utiliza para calcular la velocidad letal L (3), que convierte el tiempo real de calentamiento de un proceso a una temperatura de referencia especificada T_0 , en uno equivalente a otra temperatura T.

$$L = 10^{\left(\frac{T-T_0}{Z}\right)} \quad (3)$$

La letalidad F_0 (4), es el tiempo a la temperatura de referencia, por lo general 250°F, en que se alcanza la misma destrucción del *Clostridium botulinum* que la del proceso que se estudia.

$$F_0 = F_T \times 10^{\frac{T-250}{18}} \quad (4)$$

Existen algunos métodos con los que podemos hallar la letalidad F_0 en un proceso, métodos numéricos y gráficos que integran el efecto letal como: regla trapezoidal, regla de Simpson, método de Patashnik, cuenta de cuadrados, por pesadas, planímetro polar. Otros son métodos de fórmula como los de Ball, Stumbo y Hayakawa, que hacen uso de parámetros obtenidos a partir de estudios de penetración de calor junto con procedimientos matemáticos para integrar los efectos letales.

Normalmente los mecanismos de transferencia de calor que gobiernan el procesado de conservas son conducción y convección. Cuando no existe movimiento del producto en el interior del envase el mecanismo de transferencia de calor es dominado por la conducción. Durante cualquiera de los procesos de calentamiento o enfriamiento existirá un gradiente de temperatura desde la pared al centro geométrico del envase, considerado como el punto de menor velocidad de calentamiento a lo largo de la sección transversal de la

lata. Sin embargo, un producto de menor letalidad en el envase es función de la geometría de éste y de las condiciones de proceso.

Método de Stumbo

El primer método predictivo desarrollado para evaluar procesos térmicos es el método general de Ball, el cual define el parámetro U (5) como el tiempo requerido para que a la temperatura del dispositivo de tratamiento se lleve a cabo la misma cantidad de destrucción microbiana, equivalente al valor de F del proceso

$$U = F_{250} \times F_0 = F_{250} \times 10^{\frac{T_{250} - T_0}{Z}} \quad (5)$$

En el presente estudio se utilizara el método predictivo de C. R. Stumbo (1973), quien utiliza como base el modelo matemático de Ball, sugiriendo la incorporación de otro parámetro fh/U . Elaborando para ello nuevas tablas para dicho parámetro, respecto a distintos valores del factor de retraso de enfriamiento del proceso j_c , cada tabla corresponde a un diferente valor de constante de muerte térmica ($Z=18^\circ\text{F}$). Para obtenerlas Stumbo tomó datos de diferentes puntos del envase para tener distintos valores de j_c .

Las tablas suponen que la transmisión de calor es solo por conducción y se realizan suposiciones no arbitrarias acerca de la

forma de los perfiles de temperatura en la fase de enfriamiento. Este método está limitado por el intervalo de j_c y errores de redondeo en los cálculos numéricos.

1.3 Características del producto

La elaboración de un producto conlleva a realizar énfasis en una amplia gama de características. Para el desarrollo de la sopa de harina de arveja en conserva de lata se consideraron las siguientes:

- Bajo costo relativo y que forme parte de la cultura gastronómica de nuestro país, para lo cual se desarrollaron formulaciones en base a una mezcla principal de ingredientes la cual comprenderá el uso de subproductos de la industria porcina con ciertas hortalizas y verduras autóctonas de la costa y sierra ecuatoriana.

- Alto rendimiento y adecuado nivel nutricional.

- Envase de hojalata de dimensiones 603X600 (153 mm X 152 mm) con una capacidad aproximada de 3 kilogramos,

- Fácil manipulación del producto terminado y extenso periodo de almacenamiento sin dependencia de la cadena de frío

CAPÍTULO 2

2. PRUEBAS EXPERIMENTALES

Se realizaron 5 pruebas experimentales tanto a nivel laboratorio como a nivel piloto. En ambos niveles se aplicaron principios y fundamentos del procesado térmico de los alimentos.

Las pruebas a nivel de laboratorio comprenden el desarrollo de la formulación y además, el comportamiento de los ingredientes frente al tratamiento térmico de una sopa de harina de arveja en dos tamaños diferentes de envases: un formato de envase tradicional 307x408 (600 gr.) y otro no tradicional 603X600 (3 Kg. aprox.).

El estudio de penetración de calor se realizó a nivel piloto y comprende de 2 fases principales:

1. Determinación del punto frío del envase.
2. Determinación de los parámetros de proceso (tiempo y temperatura) de esterilización comercial.

2.1 Materiales y método

Los materiales y equipos utilizados en pruebas a nivel de laboratorio son:

- Materia Prima
- Cucharas y cuchillos
- Tablas de picar
- Cocina
- Licuadora
- Gas
- Ollas
- Latas (307x408)
- Autoclave
- Caldero
- Diesel
- Selladora
- Exhauster
- Termómetros
- Balanza

Para el desarrollo de la formulación de la sopa en el envase tradicional, se realizaron 5 diferentes pruebas. Se diseño una guía de

laboratorio que incluía el plan experimental, los materiales, métodos y observaciones al final de cada prueba.

Las pruebas de formulación se basaron en pruebas de acierto y error, escogiendo la mejor combinación de materias primas e ingredientes. Luego una vez obtenida la combinación ideal esta fórmula fue sometida a diversos ajustes especialmente en lo concerniente al espacio de cabeza del envase.

En las pruebas a nivel de planta piloto se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Materia Prima
- Cucharas y cuchillos
- Tablas de picar
- Cocina
- Licuadora
- Gas
- Ollas
- Latas (603X600)
- Autoclave vertical estacionario
- Caldero

- Diesel
- Selladora
- Exhauster
- Termómetros
- Balanza
- Sensor de temperatura Data Trace Micropack I
- Sensor de temperatura Data Trace Micropack III
- Interfase Data Trace
- Una computadora

Para estas pruebas, se realizó el estudio de penetración de calor que comprende 3 fases esenciales

1. Localizar el punto más lento de distribución de calor del autoclave.
2. Determinar el punto más lento de calentamiento de la sopa dentro del envase 603X600.
3. Realizar una prueba de comprobación y validación de los datos obtenidos.

2.2 Pruebas a nivel de laboratorio

2.2.1 Formulación para un formato de envase 307 X 408.

El número de experiencias para el desarrollo de la formulación de la sopa fueron 5, las cuales se basaron en pruebas de

acierto y error. En ellas se realizaron la caracterización de parámetros organolépticos, variando la composición de los ingredientes en el producto y además la determinación de procedimientos estándares. Estas formulaciones fueron sometidas a tratamientos térmicos en envases de hojalata 307X408. Posteriormente fueron evaluadas a través de un panel de degustación, donde previo a la degustación, el contenido de cada envase era diluido con 400 gr. de agua. Las formulaciones obtenidas así como las respectivas observaciones y recomendaciones por cada prueba se detallan a continuación:

Prueba # T1: tuvo como objetivo elaborar una sopa de harina de arveja de manera casera, combinando una serie de ingredientes elegidos acorde a la cultura gastronómica del medio, para obtener una fórmula base. De las degustaciones realizadas se determinó que su consistencia no era acorde con el plato tradicional, y que la cantidad de col era excesiva.

Se obtuvo una ligera aceptación en cuanto a sabor por parte de los degustadores. Se recomendó como prioridad mejorar la consistencia del producto.

Prueba # T2: estuvo orientada a mejorar la consistencia y apetencia de la sopa, para lo cual se planteó aumentar la cantidad de harina de arveja así como otorgar a la sopa pequeños sólidos en suspensión, cortando los ingredientes del refrito en trozos pequeños y añadirlos durante la preparación. Del producto obtenido se pudo observar que su consistencia mejoró, el color obtenido era café claro, presentó un aroma agradable y la presencia de sólidos en suspensión era apreciable para la vista. Durante la degustación del producto este no tuvo buena aceptación. Se recomendó licuar a los ingredientes del refrito y que los trozos de col sean cortes más grandes pues la cocción deshace los cortes de 2cm X 2cm.

Prueba # T3: estuvo encaminada a evitar la presencia de sólidos en suspensión, mejorar un poco la consistencia del producto, mejorar el sabor y emplear trozos de col de mayor dimensión. Para ello se licuaron los ingredientes del refrito, se aumentó en una pequeña proporción la cantidad de harina de arveja, se aumentó la cantidad de aliño, se trató de que la cantidad de cebolla colorada, tomate y pimiento sean similares y que los cortes de col fueran de mayor dimensión a los de la prueba anterior 4cm X 4cm.

Del producto obtenido se pudo observar que la apariencia y textura fue más homogénea, mucho mejor que las pruebas anteriores, el color era similar al de las pruebas antes realizadas y que la mitad de los trozos de col agregadas salieron enteras, además se evidenció que el contenido de papa era escaso. Durante la degustación del producto el sabor tuvo una buena aceptación, el contenido de zanahoria no tenía fin común en este plato ya que el plato tradicional no lo usa como ingrediente. Se recomendó ajustar las cantidades de sólidos como carne, papa y un poco la col además de eliminar la zanahoria ya que no es parte constitutiva del plato tradicional.

Prueba # T4: estuvo orientada a mejorar la presencia de sólidos en la sopa. Para ello el contenido en cuanto a carne de cerdo, papa chola y col aumentaron, repartiendo el porcentaje de zanahoria suprimido entre estos tres componentes. De las degustaciones realizadas se determinó que la apariencia, textura, color y sabor fueron agradables para los degustadores. De igual manera se recomendó solamente ajustar el contenido de papa.

Prueba # T5: estuvo orientada a aumentar un poco el contenido de papa sin producir alteraciones significativas en el porcentaje obtenido en los demás ingredientes de la prueba anterior. Para ello alteramos los porcentajes de carne y agua re-distribuyéndolo en contenido de papa. Del producto obtenido se pudo observar que la apariencia, textura, color y sabor se mantuvieron y el contenido de papa se evidencio de una mejor manera en el momento de la dilución del producto con agua. La degustación de este producto tuvo alta aceptación.

TABLA 2
FORMULACIÓN DEL PRODUCTO PARA UN ENVASE 307X408

| Ingredientes | Prueba # T1 | Prueba # T2 | Prueba # T3 | Prueba # T4 | Prueba # T5 |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | % | % | % | % | % |
| Sólidos | | | | | |
| Carne de Cerdo | 9 | 11 | 13 | 13 | 13 |
| Col | 5 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Papa | 5 | 5 | 5 | 7 | 10 |
| Zanahoria | 3 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| Polvo | 1 | 7 | 7 | 8 | 7 |
| Aliño | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Refrito | | | | | |
| Cebolla blanca | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Cebolla colorada | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Pimiento | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Tomate | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| Espicias | | | | | |
| Sal | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| [] de carne | 0,16 | 0,30 | - | - | - |
| Líquido | | | | | |
| Inicio | 70 | 63 | 48 | 47 | 45 |
| Dilución | | | 13 | 12 | 12 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios P

2.2.2 Ajuste de la formulación para un formato de envase

603X600.

Una vez escogida la mejor formulación de la etapa previa (formulación #T5), se realizó un ajuste a la misma, para utilizar los ingredientes en mayor proporción para el llenado de un envase más grande (603X600). Para ello se realizaron nuevamente 5 pruebas, tomando como base de ajuste una proporción de 5 veces en todos los ingredientes basados en la capacidad del envase de mayor dimensión que es aproximadamente 3 kilogramos. En estas pruebas se evaluó y corrigió el comportamiento de los ingredientes, tratando de mantener las características organolépticas establecidas previamente, en el formato de envase más pequeño. Las formulaciones obtenidas así como las respectivas observaciones y recomendaciones por cada prueba se detallan a continuación:

Prueba # NT1: tuvo como objetivo observar el comportamiento de los ingredientes con la base de ajuste tomada y determinar la merma y rendimiento del producto. De las pruebas de degustación realizadas se determinó que el producto presento una buena apariencia, el porcentaje de papa y carne era

relativamente escaso en comparación al volumen de líquido utilizado y se obtuvo una ligera aceptación con respecto al sabor.

La merma obtenida en la elaboración del producto en el envase 603X600 fue del 17%, dato que tiene que ser considerado en el ajuste de la formulación con la finalidad de que no se presenten problemas en el momento de llenado del envase provocando falta de producto, que afecta en el espacio de cabeza como aconteció en esta prueba.

Prueba # NT2: tuvo como objetivo eliminar los problemas de llenado y observar el comportamiento de los ingredientes.

De las pruebas de degustación se determinó que el producto presento una buena consistencia, las proporciones de carne, col y papa eran aceptables y se obtuvo una ligera aceptación especialmente el sabor.

No se obtuvo problemas en el llenado del envase, se recomendó realizar un ajuste con respecto a la col y papa tratar de disminuirlos y mejorar el sabor.

Prueba # NT3: tuvo como objetivo tomar en consideración las recomendaciones de la prueba anterior con respecto a papa, col y sabor. Además se consideró la lectura de tiempos y temperaturas en cada una de las etapas del proceso de elaboración para establecer parámetros definitivos del proceso. De las pruebas de degustación se determinó que la consistencia del producto fue mejor, las proporciones entre carne, col y papa mejoraron, el color que presento el producto se torno algo verde pálido, aspecto a mejorar en la siguiente prueba y se obtuvo una decorosa aceptación con respecto al sabor.

Prueba # NT4: tuvo como objetivo mejorar el color del producto. De las pruebas de degustación se determinó producto obtenido se pudo observar que la consistencia del producto se mantuvo, la proporción de sólidos era adecuada y mejoro el color. Además el sabor del producto fue aceptable. Se recomendó mejorar el color del producto.

Prueba # NT5: se planteo primero la visita a una persona dedicada al arte culinario por años y mostrar la formulación obtenida y ver si existía algún cambio a realizar para mejorar las

características del producto. Se recomendó entonces, sustituir el tomate y redistribuirlo entre los otros ingredientes del refrito ya que el plato típico no lo tiene como ingrediente constitutivo y aumentar un poco la intensidad del color empleando más achiote. Con las indicaciones dadas se procedió a elaborar el producto y verificar el comportamiento del producto en cuanto a sus características organolépticas. Del producto obtenido se pudo observar que la consistencia y proporción de sólidos del producto se mantuvieron, el color mejora en un 100%. Durante la degustación del producto dio los resultados esperados.

Prueba # NT6: se tuvo como objetivo usar la mejor formulación de todas las pruebas anteriores, para realizar los estudios de determinación de punto frío y posteriormente el estudio de penetración de calor.

TABLA: 3
FORMULACIÓN DEL PRODUCTO PARA UN ENVASE 603x600

| Ingredientes | Prueba # NT1 | Prueba #NT 2 | Prueba #NT 3 | Prueba #NT 4 | Prueba #NT 5 | Prueba #NT 6 |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | % | % | % | % | % | % |
| <u>Sólidos</u> | | | | | | |
| Carne de Cerdo | 13 | 14 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Col | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Papa | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Polvo | 7 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| <u>Aliño</u> | 0,90 | 0,95 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 |
| <u>Refrito</u> | | | | | | |
| Cebolla blanca | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| Cebolla colorada | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| Pimiento | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Tomate | 2 | 2 | 2 | 2 | - | - |
| <u>Especias</u> | | | | | | |
| Sal | 1,30 | 1,37 | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,33 |
| [] de carne | - | - | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| Achiote | - | - | - | 0,09 | 0,30 | 0,30 |
| <u>Líquido (Agua)</u> | | | | | | |
| Inicio | 45 | 48 | 46 | 46 | 46 | 46 |
| Dilución | 12 | 7 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios P.

2.3 Pruebas a nivel de planta piloto

Las pruebas a nivel piloto se dividen en dos fases principales:

1. Determinación del punto frío.
2. Determinación de parámetros de proceso.

El estudio de penetración de calor fue realizado en un formato de envase 603X600. Para ello se empleo el uso de equipos que involucran una línea de elaboración de conservas. Estos equipos fueron: caldera el cual proporcionó vapor saturado a toda la línea de enlatado, una tubería de caucho la cual fue adaptada a la línea de vapor para distribuir el mismo a las latas y así provocar el vacío necesario de las mismas, la maquina selladora marca Somme para el sellado de los envases, un compresor de aire y una autoclave vertical con una capacidad instalada aproximada de 100 Kg. en la cual su punto más lento de distribución de calor dentro del equipo es próximo a la entrada de aire comprimido (parte superior) que corresponde a la parte más alejada a la entrada principal de vapor.

El empleo de una autoclave vertical para estas pruebas con llevará que el tiempo de tratamiento térmico para lograr la esterilidad comercial del producto sea prolongado ya que con este equipo no

existe movimiento de los envases fenómeno que provocaría una reducción considerable en el tratamiento térmico.



FIGURA 2.1 Autoclave Vertical

2.3.1 Determinación del punto frío.

Para determinar el punto frío del envase, se utilizaron: dos sensores de temperatura Data Trace Micropack I, 2 envases 603X600, phmetro, y producto. Los sensores fueron ubicados en dos puntos diferentes y en envases diferentes a lo largo de su eje axial y seguidamente se realizó el proceso térmico en la autoclave. Los datos de temperatura del producto recolectados a tiempo real, nos servirán, para determinar si el mecanismo

de transferencia de calor que predomina en el producto es conductivo o convectivo.



FIGURA 2.2 Vista superior de la ubicación de sensores



FIGURA 2.3 Vista frontal de la ubicación de sensores

2.3.2 Estudio de penetración de calor

Es la parte medular de este trabajo y consistió en la recopilación de datos de temperatura del producto a tiempo real durante las operaciones de autoclavado. Las temperaturas y tiempos obtenidos serán los parámetros de proceso que garanticen la esterilidad comercial del producto, es decir, proporcionan un alimento seguro para el consumo humano. Para ello se empleó el uso de un sensor de temperatura Data Trace MP III, recolectando los valores de temperatura del producto a tiempo real que posteriormente se registrarán en papel semi-logarítmico versus tiempo, para así obtener datos necesarios para el cálculo del tiempo de proceso térmico y lograr la esterilidad comercial.

TABLA: 4

PRUEBA DE DETERMINACIÓN DEL PUNTO FRÍO SENSOR 1

| Prueba de Determinación del Punto Frío | | |
|--|--|------------------------|
| Tipo/Capacidad del envase | Dimensiones del envase | |
| Hojalata - 3 piezas | In: x | mm: - |
| Espacio de cabeza: | Diam/Largo | Altura/Ancho |
| 5 mm | 603 | 600 |
| Peso neto mínimo: | Peso neto máximo: | |
| 2610 gr. | 2640 gr. | |
| Método de Procesamiento | Esterilización –Alimento de Baja Acidez | |
| <u>Identificación de la Retorta</u> | | |
| Tipo de Retorta | Discontinua sin Agitación | |
| Medio de Calentamiento | Vapor Saturado | |
| Posicionamiento del envase en la retorta. | En el punto frío del equipo (parte superior) | |
| Comentarios | Sensor ubicado en el eje axial del envase a una altura de 7.62 cm. desde la base | |
| Tiempos y Temperatura de Proceso | | |
| Tiempo de Levante o CUT | 23 | Minutos |
| Tiempo de Retención | 150 | Minutos |
| Tiempo de Enfriamiento | 20 | Minutos |
| Temperatura de Retención | 250 | °F (grados Fahrenheit) |
| Producto | | |
| pH antes de la esterilización | 5.35 | |
| pH después de la esterilización | 5.44 | |
| Sensor | | |
| Tipo de sensor | Data Trace Micropack I | |
| Numero del sensor | 1 | |
| Localización | 1/2 desde la base | |
| Fo mínimo | 6 | |

Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios P.

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| No- 1 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °F | L | |
| 0 | 155,4224 | 0,0000 | Inicio del CUT |
| 1 | 155,2568 | 0,0000 | |
| 2 | 155,0642 | 0,0000 | |
| 3 | 154,8968 | 0,0000 | |
| 4 | 154,769 | 0,0000 | |
| 5 | 154,6016 | 0,0000 | |
| 6 | 154,4486 | 0,0000 | |
| 7 | 154,2812 | 0,0000 | |
| 8 | 154,1804 | 0,0000 | |
| 9 | 154,0382 | 0,0000 | |
| 10 | 153,923 | 0,0000 | |
| 11 | 153,833 | 0,0000 | |
| 12 | 153,7052 | 0,0000 | |
| 13 | 153,6296 | 0,0000 | |
| 14 | 153,5648 | 0,0000 | |
| 15 | 153,4622 | 0,0000 | |
| 16 | 153,4244 | 0,0000 | |
| 17 | 153,3992 | 0,0000 | |
| 18 | 153,3596 | 0,0000 | |
| 19 | 153,3596 | 0,0000 | |
| 20 | 153,4118 | 0,0000 | |
| 21 | 153,4118 | 0,0000 | |
| 22 | 153,4622 | 0,0000 | |
| 23 | 153,4748 | 0,0000 | Fin del CUT |
| 24 | 153,59 | 0,0000 | Inicio de la Retención |
| 25 | 153,68 | 0,0000 | |
| 26 | 153,8204 | 0,0000 | |
| 27 | 153,9482 | 0,0000 | |
| 28 | 154,103 | 0,0000 | |
| 29 | 154,2812 | 0,0000 | |
| 30 | 154,4864 | 0,0000 | |
| 31 | 154,6916 | 0,0000 | |
| 32 | 154,9616 | 0,0000 | |
| 33 | 155,2298 | 0,0000 | |
| 34 | 155,5124 | 0,0000 | |
| 35 | 155,8346 | 0,0000 | |

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|
| No- 1 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °F | L | |
| 36 | 156,155 | 0,0000 | |
| 37 | 156,5276 | 0,0000 | |
| 38 | 156,8876 | 0,0000 | |
| 39 | 157,3124 | 0,0000 | |
| 40 | 157,712 | 0,0000 | |
| 41 | 158,1638 | 0,0000 | |
| 42 | 158,6012 | 0,0000 | |
| 43 | 159,1052 | 0,0000 | |
| 44 | 159,6362 | 0,0000 | |
| 45 | 160,115 | 0,000 | |
| 46 | 160,673 | 0,000 | |
| 47 | 161,1914 | 0,000 | |
| 48 | 161,7908 | 0,000 | |
| 49 | 162,3776 | 0,000 | |
| 50 | 162,9644 | 0,000 | |
| 51 | 163,5908 | 0,000 | |
| 52 | 164,2208 | 0,000 | |
| 53 | 164,9156 | 0,000 | |
| 54 | 165,587 | 0,000 | |
| 55 | 166,2728 | 0,000 | |
| 56 | 166,9604 | 0,000 | |
| 57 | 167,6102 | 0,000 | |
| 58 | 168,3662 | 0,000 | |
| 59 | 169,0862 | 0,000 | |
| 60 | 169,808 | 0,000 | |
| 61 | 170,5316 | 0,000 | |
| 62 | 171,2318 | 0,000 | |
| 63 | 171,986 | 0,000 | |
| 64 | 172,7456 | 0,000 | |
| 65 | 173,5322 | 0,000 | |
| 66 | 174,2684 | 0,000 | |
| 67 | 175,0352 | 0,000 | |
| 68 | 175,8038 | 0,000 | |
| 69 | 176,5904 | 0,000 | |
| 70 | 177,3518 | 0,000 | |
| 71 | 178,1294 | 0,000 | |

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|
| No- 1 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °F | L | |
| 72 | 178,9106 | 0,000 | |
| 73 | 179,6972 | 0,000 | |
| 74 | 180,4856 | 0,000 | |
| 75 | 181,22 | 0,000 | |
| 76 | 182,0156 | 0,000 | |
| 77 | 182,759 | 0,000 | |
| 78 | 183,533 | 0,000 | |
| 79 | 184,3106 | 0,000 | |
| 80 | 185,0774 | 0,000 | |
| 81 | 185,8064 | 0,000 | |
| 82 | 186,5804 | 0,000 | |
| 83 | 187,3148 | 0,000 | |
| 84 | 188,0978 | 0,000 | |
| 85 | 188,825 | 0,000 | |
| 86 | 189,8996 | 0,000 | |
| 87 | 190,3064 | 0,000 | |
| 88 | 190,9832 | 0,001 | |
| 89 | 191,7716 | 0,001 | |
| 90 | 192,4574 | 0,001 | |
| 91 | 193,208 | 0,001 | |
| 92 | 193,8992 | 0,001 | |
| 93 | 194,6426 | 0,001 | |
| 94 | 195,6722 | 0,001 | |
| 95 | 196,3454 | 0,001 | |
| 96 | 196,7072 | 0,001 | |
| 97 | 197,357 | 0,001 | |
| 98 | 198,0392 | 0,001 | |
| 99 | 198,743 | 0,001 | |
| 100 | 199,3856 | 0,002 | |
| 101 | 199,9832 | 0,002 | |
| 102 | 200,6492 | 0,002 | |
| 103 | 201,3512 | 0,002 | |
| 104 | 201,9578 | 0,002 | |
| 105 | 202,586 | 0,002 | |
| 106 | 203,1998 | 0,003 | |
| 107 | 203,8154 | 0,003 | |

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|
| No- 1 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °F | L | |
| 108 | 204,4364 | 0,003 | |
| 109 | 205,0772 | 0,003 | |
| 110 | 205,619 | 0,003 | |
| 111 | 206,2328 | 0,004 | |
| 112 | 206,8142 | 0,004 | |
| 113 | 207,3992 | 0,004 | |
| 114 | 207,9698 | 0,005 | |
| 115 | 208,544 | 0,005 | |
| 116 | 209,0858 | 0,005 | |
| 117 | 209,6312 | 0,006 | |
| 118 | 210,1946 | 0,006 | |
| 119 | 210,7094 | 0,007 | |
| 120 | 211,244 | 0,007 | |
| 121 | 211,7642 | 0,008 | |
| 122 | 212,3402 | 0,008 | |
| 123 | 212,7938 | 0,009 | |
| 124 | 213,2834 | 0,009 | |
| 125 | 213,7586 | 0,010 | |
| 126 | 214,2716 | 0,010 | |
| 127 | 214,7702 | 0,011 | |
| 128 | 215,2706 | 0,012 | |
| 129 | 215,717 | 0,012 | |
| 130 | 216,203 | 0,013 | |
| 131 | 216,6728 | 0,014 | |
| 132 | 217,1066 | 0,015 | |
| 133 | 217,58 | 0,016 | |
| 134 | 217,9994 | 0,017 | |
| 135 | 218,4566 | 0,018 | |
| 136 | 218,8994 | 0,019 | |
| 137 | 219,2846 | 0,020 | |
| 138 | 219,7292 | 0,021 | |
| 139 | 220,1378 | 0,022 | |
| 140 | 220,5284 | 0,023 | |
| 141 | 220,9604 | 0,024 | |
| 142 | 221,3924 | 0,026 | |
| 143 | 221,7092 | 0,027 | |

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|---------|-------------|----------------------|-------------------------------|
| No- 1 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °F | L | |
| 144 | 222,125 | 0,028 | |
| 145 | 222,5246 | 0,030 | |
| 146 | 222,9044 | 0,031 | |
| 147 | 223,3058 | 0,033 | |
| 148 | 223,628 | 0,034 | |
| 149 | 223,9718 | 0,036 | |
| 150 | 224,2958 | 0,037 | |
| 151 | 224,6828 | 0,039 | |
| 152 | 225,0104 | 0,041 | |
| 153 | 225,401 | 0,043 | |
| 154 | 225,7502 | 0,045 | |
| 155 | 226,0814 | 0,047 | |
| 156 | 226,3928 | 0,049 | |
| 157 | 226,7258 | 0,051 | |
| 158 | 227,0804 | 0,053 | |
| 159 | 227,3738 | 0,055 | |
| 160 | 227,6888 | 0,058 | |
| 161 | 228,0056 | 0,060 | |
| 162 | 228,3242 | 0,062 | |
| 163 | 228,5996 | 0,065 | |
| 164 | 228,8768 | 0,067 | |
| 165 | 229,1972 | 0,070 | |
| 166 | 229,4978 | 0,073 | |
| 167 | 229,7768 | 0,075 | |
| 168 | 230,0576 | 0,078 | |
| 169 | 230,3384 | 0,081 | |
| 170 | 230,6642 | 0,084 | |
| 171 | 230,882 | 0,087 | |
| 172 | 231,143 | 0,090 | |
| 173 | 231,4508 | 0,093 | Fin de la Retención |
| 174 | 231,6254 | 0,095 | (Steam Off) |
| 175 | 231,89 | 0,099 | Al final e la retención la |
| 176 | 232,088 | 0,101 | Sumatoria de letalidades |
| 177 | 232,3094 | 0,104 | dio como resultado |
| 178 | 232,5308 | 0,107 | Σ = 2,152 |
| 179 | 232,8188 | 0,111 | Inicio de Enfriamiento |

TABLA: 5

PRUEBA DE DETERMINACIÓN DEL PUNTO FRÍO SENSOR 2

| Prueba de Determinación del Punto Frío | | |
|---|---|------------------------|
| Tipo/Capacidad del envase | Dimensiones del envase | |
| Hojalata - 3 piezas | In: x | mm: - |
| Espacio de cabeza: | Diam/Largo | Altura/Ancho |
| 5 mm | 603 | 600 |
| Peso neto mínimo: | Peso neto máximo: | |
| 2610 gr. | 2640 gr. | |
| Método de Procesamiento | Esterilización –Alimento de Baja Acidez | |
| <u>Identificación de la Retorta</u> | | |
| Tipo de Retorta | Discontinua sin Agitación | |
| Medio de Calentamiento | Vapor Saturado | |
| Posicionamiento del envase en la retorta. | En el punto frío del equipo (parte superior) | |
| Comentarios | Sensor ubicado en el eje axial del envase a una altura de 5.68 cm desde la base | |
| Tiempos y Temperatura de Proceso | | |
| Tiempo de Levante o CUT | 23 | minutos |
| Tiempo de Retención | 150 | minutos |
| Tiempo de Enfriamiento | 20 | minutos |
| Temperatura de Retención | 250 | °F (grados Fahrenheit) |
| Producto | | |
| pH antes de la esterilización | 5.35 | |
| pH después de la esterilización | 5.44 | |
| Sensor | | |
| Tipo de sensor | Data Trace Micropack I | |
| Numero del sensor | 2 | |
| Localización | 1/3 desde la base | |
| Fo mínimo | 6 | |

Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios P.

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| No- 2 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °F | L | |
| 0 | 148,7732 | 0,0000 | Inicio del CUT |
| 1 | 148,5194 | 0,0000 | |
| 2 | 148,2386 | 0,0000 | |
| 3 | 147,9704 | 0,0000 | |
| 4 | 147,7022 | 0,0000 | |
| 5 | 147,4862 | 0,0000 | |
| 6 | 147,2432 | 0,0000 | |
| 7 | 147,0398 | 0,0000 | |
| 8 | 146,8868 | 0,0000 | |
| 9 | 146,759 | 0,0000 | |
| 10 | 146,7086 | 0,0000 | |
| 11 | 146,7338 | 0,0000 | |
| 12 | 146,8364 | 0,0000 | |
| 13 | 147,0398 | 0,0000 | |
| 14 | 147,3206 | 0,0000 | |
| 15 | 147,7292 | 0,0000 | |
| 16 | 148,3394 | 0,0000 | |
| 17 | 149,117 | 0,0000 | |
| 18 | 149,9594 | 0,0000 | |
| 19 | 151,0196 | 0,0000 | |
| 20 | 152,1554 | 0,0000 | |
| 21 | 153,3974 | 0,0000 | |
| 22 | 155,4224 | 0,0000 | |
| 23 | 156,0902 | 0,0000 | Fin del CUT |
| 24 | 157,469 | 0,0000 | Inicio de la Retención |
| 25 | 158,8244 | 0,0000 | |
| 26 | 160,196 | 0,0000 | |
| 27 | 161,5604 | 0,0000 | |
| 28 | 162,9032 | 0,0000 | |
| 29 | 164,201 | 0,0000 | |
| 30 | 165,515 | 0,0000 | |
| 31 | 166,7696 | 0,0000 | |
| 32 | 167,99 | 0,0000 | |
| 33 | 169,2176 | 0,0000 | |
| 34 | 170,4362 | 0,0000 | |
| 35 | 171,608 | 0,0000 | |

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|
| No- 2 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °F | L | |
| 36 | 172,7726 | 0,0000 | |
| 37 | 173,9696 | 0,0000 | |
| 38 | 175,1324 | 0,0000 | |
| 39 | 176,2754 | 0,0000 | |
| 40 | 177,4382 | 0,0000 | |
| 41 | 178,5668 | 0,0000 | |
| 42 | 179,645 | 0,0000 | |
| 43 | 180,7592 | 0,0000 | |
| 44 | 181,823 | 0,0000 | |
| 45 | 182,8526 | 0,000 | |
| 46 | 183,9146 | 0,000 | |
| 47 | 184,928 | 0,000 | |
| 48 | 185,918 | 0,000 | |
| 49 | 186,8846 | 0,000 | |
| 50 | 187,8422 | 0,000 | |
| 51 | 188,7926 | 0,000 | |
| 52 | 189,6872 | 0,000 | |
| 53 | 190,6052 | 0,001 | |
| 54 | 191,4962 | 0,001 | |
| 55 | 192,3944 | 0,001 | |
| 56 | 193,2368 | 0,001 | |
| 57 | 194,0702 | 0,001 | |
| 58 | 194,891 | 0,001 | |
| 59 | 195,7334 | 0,001 | |
| 60 | 196,52 | 0,001 | |
| 61 | 197,2778 | 0,001 | |
| 62 | 198,0734 | 0,001 | |
| 63 | 198,8078 | 0,001 | |
| 64 | 199,58 | 0,002 | |
| 65 | 200,2928 | 0,002 | |
| 66 | 200,993 | 0,002 | |
| 67 | 201,6968 | 0,002 | |
| 68 | 202,3898 | 0,002 | |
| 69 | 203,0846 | 0,002 | |
| 70 | 203,7182 | 0,003 | |
| 71 | 204,422 | 0,003 | |

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|
| No- 2 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °F | L | |
| 72 | 205,0628 | 0,003 | |
| 73 | 205,673 | 0,003 | |
| 74 | 206,339 | 0,004 | |
| 75 | 206,9546 | 0,004 | |
| 76 | 207,5234 | 0,004 | |
| 77 | 208,148 | 0,005 | |
| 78 | 208,7564 | 0,005 | |
| 79 | 209,318 | 0,005 | |
| 80 | 209,8814 | 0,006 | |
| 81 | 210,4646 | 0,006 | |
| 82 | 211,0154 | 0,007 | |
| 83 | 211,5338 | 0,007 | |
| 84 | 212,0918 | 0,008 | |
| 85 | 212,5976 | 0,008 | |
| 86 | 213,4148 | 0,009 | |
| 87 | 213,6344 | 0,010 | |
| 88 | 214,1474 | 0,010 | |
| 89 | 214,6244 | 0,011 | |
| 90 | 215,1068 | 0,012 | |
| 91 | 215,5892 | 0,012 | |
| 92 | 216,0752 | 0,013 | |
| 93 | 216,5432 | 0,014 | |
| 94 | 217,2794 | 0,015 | |
| 95 | 217,6772 | 0,016 | |
| 96 | 217,886 | 0,016 | |
| 97 | 218,345 | 0,017 | |
| 98 | 218,804 | 0,018 | |
| 99 | 219,209 | 0,019 | |
| 100 | 219,6338 | 0,021 | |
| 101 | 220,0622 | 0,022 | |
| 102 | 220,451 | 0,023 | |
| 103 | 220,8434 | 0,024 | |
| 104 | 221,2952 | 0,025 | |
| 105 | 221,63 | 0,027 | |
| 106 | 222,0656 | 0,028 | |
| 107 | 222,404 | 0,029 | |

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|
| No- 2 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °F | L | |
| 108 | 222,7838 | 0,031 | |
| 109 | 223,1636 | 0,032 | |
| 110 | 223,5272 | 0,034 | |
| 111 | 223,8494 | 0,035 | |
| 112 | 224,2544 | 0,037 | |
| 113 | 224,5802 | 0,039 | |
| 114 | 224,906 | 0,040 | |
| 115 | 225,2552 | 0,042 | |
| 116 | 225,6044 | 0,044 | |
| 117 | 225,9752 | 0,046 | |
| 118 | 226,2866 | 0,048 | |
| 119 | 226,598 | 0,050 | |
| 120 | 226,8896 | 0,052 | |
| 121 | 227,2244 | 0,054 | |
| 122 | 227,4746 | 0,056 | |
| 123 | 227,8112 | 0,059 | |
| 124 | 228,1496 | 0,061 | |
| 125 | 228,4664 | 0,064 | |
| 126 | 228,7436 | 0,066 | |
| 127 | 228,9992 | 0,068 | |
| 128 | 229,2764 | 0,071 | |
| 129 | 229,577 | 0,073 | |
| 130 | 229,856 | 0,076 | |
| 131 | 230,1368 | 0,079 | |
| 132 | 230,3744 | 0,081 | |
| 133 | 230,6786 | 0,084 | |
| 134 | 230,8964 | 0,087 | |
| 135 | 231,224 | 0,091 | |
| 136 | 231,4418 | 0,093 | |
| 137 | 231,683 | 0,096 | |
| 138 | 231,9476 | 0,099 | |
| 139 | 232,2122 | 0,103 | |
| 140 | 232,4102 | 0,105 | |
| 141 | 232,655 | 0,109 | |
| 142 | 232,9214 | 0,113 | |
| 143 | 233,1446 | 0,116 | |

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| No- 2 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °F | L | |
| 144 | 233,3678 | 0,119 | |
| 145 | 233,591 | 0,123 | |
| 146 | 233,816 | 0,126 | |
| 147 | 234,0626 | 0,130 | |
| 148 | 234,2444 | 0,133 | |
| 149 | 234,4478 | 0,137 | |
| 150 | 234,6278 | 0,140 | |
| 151 | 234,9014 | 0,145 | |
| 152 | 235,0832 | 0,148 | |
| 153 | 235,265 | 0,152 | |
| 154 | 235,4702 | 0,156 | |
| 155 | 235,6538 | 0,160 | |
| 156 | 235,8608 | 0,164 | |
| 157 | 236,0912 | 0,169 | |
| 158 | 236,2748 | 0,173 | |
| 159 | 236,4602 | 0,177 | |
| 160 | 236,6456 | 0,181 | |
| 161 | 236,7842 | 0,184 | |
| 162 | 237,0182 | 0,190 | |
| 163 | 237,2036 | 0,195 | |
| 164 | 237,3908 | 0,199 | |
| 165 | 237,5078 | 0,202 | |
| 166 | 237,695 | 0,207 | |
| 167 | 237,812 | 0,210 | |
| 168 | 238,0478 | 0,217 | |
| 169 | 238,1414 | 0,219 | |
| 170 | 238,3304 | 0,225 | |
| 171 | 238,496 | 0,230 | |
| 172 | 238,685 | 0,235 | |
| 173 | 238,8272 | 0,239 | Fin de la Retención |
| 174 | 238,9226 | 0,242 | (Steam Off) |
| 175 | 231,89 | 0,099 | Al final e la retención la |
| 176 | 232,088 | 0,101 | Sumatoria de letalidades |
| 177 | 232,3094 | 0,104 | dio como resultado |
| 178 | 232,5308 | 0,107 | Σ = 8.218 |
| 179 | 239,9504 | 0,276 | Inicio de Enfriamiento |

CAPÍTULO 3

3. CALCULOS Y RESULTADOS

3.1 Parámetros de esterilización.

Para determinar el punto frío y encontrar los parámetros de esterilización en el envase propuesto es necesario la formulación del producto a tratar, la misma que se obtuvo de las pruebas realizadas a nivel planta piloto y que detallamos a continuación.

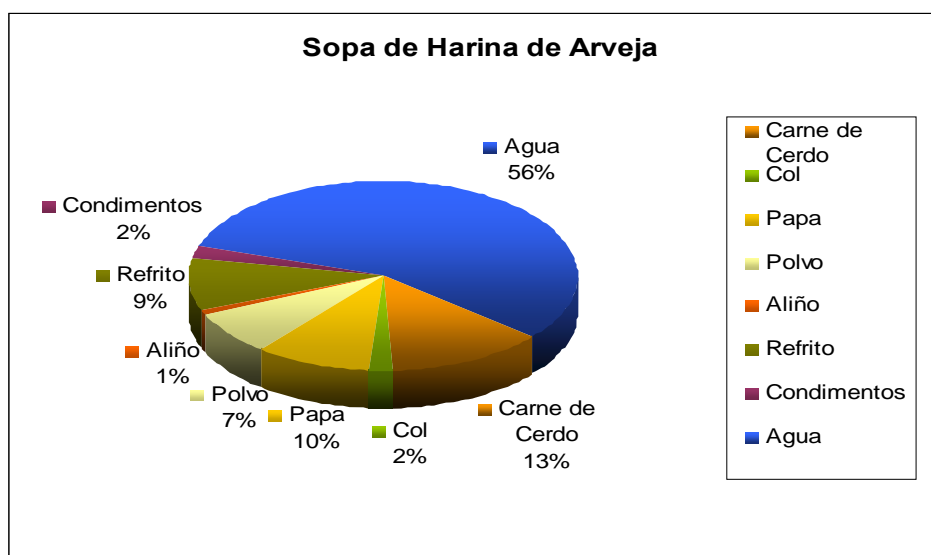


FIGURA 3.1 Composición de Sopa de harina de arveja
Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios P.

3.1.1 Cálculo del punto frío en envase 603X600

En el enlatado, el calor se transfiere desde las paredes del recipiente al producto, destacándose un punto o zona donde el calentamiento es más lento (punto o zona fría), la misma que se encuentra a lo largo del eje axial del envase. Esta localización depende de las características y condiciones del producto y de las dimensiones del envase. Su importancia radica en que para poder evaluar un proceso térmico es necesario conocer las características de calentamiento de la zona fría.

Para el cálculo del punto frío se graficó en una hoja semi-logarítmica de tres ciclos, los datos de temperatura del alimento a tiempo real, recopilados con los sensores de temperatura (Data Trace MP I). Con esto es posible construir las curvas que denoten la forma como se transfiere el calor en el producto-envase a lo largo del proceso térmico. Las curvas se linealizan, con la intención de obtener una ecuación que vincule la mayor cantidad de datos graficados y por medio de la cual, el inverso de su pendiente nos dará un parámetro de respuesta a la temperatura llamado f_h , el cual describe la velocidad de penetración de calor en el recipiente y en su contenido durante el calentamiento.

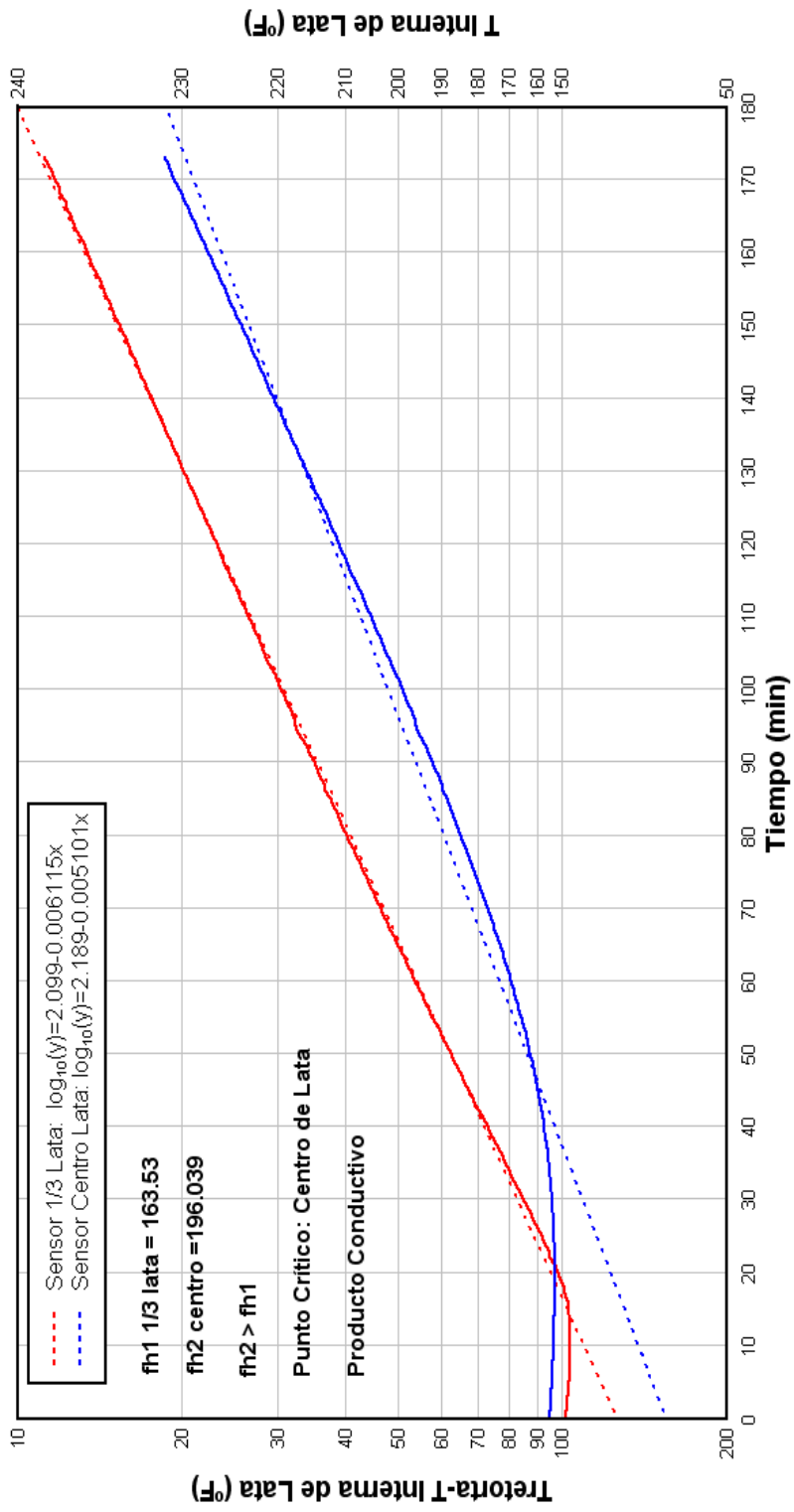


FIGURA 3.2 Curvas de penetración de calor, sensor ubicado a diferente altura del eje axial del envase 603X600.

Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios P.

El gráfico (fig: 3.2) muestra la curva de calentamiento y su respectiva linealización para los datos obtenidos de los sensores de temperatura ubicados a 1/3 y en el centro a lo largo del eje axial del envase 603x600. Los parámetros de respuesta a la temperatura f_h obtenidos en cada posición respectivamente fueron: $f_{h1} = 163.53$ y $f_{h2} = 196.039$.

Al realizar el análisis comparativo de los f_h , se denota que **$f_{h1} < f_{h2}$** , lo que nos indica que la transferencia de calor en el 1/3 del envase es mucho más rápida que en el centro. Por lo tanto, el punto más lento de calentamiento, se encuentra en el centro geométrico del envase. Del análisis de esta curva también podemos concluir que el mecanismo de transferencia de calor que predomina en el producto es la conducción.

3.1.2 Determinación de tiempo y temperatura de proceso.

La determinación del tiempo y la temperatura de proceso, se fundamenta en el estudio de penetración de calor. Con los datos obtenidos en las pruebas experimentales se emplea el método de Stumbo para calcular:

1. Letalidad F_0
2. Tiempo de Esterilización

Debido a que no se cuenta con información disponible del tiempo ni temperatura de tratamiento térmico adecuado para este formato de envase y, en particular para el tipo de producto formulado, se utilizarán los datos obtenidos en la prueba de determinación del punto frío del envase para pronosticar el tiempo de tratamiento térmico, utilizando el método de Stumbo con el cual se calculará:

- La letalidad F_0 para un determinado tiempo de procesamiento.
- El tiempo de esterilización para una letalidad F_0 deseada.

Luego compararemos resultados, de letalidades y tiempos de procesamiento calculados por Stumbo vs los obtenidos por el sensor de temperatura, con el propósito de disponer de un margen de seguridad para pronosticar el tiempo de procesamiento idóneo que acarree lograr un producto comercialmente estéril en el estudio de penetración de calor.

Los parámetros de penetración de calor obtenidos en el punto frío del envase se detallan en las siguientes gráficas:

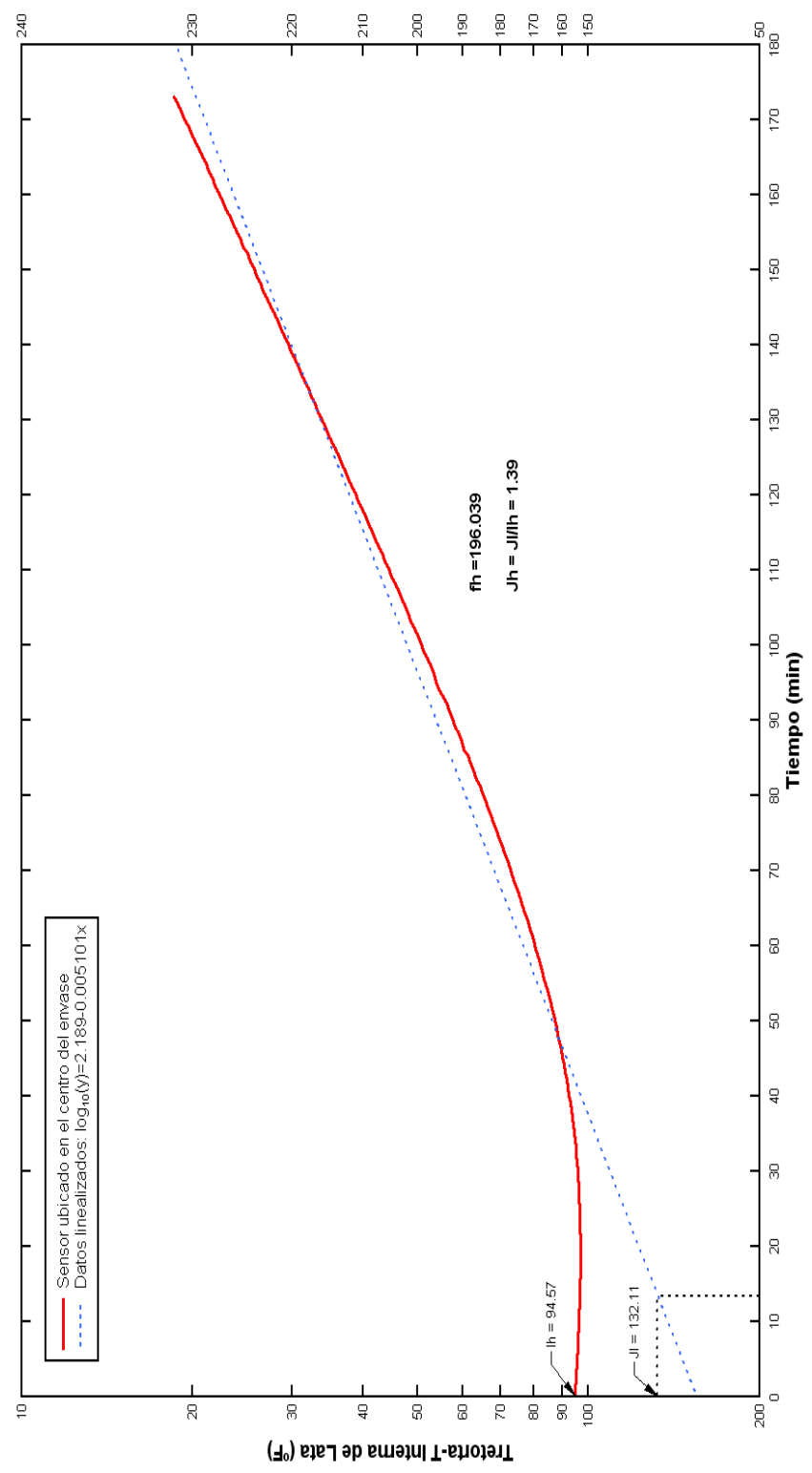


FIGURA 3.3 Curva de calentamiento para el producto en la fase de levante y retención.
 Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios P

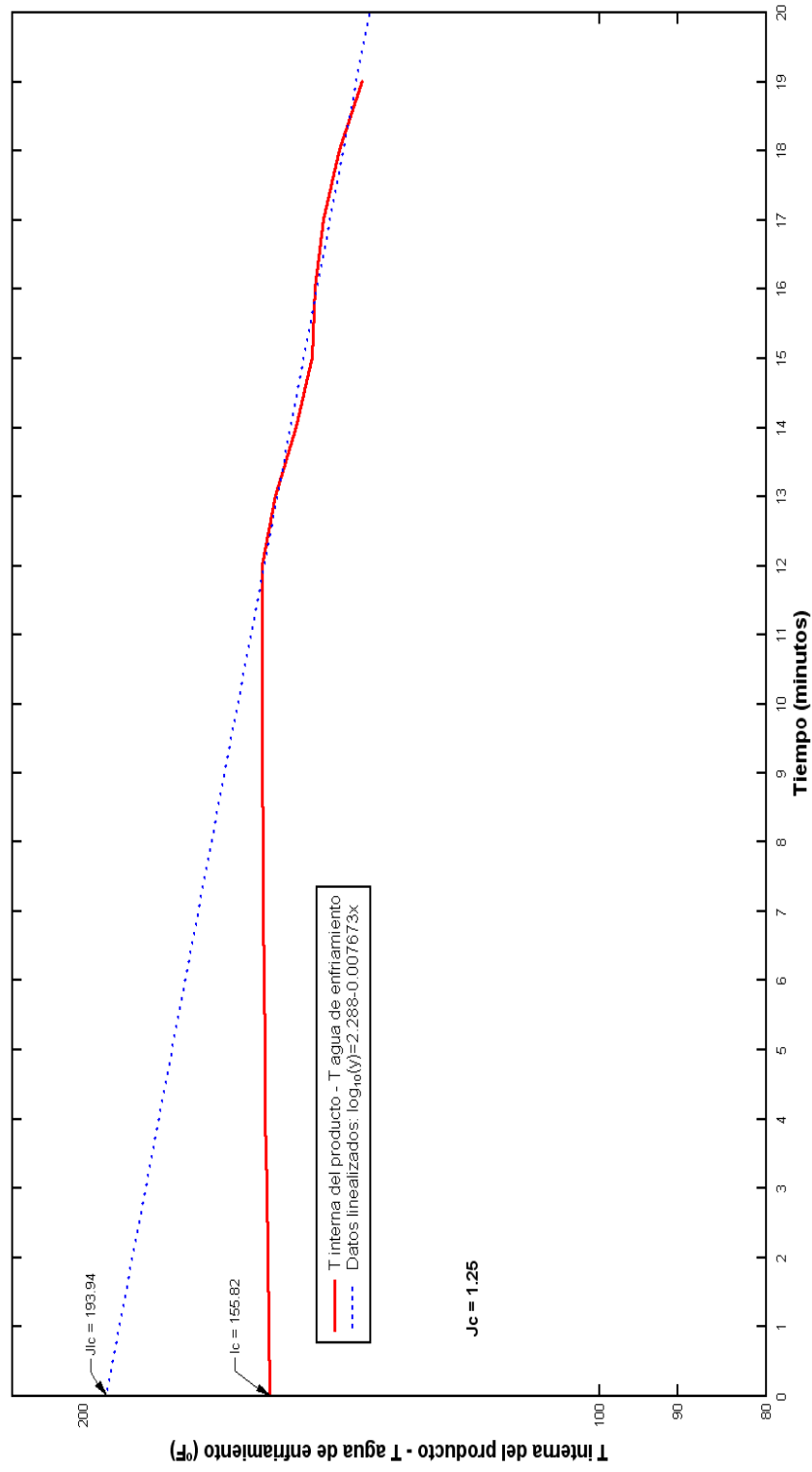


FIGURA 3.4 Curva de enfriamiento para el producto en la fase de enfriamiento.
Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios

Los gráficos (fig: 3.3 y fig: 3.4) muestran la curva de calentamiento y de enfriamiento en el punto frío del envase respectivamente, obteniéndose los siguientes parámetros:

TABLA 6
PARAMETROS DE PENETRACIÓN DE CALOR

| Concepto | Parámetro | Valor | Unidades |
|-----------------------------------|-----------|---------|--------------|
| Respuesta a la Temperatura | fh | 196.039 | min. |
| Factor de Retraso (Calentamiento) | Jh | 1.3969 | Adimensional |
| Factor de Retraso (Enfriamiento) | Jc | 1.25 | Adimensional |

Elaborado por: Arturo. Sócrates Palacios P.

Los factores Jh y Jc (tabla 6), se obtienen de la razón de dos diferencias, una aparente y otra real, estas diferencias son datos puntuales de la curva de calentamiento y enfriamiento.

Para su obtención se hace uso de dos factores: I y JI, generados en cada curva, como se describe a continuación:

Factor de retraso Jh

1. Calculo del factor I_h

$$I_h = T^{\circ} \text{ retorta} - T^{\circ} \text{ inicial del producto} \quad (6)$$

$$I_h = 250 - 155.43$$

$$I_h = 94.57$$

2. Calculo del factor J_{Ih}

$$J_{Ih} = T^{\circ} \text{ retorta} - T^{\circ} \text{ pseudoinicial producto} \quad (7)$$

$$J_{Ih} = 132.11, \text{ (figura 3.3).}$$

3. Calculo del factor de retraso J_h

$$J_h = \frac{J_{Ih}}{I_h} \quad (8)$$

$$J_h = \frac{132.11}{94.57} = 1.396$$

$$J_h = 1.40$$

Factor de retraso J_c

1. Calculo del factor I_c

$$I_c = T^{\circ} \text{ alimento cierre vapor} - T^{\circ} \text{ agua enfriamiento} \quad (9)$$

$$I_c = 231,82 - 76$$

$$I_c = 155,82$$

2. Calculo del factor J_{Ic}

$$J_{Ic} = T^{\circ} \text{ pseudoinicial producto} - T^{\circ} \text{ agua enfriamiento} \quad (10)$$

$$J_{Ic} = 193.94 ; \text{ (figura 3.4)}$$

3. Calculo del factor de retraso J_c

$$J_c = \frac{Jl_c}{l_c} \quad (11)$$

$$J_c = \frac{193,94}{155,82} = 1.25$$

$$J_c = 1.25$$

Los parámetros de penetración de calor obtenidos serán evaluados, primeramente calculando la letalidad F_o , para cada tiempo de procesamiento empleado en la determinación del punto frío. Se determinarán los valores de g (diferencia de temperatura entre el alimento y el medio de calentamiento) en cada tiempo y junto con el factor de retraso J_c , (11) se usará el Anexo A, para encontrar los valores correspondientes de f_h/U los cuales serán aplicados, para obtener las letalidades en la siguiente ecuación:

$$F_o = f_h / [(f_h/U) * F_i]. \quad (12)$$

Para la obtención de los parámetros g , f_h/U y F_o , se hará uso de los factores de respuesta a la temperatura de la curva de calentamiento $f_h = 196.04$, el factor de retraso del calentamiento $J_h = 1.40$ (8), el factor de retraso de enfriamiento $J_c = 1.25$ (11),

así como la temperatura de la retorta $T_r = 250$ °F, la temperatura inicial del producto $T_i = 155.43$ °F, el tiempo de levante $CUT = 23$ min. y el valor de $Z = 18$ °F para el clostridium botulinum, de la siguiente forma:

1. Calculo del valor de g

$$\log(g) = \log(J_h \times l) \frac{B}{fh} \quad (13)$$

Donde; $B = \text{steam on to steam off} - 0.58 \text{ CUT}$

$$B = 174 - 0.58(23)$$

$$B = 160.66 \text{ min}$$

$$\log(g) = \log(1.40 \times 94.57) - \frac{160.66}{196.04}$$

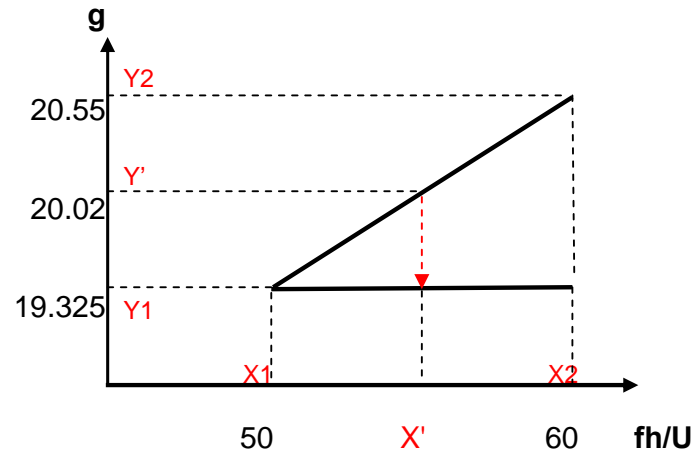
$$\log(g) = 1.3$$

$$g = 20.2$$

Para determinar el valor de fh/U que me permita determinar el valor de letalidad F_0 se procede a usar la tabla del Anexo A con el valor de g obtenido e interpolando para el factor $J_c = 1.25$ (11) de la curva de enfriamiento, como se detalla a continuación.

2. Calculo del factor fh/U para un $J_c = 1.25$

- Interpolación:



$$\frac{X_2 - X_1}{X' - X_1} = \frac{Y_2 - Y_1}{Y' - Y_1} \quad (14)$$

$$\frac{60 - 50}{x' - 50} = \frac{20.55 - 19.325}{20.02 - 19.325}$$

$$X' = 50 + (60 - 50) \times \frac{20.02 - 19.325}{20.55 - 19.325}$$

$$X' = fh/U = 55.67$$

3. Calculo de la letalidad del proceso F_0

$$F_0 = \frac{fh}{[(fh/U) \times F_i]} \quad (12)$$

$$\text{Donde; } F_i = 10^{\frac{(250 - Tr)}{z}} = 10^{\frac{(250 - 250)}{18}} = 1$$

$$F_0 = \frac{196.04}{[(55.67) \times 1]} = 3.521$$

Basado en la secuencia de pasos detallada anteriormente podemos obtener datos para los diferentes valores de g , con sus respectivos valores de f_h/U así como sus letalidades F_o . Estos datos están descritos en los Anexos C y C1 del presente trabajo. Para una mejor comprensión el resultado de letalidades se detalla en la siguiente gráfica.

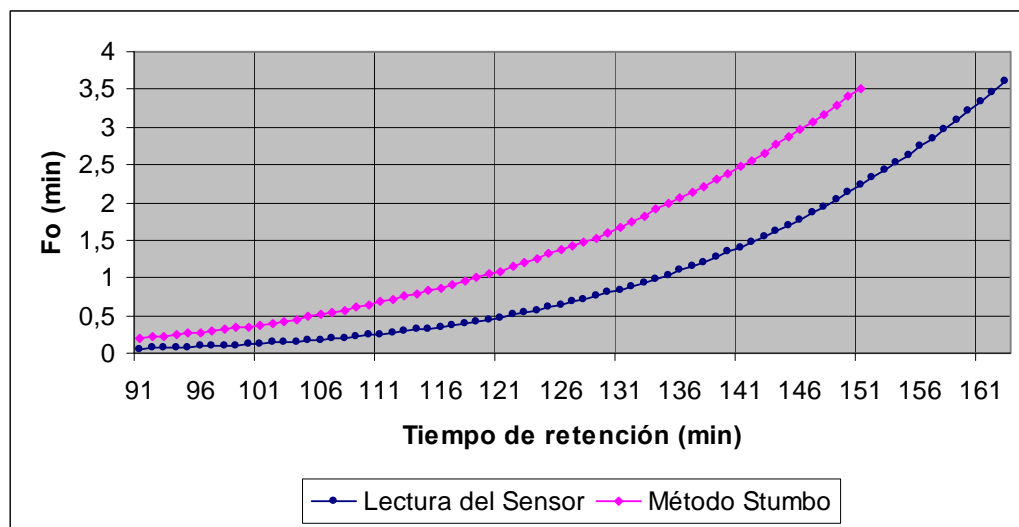


FIGURA 3.5 Letalidades Método de Stumbo vs Lectura del Sensor.
Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios P.

La grafica (fig: 3.5) muestra las letalidades obtenidas por el método de Stumbo y lectura del sensor. Podemos observar que al final de la etapa de retención (151 min.), el calculo matemático por el método de Stumbo pronostica una letalidad teórica **Fo=3,522 min.** y el sensor de temperatura una letalidad real **Fo=2,127 min.**

Los resultados logrados, nos indican que el producto estaría subprocesado, ya que para que una conserva, sea considerada comercialmente estéril, esta debe de cumplir con un valor de letalidad **Fo= 6 min.**

Además podemos observar que el sensor de temperatura alcanza el valor de letalidad Fo= 3.522 pronosticado por Stumbo a los 163 minutos de tratamiento térmico, es decir después de 12 minutos una vez empezada la etapa de enfriamiento.

Seguidamente se evaluaron los mismos parámetros, usando también el método matemático de Stumbo (proceso inverso), el cual consiste en el cálculo del tiempo de tratamiento para una letalidad deseada.

Las letalidades Fo deseadas que se tomaron, para el cálculo del tiempo de tratamiento, fueron las obtenidas en la prueba de determinación del punto frío. Para cada letalidad, se determinaron los valores de fh/u y junto con el factor de retraso Jcc (11), se uso el Anexo A, para encontrar los valores

correspondientes de g, que posteriormente fueron evaluados en la siguiente ecuación:, que pronostica el tiempo de tratamiento.

$$B = f_h \cdot [\log (j_h \cdot I_h) - \log g] \quad (15)$$

Para la obtención de los parámetros fh/U, g y B, se hará uso de los factores de respuesta a la temperatura de la curva de calentamiento fh =196.04, el factor de retraso del calentamiento Jch =1.40 (8), enfriamiento Jcc = 1.25 (11), así como la temperatura de la retorta Tr = 250 °F, temperatura inicial del producto Ti =155.43 °F, la letalidad del proceso Fo = 2.22min y el valor de Z = 18°F para el clostridium botulinum, como se detalla a continuación:

1. Calculo del factor fh/U

$$fh/U = \frac{fh}{(F_o \times F_i)} \quad (12)$$

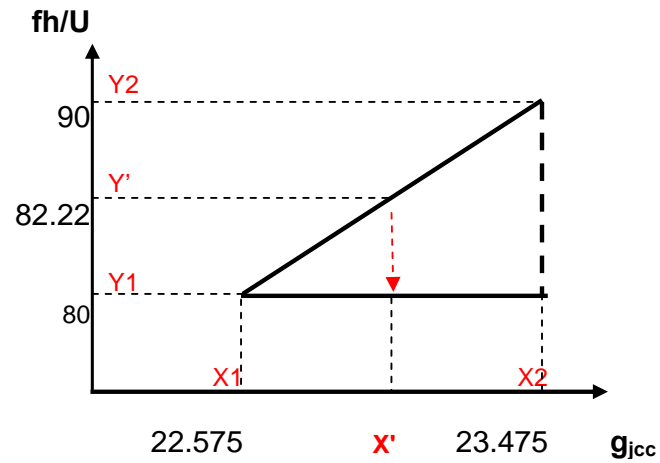
$$F_i = 10^{\frac{(250-Tr)}{Z}} = 10^{\frac{(250-250)}{18}} = 1$$

$$fh/U = \frac{196.04}{2.22 \times 1}$$

$$fh/U = 82.22$$

2. Calculo del factor g para un $j_{cc} = 1.25$

- Interpolación:



$$\frac{X_2 - X_1}{X' - X_1} = \frac{Y_2 - Y_1}{Y' - Y_1} \quad (14)$$

$$\frac{23.475 - 22.575}{X' - 22.575} = \frac{90 - 80}{82.22 - 80}$$

$$X' = 22.575 + (23.475 - 22.575) \times \frac{82.22 - 80}{90 - 80}$$

$$X' = g = 23.34$$

3. Calculo el tiempo de proceso B

$$B = fh \times [\log(j_{ch} \times I_h) - \log(g)] \quad (15)$$

$$B = 196.04 \times [\log(1.4 \times 94.57) - \log(23.34)]$$

$$B = 138 \text{ min.}$$

Basado en la secuencia de pasos detallada anteriormente podemos obtener datos para los diferentes valores de f_h/U , con sus respectivos valores de g así como los tiempos de procesamiento B. Estos datos están descritos en los Anexos F y F1 del presente trabajo. Se elaboró un gráfico tiempo versus F_o (letalidad) para comprender mejor los resultados.

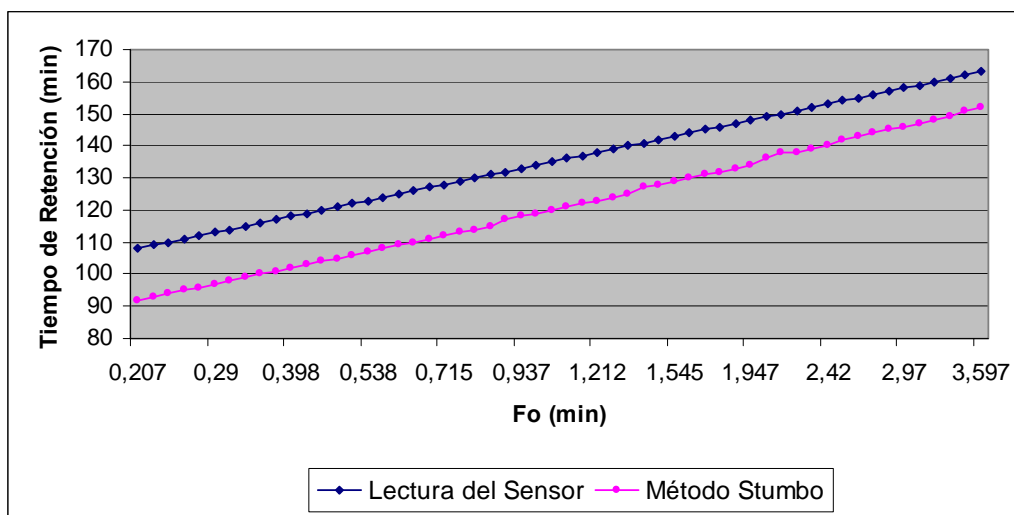


FIGURA 3.6 Tiempos de Retención Método de Stumbo vs Lectura del Sensor
Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios P

La gráfica (fig: 3.6) muestra:

- a) Los tiempos de retención correspondientes a cada letalidad obtenida en la determinación del punto frío.

b) Los tiempos de retención para las letalidades F_o obtenidas en la determinación del punto frío y que fueron evaluadas con Stumbo.

A simple vista se aprecia una marcada diferencia entre los datos de la gráfica, ya que los tiempos pronosticados por Stumbo están por debajo de los tiempos que se obtuvieron en la práctica. El detalle de los resultados se presenta en el siguiente cuadro;

TABLA: 7

TIEMPOS DE RETENCION PARA UNA LETALIDAD DESEADA

| Fo Deseado | Tiempo Retención Stumbo | Tiempo Retención Real | Desfase |
|-------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------|
| min | min | min | min |
| 0.207 | 92 | 108 | 16 |
| 0.507 | 106 | 122 | 16 |
| 1.04 | 120 | 135 | 15 |
| 1.545 | 129 | 143 | 14 |
| 2.222 | 138 | 151 | 13 |

Elaborado por: Arturo. Sócrates Palacios P.

La tabla # 7 nos indica que para una letalidad deseada los tiempos de retención obtenidos por el método de Stumbo son menores a los tiempos que se obtienen con el sensor de temperatura, existiendo un desfase en minutos entre la lectura del sensor y el método de Stumbo. Se toma como ejemplo la

letalidad obtenida al final del proceso de retención en la determinación del punto frío $F_0 = 2.222$ min, para el cual Stumbo pronostica una retención teórica de 138 minutos y el tiempo de retención real obtenido en la práctica fue de 151 min, existiendo una diferencia de 11 minutos entre lo real y lo teórico. También podemos observar que a medida que el valor de la letalidad es mayor el desfase en minutos entre la lectura del sensor y el método de Stumbo tiende a disminuir. Este comportamiento en particular, es un indicativo a tomar en consideración en el momento de pronosticar una letalidad $F_0 = 6$ min, para la prueba de penetración de calor.

Basado en los hechos antes descritos y tomando en consideración el análisis respectivo de los mismos, se usó el proceso inverso de Stumbo para pronosticar el tiempo de tratamiento del producto. El objetivo es alcanzar una esterilidad comercial en el producto, es decir una letalidad $F_0 = 6$ min. al final del proceso de retención. Usando como referencia los factores de respuesta a la temperatura de la curva de calentamiento $f_h = 196.04$, el factor de retraso del calentamiento $J_{ch} = 1.40$ (8), enfriamiento $J_{cc} = 1.25$ (11), así como la temperatura de la

retorta $T_r = 250$ °F y el valor de $Z = 18$ °F para el clostridium botulinum empleando la siguiente secuencia de pasos:

1. Calculo del factor fh/U

$$fh/U = \frac{fh}{(F_0 \times F_i)} \quad (12)$$

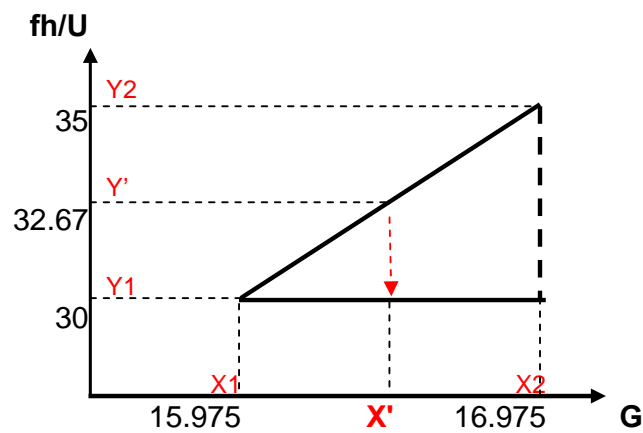
$$\text{Donde; } F_i = 10^{\frac{(250-Tr)}{Z}} = 10^{\frac{(250-250)}{18}} = 1$$

$$fh/U = \frac{196.04}{6 \times 1}$$

$$fh/U = 32.67$$

2. Calculo del factor g para un $J_c = 1.25$

- Interpolación:



$$\frac{X_2 - X_1}{X' - X_1} = \frac{Y_2 - Y_1}{Y' - Y_1} \quad (14)$$

$$\frac{16.975 - 15.975}{X' - 15.975} = \frac{35 - 30}{32.67 - 30}$$

$$X' = 15.975 + (16.975 - 15.975) \times \frac{32.67 - 30}{35 - 30}$$

$$X' = g = 16.51$$

3. Calculo el tiempo de proceso B

$$B = fh \times [\log(j_{ch} \times l_h) - \log(g)] \quad (15)$$

$$B = 196.04 \times [\log(1.4 \times 94.57) - \log(16.51)]$$

$$B = 168 \text{ min.}$$

El cálculo indica un tiempo de retención de 168 minutos, el cual basado en el análisis hecho con anterioridad (Tabla # 6), se le sumo 10 minutos como margen de seguridad. Una vez hecho el pronóstico de Stumbo con la respectiva corrección del caso, se procedió a realizar el estudio de penetración de calor a nivel piloto, del cual se obtuvieron los siguientes resultados.

TABLA: 8
PRUEBA DE VALIDACIÓN DE DATOS

| Prueba de Determinación del Punto Frío | | |
|---|--|------------------------|
| Tipo/Capacidad del envase | Dimensiones del envase | |
| Hojalata - 3 piezas | ln: x | mm: - |
| Espacio de cabeza: | Diam/Largo | Altura/Ancho |
| 5 mm | 603 | 600 |
| Peso neto mínimo: | Peso neto máximo: | |
| 2610 gr. | 2640gr. | |
| Método de Procesamiento | Esterilización –Alimento de Baja Acidez | |
| <u>Identificación de la Retorta</u> | | |
| Tipo de Retorta | Discontinua sin Agitación | |
| Medio de Calentamiento | Vapor Saturado | |
| Posicionamiento del envase en la retorta. | En el punto frío del equipo (parte superior) | |
| Comentarios | Sensor ubicado en el eje axial del envase a una altura de 7.62 cm. desde la base | |
| Tiempos y Temperatura de Proceso | | |
| Tiempo de Levante o CUT | 23 | Minutos |
| Tiempo de Retención | 178 | Minutos |
| Tiempo de Enfriamiento | 20 | Minutos |
| Temperatura de Retención | 250 | °F (grados Fahrenheit) |
| Producto | | |
| pH antes de la esterilización | 5.35 | |
| pH después de la esterilización | 5.44 | |
| Sensor | | |
| Tipo de sensor | Data Trace Micropack I | |
| Numero del sensor | 1 | |
| Localización | 1/2 desde la base | |
| Fo mínimo | 6 | |

Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios P.

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| No- 1 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °C | L | |
| 0 | 68,4 | 0 | Inicio del CUT |
| 1 | 68,5 | 0 | |
| 2 | 68,5 | 0 | |
| 3 | 68,6 | 0 | |
| 4 | 68,6 | 0 | |
| 5 | 68,7 | 0 | |
| 6 | 68,8 | 0 | |
| 7 | 68,8 | 0 | |
| 8 | 68,8 | 0 | |
| 9 | 68,8 | 0 | |
| 10 | 68,8 | 0 | |
| 11 | 68,8 | 0 | |
| 12 | 68,7 | 0 | |
| 13 | 68,7 | 0 | |
| 14 | 68,7 | 0 | |
| 15 | 68,8 | 0 | |
| 16 | 68,8 | 0 | |
| 17 | 68,8 | 0 | |
| 18 | 68,8 | 0 | |
| 19 | 68,8 | 0 | |
| 20 | 68,8 | 0 | |
| 21 | 68,9 | 0 | |
| 22 | 69 | 0 | |
| 23 | 69 | 0 | Fin del CUT |
| 24 | 69,1 | 0 | Inicio de la Retención |
| 25 | 69,1 | 0 | |
| 26 | 69,2 | 0 | |
| 27 | 69,2 | 0 | |
| 28 | 69,3 | 0 | |
| 29 | 69,4 | 0 | |
| 30 | 69,5 | 0 | |
| 31 | 69,6 | 0 | |
| 32 | 69,7 | 0 | |
| 33 | 69,8 | 0 | |
| 34 | 70 | 0 | |
| 35 | 70,1 | 0 | |

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|
| No- 1 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °C | L | |
| 36 | 70,3 | 0 | |
| 37 | 70,4 | 0 | |
| 38 | 70,6 | 0 | |
| 39 | 70,8 | 0 | |
| 40 | 71 | 0 | |
| 41 | 71,2 | 0 | |
| 42 | 71,5 | 0 | |
| 43 | 71,7 | 0 | |
| 44 | 72 | 0 | |
| 45 | 72,2 | 0 | |
| 46 | 72,5 | 0 | |
| 47 | 72,8 | 0 | |
| 48 | 73,1 | 0 | |
| 49 | 73,4 | 0 | |
| 50 | 73,8 | 0 | |
| 51 | 74,1 | 0 | |
| 52 | 74,4 | 0 | |
| 53 | 74,8 | 0 | |
| 54 | 75,2 | 0 | |
| 55 | 75,5 | 0 | |
| 56 | 75,9 | 0 | |
| 57 | 76,3 | 0 | |
| 58 | 76,7 | 0 | |
| 59 | 77 | 0 | |
| 60 | 77,4 | 0 | |
| 61 | 77,8 | 0,001 | |
| 62 | 78,2 | 0,001 | |
| 63 | 78,6 | 0,001 | |
| 64 | 79,1 | 0,001 | |
| 65 | 79,5 | 0,001 | |
| 66 | 79,9 | 0,001 | |
| 67 | 80,3 | 0,001 | |
| 68 | 80,7 | 0,001 | |
| 69 | 81,1 | 0,001 | |
| 70 | 81,6 | 0,001 | |
| 71 | 82 | 0,001 | |

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|
| No- 1 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °C | L | |
| 72 | 82,4 | 0,001 | |
| 73 | 82,8 | 0,002 | |
| 74 | 83,2 | 0,002 | |
| 75 | 83,7 | 0,002 | |
| 76 | 84,1 | 0,002 | |
| 77 | 84,5 | 0,002 | |
| 78 | 84,9 | 0,003 | |
| 79 | 85,3 | 0,003 | |
| 80 | 85,8 | 0,003 | |
| 81 | 86,2 | 0,003 | |
| 82 | 86,6 | 0,004 | |
| 83 | 87 | 0,004 | |
| 84 | 87,4 | 0,005 | |
| 85 | 87,8 | 0,005 | |
| 86 | 88,2 | 0,006 | |
| 87 | 88,6 | 0,006 | |
| 88 | 89 | 0,007 | |
| 89 | 89,4 | 0,007 | |
| 90 | 89,8 | 0,008 | |
| 91 | 90,2 | 0,009 | |
| 92 | 90,6 | 0,01 | |
| 93 | 90,9 | 0,011 | |
| 94 | 91,3 | 0,012 | |
| 95 | 91,7 | 0,013 | |
| 96 | 92,1 | 0,014 | |
| 97 | 92,4 | 0,015 | |
| 98 | 92,8 | 0,017 | |
| 99 | 93,1 | 0,018 | |
| 100 | 93,5 | 0,02 | |
| 101 | 93,9 | 0,022 | |
| 102 | 94,2 | 0,024 | |
| 103 | 94,6 | 0,026 | |
| 104 | 94,9 | 0,028 | |
| 105 | 95,2 | 0,031 | |
| 106 | 95,6 | 0,034 | |
| 107 | 95,9 | 0,037 | |

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|
| No- 1 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °C | L | |
| 108 | 96,2 | 0,04 | |
| 109 | 96,6 | 0,043 | |
| 110 | 96,9 | 0,047 | |
| 111 | 97,2 | 0,051 | |
| 112 | 97,5 | 0,055 | |
| 113 | 97,8 | 0,06 | |
| 114 | 98,1 | 0,065 | |
| 115 | 98,4 | 0,07 | |
| 116 | 98,7 | 0,076 | |
| 117 | 99 | 0,082 | |
| 118 | 99,3 | 0,088 | |
| 119 | 99,6 | 0,095 | |
| 120 | 99,9 | 0,103 | |
| 121 | 100,2 | 0,111 | |
| 122 | 100,4 | 0,119 | |
| 123 | 100,7 | 0,128 | |
| 124 | 101 | 0,138 | |
| 125 | 101,3 | 0,148 | |
| 126 | 101,5 | 0,159 | |
| 127 | 101,8 | 0,17 | |
| 128 | 102 | 0,182 | |
| 129 | 102,3 | 0,195 | |
| 130 | 102,6 | 0,209 | |
| 131 | 102,8 | 0,224 | |
| 132 | 103 | 0,239 | |
| 133 | 103,3 | 0,255 | |
| 134 | 103,5 | 0,273 | |
| 135 | 103,8 | 0,291 | |
| 136 | 104 | 0,31 | |
| 137 | 104,2 | 0,33 | |
| 138 | 104,5 | 0,351 | |
| 139 | 104,7 | 0,374 | |
| 140 | 104,9 | 0,398 | |
| 141 | 105,1 | 0,422 | |
| 142 | 105,3 | 0,448 | |
| 143 | 105,6 | 0,476 | |

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|
| No- 1 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °C | L | |
| 144 | 105,8 | 0,505 | |
| 145 | 106 | 0,535 | |
| 146 | 106,2 | 0,567 | |
| 147 | 106,4 | 0,601 | |
| 148 | 106,6 | 0,636 | |
| 149 | 106,8 | 0,672 | |
| 150 | 107 | 0,711 | |
| 151 | 107,2 | 0,751 | |
| 152 | 107,3 | 0,792 | |
| 153 | 107,5 | 0,836 | |
| 154 | 107,7 | 0,881 | |
| 155 | 107,9 | 0,928 | |
| 156 | 108,1 | 0,977 | |
| 157 | 108,3 | 1,029 | |
| 158 | 108,4 | 1,082 | |
| 159 | 108,6 | 1,137 | |
| 160 | 108,8 | 1,195 | |
| 161 | 108,9 | 1,256 | |
| 162 | 109,1 | 1,318 | |
| 163 | 109,3 | 1,383 | |
| 164 | 109,4 | 1,45 | |
| 165 | 109,6 | 1,519 | |
| 166 | 109,7 | 1,592 | |
| 167 | 109,9 | 1,666 | |
| 168 | 110,1 | 1,745 | |
| 169 | 110,2 | 1,825 | |
| 170 | 110,3 | 1,908 | |
| 171 | 110,5 | 1,994 | |
| 172 | 110,6 | 2,083 | |
| 173 | 110,8 | 2,175 | |
| 174 | 110,9 | 2,27 | |
| 175 | 111,1 | 2,369 | |
| 176 | 111,2 | 2,469 | |
| 177 | 111,3 | 2,574 | |
| 178 | 111,5 | 2,682 | |
| 179 | 111,6 | 2,793 | |

| Sensor: | | Nombre del Producto: | |
|----------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| No- 1 | | Polvo de Arveja | |
| Tiempo | Temperatura | Razón Letal | Observaciones |
| min. | °C | L | |
| 180 | 111,7 | 2,907 | |
| 181 | 111,9 | 3,026 | |
| 182 | 112 | 3,147 | |
| 183 | 112,1 | 3,271 | |
| 184 | 112,2 | 3,4 | |
| 185 | 112,3 | 3,531 | |
| 186 | 112,5 | 3,667 | |
| 187 | 112,6 | 3,807 | |
| 188 | 112,7 | 3,949 | |
| 189 | 112,8 | 4,097 | |
| 190 | 112,9 | 4,248 | |
| 191 | 113 | 4,402 | |
| 192 | 113,1 | 4,56 | |
| 193 | 113,3 | 4,724 | |
| 194 | 113,4 | 4,891 | |
| 195 | 113,5 | 5,063 | |
| 196 | 113,6 | 5,238 | |
| 197 | 113,7 | 5,417 | |
| 198 | 113,8 | 5,601 | |
| 199 | 113,9 | 5,789 | |
| 200 | 114 | 5,981 | |
| 201 | 114 | 6,176 | Fin de la Retención |
| 202 | 114,1 | 6,375 | (Steam Off) |
| 203 | 114,2 | 6,578 | |
| 204 | 114,3 | 6,787 | |
| 205 | 114,4 | 6,998 | |
| 206 | 114,5 | 7,216 | |
| 207 | 114,6 | 7,437 | Inicio de Enfriamiento |
| 208 | 114,7 | 7,663 | |
| 209 | 114,7 | 7,891 | |
| 210 | 114,8 | 8,125 | |
| 211 | 114,9 | 8,364 | |
| 212 | 115 | 8,606 | |
| 213 | 115,1 | 8,854 | |
| 214 | 115,1 | 9,104 | |
| 215 | 115,2 | 9,361 | |

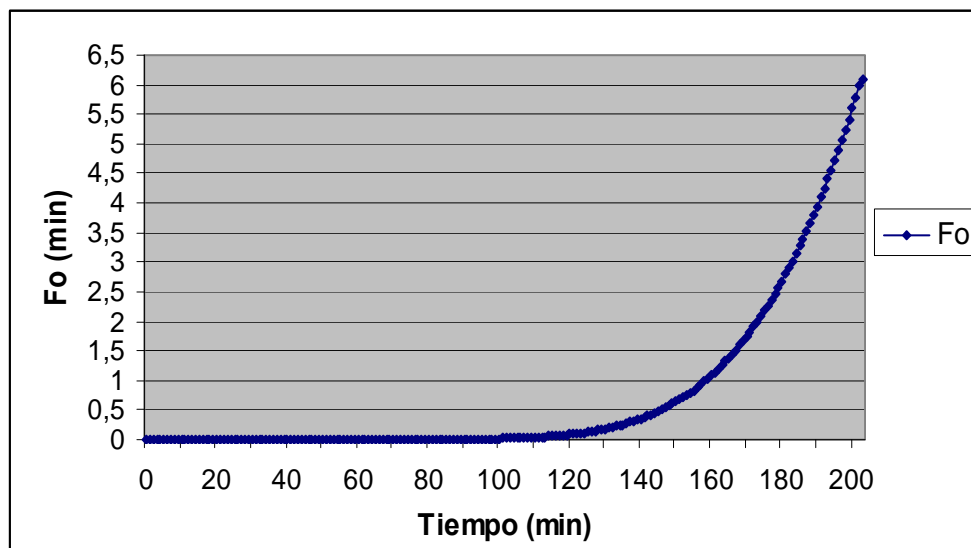


FIGURA 3.7 Perfil de Letalidad Fo en el estudio de Penetración de Calor.

Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios P

La gráfica (fig: 3.7) muestra, el comportamiento de la letalidad Fo, para el tiempo total de tratamiento térmico (levante + retención), durante el estudio de penetración de calor. Se puede observar que la letalidad real $Fo = 6$ min. se alcanza a los 201 minutos (CUT = 23 minutos + retención = 178 minutos), asegurando que el producto a estas condiciones se encuentra comercialmente estéril.

Los perfiles de tiempo y temperatura del producto, obtenidos durante la prueba de penetración de calor, se encuentran detallados en los anexos G del presente trabajo, con los cuales se elaboro la siguiente gráfica;

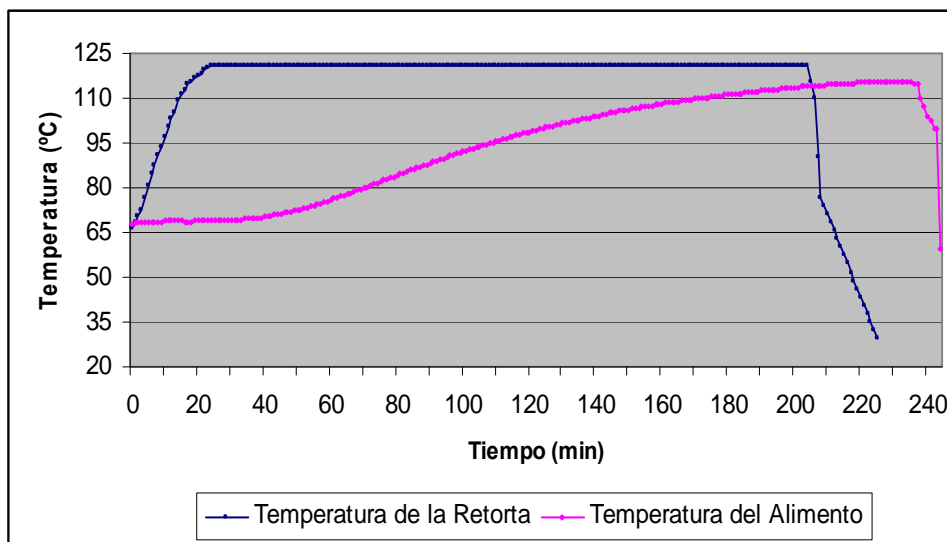


FIGURA 3.8 Perfil de temperatura de la autoclave y de temperatura del producto en el punto frío
Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios P

En la grafica (fig:3.8) se puede apreciar los perfiles de temperatura (retorta y producto) a tiempo real durante el proceso térmico, en la que podemos distinguir la máxima temperatura alcanzada por el alimento 115 °C.

Basados en la comprobación y validación de datos pronosticados, en el estudio de penetración de calor, de la cual se obtuvieron los resultados esperados. Se procedió a la elaboración de una hoja, en la cual se detalla los tiempos de retención recomendados para diferentes temperaturas iniciales del alimento a diferentes temperaturas del autoclave.

TABLA 9

Tiempo de Retención a Diferentes Temperaturas Iniciales de Producto y Diferentes Temperaturas de Retorta

| Temperatura | | Tiempo de Retención | | | |
|-------------|---------|---------------------|------------|----------|---------|
| Producto | Retorta | Calculado | | Sugerido | |
| (°F) | (°F) | Minutos | (HH:MM:SS) | Minutos | (HH:MM) |
| 130 | 240 | 242,6951 | 4:02:42 | 243 | 4:03 |
| 135 | 240 | 238,7344 | 3:58:44 | 239 | 3:59 |
| 140 | 240 | 234,5805 | 3:54:35 | 235 | 3:55 |
| 145 | 240 | 230,2134 | 3:50:13 | 231 | 3:51 |
| 150 | 240 | 225,6102 | 3:45:37 | 226 | 3:46 |
| 155 | 240 | 220,7438 | 3:40:45 | 221 | 3:41 |
| 160 | 240 | 215,5823 | 3:35:35 | 216 | 3:36 |
| 165 | 240 | 210,0876 | 3:30:05 | 211 | 3:31 |
| 170 | 240 | 204,2137 | 3:24:13 | 205 | 3:25 |
| 175 | 240 | 197,9042 | 3:17:54 | 198 | 3:18 |
| 180 | 240 | 191,0895 | 3:11:05 | 192 | 3:12 |
| 185 | 240 | 183,6815 | 3:03:41 | 184 | 3:04 |
| 130 | 245 | 217,5302 | 3:37:32 | 218 | 3:38 |
| 135 | 245 | 213,7456 | 3:33:45 | 214 | 3:34 |
| 140 | 245 | 209,7850 | 3:29:47 | 210 | 3:30 |
| 145 | 245 | 205,6311 | 3:25:38 | 206 | 3:26 |
| 150 | 245 | 201,2640 | 3:21:16 | 202 | 3:22 |
| 155 | 245 | 196,6608 | 3:16:40 | 197 | 3:17 |
| 160 | 245 | 191,7944 | 3:11:48 | 192 | 3:12 |
| 165 | 245 | 186,6329 | 3:06:38 | 187 | 3:07 |
| 170 | 245 | 181,1382 | 3:01:08 | 182 | 3:02 |
| 175 | 245 | 175,2642 | 2:55:16 | 176 | 2:56 |
| 180 | 245 | 168,9548 | 2:48:57 | 169 | 2:49 |
| 185 | 245 | 162,1400 | 2:42:08 | 163 | 2:43 |
| 130 | 250 | 197,6780 | 3:17:41 | 198 | 3:18 |
| 135 | 250 | 194,0545 | 3:14:03 | 195 | 3:15 |
| 140 | 250 | 190,2699 | 3:10:16 | 191 | 3:11 |
| 145 | 250 | 186,3093 | 3:06:19 | 187 | 3:07 |
| 150 | 250 | 182,1554 | 3:02:09 | 183 | 3:03 |
| 155 | 250 | 177,7883 | 2:57:47 | 178 | 2:58 |
| 160 | 250 | 173,1851 | 2:53:11 | 174 | 2:54 |
| 165 | 250 | 168,3187 | 2:48:19 | 169 | 2:49 |
| 170 | 250 | 163,1572 | 2:43:09 | 164 | 2:44 |
| 175 | 250 | 157,6625 | 2:37:40 | 158 | 2:38 |
| 180 | 250 | 151,7885 | 2:31:47 | 152 | 2:32 |
| 185 | 250 | 145,4791 | 2:25:29 | 146 | 2:26 |

Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios P

3.2 Pruebas de aceptabilidad

Se evaluó la aceptabilidad del producto formulado, por parte de los posibles consumidores. El número total de jueces para la evaluación fue de 30 personas; entre estudiantes y trabajadores de la ESPOL. Las edades fluctuaron entre los 18 y 60 años.

El método de evaluación escogido fue el de intervalos (Category & Scaling test), el cual nos permite determinar el nivel de agrado entre varias muestras y es fácil de comprender y de aplicar, además no requiere de entrenamiento o experiencia de los participantes. El formato presentado fue lo suficientemente explícito. Ver Anexo G.

Las preparaciones se ofrecieron individualmente durante la hora de almuerzo, proporcionándoles a los jueces un agente neutralizante (agua purificada) en cada intervalo de prueba para evitar influenciar las respuestas.

Los tres tratamientos para esta evaluación fueron:

Tratamiento 0: 1 lata de producto + 1/3 lata de agua (900 ml)

Tratamiento 1: 1 lata de producto + 2/3 lata de agua (1800 ml)

Tratamiento 2 : 1 lata de producto + 1 lata de agua (2700 ml);

Las muestras pertenecientes al tratamiento 0 fueron codificadas con el código 711; las pertenecientes al tratamiento 1 con el código 901 y las pertenecientes al tratamiento 2 con el código 165.

Para analizar la puntuación obtenida de la degustación de las tres muestras por parte de los jueces (ver Anexo H), las marcas obtenidas en las escalas fueron traducidas a puntuaciones numéricas empleando una regla y midiendo, teniendo como referencia de cero la marca en desagrada y diez la de gusta, para posteriormente aplicar el análisis de varianza de dos vías, el cual explica la diferencia entre dos factores por ejemplo, similitud entre muestras y similitud entre los fallos de los jueces.

TABLA 10

Análisis de Varianza

| Origen de las Variaciones | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | Relación de Variación |
|---------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-----------------------|
| | gl | SC | CM | F |
| Muestras | 2,00 | 102,81 | 51,40 | 26,06 |
| Jueces | 29,00 | 46,26 | 1,60 | 0,81 |
| Error | 58,00 | 114,39 | 1,97 | - |
| Total | 89,00 | 263,46 | - | - |

Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios

Los valores calculados de la relación de variación (F) se comparan con los valores críticos para F (valores de tablas); si los valores calculados son mayores a los de la tabla, se establece que existe diferencia significativa.

TABLA 11
Comparación Valor F

| | Nivel de Significancia | Tabla F | Compara | Valor F Calculado | Diferencia Significativa |
|-----------------|------------------------|---------|---------|-------------------|--------------------------|
| Muestras | 0,05 | 4,98 | < | 26,06 | Si |
| | 0,01 | 3,15 | < | 26,06 | Si |
| Jueces | 0,05 | 1,6 | > | 0,81 | No |
| | 0,01 | 1,39 | > | 0,81 | No |

Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios

Se puede concluir que, al 0.05 y 0.01 de significancia, es decir, con el 95% y 99% de confiabilidad, entre las muestras presentadas existe diferencia significativa, siendo la de mayor grado de aceptación la muestra 711 que corresponde al tratamiento 0 (1 lata de producto + 1/3 de agua) ; mientras que entre las opiniones de los jueces no hay diferencia es decir hay congruencia en sus juicios.

Como se puede observar, la figura 3.10, muestra la secuencia de calificaciones obtenidas por muestra, por parte de los 30 jueces; notándose que la muestra 711 alcanza un mayor grado de

aceptabilidad entre las muestras ubicándola en la categoría superior a bastante agradable.

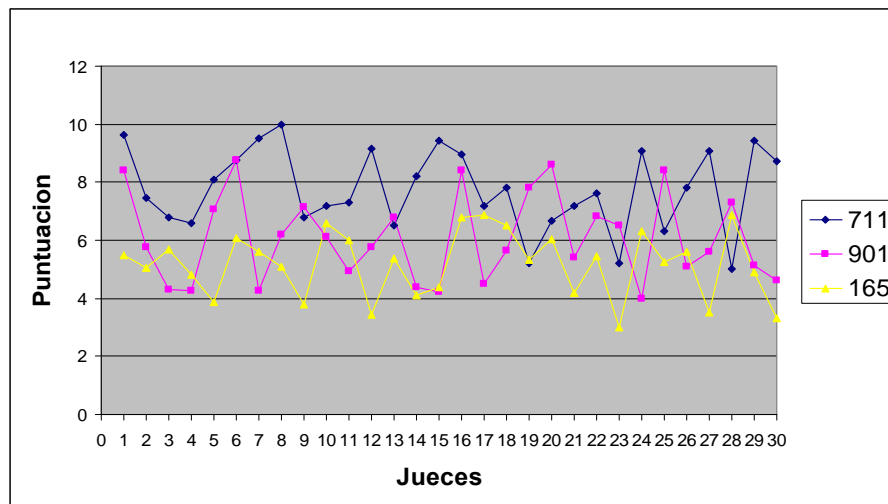


Figura 3.9 Puntuación de muestras
Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios P

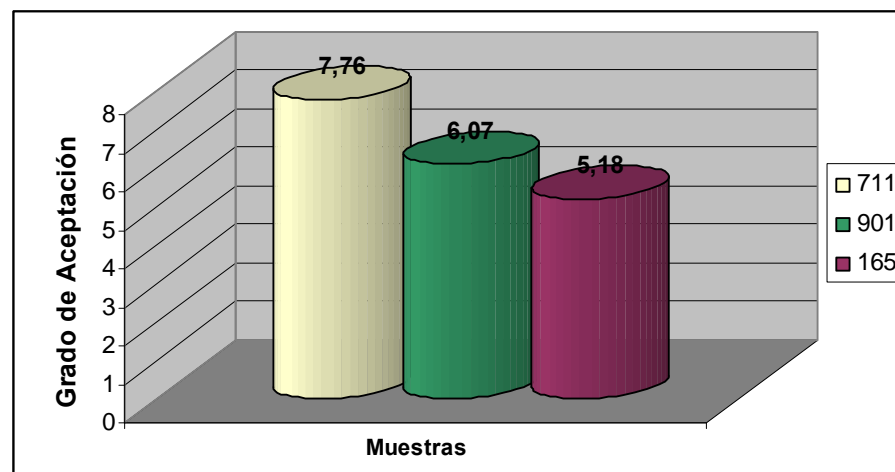


Figura 3.10 Comparación de media de las muestras
Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios

3.3 Descripción del proceso para la obtención del producto

Recepción de Materia Prima: Se receptan, por separado: carne de cerdo, verduras y hortalizas como (Cebolla blanca y colorada, pimiento verde, tomate, ajo, col, zanahoria y papa), la arveja seca molida así como las especias (sabora, comino molido) que corresponden para la elaboración de la sopa. Los cuales deberán pasar por los respectivos análisis organolépticos (color, olor, forma, textura) asegurando así que estén aptos para el proceso productivo.

Lavado: Las materias primas recibidas a excepción de la arveja y las especias, se procederán a lavar para disminuir la carga bacteriana o la presencia de agentes extraños.

Limpieza y Pelado: La carne de cerdo, la cebolla blanca, colorada y el pimiento pasaran por una etapa de limpieza mientras que la papa previamente pasara por una etapa de pelado y luego de limpieza.

Cortado: la carne de cerdo deberá cortarse en cuadrados de (2cmx2cm), la col en cuadrados de (4cmx4cm), la cebolla colorada, el tomate y el pimiento en 4 partes iguales y la rama de cebolla blanca en pequeñas formas cilíndricas de dimensiones (3cmx2cm)

Pre-Cocción: la carne de cerdo limpia y cortada junto con los huesos y agua, serán precocidas para la elaboración de un caldo base.

Tamizado: Una vez pre-cocinada la carne y el hueso se procede a pasar por un tamiz con el objetivo de eliminar los sólidos.

Cocción: El líquido obtenido de la etapa de tamizado será mezclado con la sal, el aliño, el refrito (previamente calentado por 4 minutos) y el polvo de arveja seca molida (diluida en una determinada cantidad de agua) dando así a la formación del líquido de gobierno.

Escaldado: la papa, col y la zanahoria una vez pasado por los procesos de lavado, pelado y cortado se escaldaran a ebullición durante: 5 minutos (papa y col) y 2 minutos (zanahoria), produciendo así una desactivación enzimática.

Llenado: una vez escaldadas las papas y la col, precocido la carne de cerdo y obtenido el líquido de gobierno en la etapa de cocción se respetará el siguiente orden de llenado: líquido de gobierno, carne de cerdo, líquido de gobierno, papa, líquido de gobierno, col y líquido de gobierno. El líquido de gobierno, tendrá que estar a una temperatura que bordee los 80°C. y el espacio de cabeza será de 5 mm.

Sellado: Una vez llenado los envases, serán pasados por el exhauster y seguidamente cerrados herméticamente para garantizar en gran medida la vida útil del producto.

Tratamiento Térmico: Es la fase más importante del proceso donde el producto es sometido a la acción del vapor directo a 121 °C o 250 °F por un tiempo de 178 minutos. (aprox. 3 horas).

Enfriamiento: Etapa que consiste en la disminución de la temperatura hasta (40-45 °C) de los envases que fueron sometidos a tratamiento térmico con vapor directo.

Etiquetado: Se coloca las etiquetas características del formato de la lata. Esta operación puede ser automática o manual dependiendo del formato, requerimientos del cliente o de la presencia de litografía o no en el envase.

Embalaje: El producto será embalado en cartón o plástico.

Almacenamiento: El producto ya embalado será trasladado al almacén de productos terminados, donde deberá cumplir la respectiva cuarentena a temperatura ambiente (28 °C – 34°C) antes de ser distribuido al mercado.

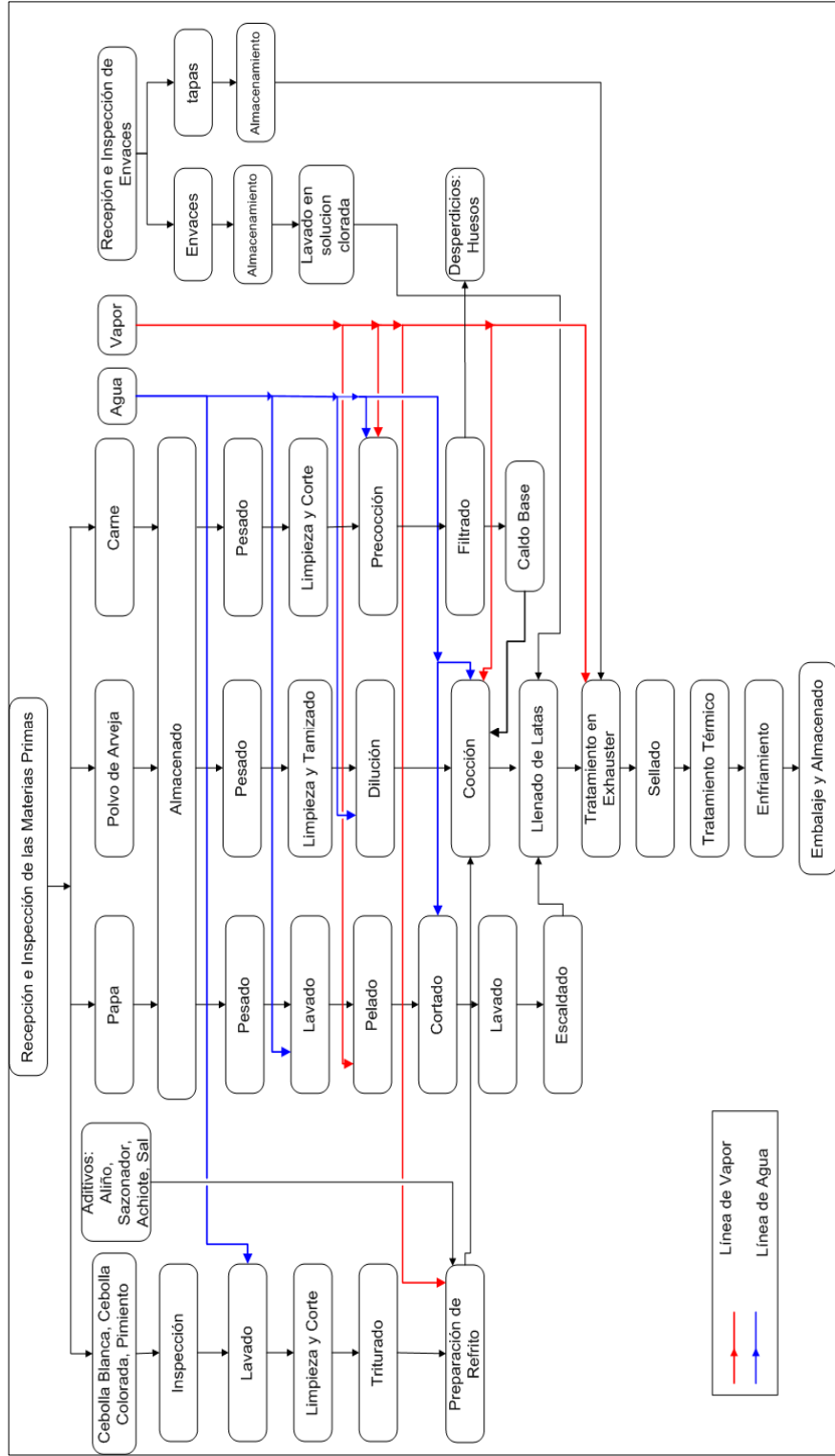


FIGURA 3.11 Diagrama de Proceso para la Sopa de Harina de arveja
 Elaborado por: Arturo Sócrates Palacios

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se obtuvo un producto de consumo tradicional, enlatado en un envase de formato 603X600 de aproximadamente 3 kilogramos, del cual se podrá disponer alrededor de 15 porciones de aproximadamente 250 gr, con el propósito de incentivar a la resolución de problemas de alimentación social.

- En el presente estudio se estableció que el punto de calentamiento más lento o también llamado punto frío está ubicado en el centro geométrico del envase propuesto y que el producto tiene un mecanismo de transferencia de calor principalmente por conducción.

- Para el cálculo de la letalidad F_0 se considero un aumento en el tiempo de tratamiento térmico pronosticado por Stumbo, para alcanzar una letalidad igual a 6 minutos y coincidiendo así con la lectura grafica del data trace.

- Se alcanzó un valor de letalidad F_0 igual a 6 en un tiempo de retención de 178 minutos a una temperatura de proceso de 121 °C, lo cual garantiza la esterilidad comercial.
- El método matemático de Stumbo, empleado para los cálculos de letalidad en el presente trabajo, permite pronosticar tiempos de tratamiento térmico para diferentes temperaturas de proceso sin experimentación adicional.
- La metodología empleada en el presente trabajo, servirá como guía en el diseño y desarrollo de procesos térmicos de productos similares al obtenido.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda complementar este estudio con uno de estabilidad de los nutrientes durante el tratamiento térmico.
- Se podría realizar un estudio complementario de validación de métodos empleados para la determinación de parámetros de esterilización comercial en productos enlatados.

ANEXOS

ANEXO A
Valores de g para Varios J de la Curva de Enfriamiento

| fh/U | Jcc | | | |
|--------|----------|----------|----------|----------|
| | 1,00 | 1,20 | 1,25 | 1,40 |
| 0,20 | 5,09E-05 | 5,43E-05 | 5,51E-05 | 5,76E-05 |
| 0,30 | 2,40E-03 | 2,53E-03 | 2,56E-03 | 2,66E-03 |
| 0,40 | 1,62E-02 | 1,71E-02 | 1,73E-02 | 1,80E-02 |
| 0,50 | 5,06E-02 | 5,38E-02 | 5,46E-02 | 5,70E-02 |
| 0,60 | 1,09E-01 | 1,16E-01 | 1,18E-01 | 1,23E-01 |
| 0,70 | 0,189 | 0,202 | 0,20525 | 0,215 |
| 0,80 | 0,287 | 0,308 | 0,313 | 0,328 |
| 0,90 | 0,400 | 0,429 | 0,43625 | 0,458 |
| 1,00 | 0,523 | 0,561 | 0,57075 | 0,6 |
| 2,00 | 1,93 | 2,07 | 2,105 | 2,21 |
| 3,00 | 3,26 | 3,47 | 3,5225 | 3,68 |
| 4,00 | 4,41 | 4,68 | 4,745 | 4,94 |
| 5,00 | 5,40 | 5,71 | 5,79 | 6,03 |
| 6,00 | 6,25 | 6,61 | 6,7025 | 6,98 |
| 7,00 | 7,00 | 7,41 | 7,5125 | 7,82 |
| 8,00 | 7,66 | 8,11 | 8,2225 | 8,56 |
| 9,00 | 8,25 | 8,74 | 8,865 | 9,24 |
| 10,00 | 8,78 | 9,32 | 9,455 | 9,86 |
| 15,00 | 10,88 | 11,59 | 11,77 | 12,31 |
| 20,00 | 12,40 | 13,26 | 13,4725 | 14,11 |
| 25,00 | 13,60 | 14,6 | 14,85 | 15,6 |
| 30,00 | 14,60 | 15,7 | 15,975 | 16,8 |
| 35,00 | 15,50 | 16,7 | 16,975 | 17,8 |
| 40,00 | 16,30 | 17,5 | 17,8 | 18,7 |
| 45,00 | 17,00 | 18,3 | 18,6 | 19,5 |
| 50,00 | 17,70 | 19 | 19,325 | 20,3 |
| 60,00 | 18,90 | 20,2 | 20,55 | 21,6 |
| 70,00 | 19,90 | 21,3 | 21,65 | 22,7 |
| 80,00 | 20,80 | 22,2 | 22,575 | 23,7 |
| 90,00 | 21,60 | 23,1 | 23,475 | 24,6 |
| 100,00 | 22,30 | 23,9 | 24,275 | 25,4 |
| 150,00 | 25,20 | 26,8 | 27,225 | 28,5 |
| 200,00 | 27,10 | 28,9 | 29,35 | 30,7 |
| 250,00 | 28,60 | 30,5 | 30,975 | 32,4 |
| 300,00 | 29,80 | 31,8 | 32,275 | 33,7 |
| 350,00 | 30,70 | 32,8 | 33,325 | 34,9 |
| 400,00 | 31,50 | 33,7 | 34,25 | 35,9 |
| 450,00 | 32,30 | 34,5 | 35,05 | 36,7 |
| 500,00 | 32,90 | 35,2 | 35,775 | 37,5 |
| 600,00 | 34,00 | 36,4 | 37 | 38,8 |
| 700,00 | 35,00 | 37,5 | 38,1 | 39,9 |
| 800,00 | 35,80 | 38,4 | 39,025 | 40,9 |
| 900,00 | 36,60 | 39,2 | 39,85 | 41,8 |
| 999,99 | 37,30 | 39,9 | 40,575 | 42,6 |

Fuente: Stumbo, C.R. 1973 Termobacteriología en Procesamiento de Alimentos, 2nd ed. Academy Press, New Cork, p. 256.

Elaborado por: Arturo Socrates Palacios.P. (2008)

ANEXO B

Letalidades Obtenidas en Prueba de Determinación de Punto Frío

| Tiempo | | Temperatura del Alimento | | Método General |
|---------|-----------|--------------------------|--------|----------------|
| Proceso | Retención | | | |
| min | min | °C | °F | Fo |
| 100,66 | 91 | 97,76 | 207,97 | 0,058 |
| 101,66 | 92 | 98,08 | 208,54 | 0,062 |
| 102,66 | 93 | 98,38 | 209,09 | 0,068 |
| 103,66 | 94 | 98,68 | 209,63 | 0,073 |
| 104,66 | 95 | 99,00 | 210,19 | 0,079 |
| 105,66 | 96 | 99,28 | 210,71 | 0,086 |
| 106,66 | 97 | 99,58 | 211,24 | 0,093 |
| 107,66 | 98 | 99,87 | 211,76 | 0,1 |
| 108,66 | 99 | 100,19 | 212,34 | 0,108 |
| 109,66 | 100 | 100,44 | 212,79 | 0,116 |
| 110,66 | 101 | 100,71 | 213,28 | 0,125 |
| 111,66 | 102 | 100,98 | 213,76 | 0,135 |
| 112,66 | 103 | 101,26 | 214,27 | 0,145 |
| 113,66 | 104 | 101,54 | 214,77 | 0,156 |
| 114,66 | 105 | 101,82 | 215,27 | 0,168 |
| 115,66 | 106 | 102,07 | 215,72 | 0,18 |
| 116,66 | 107 | 102,34 | 216,20 | 0,193 |
| 117,66 | 108 | 102,60 | 216,67 | 0,207 |
| 118,66 | 109 | 102,84 | 217,11 | 0,222 |
| 119,66 | 110 | 103,10 | 217,58 | 0,237 |
| 120,66 | 111 | 103,33 | 218,00 | 0,254 |
| 121,66 | 112 | 103,59 | 218,46 | 0,271 |
| 122,66 | 113 | 103,83 | 218,90 | 0,29 |
| | | 1 | | |
| 123,66 | 114 | 104,05 | 219,28 | 0,309 |
| 124,66 | 115 | 104,29 | 219,73 | 0,33 |
| 125,66 | 116 | 104,52 | 220,14 | 0,351 |
| 126,66 | 117 | 104,74 | 220,53 | 0,374 |
| 127,66 | 118 | 104,98 | 220,96 | 0,398 |
| 128,66 | 119 | 105,22 | 221,39 | 0,423 |
| 129,66 | 120 | 105,39 | 221,71 | 0,45 |
| 130,66 | 121 | 105,63 | 222,13 | 0,478 |
| 131,66 | 122 | 105,85 | 222,52 | 0,507 |
| 132,66 | 123 | 106,06 | 222,90 | 0,538 |
| 133,66 | 124 | 106,28 | 223,31 | 0,57 |
| 134,66 | 125 | 106,46 | 223,63 | 0,604 |
| 135,66 | 126 | 106,65 | 223,97 | 0,64 |

Elaborado por: Arturo. Sócrates Palacios P. (2008)

ANEXO B1

Letalidades Obtenidas en Prueba de Determinación de Punto Frío

| Tiempo | | Temperatura del Alimento | | Método General |
|---------|-----------|--------------------------|--------|----------------|
| Proceso | Retención | °C | °F | Fo |
| min | min | | | |
| 136,66 | 127 | 106,83 | 224,30 | 0,677 |
| 137,66 | 128 | 107,05 | 224,68 | 0,715 |
| 138,66 | 129 | 107,23 | 225,01 | 0,756 |
| 139,66 | 130 | 107,45 | 225,40 | 0,799 |
| 140,66 | 131 | 107,64 | 225,75 | 0,843 |
| 141,66 | 132 | 107,82 | 226,08 | 0,889 |
| 142,66 | 133 | 108,00 | 226,39 | 0,937 |
| 143,66 | 134 | 108,18 | 226,73 | 0,988 |
| 144,66 | 135 | 108,38 | 227,08 | 1,04 |
| 145,66 | 136 | 108,54 | 227,37 | 1,095 |
| 146,66 | 137 | 108,72 | 227,69 | 1,152 |
| 147,66 | 138 | 108,89 | 228,01 | 1,212 |
| 148,66 | 139 | 109,07 | 228,32 | 1,274 |
| 149,66 | 140 | 109,22 | 228,60 | 1,338 |
| 150,66 | 141 | 109,38 | 228,88 | 1,404 |
| 151,66 | 142 | 109,55 | 229,20 | 1,473 |
| 152,66 | 143 | 109,72 | 229,50 | 1,545 |
| 153,66 | 144 | 109,88 | 229,78 | 1,62 |
| 154,66 | 145 | 110,03 | 230,06 | 1,697 |
| 155,66 | 146 | 110,19 | 230,34 | 1,777 |
| 156,66 | 147 | 110,37 | 230,66 | 1,861 |
| 157,66 | 148 | 110,49 | 230,88 | 1,947 |
| 158,66 | 149 | 110,64 | 231,14 | 2,035 |
| 159,66 | 150 | 110,81 | 231,45 | 2,127 |
| 160,66 | 151 | 110,90 | 231,63 | 2,222 |
| 161,66 | 152 | 111,05 | 231,89 | 2,32 |
| 162,66 | 153 | 111,16 | 232,09 | 2,42 |
| 163,66 | 154 | 111,28 | 232,31 | 2,524 |
| 164,66 | 155 | 111,41 | 232,53 | 2,63 |
| 165,66 | 156 | 111,57 | 232,82 | 2,74 |
| 166,66 | 157 | 111,69 | 233,04 | 2,853 |
| 167,66 | 158 | 111,80 | 233,24 | 2,97 |
| 168,66 | 159 | 111,93 | 233,47 | 3,089 |
| 169,66 | 160 | 112,04 | 233,67 | 3,213 |
| 170,66 | 161 | 112,10 | 233,78 | 3,338 |
| 171,66 | 162 | 112,21 | 233,99 | 3,466 |
| 172,66 | 163 | 112,33 | 234,19 | 3,597 |

Elaborado por: Arturo. Sócrates Palacios P. (2008)

ANEXO C

Letalidades Obtenidas Aplicando El Método de Stumbo

| Tiempo | | G | fh/U | Método Stumbo |
|---------|-----------|-------|--------|---------------|
| Proceso | Retención | | | |
| min | min | °F | - | Fo |
| 100,66 | 91 | 40,50 | 990,28 | 0,198 |
| 101,66 | 92 | 40,03 | 925,05 | 0,212 |
| 102,66 | 93 | 39,56 | 865,35 | 0,227 |
| 103,66 | 94 | 39,10 | 809,35 | 0,242 |
| 104,66 | 95 | 38,64 | 758,98 | 0,258 |
| 105,66 | 96 | 38,19 | 710,20 | 0,276 |
| 106,66 | 97 | 37,74 | 668,03 | 0,293 |
| 107,66 | 98 | 37,30 | 627,96 | 0,312 |
| 108,66 | 99 | 36,87 | 589,55 | 0,333 |
| 109,66 | 100 | 36,44 | 554,40 | 0,354 |
| 110,66 | 101 | 36,01 | 519,66 | 0,377 |
| 111,66 | 102 | 35,59 | 487,61 | 0,402 |
| 112,66 | 103 | 35,17 | 458,94 | 0,427 |
| 113,66 | 104 | 34,76 | 432,43 | 0,453 |
| 114,66 | 105 | 34,36 | 407,06 | 0,482 |
| 115,66 | 106 | 33,96 | 384,41 | 0,510 |
| 116,66 | 107 | 33,56 | 362,98 | 0,540 |
| 117,66 | 108 | 33,17 | 342,77 | 0,572 |
| 118,66 | 109 | 32,78 | 319,65 | 0,613 |
| 119,66 | 110 | 32,40 | 304,92 | 0,643 |
| 120,66 | 111 | 32,02 | 290,37 | 0,675 |
| 121,66 | 112 | 31,65 | 275,99 | 0,710 |
| 122,66 | 113 | 31,28 | 261,77 | 0,749 |
| 123,66 | 114 | 30,91 | 248,18 | 0,790 |
| 124,66 | 115 | 30,55 | 237,07 | 0,827 |
| 125,66 | 116 | 30,19 | 226,09 | 0,867 |
| 126,66 | 117 | 29,85 | 215,24 | 0,911 |
| 127,66 | 118 | 29,49 | 204,52 | 0,959 |
| 128,66 | 119 | 29,15 | 195,35 | 1,004 |
| 129,66 | 120 | 28,81 | 187,34 | 1,046 |
| 130,66 | 121 | 28,47 | 179,43 | 1,092 |
| 131,66 | 122 | 28,14 | 171,60 | 1,142 |
| 132,66 | 123 | 27,81 | 163,87 | 1,196 |
| 133,66 | 124 | 27,48 | 156,23 | 1,254 |
| 134,66 | 125 | 27,16 | 149,05 | 1,315 |
| 135,66 | 126 | 26,85 | 143,67 | 1,364 |

Elaborado por: Arturo. Sócrates Palacios P. (2008)

ANEXO C1

Letalidades Obtenidas Aplicando El Método de Stumbo

| Tiempo | | g | fh/U | Método Stumbo |
|---------|-----------|-------|--------|------------------|
| Proceso | Retención | | | |
| min | min | | | |
| 136,66 | 127 | 26,53 | 138,36 | 1,419 |
| 137,66 | 128 | 26,22 | 133,10 | 1,472 |
| 138,66 | 129 | 25,92 | 127,91 | 1,532 |
| 139,66 | 130 | 25,61 | 122,78 | 1,596 |
| 140,66 | 131 | 25,32 | 117,71 | 1,665 |
| 141,66 | 132 | 25,02 | 112,70 | 1,739 |
| 142,66 | 133 | 24,73 | 107,75 | 1,819 |
| 143,66 | 134 | 24,44 | 102,85 | 1,906 |
| 144,66 | 135 | 24,15 | 98,54 | 1,989 |
| 145,66 | 136 | 23,87 | 95,01 | 2,063 |
| 146,66 | 137 | 23,59 | 91,53 | 2,141 |
| 147,66 | 138 | 23,32 | 88,29 | 2,220 |
| 148,66 | 139 | 23,04 | 85,27 | 2,299 |
| 149,66 | 140 | 22,78 | 82,28 | 2,382 |
| 150,66 | 141 | 22,51 | 79,34 | 2,470 |
| 151,66 | 142 | 22,25 | 76,50 | 2,562 |
| 152,66 | 143 | 21,99 | 73,69 | 2,660 |
| 153,66 | 144 | 21,73 | 70,91 | 2,764 |
| 154,66 | 145 | 21,48 | 68,46 | 2,863 |
| 155,66 | 146 | 21,22 | 66,18 | 2,962 |
| 156,66 | 147 | 20,98 | 63,93 | 3,066 |
| 157,66 | 148 | 20,73 | 61,70 | 3,177 |
| 158,66 | 149 | 20,49 | 59,55 | 3,292 |
| 159,66 | 150 | 20,25 | 57,60 | 3,403 |
| 160,66 | 151 | 20,01 | 55,67 | 3,521 |
| 161,66 | 152 | 19,78 | 53,76 | 3,646 |
| 162,66 | 153 | 19,55 | 51,87 | 3,779 |
| 163,66 | 154 | 19,32 | 50,01 | 3,920 |
| 164,66 | 155 | 19,10 | 48,45 | 4,046 |
| 165,66 | 156 | 18,87 | 46,91 | 4,178 |
| 166,66 | 157 | 18,65 | 45,39 | 4,318 |
| 167,66 | 158 | 18,43 | 43,99 | 4,436 |
| 168,66 | 159 | 18,22 | 42,65 | 4,596 |
| 169,66 | 160 | 18,01 | 41,32 | 4,745 |
| 170,66 | 161 | 17,80 | 40,00 | 4,900 |
| 171,66 | 162 | 17,59 | 38,74 | 5,059 |
| 172,66 | 163 | 17,38 | 37,50 | 5,227 |

Elaborado por: Arturo. Sócrates Palacios P. (2008)

ANEXO D

Letalidades Obtenidas por Método Stumbo vs. Lectura del Sensor

| Temperatura del Alimento | | Tiempo | | Método General | Método Stumbo |
|--------------------------|--------|---------|-----------|----------------|---------------|
| | | Proceso | Retención | | |
| °C | °F | min | min | Fo | Fo |
| 97,76 | 207,97 | 100,66 | 91 | 0,058 | 0,198 |
| 98,08 | 208,54 | 101,66 | 92 | 0,062 | 0,212 |
| 98,38 | 209,09 | 102,66 | 93 | 0,068 | 0,227 |
| 98,68 | 209,63 | 103,66 | 94 | 0,073 | 0,242 |
| 99,00 | 210,19 | 104,66 | 95 | 0,079 | 0,258 |
| 99,28 | 210,71 | 105,66 | 96 | 0,086 | 0,276 |
| 99,58 | 211,24 | 106,66 | 97 | 0,093 | 0,293 |
| 99,87 | 211,76 | 107,66 | 98 | 0,100 | 0,312 |
| 100,19 | 212,34 | 108,66 | 99 | 0,108 | 0,333 |
| 100,44 | 212,79 | 109,66 | 100 | 0,116 | 0,354 |
| 100,71 | 213,28 | 110,66 | 101 | 0,125 | 0,377 |
| 100,98 | 213,76 | 111,66 | 102 | 0,135 | 0,402 |
| 101,26 | 214,27 | 112,66 | 103 | 0,145 | 0,427 |
| 101,54 | 214,77 | 113,66 | 104 | 0,156 | 0,453 |
| 101,82 | 215,27 | 114,66 | 105 | 0,168 | 0,482 |
| 102,07 | 215,72 | 115,66 | 106 | 0,180 | 0,510 |
| 102,34 | 216,20 | 116,66 | 107 | 0,193 | 0,540 |
| 102,60 | 216,67 | 117,66 | 108 | 0,207 | 0,572 |
| 102,84 | 217,11 | 118,66 | 109 | 0,222 | 0,613 |
| 103,10 | 217,58 | 119,66 | 110 | 0,237 | 0,643 |
| 103,33 | 218,00 | 120,66 | 111 | 0,254 | 0,675 |
| 103,59 | 218,46 | 121,66 | 112 | 0,271 | 0,710 |
| 103,83 | 218,90 | 122,66 | 113 | 0,290 | 0,749 |
| 104,05 | 219,28 | 123,66 | 114 | 0,309 | 0,790 |
| 104,29 | 219,73 | 124,66 | 115 | 0,330 | 0,827 |
| 104,52 | 220,14 | 125,66 | 116 | 0,351 | 0,867 |
| 104,74 | 220,53 | 126,66 | 117 | 0,374 | 0,911 |
| 104,98 | 220,96 | 127,66 | 118 | 0,398 | 0,959 |
| 105,22 | 221,39 | 128,66 | 119 | 0,423 | 1,004 |
| 105,39 | 221,71 | 129,66 | 120 | 0,450 | 1,046 |
| 105,63 | 222,13 | 130,66 | 121 | 0,478 | 1,092 |
| 105,85 | 222,52 | 131,66 | 122 | 0,507 | 1,142 |
| 106,06 | 222,90 | 132,66 | 123 | 0,538 | 1,196 |
| 106,28 | 223,31 | 133,66 | 124 | 0,570 | 1,254 |
| 106,46 | 223,63 | 134,66 | 125 | 0,604 | 1,315 |
| 106,65 | 223,97 | 135,66 | 126 | 0,640 | 1,364 |

Elaborado por: Arturo. Sócrates Palacios P. (2008)

ANEXO D1

Letalidades Obtenidas por Método Stumbo vs. Lectura del Sensor

| Temperatura del Alimento | | Tiempo | | Método General | Método Stumbo |
|--------------------------|--------|---------|-----------|----------------|---------------|
| | | Proceso | Retención | | |
| °C | °F | min | min | Fo | Fo |
| 106,83 | 224,30 | 136,66 | 127 | 0,677 | 1,419 |
| 107,05 | 224,68 | 137,66 | 128 | 0,715 | 1,472 |
| 107,23 | 225,01 | 138,66 | 129 | 0,756 | 1,532 |
| 107,45 | 225,40 | 139,66 | 130 | 0,799 | 1,596 |
| 107,64 | 225,75 | 140,66 | 131 | 0,843 | 1,665 |
| 107,82 | 226,08 | 141,66 | 132 | 0,889 | 1,739 |
| 108,00 | 226,39 | 142,66 | 133 | 0,937 | 1,819 |
| 108,18 | 226,73 | 143,66 | 134 | 0,988 | 1,906 |
| 108,38 | 227,08 | 144,66 | 135 | 1,040 | 1,989 |
| 108,54 | 227,37 | 145,66 | 136 | 1,095 | 2,063 |
| 108,72 | 227,69 | 146,66 | 137 | 1,152 | 2,141 |
| 108,89 | 228,01 | 147,66 | 138 | 1,212 | 2,220 |
| 109,07 | 228,32 | 148,66 | 139 | 1,274 | 2,299 |
| 109,22 | 228,60 | 149,66 | 140 | 1,338 | 2,382 |
| 109,38 | 228,88 | 150,66 | 141 | 1,404 | 2,470 |
| 109,55 | 229,20 | 151,66 | 142 | 1,473 | 2,562 |
| 109,72 | 229,50 | 152,66 | 143 | 1,545 | 2,660 |
| 109,88 | 229,78 | 153,66 | 144 | 1,620 | 2,764 |
| 110,03 | 230,06 | 154,66 | 145 | 1,697 | 2,863 |
| 110,19 | 230,34 | 155,66 | 146 | 1,777 | 2,962 |
| 110,37 | 230,66 | 156,66 | 147 | 1,861 | 3,066 |
| 110,49 | 230,88 | 157,66 | 148 | 1,947 | 3,177 |
| 110,64 | 231,14 | 158,66 | 149 | 2,035 | 3,292 |
| 110,81 | 231,45 | 159,66 | 150 | 2,127 | 3,403 |
| 110,90 | 231,63 | 160,66 | 151 | 2,222 | 3,521 |
| 111,05 | 231,89 | 161,66 | 152 | 2,320 | 3,646 |
| 111,16 | 232,09 | 162,66 | 153 | 2,420 | 3,779 |
| 111,28 | 232,31 | 163,66 | 154 | 2,524 | 3,920 |
| 111,41 | 232,53 | 164,66 | 155 | 2,630 | 4,046 |
| 111,57 | 232,82 | 165,66 | 156 | 2,740 | 4,178 |
| 111,69 | 233,04 | 166,66 | 157 | 2,853 | 4,318 |
| 111,80 | 233,24 | 167,66 | 158 | 2,970 | 4,436 |
| 111,93 | 233,47 | 168,66 | 159 | 3,089 | 4,596 |
| 112,04 | 233,67 | 169,66 | 160 | 3,213 | 4,745 |
| 112,10 | 233,78 | 170,66 | 161 | 3,338 | 4,900 |
| 112,21 | 233,99 | 171,66 | 162 | 3,466 | 5,059 |
| 112,33 | 234,19 | 172,66 | 163 | 3,597 | 5,227 |

Elaborado por: Arturo. Sócrates Palacios P. (2008)

ANEXO E

**Tiempos de Retención Calculados por Stumbo
Para una Letalidad Fo Deseada**

| Fo Deseado | Factor | G | STUMBO | |
|---------------|---------|-------|-------------------|---------------------|
| | | | Tiempo Proceso | Tiempo Retención |
| min | fh/U | °F | min | min |
| 0,058 | - | - | - | - |
| 0,062 | - | - | - | - |
| 0,068 | - | - | - | - |
| 0,073 | - | - | - | - |
| 0,079 | - | - | - | - |
| 0,086 | - | - | - | - |
| 0,093 | - | - | - | - |
| 0,100 | - | - | - | - |
| 0,108 | - | - | - | - |
| 0,116 | - | - | - | - |
| 0,125 | - | - | - | - |
| 0,135 | - | - | - | - |
| 0,145 | - | - | - | - |
| 0,156 | - | - | - | - |
| 0,168 | - | - | - | - |
| 0,180 | - | - | - | - |
| 0,193 | - | - | - | - |
| 0,207 | 947,040 | 40,19 | 101 | 92 |
| 0,222 | 883,058 | 39,71 | 102 | 93 |
| 0,237 | 827,168 | 39,25 | 103 | 94 |
| 0,254 | 771,807 | 38,76 | 104 | 95 |
| 0,271 | 723,391 | 38,32 | 105 | 96 |
| 0,290 | 675,996 | 37,84 | 106 | 97 |
| 0,309 | 634,430 | 37,38 | 107 | 98 |
| 0,330 | 594,057 | 36,93 | 109 | 99 |
| 0,351 | 558,515 | 36,49 | 110 | 100 |
| 0,374 | 524,168 | 36,07 | 111 | 101 |
| 0,398 | 492,560 | 35,67 | 111 | 102 |
| 0,423 | 463,449 | 35,25 | 112 | 103 |
| 0,450 | 435,642 | 34,82 | 114 | 104 |
| 0,478 | 410,123 | 34,41 | 115 | 105 |
| 0,507 | 386,664 | 34,00 | 116 | 106 |
| 0,538 | 364,384 | 33,59 | 117 | 107 |
| 0,570 | 343,928 | 33,20 | 118 | 108 |
| 0,604 | 324,567 | 32,79 | 119 | 109 |
| 0,640 | 306,310 | 32,41 | 120 | 110 |

Elaborado por: Arturo. Sócrates Palacios P. (2008)

ANEXO E1

**Tiempos de Retención Calculados por Stumbo
Para una Letalidad Fo Deseada**

| Fo Deseado | Factor | g | STUMBO | |
|---------------|---------|-------|-------------------|---------------------|
| | | | Tiempo Proceso | Tiempo Retención |
| min | fh/U | °F | min | min |
| 0,677 | 289,570 | 32,00 | 121 | 111 |
| 0,715 | 274,180 | 31,60 | 122 | 112 |
| 0,756 | 259,310 | 31,22 | 123 | 113 |
| 0,799 | 245,355 | 30,82 | 124 | 114 |
| 0,843 | 232,550 | 30,41 | 125 | 115 |
| 0,889 | 220,516 | 30,02 | 126 | 117 |
| 0,937 | 209,219 | 29,65 | 127 | 118 |
| 0,988 | 198,420 | 29,28 | 128 | 119 |
| 1,040 | 188,499 | 28,86 | 130 | 120 |
| 1,095 | 179,031 | 28,46 | 131 | 121 |
| 1,152 | 170,172 | 28,08 | 132 | 122 |
| 1,212 | 161,748 | 27,72 | 133 | 123 |
| 1,274 | 153,880 | 27,39 | 134 | 124 |
| 1,338 | 146,516 | 27,39 | 135 | 125 |
| 1,404 | 139,628 | 26,61 | 136 | 127 |
| 1,473 | 133,088 | 26,23 | 138 | 128 |
| 1,545 | 126,886 | 25,86 | 139 | 129 |
| 1,620 | 121,011 | 25,51 | 140 | 130 |
| 1,697 | 115,520 | 25,19 | 141 | 131 |
| 1,777 | 110,320 | 24,88 | 142 | 132 |
| 1,861 | 105,340 | 24,59 | 143 | 133 |
| 1,947 | 100,687 | 24,32 | 144 | 134 |
| 2,035 | 96,333 | 23,98 | 145 | 136 |
| 2,127 | 92,166 | 23,33 | 148 | 138 |
| 2,222 | 88,226 | 23,32 | 148 | 138 |
| 2,320 | 84,499 | 22,98 | 149 | 139 |
| 2,420 | 81,007 | 22,67 | 150 | 140 |
| 2,524 | 77,669 | 22,36 | 151 | 142 |
| 2,630 | 74,539 | 22,07 | 152 | 143 |
| 2,740 | 71,547 | 21,79 | 153 | 144 |
| 2,853 | 68,713 | 21,51 | 155 | 145 |
| 2,970 | 66,006 | 21,21 | 156 | 146 |
| 3,089 | 63,463 | 20,93 | 157 | 147 |
| 3,213 | 61,014 | 20,66 | 158 | 148 |
| 3,338 | 58,729 | 20,39 | 159 | 149 |
| 3,466 | 56,560 | 20,13 | 160 | 151 |
| 3,597 | 54,500 | 19,88 | 161 | 152 |

Elaborado por: Arturo. Sócrates Palacios P. (2008)

ANEXO F

**Tiempos de Retención Obtenidos por
Método Stumbo vs. Lectura del Sensor de Temperatura.**

| Temperatura Alimento | | Fo Deseado | STUMBO | | Tiempos Reales Retención |
|-------------------------|--------|---------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|
| | | | Tiempo Proceso | Tiempo Retención | |
| °C | °F | min | min | min | min |
| 97,76 | 207,97 | 0,058 | - | - | 91 |
| 98,08 | 208,54 | 0,062 | - | - | 92 |
| 98,38 | 209,09 | 0,068 | - | - | 93 |
| 98,68 | 209,63 | 0,073 | - | - | 94 |
| 99,00 | 210,19 | 0,079 | - | - | 95 |
| 99,28 | 210,71 | 0,086 | - | - | 96 |
| 99,58 | 211,24 | 0,093 | - | - | 97 |
| 99,87 | 211,76 | 0,1 | - | - | 98 |
| 100,19 | 212,34 | 0,108 | - | - | 99 |
| 100,44 | 212,79 | 0,116 | - | - | 100 |
| 100,71 | 213,28 | 0,125 | - | - | 101 |
| 100,98 | 213,76 | 0,135 | - | - | 102 |
| 101,26 | 214,27 | 0,145 | - | - | 103 |
| 101,54 | 214,77 | 0,156 | - | - | 104 |
| 101,82 | 215,27 | 0,168 | - | - | 105 |
| 102,07 | 215,72 | 0,18 | - | - | 106 |
| 102,34 | 216,20 | 0,193 | - | - | 107 |
| 102,60 | 216,67 | 0,207 | 101 | 92 | 108 |
| 102,84 | 217,11 | 0,222 | 102 | 93 | 109 |
| 103,10 | 217,58 | 0,237 | 103 | 94 | 110 |
| 103,33 | 218,00 | 0,254 | 104 | 95 | 111 |
| 103,59 | 218,46 | 0,271 | 105 | 96 | 112 |
| 103,83 | 218,90 | 0,29 | 106 | 97 | 113 |
| 104,05 | 219,28 | 0,309 | 107 | 98 | 114 |
| 104,29 | 219,73 | 0,33 | 109 | 99 | 115 |
| 104,52 | 220,14 | 0,351 | 110 | 100 | 116 |
| 104,74 | 220,53 | 0,374 | 111 | 101 | 117 |
| 104,98 | 220,96 | 0,398 | 111 | 102 | 118 |
| 105,22 | 221,39 | 0,423 | 112 | 103 | 119 |
| 105,39 | 221,71 | 0,45 | 114 | 104 | 120 |
| 105,63 | 222,13 | 0,478 | 115 | 105 | 121 |
| 105,85 | 222,52 | 0,507 | 116 | 106 | 122 |
| 106,06 | 222,90 | 0,538 | 117 | 107 | 123 |
| 106,28 | 223,31 | 0,57 | 118 | 108 | 124 |
| 106,46 | 223,63 | 0,604 | 119 | 109 | 125 |

Elaborado por: Arturo. Sócrates Palacios. (2008)

ANEXO F1

**Tiempos de Retención Obtenidos por
Método Stumbo vs. Lectura del Sensor de Temperatura**

| Temperatura Alimento | | Fo Deseado | STUMBO | | Tiempos Reales Retención |
|-------------------------|--------|---------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|
| | | | Tiempo Proceso | Tiempo Retención | |
| °C | °F | min | min | min | min |
| 106,65 | 223,97 | 0,64 | 120 | 110 | 126 |
| 106,83 | 224,30 | 0,677 | 121 | 111 | 127 |
| 107,05 | 224,68 | 0,715 | 122 | 112 | 128 |
| 107,23 | 225,01 | 0,756 | 123 | 113 | 129 |
| 107,45 | 225,40 | 0,799 | 124 | 114 | 130 |
| 107,64 | 225,75 | 0,843 | 125 | 115 | 131 |
| 107,82 | 226,08 | 0,889 | 126 | 117 | 132 |
| 108,00 | 226,39 | 0,937 | 127 | 118 | 133 |
| 108,18 | 226,73 | 0,988 | 128 | 119 | 134 |
| 108,38 | 227,08 | 1,04 | 130 | 120 | 135 |
| 108,54 | 227,37 | 1,095 | 131 | 121 | 136 |
| 108,72 | 227,69 | 1,152 | 132 | 122 | 137 |
| 108,89 | 228,01 | 1,212 | 133 | 123 | 138 |
| 109,07 | 228,32 | 1,274 | 134 | 124 | 139 |
| 109,22 | 228,60 | 1,338 | 135 | 125 | 140 |
| 109,38 | 228,88 | 1,404 | 136 | 127 | 141 |
| 109,55 | 229,20 | 1,473 | 138 | 128 | 142 |
| 109,72 | 229,50 | 1,545 | 139 | 129 | 143 |
| 109,88 | 229,78 | 1,62 | 140 | 130 | 144 |
| 110,03 | 230,06 | 1,697 | 141 | 131 | 145 |
| 110,19 | 230,34 | 1,777 | 142 | 132 | 146 |
| 110,37 | 230,66 | 1,861 | 143 | 133 | 147 |
| 110,49 | 230,88 | 1,947 | 144 | 134 | 148 |
| 110,64 | 231,14 | 2,035 | 145 | 136 | 149 |
| 110,81 | 231,45 | 2,127 | 148 | 138 | 150 |
| 110,90 | 231,63 | 2,222 | 148 | 138 | 151 |
| 111,05 | 231,89 | 2,32 | 149 | 139 | 152 |
| 111,16 | 232,09 | 2,42 | 150 | 140 | 153 |
| 111,28 | 232,31 | 2,524 | 151 | 142 | 154 |
| 111,41 | 232,53 | 2,63 | 152 | 143 | 155 |
| 111,57 | 232,82 | 2,74 | 153 | 144 | 156 |
| 111,69 | 233,04 | 2,853 | 155 | 145 | 157 |
| 111,80 | 233,24 | 2,97 | 156 | 146 | 158 |
| 111,93 | 233,47 | 3,089 | 157 | 147 | 159 |
| 112,04 | 233,67 | 3,213 | 158 | 148 | 160 |
| 112,10 | 233,78 | 3,338 | 159 | 149 | 161 |
| 112,21 | 233,99 | 3,466 | 160 | 151 | 162 |
| 112,33 | 234,19 | 3,597 | 161 | 152 | 163 |

Elaborado por: Arturo. Sócrates Palacios P. (2008)

ANEXO H

PUNTUACIÓN DE MUESTRAS

| Jueces | Muestras | | |
|--------------|----------|------|------|
| | 711 | 901 | 165 |
| 1 | 9,6 | 8,4 | 5,5 |
| 2 | 7,4 | 5,8 | 5,0 |
| 3 | 6,8 | 4,3 | 5,7 |
| 4 | 6,6 | 4,2 | 4,8 |
| 5 | 8,1 | 7,1 | 3,9 |
| 6 | 8,8 | 8,8 | 6,1 |
| 7 | 9,5 | 4,3 | 5,6 |
| 8 | 10,0 | 6,2 | 5,1 |
| 9 | 6,8 | 7,1 | 3,8 |
| 10 | 7,2 | 6,1 | 6,6 |
| 11 | 7,3 | 4,9 | 6,0 |
| 12 | 9,2 | 5,8 | 3,4 |
| 13 | 6,5 | 6,8 | 5,4 |
| 14 | 8,2 | 4,4 | 4,1 |
| 15 | 9,4 | 4,2 | 4,4 |
| 16 | 9,0 | 8,4 | 6,8 |
| 17 | 7,2 | 4,5 | 6,9 |
| 18 | 7,8 | 5,6 | 6,5 |
| 19 | 5,2 | 7,8 | 5,3 |
| 20 | 6,7 | 8,6 | 6,0 |
| 21 | 7,2 | 5,4 | 4,2 |
| 22 | 7,6 | 6,8 | 5,4 |
| 23 | 5,2 | 6,5 | 3,0 |
| 24 | 9,1 | 4,0 | 6,3 |
| 25 | 6,3 | 8,4 | 5,2 |
| 26 | 7,8 | 5,1 | 5,6 |
| 27 | 9,1 | 5,6 | 3,5 |
| 28 | 5,0 | 7,3 | 6,9 |
| 29 | 9,4 | 5,1 | 4,9 |
| 30 | 8,7 | 4,6 | 3,3 |
| Media | 7,76 | 6,07 | 5,18 |

Elaborado por: Arturo. Sócrates Palacios P. (2008)

BIBLIOGRAFIA

1. III Censo Nacional Agropecuario (2002): *Cultivos Transitorios: Superficie, Producción y Ventas*. [Online].http://www.sica.gov.ec/censo/docs/nacionales/tabla_20.htm (Mayo 2007).
2. JACKSON S, Lauren. (1999):*Impact of Processing on Food Safety*. New York: Springer.
3. Heldman and Harter. (1997): *Principles of Food Processing*. New York: Chapman & Hall.
4. LAROUSSE, Jean. (1997): *Food canning technology*. New York: Willey
5. OLIN, Charles. (1957) *Sterilization in Food Technology* .New York: H W Wilson.
6. RICHARDSON, Philip. (2004): *Improving the Thermal Processing of Foods*. Cambridge: Woodhead

7. Sharma, Nulvaney, Rizue. (1997): *Ingeniería en Alimentos: Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio* .New York: Limusa

8. TOLEDO, Romeo (2007): *Fundamentals of food process engineering*. New York: Springer