

# **Estudio de Penetración de Calor en una Conserva de Camarón Envasada en Empaque Flexible.**

Carlos Javier Vásquez Veliz<sup>1</sup>, Luís Miranda Sanchez<sup>2</sup>.  
Ingeniería de Alimentos<sup>1</sup>, Ingeniero de Alimentos<sup>2</sup>  
Profesor Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.  
Escuela Superior Politécnica del Litoral.  
Campus "Gustavo Galindo V.",  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador  
javico1979@hotmail.com, lmiranda@espol.edu.ec

## **Resumen**

En el presente estudio se determinaron los parámetros de proceso térmico para la obtención de una conserva de camarón envasada en un empaque flexible de cuatro capas y de uso unipersonal.

Se realizaron pruebas experimentales para determinar la formulación del líquido de cobertura y las condiciones de envasado y sellado del producto.

En planta piloto se procedió a realizar un estudio de penetración de calor; para definir mediante el método matemático de Stumbo los parámetros de proceso (tiempo y temperatura) del producto; con el fin de obtener un alimento estéril comercialmente y seguro para el consumo humano.

Se evaluó el porcentaje de degradación de la textura del camarón a temperaturas de 70, 90 y 100°C. Se aplicó el método matemático de Stumbo, para así obtener una proyección porcentual de la retención de la textura del producto a diferentes temperaturas de esterilización.

Finalmente, se caracterizó la conserva de camarón y se realizó un diagrama de proceso indicando parámetros y recomendando puntos de control.

## **Abstract**

The present study determined the thermal parameters for obtaining a preserved shrimp wrapped in four layers of flexible packaging and use single member. This will be carried out experimental tests to determine the fluid formulation coverage and terms of filling and sealing product. Also, pilot tests were conducted penetration of heat into the product, which was defined by Stumbo method of processing parameters (time and temperature), in order to obtain a product commercially sterile and safe for human consumption. We assessed the rate of degradation of the texture of the shrimp at temperatures of 70, 90 and 100 ° C. Equations were applied, so to get a projection of the percentage holding of the texture of the product at different temperatures of sterilization. Finally, we characterized the preservation of shrimp and make a diagram indicating parametric process and recommending checkpoints.

## 1. Introducción

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

Es por ello, que la industria conservera en los últimos años ha implementando el desarrollo de los nuevos productos utilizando empaques flexibles tipo Pouch Pak.

El siguiente trabajo de tesis tiene como objetivo, desarrollar un producto y determinar los parámetros de proceso para una conserva de camarón envasada en empaque flexible tipo Pouch. Cabe recalcar que el proceso de tratamiento térmico aplicado en este tipo de empaque difiere totalmente del proceso de esterilización convencional (vapor).

Para la preparación del producto se aprovechara los desperdicios obtenidos del camarón (cabezas) en la operación de limpieza, ya que de estos obtendremos el concentrado de camarón que es un ingrediente usado en la preparación del líquido de cobertura. Esto ayudará a reducir el impacto en la contaminación del medio ambiente de este tipo de industrias.

El presente estudio se realizó en una empresa alimenticia del medio, la cual posee la infraestructura y tecnología necesaria para llevar a cabo el desarrollo de la tesis, en el que se obtendrá como producto final un alimento unipersonal que se flexibilice a las exigencias de los consumidores permitiendo la preparación de diferentes platos, como: ceviches, cócteles, aderezos, salsas, etc.

### Fundamento del tratamiento Térmico

El propósito del estudio de Penetración de Calor es determinar el comportamiento del producto y su envase durante el calentamiento y enfriamiento en un sistema específico de autoclave. Con el fin de establecer matemáticamente si el proceso térmico es seguro (Fig.1).

Paralelamente, se deberá considerar la velocidad de penetración de calor del alimento, en su conjunto envase – producto; los mecanismos de transferencia de calor pueden ser por conducción (frutas, vegetales, enteros o en pedazos grandes con poco líquido), por convección (jugos) y, mixtos (carnes, vegetales en salsas). Su cálculo se realiza tomando en consideración la variación de temperatura en el llamado punto frío o zona de calentamiento más lenta

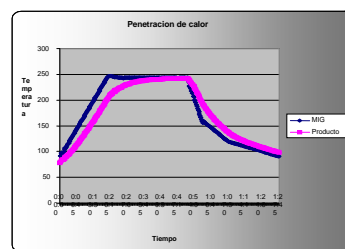


Figura 1. Curva típica de penetración de calor en retortas.

### Microorganismo indicador.-

El microorganismo indicador utilizado con frecuencia en productos tipo conservas es el *Clostridium botulinum* (Fig. 2).



Figura 2. *Clostridium botulinum*.

Es un anaerobio productor de exotoxinas (neurotóxicas) que origina la enfermedad llamada botulismo.

Este microorganismo no crece a pH de 4,5 o menor y actividad de agua menor a 0,93. Para control del botulismo, las conservas alimenticias reciben tratamiento térmico drástico. Una dosis de  $10^{-7}$  gramos es mortal para el hombre.

### Factores que afectan al comportamiento térmico.-

Algunos factores pueden contribuir a la variación en los datos de la temperatura y tiempo obtenidos durante el estudio de penetración de calor. El establecer un proceso requiere del juzgamiento experto y la obtención de adecuados datos experimentales para determinar cual de los factores son críticos y el efecto que causaría el cambio de esos factores ya sea dentro o fuera de los límites críticos establecidos (5).

**Entre los factores críticos tenemos:**

- Producto.
- Envase.
- Método de llenado.
- Sellado.
- Sistema de autoclave.

**Optimización del proceso.-**

El efecto térmico necesario para lograr la conservación de alimentos no solo actúa sobre gérmenes y enzimas, sino que altera también las propiedades organolépticas del producto.

Entre las alteraciones negativas de la calidad tenemos cambios organolépticos en el color, textura, olor, y sabor.

Estos cambios organolépticos pueden determinarse aplicando correctos esquemas de calificación sensorial, mediante la evaluación de un valor  $D_a$  mediante la ecuación (1). El valor  $D_a$  me define la velocidad de degradación de la textura del camarón a una temperatura determinada.

$$D_a = D_{ref} * 10^{(T_{ref}-T_{ret})/Z} \quad (1)$$

Stumbo propone una expresión para medir el efecto del proceso térmico ( $F_a$ ), en relación a la pérdida de nutriente mediante la ecuación (2). Que para el caso del presente trabajo permitirá determinar la degradación de la textura del camarón.

$$F_a = F - \text{Log} \{ (D + g(F_v - F)) / D \} \quad (2)$$

**2. Materiales y Métodos.**

El objetivo de realizar la experimentación a escala laboratorio fue para desarrollar el líquido de cobertura ajustar el pH a 4.6, determinar sus parámetros de sellado, condiciones de llenado y su comportamiento reológico después del tratamiento térmico.

**Materiales**

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

Materia Prima	Datallogger
pHmetro digital.	Termopares (Fig. 5)
Empaque flexibles (Fig. 3).	Software Dplot.
Maquina selladora (Fig. 4)	Autoclave hidrostático (Fig. 6)



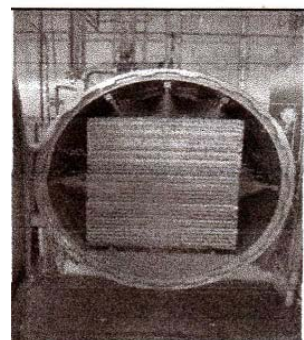
**Figura 3. Empaque flexible.**



**Figura 4. Maquina Selladora.**



**Figura 5. Termopares.**



**Figura 6. Autoclave Hidrostático**

La formulación base, fue diseñada tomando como idea el obtener un producto que fácilmente pueda ser usado para preparar diferentes platos a base de camarón, como ceviches y cócteles de camarón.

Platos que son muy consumidos localmente e internacionalmente (Tabla 1)

## Métodos.

Las pruebas de formulación se basaron en pruebas de acierto y error, escogiendo la mejor combinación de materias primas e ingredientes (Tabla 1). Luego una vez obtenida la combinación ideal esta fórmula fue sometida a diversos ajustes a nivel piloto especialmente en lo concerniente al llenado (Tabla 2) y sellado (Tabla 3).

Ingredientes	%	Gramos
Concentrado de camarón	78.7	395
Salsa de tomate	9.7	48.5
Vinagre	3.9	20
Azúcar	7.1	35.5
Acido cítrico	0.3	1.4
Goma Xantan	0.1	0.5
Pimienta en grano	0.2	1
Total	100	501.9

**Tabla 1. Formula Base Final.**

Ingredientes	%	Gramos
Camarón preparado	48.1	93
Líquido de cobertura	51.9	100
Total	100	193

**Tabla 2. Formula de llenado.**

Parámetro	Tiempo (seg.)
Vació	0.9
Sellado	2.7
Enfriamiento	9

**Tabla 3. Parámetros de Sellado.**

## Estudio de Penetración de Calor

Una vez obtenida la óptima formulación se procedió a realizar el estudio de penetración de calor en los envases flexibles 120mmx180mm (PET, AL, NY, CPP) el cual consistió en las siguientes fases:

- Determinación el punto más lento de calentamiento de la conserva dentro del envase (Punto Frío).
- Determinación de los parámetros de proceso (tiempo y temperatura) de esterilización comercial.

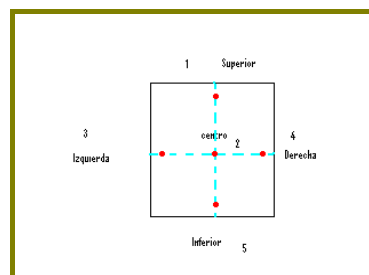
## 3. Resultados

Antes de realizar un Estudio de penetración de Calor es necesario realizar un estudio de Distribución de calor en el equipo; para determinar el punto que demora más en calentarse en el autoclave y proceder a colocar los pouches en esta zona.

### 3.1 Ubicación del Punto Frío

Hay que considerar la velocidad de penetración de calor del alimento, en su conjunto envase – producto; los mecanismos de transferencia de calor pueden ser por conducción (frutas, vegetales, enteros o en pedazos grandes con poco líquido), por convección (jugos) y, mixtos (carnes, vegetales en salsas). Su cálculo se realiza tomando en consideración la variación de temperatura en el llamado punto frío o zona de calentamiento más lenta.

Para la determinación de la zona fría se procedió a colocar 5 sensores de temperatura a lo largo del eje axial del envase centro geométrico (Fig. 7).



**Figura 7. Ubicación de termopares en el envase.**

La figura 8 muestra que los sensores fueron ubicados de manera que el camarón quedara directamente insertado en el sensor.



**Figura 8. Ubicación del termopar en el camaron.**

Según los datos obtenidos en la figura 7 y tabla 4 ; el punto frío de este producto se encuentra en el centro del envase y es a donde debemos conducir nuestro estudio de penetración de calor para poder así obtener un producto comercialmente estéril.

MUESTRA	LUGAR	TEMPERATURA	TIEMPO
1	Superior	223.16	20:00
2	Inferior	223.14	20:00
3	Centro	209.12	20:00
4	Derecha	225.87	20:00
5	Izquierda	237.08	20:00

Tabla 4. Datos obtenidos para la determinación del punto frío.

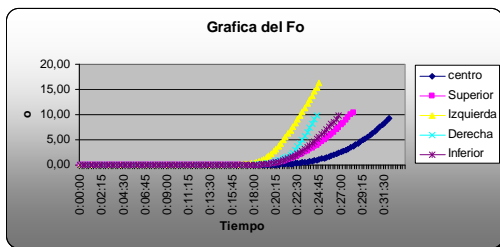


Figura 9. Letalidades Acumuladas en el envase.

### 3.2 Datos obtenidos para la curva de Penetración de calor.

Para poder graficar las curvas de calentamiento y enfriamiento; se uso un programa llamado Dplot, el cual me ayudo a graficar mis datos de una manera fácil y precisa.

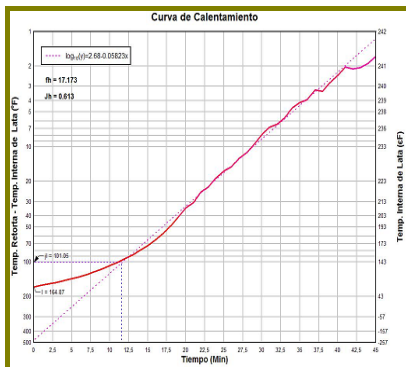


Figura 10. Curva de calentamiento.

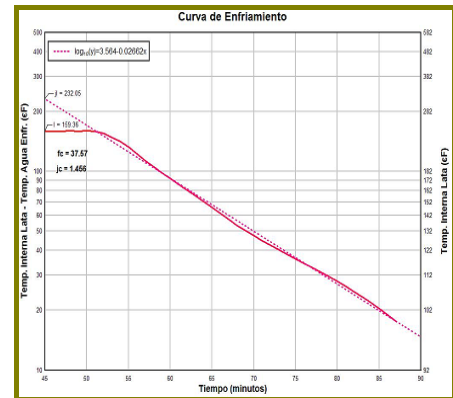


Figura 11. Curva de enfriamiento.

Con los datos obtenidos en el centro geométrico del envase, se grafica en un software Dplot; los datos de temperatura del alimento a tiempo real, recopilados con los sensores de temperatura (Datalogger).

Con estos datos 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.

La figura 10 muestra la curva de calentamiento y la grafica 11 la curva de enfriamiento; con sus respectiva linealizaciones para los datos obtenidos de los sensores de temperatura ubicados en el centro geométrico del envase. Los parámetros obtenidos en las curvas los presentamos en la tabla 5.

Parámetro	Valor	Unidades
$f_h$	17.173	min
$J_h$	0.613	$^{\circ}F$
$j_l$	101.05	$^{\circ}F$
$l_h$	164.87	$^{\circ}F$
$f_c$	37.67	min
$J_c$	1.46	$^{\circ}F$
$j_l$	232.05	$^{\circ}F$
$l_c$	159.36	$^{\circ}F$

Tabla 5. Datos obtenidos de las graficas.

### 3.3 Determinación de los tiempos 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 la letalidad y el 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 el tiempo de esterilización para una letalidad  $F_0$  deseada que para nuestro caso fue 4.

Para poder calcular el tiempo de proceso se utilizó la ecuación (3).

$$Bb = f_h [\log(j_h * I) - \log(g)] \quad (3)$$

Y para calcular el tiempo de retención se utilizó la ecuación (4).

$$Bb = t_r + 0.42 t_{cut} \quad (4)$$

Se pudo determinar que necesito un tiempo de proceso de  $Bb = 30$  minutos, donde 21 minutos equivalen al tiempo de retención para así obtener un alimento comercialmente estéril con un  $F_0 = 4$ .

Adicionalmente en la tabla 6 se muestra la hoja técnica de proceso, la cual me indica, el tiempo de retención para diferentes temperaturas iniciales a la que puede estar la conserva antes de la esterilización

Para ello se utilizó la ecuación 5.

$$T_{rc} = f_h [\log(j_h * (T_r - T_i) - \log(g))] - (0.42 * T_v) \quad (5)$$

LT (°F)	RT (°F)	Tiempo de retención calculado		Tiempo de retención sugerido	
		Minutos	(HH:MM:SS)	Minutos	(HH:MM)
68	243	21.840	0:21:50	22	0:22
73.4	243	21.606	0:21:36	22	0:22
77	243	21.446	0:21:27	22	0:22
82.4	243	21.199	0:21:12	22	0:22
86	243	21.030	0:21:02	22	0:22
89.6	243	20.857	0:20:51	21	0:21
93.2	243	20.680	0:20:41	21	0:21
96.8	243	20.499	0:20:30	21	0:21
104	243	20.122	0:20:07	21	0:21
107	243	19.960	0:19:58	20	0:20

Tabla 6. Hoja Técnica de proceso.

### 3.4 Optimización del Tiempo de Proceso

Lo primero que se hará es calcular el valor D de mi producto para luego proceder con el cálculo de valor  $F_0$  que será mi indicador de degradación de calidad en la textura del camarón.

#### Calculo del valor D:

Se elaboró una escala hedónica para tres temperaturas de calentamiento (70°C, 90°C, 100°C) a tiempos diferentes (5, 10, 15, 20 minutos); y se utilizó el método de scoring o puntuación para evaluar.

El panel de degustación estuvo constituido por 15 panelistas entrenados a quienes se les proporcionó muestras de camarón cocidos; a los cuales se les pidió que evaluaran la textura según la escala de calificación propuesta en el anexo D.

En la tabla 7 se puede visualizar los valores K y D para cada temperatura, como se observa a medida que incrementa la temperatura de calentamiento la constante cinética de velocidad de la textura (K) aumenta. En el caso de D el efecto es opuesto es decir disminuye al incrementar la temperatura.

Temperatura	Valor K (min. <sup>-1</sup> )	Valor D (min.)
158°F (70°C)	0.68	147.05
194°F (90°C)	0.79	73.31
212°F (100°C)	0.73	55.56

Tabla 7. Valores K y D para la degradación de la textura del camarón

En la figura 12 se muestra las rectas obtenidas al plotear el logaritmo de las reducciones decimales versus la temperatura para obtener el valor Z.

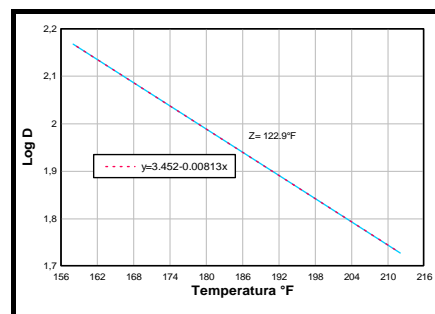


Figura 12. Logaritmo de la reducción decimal en función de la Temperatura

De donde se obtuvo que  $Z = 122.92$  °C; usando la ecuación linealizada de la figura 12; podemos obtener un valor  $D_{117.2}$  para la temperatura a la que se realiza la esterilización,  $D_{117.2} = 29.51$  minutos.

Finalmente se procede a determinar el valor  $F_a$  el cual es un factor de calidad que me indicara el porcentaje de degradación de la textura del camarón en el proceso térmico, en función de los resultados obtenidos en el panel de degustación.

Los resultados obtenidos los presentamos en la tabla 8.

Temperatura (°F)	$F_a$	% de retención de textura
220	96.891	0.1
238	75.015	0.3
240	69.982	0.4
243	62.445	0.78
250	53.055	1.6
255	48.302	2.3

**Tabla 8. Resultados de la optimización de la textura del camarón.**

Notamos que la textura resulta muy afectada por el tratamiento térmico ya que a 243°F se retiene solo el 0.78% de la textura del camarón; por lo tanto la textura no es un factor a tomar en consideración en la optimización del proceso

#### 4. Conclusiones

- Utilizando un empaque flexible de 4 capas: aluminio, nylon, poliéster y polipropileno, para uso unipersonal, obtuvimos una formulación de camarones, con un líquido de cobertura a base de cabezas de camarón, salsa de tomate, vinagre, azúcar, ácido cítrico y goma xantán, con un pH de 4.6.
- Para la determinación de los parámetros de tiempo y temperatura para la esterilización comercial del producto partimos de un factor de esterilización  $F_0=4$  recomendado por la bibliografía consultada.

Las pruebas experimentales se realizaron en las instalaciones de una empresa. La distribución de calor en el autoclave ya estaban predeterminadas. Por esta razón hicimos pruebas para determinar el punto frío en nuestro envase que se localizó en el centro geométrico del mismo. El mecanismo

de transferencia de calor predominante fue el conductivo.

- Los parámetros de procesos obtenidos depende de la difusividad térmica, del coeficiente de transferencia de los componentes de las dimensiones del envase y sellado.
- Los datos obtenidos en la selladora de los empaques flexibles son propios del producto; ya que estos varían en función de las dimensiones del envase y de su contenido.
- Para que esta conserva de camarón sea considerada comercialmente estéril y con un  $F_0=4$ , se debe alcanzar un tiempo de retención de 22 minutos para una temperatura de proceso de 117.2 °C (243 °F). en el sistema envase-producto propuesto.
- El Z calculado fue 68.30°C (122.92°F) y se encuentra dentro del rango de 45°C a 80°C indicado por Lund (1977), para la degradación de factores de calidad de alimentos. Se corrobora lo indicado por Hayakawa quienes consideran que los valores de D y Z; son específico para cada alimento y no pueden ser generalizado en su uso en los diferentes procesos.
- Se deberían realizar otras pruebas utilizando agentes químicos que me ayuden a retener agua en el camarón, para así mejorar la textura que significativamente resulta afectada por el tratamiento térmico.

#### 5. Referencias

1. [www.library.thinkquest.org/C005501F/camaron.htm](http://www.library.thinkquest.org/C005501F/camaron.htm)
2. FLEXIBLE RETORT POUCH DEFECTS, Identification and Classification Manual, Canada.
3. Análisis integral Termo-técnico del proceso de esterilización en productos alimenticios, Protal-Fadesa, 1998.  
TOLEDO ROMERO, Fundamentals of Food Process Engineering, Second Edition.
4. DEL MONTE FOODS STARKIST SEAFOOD, Manual de entrenamiento en procesos térmicos, Noviembre 6-9 de 2006.
5. WATTS B.M., Métodos Sensoriales Básicos para la evaluación de alimentos, Canadá.
6. Estudio de cinética de la pérdida de textura en Gajos de mandarina por efecto del calor.

7. Manual Internacional para el Desarrollo Técnico de los Alimentos Enlatados de Baja Acidez (AEBA) y Alimentos Acidificados (AA)
8. Norma Técnica para conserva de Camarón (CODEX STAN 37).

Responsables:

---

Carlos Javier Vásquez V.

---

Ing. Luís Miranda S.