Saber, Universidad de Oriente, Venezuela. Vol. 29:374-384. (2017)
ISSN: 2343-6468 Digital / Depósito Legal ppi 198702SU4231 ISSN: 1315-0162 Impreso / Depósito Legal pp 198702SU187

EFECTO DEL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN EN CONSERVAS DE ATÚN AL NATURAL

EFFECT OF THE STERILIZATION PROCESS CANNED TUNA IN WATER

ENRIQUE PINO HERNÁNDEZ[1,2,3,4], ALBERTO SERRADA[4], CARMEN FARÍAS[1]

[1]Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Escuela de Zootecnia, Programa de Tecnología de Alimentos, Maturín, Venezuela,
[2]Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia de Alimentos (LAPOA/FEA), Belém, Pará, Brasil,
[3]Universidade do Minho, Cento de Engenharia Biológica - CEB, Campus Gualtar, Braga, Portugal,
[4]Alimentos Polar, Departamento de Investigación y Desarrollo, Mariguitar, Venezuela
E-mail: eph@ceb.uminho.pt

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del proceso de esterilización en conservas de atún listado (*Katsuwonus pelamis*) al natural. Se diseñaron tres tratamientos: A_1: atún precocido a 110°C x 110 min, A_2: atún esterilizado a 117,77°C x 55 min y A_3: atún esterilizado a 117,77°C x 70 min. Las muestras de atún enlatado se analizaron microbiológicamente, se determinaron los parámetros pH, color, textura, además de la composición proximal y se realizó prueba sensorial de diferencia pareada con un panel semi-entrenado. Los resultados de los análisis microbiológicos evidencian que no existen riesgos a la salud de los consumidores. El pH tuvo diferencia significativa entre los tratamientos estudiados. El color de la pastilla de atún presentó diferencias significativas en las coordenadas L* y a*, resultando A_2 con tendencia a colores rojos claros. En cuanto a b* no hubo diferencias significativas. Los tratamientos no tuvieron diferencia significativa en la textura (TPA). El contenido de humedad y proteínas tuvieron diferencia significativa, debido al proceso térmico, no siendo así para las grasas, cenizas y carbohidratos totales. No hubo diferencias significativas en la prueba sensorial. El tratamiento A_2 se propone como alternativa de producción, debido a que minimiza los efectos desfavorables sobre las características evaluadas en las conservas de atún.

PALABRAS CLAVE: Pescado, defectos de calidad, histamina, microbiología.

ABSTRACT

The goal of this study was to evaluate the effect of the sterilization process in natural canned tuna (*Katsuwonus pelamis*). Three treatments were carried out: A_1: precooked tuna at 110°C x 110 min, A_2: tuna sterilized at 117.77°C x 55 min and A_3: tuna sterilized at 117.77°C x 70 min. The canned tuna samples were analyzed microbiologically, the parameters pH, color, texture, in addition to the proximal composition were determined and a sensory difference test was performed paired with a trained panel. All results were compared through ANOVA and Duncan test. The results of the microbiological tests show that there were no risks to the health of consumers. pH had a significant difference between the treatments studied. The color of the tuna tablet presented significant differences in L* and a* coordinates, resulting in A_2 with a tendency towards light reds. As for b*, there were no significant differences. The treatments had no significant difference in texture (TPA). The moisture content and proteins had a significant difference, due to the thermal process, but not for fats, ashes and total carbohydrates. There were no significant differences in the sensory test. The A_2 treatment is proposed as a production alternative because it minimizes the adverse effects on the characteristics evaluated in canned tuna.

KEY WORDS: Fish, quality defects, histamine, microbiology.

INTRODUCCIÓN

El atún listado es una de las especies pesquera de mayor consumo e importancia en Venezuela, su producción tiene un significativo uso industrial, éste se emplea como materia prima en las empresas enlatadoras para elaborar conservas dirigidas al consumo humano, con alta calidad e inocuidad (Izquierdo *et al*. 2007).

Las conservas es un método de conservación de los alimentos cuyos orígenes datan desde 1810 atribuidos al científico Nicolás Appert. Éste proceso, asocia un tratamiento térmico, envasado hermético y sellado que mantiene las características nutricionales y organolépticas del musculo de atún (Corzo 1993).

De acuerdo con la norma venezolana COVENIN 1766-1995 (COVENIN 1995), el atún en conserva es el producto a partir de pescado de las especies de atún siguientes: albacora, patudo, rojo, rabil y el listado, envasado en medio líquido, en recipientes herméticamente cerrados y sometidos a esterilización que proporcione la esterilidad comercial del producto enlatado.

Iborz y Barbosa (2005) definen La esterilización como el proceso por el que se

Recibido: septiembre 2016. Aprobado: diciembre 2016.
Versión final: mayo 2017.

obtienen productos estables durante mucho tiempo sin necesidad de refrigeración. La esterilización permite una conservación por más largo tiempo, se lleva a cabo en una atmósfera saturada de vapor o en agua caliente en autoclaves durante un tiempo y una temperatura determinada cuidadosamente (Rees y Bettison 1994, Hall 2001).

Ocasionalmente el atún enlatado, sometido a sobre-esterilización puede presentar daños físicos, pérdida de valor nutritivo y defectos de calidad en los atributos sensoriales. Debido a esto la esterilización debe ser estandarizada ajustando temperaturas y tiempos, para evitar cambios indeseados y de esta manera inducir al aumento de la producción, garantizando productos terminados de calidad. Por tal motivo se realizó un estudio diagnóstico para la validación del proceso térmico donde se estableció el tiempo adecuado de esterilización.

Con base en lo expuesto anteriormente el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la esterilización sobre las características microbiológicas, física-químicas, proximales y sensoriales en conservas de atún al natural.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la materia prima

La materia prima que se utilizó fue atún listado (*Katsuwonus pelamis*), obtenido de los desembarcos de la pesca en el puerto del estado Sucre, Cumana, Venezuela, provenientes de las capturas de la flota industrial que operan en el océano pacifico. Se seleccionaron especímenes de atún listado +3, con esta denominación se identifican los atunes de más de 3 kilogramos.

Los análisis se realizaron en los laboratorios de Tecnología de Alimentos y Nutrición Animal y Forraje de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Campus Los Guaritos, en el laboratorio de Post-cosecha del INIA-Maturín y en el laboratorio de análisis físico-químicos de la Empresa Alimentos Polar, Productos Marinos.

En la Figura 1 se presenta el diagrama de experimento para la evaluación del efecto del proceso térmico sobre las características físicas, proximales y sensoriales de conservas de atún. Las muestras fueron analizadas después del proceso de pre-cocción y esterilización, se utilizó un muestreo aleatorio para la selección de las muestras.

Análisis microbiológicos

Se analizaron *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus* coagulasa positivo y Coliformes a 45ºC termotolerantes siguiendo la metodología descrita por Downes y Ito (2001).

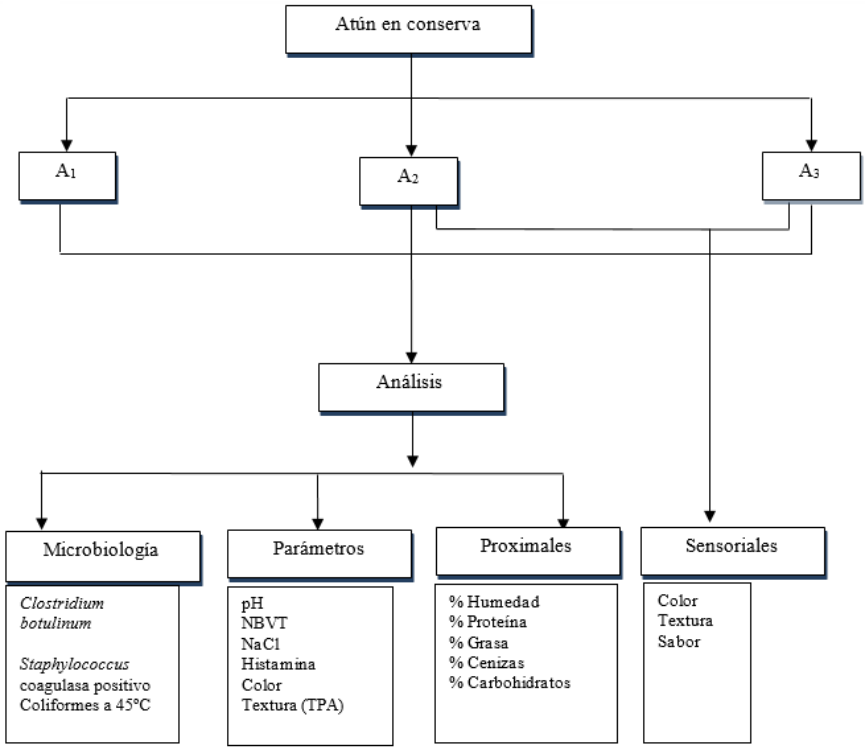


Figura 1. Diagrama de experimento para la evaluación del efecto del proceso térmico sobre las características físicas, proximales y sensoriales de conservas de atún listado. A_1 = Atún precocido 230°F (110,00°C) x 110 min. A_2 = Atún esterilizado a 244°F (117,77°C) x 55 min (propuesto para el estudio). A_3 = Atún esterilizado a 244°F (117,77°C) x 70 min (proceso estándar de producción).

Descripción del proceso de elaboración de conservas de atún

Para describir el proceso de elaboración de conservas de atún de formato 211 x 201 (140 g) presentación al natural, se realizaron inspecciones visuales para reconocer las instalaciones, maquinarias y operaciones unitarias empleadas en la empresa, así como entrevistas verbales que se hicieron al personal que labora en la línea de producción. Se explicaron todas las operaciones unitarias implicadas en la elaboración de las conservas desde la materia prima hasta el producto terminado y almacenado, señalando las variables temperaturas y tiempos donde requirió; además se indicaron aquellos puntos críticos de control existentes durante el proceso de elaboración.

El diagrama de flujo se construyó siguiendo los pasos establecidos por la norma COVENIN-ISO (COVENIN-ISO 1995) y FUNDIBEQ (FUNDIBEQ 2010) que determinan consideraciones de simbología, metodología, reglas y herramientas necesarias para la elaboración del mismo.

Parámetros físicos-químicos

El pH se determinó mediante el método oficial propuesto por COVENIN 1315-79 (COVENIN 1979). Para el contenido de sal/cloruros (NaCl) y bases volátiles totales (N-BVT) se emplearon las metodologías descritas en las Normas Analíticas del Instituto Adolfo Lutz (IAL 2008). La cuantificación de la amina biogénica histamina fue realizada según procedimientos descritos por Silva *et al.* (2011). El análisis de humedad, proteína, grasas y cenizas fueron realizadas por la metodología (AOAC 2000); carbohidratos totales según Chávez y González (1995).

La determinación del color se realizó empleando un colorímetro digital (Minolta, CR 310, USA), fundamentándose las lecturas en la parte interna de la pastilla de atún (taco de atún), empleando el procedimiento de Serrada (2010).

En la determinación de textura por el ensayo del TPA (Análisis de Perfil de Textura) se utilizó el método de compresión con la ayuda de un texturómetro (Brookfield, QTS 25, Alemanha), se comprimió axialmente en dos ciclos, en cada uno hasta el 50% de su altura original promedio de 37,07 mm, La velocidad para las dos compresiones fue de 2 mm/s, la fuerza aplicada de 0,05 kgf y el émbolo un diámetro de 11,5 cm, con 1,5 milímetro de espesor.

Determinación de la diferencia de los atributos sensoriales

El ensayo se realizó con un panel analítico entrenado integrado por 12 personas. Se aplicó una prueba de diferencia pareada de acuerdo a lo recomendado por Dutcosky (2013). Se evaluaron los atributos color, textura y sabor del atún listado en conservas.

Para la evaluación se tomaron muestras de atún en conserva de los dos procesos térmicos (A_2, A_3), con un peso aproximado de 140 g (una conserva de atún por muestra) que fueron colocadas en platos de plástico blanco, a temperatura ambiente (27 ± 2°C) y codificados con tres dígitos aleatorios, para luego ser presentadas simultáneamente.

Diseño estadístico

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres tratamientos: A_1 atún precocido (230°F) x 110 min, A_2 atún esterilizado a (244°F) x 55 min y A_3 atún esterilizado a (244°F) x 70 min. Se realizaron tres repeticiones por tratamiento para un total de 27 unidades experimentales.

Variables independientes: los tres tipos de atún (precocido por 110 min, esterilizado por 55 min y esterilizado por 70 min).Variables dependientes: parámetros (pH, color, textura) y proximales (humedad, proteína, grasa, cenizas y carbohidratos totales). Los análisis pH y proximales fueron por triplicado, el color y la textura fue por quintuplicado.

Análisis estadísticos

Para los resultados de los parámetros físicos y proximales se utilizó un análisis de varianza y donde hubo diferencias significativas se aplicó una prueba de promedio de Duncan al 5% con ayuda de un paquete estadístico SAS (SAS 2004). Por otra parte, los resultados de la prueba sensorial de diferencia pareada se analizaron mediante la tabla de comparación pareada de diferencia de Roessler *et al*. (de una cola) al 5 % recomendada por Arocha (1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis microbiológicos

No fue detectada a presencia de *Clostridium botulinum* en las muestras analizadas de atún enlatado (Tabla 1), lo que permite afirmar que el proceso de esterilización se realizó cumpliendo

los estándares y se garantiza la inocuidad de producto.

Los valores encontrados de *Staphylococcus* coagulasa positivo y Coliformes a 45ºC termotolerantes (Tabla 1) fueron inferiores al límite permitido por la norma venezolana COVENIN (1766:95) (COVENIN 1995). Estos microorganismos no son característicos en pescados, su determinación es para garantizar que la manipulación durante el procesamiento se realizó en condiciones adecuada (Pino Hernández *et al.* 2017).

Los resultados de los análisis microbiológicos evidencian que la higienización y control de temperatura durante a manipulación y procesamiento fueron efectuados adecuadamente, evitando riesgos microbiológicos a la salud de los consumidores.

Descripción del proceso de elaboración de conservas de atún al natural

En la Figura 2 se presentan las operaciones unitarias que se llevaron a cabo en esta investigación durante el proceso de elaboración de conservas de atún listado (*Katsuwonus pelamis*) al natural, las cuales se describe a continuación

Tabla 1. Resultados de los análisis microbiológicos.

Tratamiento	***Clostridium botulinum***	***Staphylococcus* coagulasa positivo**	**Coliformes 45°C**
Atún precocido	-	1,00 Log UFC/g (a)	2,52 Log NMP/g (a)
Enlatado	Ausencia	1,00 Log UFC/g (a)	1,48 Log NMP/g (b)

*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa entre las muestras ($p \leq 0,05$).UFC: unidades formadoras de colonia; NMP: número más probables.

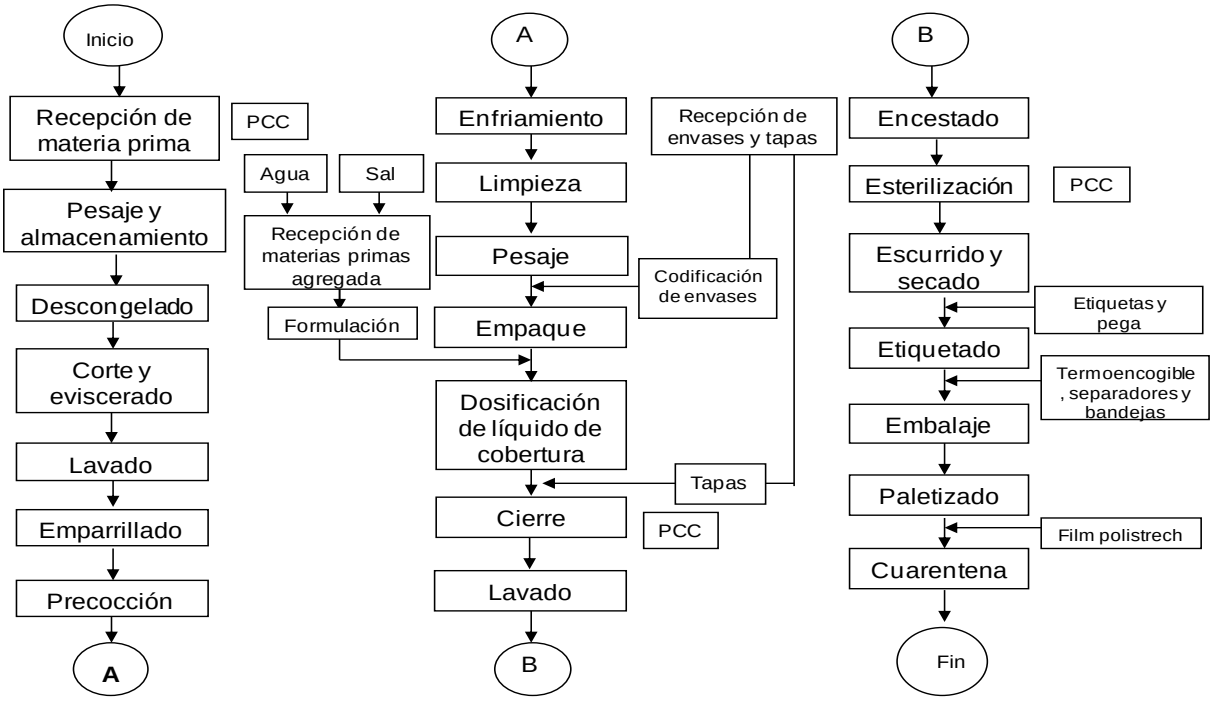


Figura 2. Esquema tecnológico del proceso de elaboración de conservas de atún listado (*Katsuwonus pelamis*) al natural. PCC: punto crítico de control.

En la recepción de la materia prima se realiza la clasificación de los atunes por especie y tamaño, para luego ser transportada a la empresa procesadora. Seguidamente, se efectúa un muestreo aleatorio de n = 6 atunes; la evaluación de frescura, se hace mediante inspección visual de las branquias, ojos, piel, textura, daños físicos, olor, cavidad ventral, órganos internos y pared ventral y posteriormente se hacen los análisis físico-químicos [sal (%), pH, humedad (%), nitrógeno básico volátil total (NBVT) (mg N/100 g), histamina (mg/100 g)] y organolépticos

(apariencia, olor, color, sabor y textura) en las partes del lomo y cola. Toda esta evaluación se realiza por control de calidad.

Esta etapa es punto crítico de control (PCC), cualquier alteración mayor encontrada en el atún no podrá ser mejorado durante, ni después de las operaciones unitarias que se aplique para la elaboración de las conservas.

En la fase de pesaje y almacenamiento, la materia prima es pesada y almacenada a -22,5°C. En el frigorífico se utiliza un proceso de inventario FIFO, es decir, primera materia prima que entra, será la primera en salir.

Descongelado, una vez que el departamento de producción solicita el requerimiento en kg del atún crudo, el departamento de frigorífico se encarga de pesar y trasladar hasta el área de descongelado a una temperatura de 5°C.

Corte y eviscerado, se efectúa cuando el tejido muscular aún es firme, para así evitar pérdida de producto aprovechable. El corte de la cabeza se realiza con una sierra eléctrica, este proceso facilita la pre-cocción.

Lavado, los pescados pasan al túnel de lavado, el cual cuenta con una cascada de agua potable a presión, esta etapa ayuda a eliminar restos de sangre, bajar carga microbiana y retirar cualquier material extraño que no corresponda al atún.

Emparrillado, el atún crudo es colocado en bandejas de acero inoxidable y luego llevado a los carros (jaulas) metálicos con divisiones, los mismos tienen una capacidad de 20 bandejas, con un peso aproximado de 800 a 900 kg por carro.

Pre-cocción, se realiza en hornos horizontales (Ghizzoni) en combinación vapor-agua a una temperatura más o menos de 80-100°C, hasta que la columna vertebral alcance una temperatura final de 65ºC.

Luego del enfriamiento respectivo de los atunes pre-cocidos, se procede a un muestreo para realizar los análisis de sal (%) y humedad (%), dichos análisis deben cumplir con un estándar establecido por las normas COVENIN (3 % de sal) y (75 % de humedad).

Limpieza y pesaje, se realiza de forma manual, con cuchillos de acero inoxidable, se retira la piel, los huesos, las espinas, el músculo oscuro y cualquier otro material interno o externo diferente al músculo claro. Los lomos limpios son pesadas para conocer la cantidad real de los mismos que serán utilizados en el área de empaque (envasado).

Empaque, los lomos de atún son colocados de forma manual en las mesas de la máquina (tunipack 300), seguidamente se introducen en el túnel alimentación, que se encarga de cortar la carne de atún e introducirla en las latas, ésta son codificadas en la tapa (tapa superior) para garantizar su trazabilidad a lo largo de la cadena de producción y comercialización.

Dosificación del líquido de cobertura natural, mezcla de agua y sal a una temperatura promedio entre 65-70°C con el propósito de crear vacío en la lata. La relación dentro de la lata entre la pastilla de atún y el líquido de cobertura es de 70:30 respectivamente. Después de finalizar esta operación, se verifica el peso sólido y neto del producto, además de medir la temperatura del líquido de cobertura.

Cierre, esta operación es realizada de forma automática; comienza con barrido de vapor a 5-10°C para evitar el movimiento de la tapa al momento de realizar las dos operaciones que ocurren en el proceso del doble cierre, (*1*) colocar la tapa encima de la lata y (*2*) doble cierre o engargolado. Esta etapa es un PCC, de no ser conforme el doble cierre no podrá ser mejorado en las etapas subsiguientes provocando riesgos de contaminación del producto por fugas.

Lavado y encestado, los enlatados son lavados con solución jabonosa (desengrasante) a una temperatura de 50 a 70°C, seguidamente, las latas son colocadas en cestas cilíndricas y separadas en camadas por discos perforados para su envío a las líneas de esterilización.

Esterilización, esta etapa garantiza la esterilidad comercial del producto y por ende su inocuidad, debido a esto es declarada un PCC. Ésta etapa comienza con una formación de vacío que dura aproximadamente 10 min y seguidamente inyección de vapor a 102°C, una presión de 13 psi y un tiempo dependiendo el producto a esterilizar; concluido el tiempo de esterilización, se procede al enfriamiento que se lleva a cabo dentro del mismo autoclave por inundación a presión atmosférica usando agua generalmente a temperatura ambiente, esto hasta que los envases alcancen una temperatura de alrededor de 35-37°C, con la finalidad de provocar un choque térmico y evitar la sobre-cocción.

Escurrido y secado, las cestas se colocan inclinadas para drenar el agua acumulada en los envases, luego, se trasladan al área de etiquetado

y se van colocando las conservas en la mesa pasando por una columna de aire caliente que va secándolas.

Etiquetado, se coloca de forma automatizada la identificación del producto. Son dos etapas, la primera es la adición de la pega y la siguiente es la etiqueta correspondiente a su tamaño, producto, marca, tipo de líquido de cobertura, entre otros.

Embalaje, el producto se arregla utilizando bandejas de cartón y un recubrimiento plástico termoencogible de textura firme, que por acción del calor son selladas y finalmente empaquetadas.

Paletizado y almacenamiento, las cajas de las conservas son colocadas sobre paletas de madera, cubiertas con film polistrech (papel plástico) y organizadas de forma mecánica con ayuda de un brazo hidráulico; finalmente se trasladan al almacén.

Cuarentena, el producto terminado es almacenado durante cuarenta días; para acelerar esta operación se toman dos conservas, se incuban durante seis días a 37°C. Transcurrido ese tiempo, se analiza (pH, inspección visual externa e interna de envases y organoléptica del producto) y de estar conforme con los resultados se autoriza la liberación del producto para el despacho.

Determinación de los parámetros físico-químicos

Los valores obtenidos del parámetro pH (Tabla 2), muestra que existen diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) entre los diferentes tratamientos, de acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) y la posterior prueba de promedios.

Tabla 2. Valores promedios de los parámetros físico-químicos de enlatados de atún.

Tratamientos	Parámetros						
	pH	Cloruros (g/100g)	N-BVT (mg N/100g)	Histamina (mg/kg)	L*	a*	b*
A_1	6,13 ± 0,01 [(a)]	1,4 ± 0,2 [(a)]	54,0 ± 0,4 [(a)]	0,5 ± 0,1 [(a)]	52,94 ± 1,5 [(b)]	-1,6 ± 0,2 [(b)]	24,58 ± 1,2 [(a)]
A_2	5,70 ± 0,01 [(b)]	1,5 ± 0,3 [(a)]	51,6 ± 0,5 [(a)]	0,0 ± 0,0 [(b)]	57,67 ± 1,7 [(a)]	2,26 ± 0,1 [(a)]	20,83 ± 1,5 [(a)]
A_3	5,56 ± 0,01 [(c)]	1,3 ± 0,3 [(a)]	53,4 ± 0,3 [(a)]	0,0 ± 0,0 [(b)]	53,92 ± 1,8 [(b)]	3,154 ± 0,4 [(a)]	22,26 ± 1,3 [(a)]

A_1: atún pre-cocido a 110°C x 110 min, A_2: atún esterilizado a 117,77°C x 55 min y A_3: atún esterilizado a 117,77°C x 70 min.
*Media ± desvió padrón.
*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa entre las muestras ($p \leq 0,05$).

La norma COVENIN (COVENIN 1994) indica que el pH del músculo del pescado fresco oscila entre valores de 5,8 y 6,5, estando A_1 dentro del rango establecido por la norma. A pesar de existir diferencias significativas entre los tratamientos A_2 y A_3 estos valores se encuentran dentro del rango establecido por la norma interna de la empresa procesadora, el cual está comprendido entre 5,40-6,50 para conserva de atún listado e igualmente están dentro de los valores que establece Corzo (1993), para productos marinos enlatados que es entre 5-7 de pH.

Los resultados de sal y N-BVT (mg/100g) en las diferentes muestras no presentaron diferencia significativa ($p < 0,05$) indicando buena calidad y fresco de los tratamientos. El contenido de sal (g/100 g) se mantiene por debajo de los 3% y el N-BVT por debajo de los 50 mg N/100 g establecidos como límites máximos de aceptación para los productos enlatados.

La importancia de la determinación de la amina biogénica histamina en los pescados de musculatura oscura, en evitar la posible intoxicación de los consumidores. Su detección en niveles elevados, es decir, no aceptables en la materia prima es indicio de una deficiente manipulación que provoco la formación de histamina a partir de la descarboxilación del aminoácido histidina, abundante en estos peces por un proceso de deterioro microbiano y por consiguiente de rechazo del producto. Los resultados obtenidos en esta investigación registraron valores inferiores a los 100 mg/kg límite de aceptación en producto marino.

Determinación de color

Coordenada L*

El análisis de varianza (ANOVA) y la posterior prueba de promedios realizada determinó que existen diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) entre los valores de la luminosidad (L*). El tratamiento A_1 obtuvo un valor de L* 52,938, A_2 L* 57,674 y A_3 L* 53,920, no presentando diferencias estadísticas éste último con A_1 pero si con el A_2. El tratamiento A_2 presentó el mayor

valor, lo que quiere decir que obtuvo las tonalidades características de un enlatado procesado adecuadamente en comparación con los demás tratamientos (Fig. 3). Sielaff (2000) indica que durante el tratamiento térmico ocurre la desnaturalización y coagulación de las proteínas con el consecuente paso de la mioglobina a metamiocromógeno que da coloraciones que van de pardas a rosado claro.



Figura 3. Imágenes de los diferentes tratamientos mostrando las diferencias de color. Derecha: Atún precocido. Centro: Atún esterilizado adecuadamente. Izquierda: Atún sobre esterilizado.

Coordenada a*

El análisis de varianza (ANOVA) y la posterior prueba de promedios aplicada indica que existen diferencias estadísticas, entre los valores de la coordenada a*. Los tratamientos A_2 y A_3 no presentando diferencias estadísticas entre sí, pero si fueron diferentes a A_1; mostrando A_3 una tonalidad parda debida posiblemente a un sobre procesado.

El tratamiento A_1 obtuvo un valor negativo indicando presencia de ligeras tonalidades de color verde claro, esto indica pérdida del color rojo debido al tratamiento térmico, formación de los compuestos como colemioglobina (estos pigmentos verdes son inducidos por factores como la luz, oxigeno, temperatura y tiempo de procesamiento) y a la desulfuración de los aminoácidos azufrados principalmente la cisteína como lo refiere Badui (1993).

Los valores de los tratamientos A_2 y A_3 fueron positivos indicando una tendencia de colores rojos claros a pardos, el tratamiento A_2 presentó el color deseado en las conservas de atún. Badui (1993), cita que el color pardo de la carne sometida a altas temperaturas (esterilización) se genera por una gran variedad de reacciones que ocurren porque el hierro de la mioglobina pasa del estado ferroso Fe^{++} a la forma férrico Fe^{+++}.

Coordenada b*

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los tratamientos estudiados para la coordenada del color b* indica que no hubo diferencias estadísticas significativas. Todos los tratamientos mostraron valores positivos (+b*), estos indican que posiblemente existe aparte del color rojo claro característico a nivel intramuscular en la carne de atún cocida, ciertas tonalidades amarillas que fueron detectadas por el equipo y que presumiblemente correspondan a la presencia de los miocomatas.

Análisis de perfil de textura (TPA)

Aunque no existen diferencias estadísticas según el ANOVA aplicado entre los tratamientos, de los resultados encontrados podemos inferir que el tratamiento A_1 produjo el valor de dureza 1 y 2 más firme, compacta y con mayor resistencia al aplastamiento (Tabla 3).

En cuanto a la elasticidad, el tratamiento A_1 presentó poca elasticidad y mayor aplastamiento, en comparación a los tratamientos A_2 y A_3. Por otra parte, en la adhesividad, el tratamiento A_2 presentó el mayor valor (0,60 N/s).

En la rigidez el tratamiento A_3 resultó el más elevado (41,52 N/s); las variaciones de textura están asociadas a los efectos que causa la temperatura sobre las proteínas miofibrilares. Por otra parte, el tratamiento A_1 presentó valores de 55,16 kg m/s^2 para la gomosidad, 533,0 N x mm

de masticabilidad (energía necesaria para desintegrar un producto sólido a un estado listo para ser deglutido) y 0,62 N de fracturabilidad, y los tratamientos esterilizados A_2 (44,32 kg m/s^2; 439,1 N x mm y 0,54 N) y A_3 (42,70 kg m/s^2; 422,1 N x mm y 0,56 N) respectivamente; esta variabilidad se debe al tiempo y temperatura de cocción y a la humedad.

Tabla 3. Valores promedio de las características del análisis de perfil de textura (TPA) de enlatados, sometidas a diferentes tratamientos térmicos.

Tratamientos	Dureza 1 (N)	Dureza 2 (N)	Cohesividad	Elasticidad (mm)	Adhesividad (N/s)
A_1	154,92 (a)	112,06 (a)	0,36 (a)	8,48 (a)	0,56 (a)
A_2	142,98 (a)	93,04 (a)	0,30 (a)	9,68 (a)	0,60 (a)
A_3	154,02 (a)	95,04 (a)	0,30 (a)	9,86 (a)	0,48 (a)

Tratamientos	Rigidez	Gomosidad (kg m/s^2)	Masticabilidad (N x mm)	Fracturabilidad (N)
A_1	39,32^a	55,16^a	533,0^a	0,62^a
A_2	28,88^a	44,32^a	439,1^{a}0	0,54^a
A_3	41,52^a	42,70^a	422,1^a	0,56^a

A_1: atún pre-cocido a 110°C x 110 min, A_2: atún esterilizado a 117,77°C x 55 min y A_3: atún esterilizado a 117,77°C x 70 min.
*Media ± desvió padrón.
*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa entre las muestras ($p \leq 0,05$).

Análisis de la composición proximal

Humedad

El análisis de varianza (ANOVA) y la posterior prueba de promedios indican que existen diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) entre los valores de humedad del tratamiento de atún precocido A_1 con respecto a los esterilizados, los cuales fueron similares entre sí.

Olivares (2004) citado por León (2011), señala que el contenido de agua en atún está en un rango comprendido entre 61 y 75% después de la precocción. Este rango de humedad es inferior al obtenido para el tratamiento A_1. León (2011) indica que un alto contenido de humedad facilita y vuelve más sencillas y eficientes las labores de limpieza del atún.

La Norma COVENIN 1766:1995 (COVENIN 1995) específica para conservas de atún al natural un valor de humedad de 75%, porcentaje de humedad similar a lo encontrado para A_2 (74,21) y A_3 (73,19), debido posiblemente al método empleado para la determinación del componente. Sin embargo, los resultados obtenidos en los tratamientos A_2 y A_3 se encuentran dentro del rango comprendido entre 71,98 a 75,59 % reportado por Izquierdo *et al*. (2007) en su investigación con conservas de atún al natural.

Proteínas

El análisis de varianza y la prueba de promedios indicó que existe diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre todos los tratamientos. La Tabla 4, muestra que el tratamiento precocido arrojó el menor valor, en comparación con los tratamientos esterilizados, resultando el tratamiento A_3 con el mayor valor proteico. Allara *et al*. (2001) analizaron muestras de atún (*Thunnus thynnus)*, estableciendo un contenido proteico de 26,53%; valor superior al obtenido en esta investigación; se puede inferir que esta variación es debido a las diferentes especies empleadas en las investigaciones.

Tabla 4. Valores promedios del análisis proximal expresados en g/100 g del atún precocido y las conserva de atún listado al natural sometidas a diferentes tratamientos térmicos.

Tratamientos	Análisis (%)				
	Humedad	Proteínas	Grasa	Cenizas	Carbohidratos totales
A_1	76,42 ± 0,50 (a)	21,87 ± 0,56 (c)	0,36 ± 0,23 (a)	0,97 ± 0,05 (a)	0,40 ± 0,05 (a)
A_2	74,21 ± 0,32 (a)	23,50 ± 0,43 (b)	0,59 ± 0,27 (a)	1,03 ± 0,23 (a)	0,36 ± 0,05 (a)
A_3	73,19 ± 0,92 (b)	25,06 ± 0,37 (a)	0,33 ± 0,06 (a)	0,90 ± 0,34 (a)	0,43 ± 0,05 (a)

A_1: atún pre-cocido a 110°C x 110 min, A_2: atún esterilizado a 117,77°C x 55 min y A_3: atún esterilizado a 117,77 C x 70 min.
*Media ± desvió padrón. *Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa entre las muestras ($p \leq 0,05$).

En los tratamientos A_1, A_2 y A_3 se observa que el contenido de proteínas fue mayor a medida que fue incrementando el tiempo de exposición al tratamiento térmico, esto se puede correlacionar con la humedad, donde a medida que disminuyó el contenido de ésta, se incrementaron los valores de las proteínas, estos resultados coinciden con los obtenidos por Castelo *et al*. (2011), quien evaluó los rendimientos de *Katsuwonus pelamis* con dos métodos de cocción, donde obtuvo valores de proteínas superiores cuando aplicó mayor tratamiento térmico.

Grasa

El análisis de varianza, aplicado indica que no existió diferencias significativas con relación al contenido de grasa entre los tratamientos precocido (A_1), esterilizado por 55 min (A_2) y esterilizado por 70 min (A_3).

Los resultados obtenidos fueron bajos, siendo característico en la mayoría de las conservas de atún al natural. Izquierdo *et al*. (2000) señala que el contenido de grasa en atún es muy variable y depende de la especie, el ciclo de maduración sexual, la disponibilidad de alimentos y de los hábitos alimenticios del pescado.

Cenizas

El análisis de varianza realizado indicó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos precocido (A_1) y los esterilizados (A_2 y A_3) presentando valores de 0,97; 1,03 y 0,90 respectivamente (Tabla 4). La importancia de la determinación de este parámetro en el atún enlatado está relacionada al contenido de sal, calcio, fósforo, hierro y cobre.

Carbohidratos totales

Los resultados del contenido de carbohidratos totales (Tabla 4), de acuerdo al análisis de varianza aplicado no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados. Los valores se mantuvieron inferiores a 0,5 (g/100g), siendo esto normal en especies acuícolas y está relacionada con la cantidad de carbohidrato (glucógeno) almacenado en el tejido vivo, así mismo, al estado nutricional del pez, grado de agotamiento al momento de la muerte (Huss 1999).

Diferencias de los atributos color, textura y sabor

Los juicios emitidos por parte de los panelistas para los atributos evaluados fueron inferiores a 10 (Tabla 5), por lo tanto la prueba indica que no hubo diferencia estadística significativa entre las conservas de atún listado con diferentes tiempos de esterilización para ninguno de los atributos evaluados**.**

Las pastillas de atún, con menos tiempo de esterilización fueron las que presentaron un color más claro y el sabor menos a cocido, mientras que las pastillas con mayor tiempo de esterilización mostraron una textura más blanda al ser masticada por los panelistas. Según Lund (1982) los aspectos como el sabor, la textura y la apariencia son las características más importantes en los alimentos, porque son atributos que el consumidor puede evaluar fácilmente y usar como base para distinguir entre productos competidores y su compra.

Tabla 5. Resultados del análisis sensorial de diferencia pareada de las conservas de atún listado al natural sometidas a diferentes tratamientos térmicos.

Tratamientos	N	Atributos			
		Color más claro	textura más blanda al masticar	Sabor más a cocido	Número de juicios significativos
A_2	12	8ª	4ª	4ª	10
A_3	12	4ª	8ª	8ª	

A_2: atún esterilizado a 117,77°C x 55 min y A_3: atún esterilizado a 117,77°C x 70 min.
N: número de panelistas.
*Media. *Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa entre las muestras ($p \leq 0,05$).

CONCLUSIONES

El proceso de 55 min a 244°F, se propone como alternativa de producción, debido a que minimiza los efectos desfavorables sobre las características físicas, proximales y sensoriales de las conservas de atún listado al natural.

AGRADECIMIENTOS

A Empresas Polar por el financiamiento para la realización de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARA M, AÑEZ J, DELGADO P, IZQUIERDO P, TORRES G. 2001. Contenido de proteínas y perfil de aminoácidos del atún (*Thunnus tyhnnus):* efecto de tres métodos de cocción. Muticiencias. 1(002):141-147.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). 2000. Official methods of analysis. 17ª HORWITZ, W (Ed.). AOAC, Arlington, USA, pp 1094.

BADUI S. 1993. Química de los alimentos. 3 ed. Alambra Mexicana, México DC, México, pp. 1124.

CASTELO R, GONZALES Y, TRUJILLO Z, GUERRA M, VEGA L. 2011. Evaluación de los rendimientos del bonito (*Katsuwonus pelamis*) con dos métodos de cocción. Rev. Cubana de Inv. Pes. 28(1):42-47.

DOWNES FP, ITO K. 2001. Compendium of methods for the microbiologycal examination of Foods. American Public Health Association, Washington DC, USA, pp.659.

DUTCOSKY SD. 2013. Análises Sensorial de Alimentos (4th ed.). Champagnat, Curitiba, Brasil, pp. 531.

CHÁVEZ P, GONZÁLEZ E. 1995. Problemario bromatología y nutrición. Texto, Caracas, Venezuela, pp. 90.

CORZO O. 1993. Refrigeración, congelación y tratamiento térmico de los alimentos. Coordinación de Publicaciones, Universidad de Oriente. Cumaná-Venezuela. pp 137-138.

COVENIN (COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES). 1979. Alimentos determinación de pH (Acidez iónica) (1315:79). Fondonorma. Caracas-Venezuela.

COVENIN (COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES). 1994. Pulpa de pescado requisitos (1386:94). Fondonorma. Caracas-Venezuela.

COVENIN (COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES). 1995. Atún en conserva (3era Revisión) (1766:95). Fondonorma. Caracas-Venezuela.

COVENIN-ISO (COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES - ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE ESTÁNDARES). 1995. Gestión de la calidad y elementos del sistema de la calidad. Parte 4: Lineamientos para el mejoramiento de la calidad. (9004:1995). Fondonorma. Caracas-Venezuela.

FUNDIBEQ (FUNDACIÓN IBEROAMERICANA PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD). 2010. Herramientas para la excelencia. Diagrama de flujo. Disponible en línea en: http://www.fundibeq.org. (Acceso 05.09.2011].

HALL G. 2001. Tecnología del procesado del pescado. Acribia, Zaragoza, España, pp. 301.

HUSS H. 1999. Pescado fresco su calidad y cambios de su calidad. Documento Técnico de Pesca No. 348, FAO, Roma, Italia, pp. 202.

IBORZ A, BARBOSA G. 2005. Operaciones unitarias de la ingeniería de alimentos. Mundi-Prensa, Barcelona-Madrid, España, pp. 50.

IAL (INSTITUTO ADOLFO LUTZ). 2008. Aditivos. *In*: Métodos físico-químicos para análise de alimentos, 4ta Edição. Secretaria de Estado da Saúde, Coordenadoria de Controle de Doenças, São Paulo, Brasil, pp. 161-278.

IZQUIERDO P, TORRES G, ALLARA M, MÁRQUEZ E, BARBOZA Y, SÁNCHEZ E. 2000. Análisis proximal, contenido de aminoácidos esenciales y relación calcio/fósforo en algunas especies de pescado. 2001. Rev. Científica FCV-LUZ. 11(2):95-100.

IZQUIERDO P, GARCÍA A, RIVAS D, GARCÍA A, ALLARA M, GONZÁLEZ P. 2007. Análisis proximal y determinación de histamina en atún enlatado en aceite y al natural. Rev. Científica FCV-LUZ. 17(6):647-652.

LEÓN K. 2011. Condiciones operativas para la cocción del atún entero congelado recibido en la planta APC-Marigüitar. Isla de Margarita: Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias Aplicada al Mar, Programa de Tecnología de Alimentos [Trabajo de Grado licenciatura en Tecnología de Alimentos], pp. 74.

LUND B. 1982. Quantifying Reactions influencing Quality of Foods: Texture, Flavor and Appearance. J. Food Process Preserv. 6(3):133-156.

PINO HERNÁNDEZ EJ, DE CARVALHO RN, JOELE MR, DA SILVA ARAUJO C, LOURENÇO LD. 2017. Effects of modified atmosphere

packing over the shelf life of sous vide from captive pirarucu (*Arapaima gigas*). Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 39:94-100.

REES J, BETTISON J. 1994. Procesado térmico y envasado de los alimentos. Acribia, S.A. Zaragoza-España. 288 p.

SAS (SAS INSTITUTE). 2004. SAS User"s Guide: Stadistics. 5th Edition. SAS System Versión 6,02. Cary NC, USA.

SERRADA A. 2010. Evaluación del proceso térmico aplicado a conservas de atún y sus efectos sobre el color y la textura. Barcelona: Universidad de Oriente, Tecnología y Ciencias de la Ingeniería. Postgrado en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos. [Trabajo de Grado especialización en Ciencias de los Alimentos], pp. 122.

SIELAFF H. 2000. Tecnología de la fabricación de conservas. Acribia, Zaragoza, España, pp. 195.

SILVA TM, SABAINI PS, EVANGELISTA WP, GLORIA MB. 2011. Occurrence of histamine in Brazilian fresh and canned tuna. Food Control. 22(2):323-327.