

# **“ DISEÑO DEL PROCESO PARA INDUSTRIALIZAR LOS RESIDUOS PROVENIENTES DEL ENLATADO DE ATÚN ”**

Daniela Daqui Loureiro<sup>1</sup>, Ing. Luis Miranda<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniera de Alimentos 2005;

<sup>2</sup> Director de Tesis, Ingeniero Químico, Universidad de Guayaquil, 1971, MSC Ingeniería en Alimentos, Universidad de Campinas, Brasil, 1975. Profesor de ESPOL desde 1989.

## **RESUMEN**

El presente proyecto diseña un proceso para industrializar los residuos provenientes del enlatado convencional de atún, generados durante las operaciones de limpieza de los lomos. Actualmente estos residuos, debido a su elevado nivel de oxidación al ser mantenidos durante prolongados períodos de tiempo en contacto con el medio circundante, son desechados o destinados a la elaboración de harina de pescado,

Se describen las materias primas a utilizar, se cuantifica este residuo llamado “desmenuzado”, se analiza la disponibilidad de las mismas, estableciendo formulaciones tecnológicas para obtener un producto destinado al consumo humano denominado “bocaditos de atún en salsa ligeramente picante”.

Las formulaciones seleccionadas fueron sometidas a un estudio de penetración de calor a escala de laboratorio y piloto, con el objetivo de recoger datos de temperatura durante el proceso térmico y poder calcular los parámetros de tiempo y temperatura de operación adecuados, a través de los métodos de Ball y Stumbo y el porcentaje de retención de la tiamina, en base a lo cual se seleccionó el mejor tratamiento térmico, junto a la validación estadística de pruebas de satisfacción a consumidores potenciales.

Finalmente, se presenta la caracterización del producto final, el diagrama de flujo del proceso diseñado y las conclusiones a las que se llegaron.

## **SUMARY**

The present project designs a process to industrialize the originating remainders of the conventional canning of tuna, generated during the tuna's cleaning operation. At the moment these remainders, due to their high level of oxidation to the being maintained during prolonged periods of time in contact with surrounding means, are rejected or destined to the fish meal elaboration.

The raw materials are described to use, quantifies east called remainder "flake", analyzes the availability of the same ones, establishing technological formulations to obtain a product destined to the human consumption denominated "Tuna flake, in slightly sharp sauce". The selected formulations

were put under a study of heat penetration on scale of laboratory and pilot, with the objective to gather data of temperature during the thermal process and to be able to calculate the parameters of time and temperature of operation, through the methods of Ball and Stumbo and the percentage of retention of the thiamine, on the basis of which the best heat treatment was selected, next to the statistical validation of tests of satisfaction to potential consumers.

Finally, one appears the characterization of the end item, the flow chart of the designed process and the conclusions at which they were arrived.

## INTRODUCCIÓN

La industria enlatadora de atún es una de las más importantes del país, y genera divisas gracias a las exportaciones de sus productos: lomitos y trozos en aceite y en salmuera. Sin embargo, en el procesamiento del atún se genera un desperdicio en cantidades considerables de esta materia prima, cuyo principal problema es la oxidación y elevación del porcentaje de histamina, por lo que es aprovechado en la mayoría de los casos, por las industrias procesadoras de harina de pescado.

El presente trabajo propone una alternativa para industrializar los residuos de los lomitos atún, denominados “desmenuzado” en una planta enlatadora, mediante el diseño de un proceso para elaborar un nuevo producto con valor agregado para el consumo humano, inocuo y estable en almacén mediante la aplicación de niveles letales de calor, garantizando una buena calidad nutricional, organoléptica y microbiológica denominado: “Bocaditos de atún ahumado en ligera salsa picante”

Para ello se cuantificó estos residuos, se realizaron formulaciones aceptables en cuanto a concentración de humo líquido, que fueron sometidas a un estudio de penetración de calor del que se partió para la determinación de los parámetros de tiempo y temperatura adecuados empleando los métodos teóricos establecidos por Ball y Stumbo, y para estimar el factor de degradación nutricional del proceso mediante el cálculo del porcentaje de retención de la tiamina en el producto esterilizado, con el método de Stumbo.

Se realizaron pruebas afectivas de satisfacción a través de un panel de degustación, para medir el grado de aceptación de este producto, luego de aplicar métodos estadísticos que validen los resultados obtenidos y finalmente se presenta el diagrama de flujo del proceso diseñado.

Cabe recalcar que el proceso está diseñado acorde a las condiciones de trabajo, capacidad e infraestructura instalada de una empresa que está colaboró con este proyecto, sin embargo cualquier fábrica puede beneficiarse gracias a un mayor rendimiento de la materia prima que procesa, al que le otorgan un valor agregado, utilizando los mismos equipos y recurso humano con los que cuentan en sus producciones actuales, y con ello aumentarían los ingresos para las empresas.

## CONTENIDO

### 1. GENERALIDADES

Las principales especies que se utilizan para elaborar lomititos enlatados son: barrilete, aleta amarilla y patudo, cuyos rendimientos varían de acuerdo a la talla y especie de cada ejemplar; con un promedio estimado del 45% correspondiente a lomos y 55% a vísceras, espinas, piel y cabeza empleadas para la elaboración de harina de pescado; así como tejido muscular con sangre, que se destina a la elaboración de alimentos balanceados para mascotas.

#### 1.1 Materias primas

Para la formulación estándar del producto propuesto “Bocaditos de atún en ligera salsa picante” se combinaron entre sí las siguientes materias primas:

- **Desmenuzado.-** también llamado “flake”, es el tejido muscular del pescado que proviene de la limpieza de los lomos con dimensiones muy pequeñas y que no deberían sobrepasar del 10% del tonelaje procesado en un día de producción. Datos recogidos en planta, ilustra que se excede este porcentaje, razón por la cual se decidió aprovecharlo para el proceso que se ha propuesto. Los niveles de histamina permitidos deben ser menores a 1.66 mg histamina/100g,

TABLA 1  
TONELADAS MENSUALES PROCESADAS

Turno	TM de desmenuzado
I Turno	481.60
II Turno	483.31
Total TM desmenuzado	964.91 (29.07 %)
TM procesadas	3319.42 (100%)

Elaborada por: Daniela Daqui L

Datos tomados al azar durante un mes de producción.

- **AjÍ y Pimiento:** Se empleó *Capsicum annum* var. longum (DC.) Sendt. para el ajÍ, y la variedad no picante para el pimiento verde, cortados en forma cuadrada con dimensiones 5 mm x 5 mm, previamente escalados a 100°C por 1,5 minutos para evitar pardeamiento enzimático, y cuyos rendimientos son: ajÍ 82,6% y pimiento 86,8% de porción comestible.
- **Saborizantes:** se empleó el sabor ahumado en estado líquido “humo mezquita” importado bajo el nombre de “hickory smoke”, para conferir al producto valor agregado al ser dosificado con el líquido de gobierno. Este saborizante es hidrosoluble a temperatura ambiente y no requiere agitación. El nivel de inclusión recomendado varía entre 0.05 y 0.5%, cuya concentración fue determinada de manera estadística por un panel de posibles consumidores quienes escogerán entre 0.1 % y 0.3 %.

- **Aceite:** se empleó aceite de girasol por sus excelentes cualidades organolépticas, que se combinó con agua para obtener el líquido de gobierno del producto propuesto.

## 1.2 Caracterización del producto final

Este nuevo producto ha sido envasado en latas marca Impress de dos piezas con dimensiones 307x108 (83 mm x 38.1 mm), cuyas características son:

- Peso neto: 173 g.
- Peso drenado: 56 g.
- Atún: 46.2 %
- Ají: 1.71 %
- Pimiento: 1.98 %
- Humo líquido: 0.3%
- Aceite de girasol: 19.9%
- Agua: 29.9%

## 2. PRUEBAS EXPERIMENTALES

### 2.1 Diseño Experimental

Se aplicó el diseño de experimentos para estimar el grado de variación en las características organolépticas producido por dos variables de proceso: temperatura de retención y porcentaje de saborizante, factores que se creían afectarían el sabor del producto.

El número de tratamientos establecidos fueron 6, empleando tres niveles para el factor temperatura: 230°F, 240°F y 245°F y dos niveles para el factor porcentaje de saborizante: 0.1% y 0.3%.

**TABLA 2**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS TRATAMIENTOS**

<b>Tratamiento</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Temperatura (°F)	230	230	240	240	245	245
% Humo líquido	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3

Cada tratamiento fue sometido de manera aleatoria a un estudio de penetración de calor y se calculó el porcentaje de retención de la tiamina en cada uno de los tratamientos.

### 2.2 Pruebas Experimentales a escala

Se hicieron pruebas a diferentes escalas: laboratorio y planta piloto que consistió en registrar la temperatura durante el proceso de esterilización que incluye: venteo, mantenimiento y enfriamiento, en intervalos de un minuto, utilizando para ello termocuplas adaptadas al interior de las latas y de los equipos. Además, se analizaron microbiológicamente muestras antes y después del tratamiento térmico, y se determinó su contenido de histamina.

Luego se realizaron curvas de penetración de calor ( $T^{\circ}$  vs  $t$ ) para aplicar la fórmula de Ball y obtener los valores de  $T_{pi}$ ,  $T_{pih}$ ,  $j_c$ , y así determinar los tiempos de proceso.

**2.2.1 Materiales para escala laboratorio:** 20 latas 307 x 108, máquina perforadora de latas, termómetro de mercurio, termocuplas ( 2 ), termo registrador de 10 canales, autoclave pequeño de laboratorio, cocina a gas.

**2.2.2 Materiales para escala planta piloto:** 200 Latas 307 x 108, máquina perforadora de latas, termómetro de mercurio, 4 termocuplas, termo registrador de 10 canales, autoclave, capacidad 300 latas, caldero a diesel.

### 2.3 Evaluación Sensorial

El objetivo su realización fue establecer el mejor tratamiento térmico utilizando pruebas afectivas de satisfacción con encuestas que presentaban escalas hedónicas verbales para calificar dos concentraciones del saborizante ahumado.

*Panel:* 36 jueces consumidores.

*Vehículo empleado:* galletas bajas en sal

*Materiales:* platos blancos con 10 g. de muestra por panelista

*Códigos usados:* T1 = 001, T2 = 200, T3 = 030, T4 = 015, T5 = 660, T6 = 701

**TABLA 3  
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente de Variación	gl	SC	CM	Relación $F_{0.05}$	
				Calculada	Tabulada
Total (T)	215	4951,96			
Tratamiento (Tr)	5	9,49	1,9	0,07	2,22
Panelista (P)	35	54,46	1,6	0,06	1,11
Error (E)	175	4888,01	27,93		

\* Significancia con  $p \leq 0.05$ . Se emplearon tablas de distribución F.

Los valores F tabulados son mayores a los valores F calculados, tanto para los tratamientos como para los panelistas, lo cual indica que no existe diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre los panelistas, ni entre los tratamientos indicando que las concentraciones del humo líquido son igualmente aceptables en cuanto a sabor.

### 3. CÁLCULOS Y RESULTADOS

Para los cálculos de los parámetros de esterilización del producto desarrollado se emplearon los métodos de de Ball y Stumbo, mientras que para calcular la pérdida de nutrientes, se utilizó el método de Stumbo (valor de cocinado C) en el que se determinó el porcentaje de retención de la vitamina B1, también conocida como tiamina, posterior al proceso de esterilización, considerando

que según la Tabla de Composición de Alimentos para Uso en América Latina del INCAP y el ICNND de 1975, el contenido total de tiamina en el atún enlatado importado de EEUU, en aceite 0.04 mg./100 g. porción comestible.

### 3.1 Cálculo de parámetros de esterilización

Datos generales.-

- $F_{250} = 3.6$  minutos (para *C. botulinum*)
- $z = 18$  °F (para *C. botulinum*)
- $g_{j=1}$  Valor tomado de tablas de Stumbo
- $\Delta g/\Delta j$  Valor tomado de tablas de Stumbo
- $T_p$  = temperatura del producto
- $T_a$  = temperatura del medio de calentamiento
- $T_{pih}$  = temperatura pseudoinicial de calentamiento
- $T_{pi}$  = temperatura al inicio del proceso de calentamiento.
- $t_p$  = tiempo de procesamiento
- $f_h = f_c$  = velocidad de calentamiento o enfriamiento (minutos requeridos para que la curva de penetración de calor atravesase un ciclo logarítmico).
- $j_h, j_c$  = tiempo de inducción térmica =  $T_a - T_{pih} / T_a - T_{pi}$
- $B$  = tiempo de *procesamiento de Ball* =  $0.42 t_c + t_p = -f_h \log (j_h l_h / g)$ ,
- $l_h = T_a - T_{pih}$
- $U$  = tiempo para que a la temperatura del dispositivo de tratamiento exista una destrucción microbiana, equivalente al valor  $F$  del proceso.
- $U = F_{250} * F_a = F_{250} * 10^{T_{250}-T_a/z}$
- $F_a$  = tiempo a la temperatura  $T_a$  equivalente a un minuto a 250 °F

**TABLA 4  
DATOS Y RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE ESTERILIZACIÓN DE  
LOS TRATAMIENTOS**

		<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>
<b>T<sub>pi</sub></b>	°F	84	74	79	79	92	74
<b>T<sub>a</sub></b>	°F	230	230	240	240	245	245
<b>T<sub>pih</sub></b>	°F	-70	-60	-85	-110	-105	-105
<b>F<sub>i1</sub></b>	min	12.92	12.92	3.59	3.59	1.90	1.90
<b>U<sub>1</sub></b>	min	46.50	46.50	12.94	12.94	6.82	6.82
<b>(f<sub>h</sub>/U)<sub>1</sub></b>	-	0.68	0.69	2.45	2.45	4.69	4.69
<b>j<sub>h</sub></b>	-	2.05	1.86	2.02	2.17	2.29	2.05
<b>l<sub>h</sub></b>	oF	146	156	161	161	153	171
<b>g<sub>j=1.4</sub></b>		0.198	0.207	2.876	2.876	5.713	5.713
<b>B</b>	min	<b>101.43</b>	<b>100.2</b>	<b>65.00</b>	<b>66.10</b>	<b>57.20</b>	<b>57.30</b>

### 3.2 Cálculo de la degradación de la tiamina

Stumbo derivó una ecuación para integrar la concentración residual de los nutrientes basados en observaciones de los perfiles de temperatura para la transferencia de calor por conducción en cilindros.

Datos:

- $\bar{F} = F - D \text{Log}\{(D+10,92(F_v - F))/D\}$
- $j_v = 0.5 j$  = Valor j para isoterma en el centro del envase
- $g_v = 0.5 g$  = Valor g para isoterma en el centro
- $D_{250} = 158$  minutos para la tiamina en carnes
- $z_n = 55.8$  °F para la tiamina en carnes

**TABLA 5**

**DATOS Y RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE RETENCIÓN DE TIAMINA PARA LOS TRATAMIENTOS**

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>
$f_h$	31.70	31.85	31.65	31.70	32.00	32.10
$(f_h/U)_2^*$	0.459	0.468	1.11	1.11	1.597	1.597
$U_2$	69.06	68.06	28.51	28.56	20.04	20.10
$F_{in}$	2.28	2.28	1.51	1.51	1.229	1.229
$F_o$	30.26	29.82	18.87	18.90	16.30	16.35
$g_v$	0.99	0.1035	1.438	1.438	2.8565	2.862
$j_v$	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705	0.705
$(f_h/U)_n^*$	0.4206	0.4206	0.971	0.971	1.3278	1.3278
$U_n$	75.37	75.73	32.60	32.65	24.10	24.18
$F_v$	33.02	33.18	21.57	21.61	19.61	19.67
$F$	42.25	44.14	30.62	30.67	30.42	30.52
$C/C_o$	0.5403	0.5255	0.6400	0.6396	0.6419	0.6410
<b>% Retención</b>	<b>54.0 %</b>	<b>52.6 %</b>	<b>64.0 %</b>	<b>64.0 %</b>	<b>64.2 %</b>	<b>64.1 %</b>

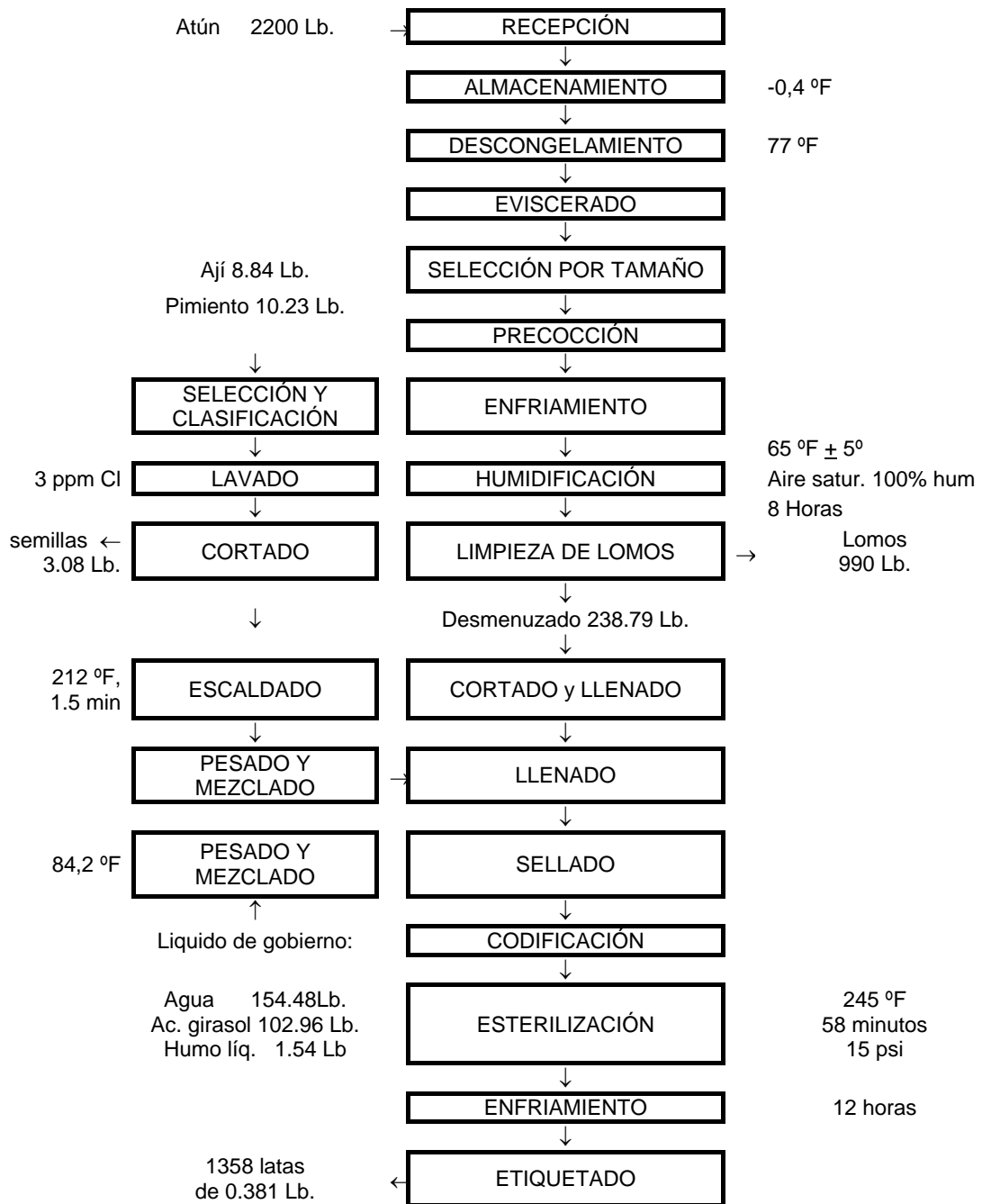
**3.3 Determinación de parámetros de proceso**

En base a los resultados obtenidos, los parámetros que se utilizaran para esterilizar los “Bocaditos de atún ahumado en ligera salsa picante” serán:

- Tiempo de venteo (hasta cerrar válvulas).- 15 minutos
- Tiempo de retención.- 57.30 min
- Temperatura inicial del producto.- mínimo 74 °F
- Temperatura de retención.- 245 °F
- Temperatura de agua de enfriamiento.- 25 °C
- Temperatura final (donde se podrá abrir el autoclave).- 96 °F
- Presión manométrica.- 15 psi

**3.4 Diagrama de flujo del proceso diseñado**

El diagrama de flujo que a continuación se presenta, parte de una tonelada de pescado crudo, tal cual llega a la planta desde el puerto, con el fin de poder planificar las operaciones de producción en base al balance de materia correspondiente a la caracterización del producto final establecidos en el punto 1.2.



**FIGURA 1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DISEÑADO**



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En base a las pruebas experimentales desarrolladas durante este proyecto, se pudo obtener un producto de calidad destinado al consumo humano, denominado: bocaditos de atún ahumado en salsa ligeramente picante.
2. El diseño del proceso de producción del producto propuesto, requiere una mínima inversión para los equipos de mezclado y para el área de preparación de ingredientes vegetales, que se adaptarían fácilmente a la infraestructura que ya está instalada en la fábrica.
3. Las cantidades de desmenuzado, que se generan en el proceso de enlatado de atún convencional, son suficientes para mantener una producción continua del producto propuesto, puesto que del tonelaje total del pescado que ingresó a planta durante el período de estudio, el 30% aprox. se eliminaron diariamente en forma de desmenuzado
4. La producción del producto propuesto no interferiría con la actual utilización de desmenuzado que se envía al exterior, ya que se estaría utilizando el excedente que se destina a la elaboración de harina de pescado.
5. El porcentaje de desmenuzado dentro de la lata corresponde al 46,2%, pudiendo procesarse en su totalidad como desmenuzado o combinando el 50% de la pastilla con trozos que también se generan en las operaciones de limpieza.
6. La producción del producto propuesto serviría como incentivo para aumentar la producción de ají y pimiento en el país, mejorando los ingresos del sector agrícola.
7. Del diseño de experimentos se desprende que el mejor tratamiento térmico es el que se realiza a 245°F por 57.30 minutos, no solo debido a que se asegura la inocuidad microbiológica del producto, sino a que es el que presenta mayor retención de nutrientes, en especial de la tiamina en un 64 %,
8. El  $F_{250}$  utilizado como referencia fue de 3,6 minutos para *Clostridium botulinum*, que es el valor comercial recomendado; sin embargo se puede utilizar un período mayor como rango de seguridad del proceso térmico.
9. Con el método de Ball y Stumbo las determinaciones de procesos térmicos pueden realizarse fácilmente a partir de un  $F_0$  específico y de los parámetros de penetración de calor hallando el valor g correspondiente a su factor  $f_h/U$ , y calculando el tiempo de procesamiento B.
10. El valor  $f_h$  y j son independientes de la temperatura inicial y del venteo, porque corresponde a la fase posterior a ellas, y tampoco dependen del número de envases que se encuentren dentro del autoclave.

11. El valor  $f_h$  depende de la difusividad térmica, del coeficiente de transferencia de los componentes, de la geometría y dimensiones del envase, por lo tanto, este valor debe ser nuevamente calculado si la formulación se modifica o si se envasa en latas de diferente medida a la establecida.
12. Los costos de producción de la planta disminuyen, ya que la materia prima que se está empleando es la recuperación de un “desperdicio” obtenido de los procesos de limpieza de lomos, que anteriormente se desecharía.
13. El análisis sensorial en el cual se aplicó herramientas como el análisis de varianza para la característica sabor ahumado, permitió establecer de manera clara, precisa y objetiva que no existió diferencias significativas entre las formulaciones propuestas ante los panelistas que participaron de las encuestas y paneles de degustación.
14. Se recomienda que la pastilla de atún dentro de la lata, no sea en su totalidad de desmenuzado, sino que se lo combine con trozos o pedazos de lomo para darle mas firmeza.

## REFERENCIAS

1. D. Daqui, “Diseño del Proceso para la Industrialización de los Residuos provenientes del Enlatado de Atún” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2005) pp. 2-63
2. A. Anzaldúa-Morales, La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica, (1ra. Edición, Zaragoza, España, Editorial Acribia, 1994) pp. 84-87
3. G. Barbosa-Canovas, Manual de Laboratorio de Ingeniería de Alimentos. (1ra. Edición. Zaragoza, España, Editorial Acribia) pp. 33-55
4. W. Woot-Tsuen, Tabla de Composición de Alimentos para Uso en América Latina, (2da. Edición, Guatemala, Interamericana, 1975) pp. 72
5. R. Toledo, Fundamentals of Food Process Engineering. (2<sup>nd</sup> Edition, EEUU) pp. 390-393
6. S. Sharma, Ingeniería de Alimentos: Operaciones Unitarias y Prácticas de Laboratorio, (1ra. Edición, México, Editorial Limusa) pp. 110-120
7. D. Warne, Manual sobre el Envasado de Pescado en Conserva, FAO Documento Técnico de Pesca N° 285, 1989 pp. 1-9
8. B.M. Watts, Métodos Sensoriales Básicos para la Evaluación de Alimentos. (Centro Internacional de Investigación, Ottawa, Canadá, 1989). pp. 73-86