

## **ESTUDIO DEL PROCESO DE ESTERILIZACIÓN DEL ATÚN EN EMPAQUES FLEXIBLES**

*Ana María Costa-Viver<sup>1</sup>\* y José A. Suárez-Morales<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, km 30,5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador EC090112.*

<sup>2</sup>*Facultad de Ingeniería Química, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Marianao 19390, La Habana, Cuba.*

*E-mail: [acosta@espol.edu.ec](mailto:acosta@espol.edu.ec)*

### **RESUMEN**

El propósito de este trabajo fue realizar un estudio comparativo entre la esterilización tradicional con vapor saturado y la esterilización con sobrepresión de vapor en atún tipo Albacora empacado en envases flexibles al evaluar el efecto del proceso sobre la integridad del envase y la calidad del producto. La evaluación de los dos sistemas de esterilización permitió establecer el método o procedimiento más adecuado para la producción de atún en envases flexibles. Se concluye que ambos métodos son factibles atendiendo a la integridad del envase, pero que existe una afectación sobre la calidad del producto dada por la mayor pérdida de tiamina cuando se emplea la esterilización tradicional con vapor saturado, aunque en ambos se logra la esterilidad comercial pero a un costo mayor en la esterilización tradicional.

**Palabras clave:** esterilización, empaques flexibles, atún.

### **ABSTRACT**

#### **Study of the tuna sterilization process in pliable pouches**

The aim at present work was to perform a comparative study between a traditional sterilization by saturated vapor and the sterilization by overpressure in a type of Albacore tuna, which is packed in pliable pouches, and at the same time to evaluate the all process effect on the quality of the product and pouches integrity. The evaluation of both sterilization methods allowed defining the more adequate system for the tuna production in pliable pouches. It can be concluded that, both method are suitable, in relation with the pack integrity. However, a greater damage on the thiamine content was produced with the traditional sterilization by saturated vapor. In both methods the commercial sterility was reached but with a higher cost in the traditional sterilization.

**Keywords:** sterilization, pliable pouches, tuna.

### **INTRODUCCIÓN**

Los "pouches" o empaques flexibles han constituido uno de los últimos avances en empaques para productos que requieren de un proceso de esterilización, pero a la vez una mejor presentación y facilidad de uso (1, 2).

Sin embargo, este material requiere de un proceso de esterilización bajo condiciones particulares que le permita resistir las presiones internas normalmente generadas durante el calentamiento a altas temperaturas

---

*\*Ana María Costa Viver: Ingeniera en Alimentos (2008). Master en Ingeniería de Alimentos (2011). Profesor Investigador con 20 años de experiencia. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral. (ESPOL) Guayaquil, Ecuador.*

que en el caso de las latas es resistida por el doble sello. Debido a ello, el proceso normal de esterilización de un empaque flexible requiere de equipos específicos y comúnmente costosos que permitan ejercer una presión externa sobre el envase para que este pueda resistir el proceso (3, 4).

La presión externa, comúnmente llamada sobrepresión o contrapresión, implica la aplicación de presión durante el proceso en valores superiores a 1,05 kg/cm<sup>2</sup> y realizada en autoclaves especiales capaces de trabajar con la combinación de dos medios ya que emplean vapor o aire como fuente de sobrepresión.

La principal dificultad con este tipo de material es que se desconoce el efecto que pueda ejercer un proceso de esterilización tradicional (con vapor saturado) sobre la calidad del producto e integridad del empaque flexible. Teniendo en cuenta que el proceso de sellado se realiza con vacío es posible que disminuyan las presiones internas que podrían comprometer el envase.

Los túnidos son la única especie de atún que puede ser comercializada como carne blanca (5, 6) y posee una gran cantidad de ácidos grasos omega-3, lo cual lo hace muy beneficioso para la salud (7), siendo considerado el alimento con más rápido crecimiento en los próximos 20 años en EE.UU. (8).

Dado el posible crecimiento del consumo de este producto en los próximos años la industria debe ser capaz de manejar diferentes alternativas de procesamiento.

El objetivo de este trabajo fue realizar un estudio comparativo entre una esterilización tradicional con vapor saturado y la esterilización con sobrepresión en atún tipo Albacora empacado en empaque flexible al evaluar el efecto del proceso sobre la integridad del envase y calidad del producto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el atún tipo Albacora, conocido también como atún blanco o bonito del norte (*Thunnus alalunga*), el cual se envasó en empaques flexibles tipo pouch de 181 g.

Para cada prueba los envases se llenaron con el atún en agua y proteína vegetal al 6 % y el sellado se realizó en una selladora comercial que crea vacío en la cámara

de sellado para asegurar la extracción del aire residual. El espesor del envase es un factor crítico en el proceso térmico, el mismo se aseguró colocando un cilindro plástico de 16 mm de diámetro, el cual también sirve para asegurar el termopar en el centro geométrico del envase. En la operación normal de estos envases se emplea un equipo que reduce el espesor hasta uno inferior a 16,5 mm. Los envases se colocan horizontalmente en una sola capa en los separadores de la autoclave la cual se llenó con balastos (producto o agua) para equilibrar la demanda de calor en toda el área del mismo.

El sistema de adquisición de datos de temperatura estuvo compuesto por un Data Logger, Calplex™ (Technical, New Orleans, La.) el cual constó de 32 canales disponibles a los que se conectan los termopares. Para la recolección de datos de penetración térmica se empleó el programa de procesamiento térmico CALSoft™ para Windows.

El sistema se configuró para registrar datos de temperatura en un intervalo de tiempo de 15 s. Adicionalmente, se documentó cada minuto la temperatura del autoclave mediante un termómetro de mercurio en vidrio, así como la presión del medio de calentamiento y el flujo de agua para las pruebas en las autoclaves de rociado de agua con sobrepresión, los datos se recolectan en ambos autoclaves en todas las fases del proceso: levante (come-up), esterilización y enfriamiento.

Todos los cálculos térmicos se realizaron según el procedimiento del método de la fórmula de Ball (9, 10), tomando en el respectivo tratamiento el termopar que más lentamente eleva su temperatura.

La prueba de resistencia a la presión interna se utilizó como indicador de las correctas condiciones del sello y una medida de la habilidad del envase para soportar la manipulación y el transporte (11).

El estándar de la prueba de presión interna es 105 kPa (15 psig), mantenido por 30 s con no evidencia de ruptura en el sello. El ancho final del sello debe ser de 3 mm o mayor.

La prueba de tensión del sello requiere que tiras del material de 25,4 mm de ancho y al menos 75 mm de longitud sean removidas del área de sello del envase y

que los extremos cumplan con tener cortes limpios y perpendiculares a la dirección del sello del envase. Cada extremo de la tira a evaluar fue luego ajustado en el equipo de evaluación de tensión. El sello fue lentamente separado. El rango de carga debe estar entre 250 a 300 mm/min. La fuerza requerida para separar el sello se reportó en N/m de ancho (11).

Se utilizaron para las pruebas, dos autoclaves diferentes, uno con sobrepresión modelo KM Grand Pack (Tailandia) de rociado de agua con capacidad para seis carros de producto por carga. El otro de vapor saturado, modelo PR11218 Morrodán, (España), construido de acero al carbón con capacidad de seis canastas.

La tiamina, debido a su termolabilidad, se ha considerado como un índice de destrucción de nutrientes en procesos térmicos para este tipo de productos (13). Para la determinación de esta se utilizó un cromatógrafo de alta resolución (HPLC) equipado con bomba L-6200A Merck-Hitachi (Merck, Darmstadt, Alemania), según método reportado (14).

Para el análisis microbiológico se determinaron los aerobios mesófilos, anaerobios mesófilos, y anaerobios termófilos, mediante el procedimiento tradicional de recuento por siembra en agar.

Para evaluar la esterilidad comercial del producto, a partir de conservas tratadas térmicamente, se incubaron cinco unidades a 35 °C por 10 días y tres unidades a 55 °C por 5 días.

Para las muestras se utilizó el método de ensayo de mesófilos y termófilos aerobios y anaerobios de la FDA-BAM (15).

Las pruebas se diseñaron con un modelo factorial 2<sup>2</sup> con la finalidad de evaluar el efecto de los factores tipo de esterilización y temperatura de proceso, según la Tabla 1, considerando como variables de respuesta, la integridad del envase, características nutricionales a partir del contenido de tiamina, calidad microbiológica y tiempo de proceso requerido para obtener el valor F adecuado para este tipo de producto.

La Tabla 2 muestra la codificación utilizada. Los datos estadísticos se evaluaron empleando el programa Statgraphics Centurion ver. XVI.I.

Los resultados de cada uno de los ensayos fueron evaluados para determinar si existían diferencias significativas atribuibles a los tratamientos.

**Tabla 1. Variables y niveles utilizados**

Variable	Nivel	
Tipo de esterilización	Rociado con sobrepresión (A)	Vapor saturado (B)
Temperatura de proceso (°C)	114,4 (C)	116,6 (D)

**Tabla 2. Codificación de acuerdo al diseño planteado**

Número de corrida	Tipo de esterilización codificada	Temperatura de proceso codificada	Código
1	A	C	E1
2	A	D	E2
3	B	C	V1
4	B	D	V2

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para evaluar la resistencia del sello cuando se empleó el proceso de esterilización con sobrepresión y con vapor saturado para las dos temperaturas de trabajo utilizadas se muestran en la Tabla 3.

Todas las determinaciones fueron satisfactorias, sin que en ninguna existiera rotura del sello por la elevación de la presión interna, hasta los valores recomendados para la prueba. En estos ensayos la prueba pasa o no pasa, no se realizan análisis estadísticos.

Para realizar la prueba de tensión del sello, como estándar del fabricante y parámetro de control se recomienda una fuerza superior a los 6 kgf luego del proceso de esterilización para asegurar que el empaque resistirá el proceso de transporte y distribución sin verse afectada su integridad. Como se aprecia en la Tabla 4 en todos los casos cumplió con lo requerido.

El parámetro "S" significa la fuerza (kgf) que se requirió para la ruptura del sello después de la esterilización (S1 en la izquierda, S2 al centro, S3 a la derecha).

**Tabla 3. Resultados de la prueba de resistencia del sello**

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8
IBT (E1, E2)	N	N	N	N	N	N	N	N
IBT (V1, V2)	N	N	N	N	N	N	N	N

IBT (*Internal Burst Test*), N (No ruptura del sello)

**Tabla 4. Resultados de la fuerza aplicada para la ruptura del sello**

Código	Recuento	Promedio(kgf)	Desviación estándar
S1 E1	18	7,90	0,5
S2 E1	18	7,69	0,8
S3 E1	18	7,96	0,8
S1 E2	18	7,53	0,7
S2 E2	18	6,82	0,7
S3 E2	18	7,95	0,5
S1 V1	18	7,94	0,8
S2 V1	18	6,88	0,5
S3 V1	18	8,30	0,8
S1 V2	18	7,26	0,5
S2 V2	18	7,16	0,8
S3 V2	18	8,05	0,6

Puesto que el valor -P de la prueba F es menor que 0,05; se determina que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 12 variables con un nivel del 95 % de confianza. La evaluación indicó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos con sobrepresión a 116,6 °C y los tratamientos con vapor saturado, tanto a 114,4 °C como a 116,6 °C. Sin embargo, se evidencia que la muestra tomada del extremo del envase tuvo mayor resistencia y fue significativamente diferente de los resultados obtenidos para el centro.

La Tabla 5 reporta los resultados entre los diferentes tratamientos para la retención de tiamina.

De acuerdo con las herramientas estadísticas usadas (análisis de varianza y prueba de rangos múltiples) se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos analizados, siendo el tratamiento a sobrepresión el que presentó una mayor retención de tiamina; en cuanto a las temperaturas la menor 114,4 °C resultó la más conveniente.

En la valoración microbiológica se analizaron microorganismos mesófilos y termófilos, tanto aerobios como anaerobios, como método de evaluación de la esterilidad comercial del producto, los análisis se realizaron por triplicado (Tabla 6).

Después de aplicar el método de la fórmula de C.O. Ball y tomando en consideración los siguientes datos generales, Z=10 °C, Tref=121,1 °C, Fo=6 se determinó el tiempo total de proceso para ambas temperaturas y métodos de procesamientos, resultando muy parecido entre las dos temperaturas para el método con vapor saturado e igual a 68 min, mientras que para el procesamiento con sobrepresión resultaron de 38 min a 114,4 °C y 45,5 min a 116 °C.

Un análisis de los costos del proceso comparando la esterilización con vapor a sobrepresión y vapor saturado evidencia que el uso de sobrepresión es más barato dado el menor tiempo de proceso y por tanto menor gasto de portadores energéticos. Los cálculos realizados arrojan una reducción del 43 %.

**Tabla 5. Resultados de retención de tiamina**

Muestra	Tiamina (mg/100 g)	Desviación estándar	Retención de tiamina (%)
E1	0,093	0,003	19,3
E2	0,078	0,003	15,5
V1	0,060	0,006	11,7
V2	0,047	0,005	9,0

**Tabla 6. Análisis microbiológico con esterilización con sobrepresión y vapor saturado**

Muestra	Microorganismos mesófilos aerobios y anaerobios	Microorganismos termófilos aerobios y anaerobios
E1	Negativo	Negativo
E2	Negativo	Negativo
V1	Negativo	Negativo
V2	Negativo	Negativo

## CONCLUSIONES

Al trabajar con parámetros de sellado apropiados, es decir, en presencia de vacío, el envase puede resistir las tensiones normales de una esterilización con vapor saturado sin necesitar de equipos especiales como los autoclaves con sobrepresión. Si bien el costo del equipo de esterilización con vapor saturado es menor, el tiempo de operación así como los consumos de energía

son considerablemente mayores para lograr la esterilidad comercial deseada, además de producir un efecto desfavorable sobre la calidad del producto final aunque se pueden usar indistintamente ambos métodos de esterilización para trabajar envases flexibles tipo Pouch con relación a la resistencia del sello, es el tratamiento con sobrepresión a la menor temperatura el que permitirá menores costos de operación y mejor calidad de producto final.

## REFERENCIAS

1. Brody, A. *Food Technol.* 56:76-79, 2003.
2. Gayo, M. *Envases flexibles retortables una alternativa para el envasado de productos pesqueros*, 1er seminario virtual de ciencias del mar, OANNES. 2002, [en línea]. Consultado en <http://www.oannes.org.pe/seminario/02itpretornable.htm>
3. Lampi, R. *Adv. Food Res.* 23:306-429, 1977.
4. Martínez, A. *Empaques flexibles autoclavables*, Valencia, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (C.S.I.C.), Universidad de Valencia, 1987.
5. Ortiz, V. *La pesquería de atún blanco en el mar Cantábrico. Resumen del período 2003-2006*, Santander, Instituto Español de Oceanografía (IEO), 2007.
6. Food and Drugs Administration (FDA). Code federal Regulations 21 CFR 161.190 Requirements for Specific Standardized Fish and Shellfish. Canned tuna, [en línea]. Consultado 2011 en <http://cfr.vlex.com/vid/161-190-canned-tuna-19705471>
7. National Oceanic and Atmospheric Administration. *National Marine Fisheries Services. Pacific Albacore Tuna (Thunnus alalunga)*, 2011.
8. Prochile. *Perfil de mercado albacora*. [en línea]. Consultado junio 2006 en [www.acg.cl/recursos/documentos/de.mercado-albacora](http://www.acg.cl/recursos/documentos/de.mercado-albacora)
9. Holdsworth, D. y Simpson, R. *Thermal Processing of Packaged Foods*. Foods Engineering Series, 2da ed., Washington, Springer, 2007, p. 192.
10. Stumbo, C. R. *Termobacteriología en Procesamiento de Alimentos*, 2nd ed., New York, Academy Press, 1973, p. 256.
11. ASTM F 2054-07. Standard Test Method for Burst Testing of flexible package seals using internal air pressurization within restraining plates. [en línea]. Consultado en <http://www.astm.org/standards/f2054.htm>
12. Ojea, G. *Industria Conservera* 7(26):38-42, 1999.
13. Young, K. *Thiamine Degradation in a luncheon type ham product thermally processed in retort pouches and cans* (master thesis, The University of British Columbia, Vancouver) 1984.
14. Valls, F.; Checa, M. A.; Fernández-Muiño, M. A. y Sancho, M. T. J. *Agric. Food Chem.* 47:170-173, 1999.
15. Merker, R. *Bacteriological Analytical Manual*, 8th ed. Maryland, FDA, Silver Spring, 1998.