

ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL FILETE DE ATÚN (*THUNNUS ATLANTICUS*) EN ACEITE VEGETAL

Danilo Bejerano-Salgado^{1*}, Jorge A. Pino^{1,2}, Cira Duarte-García¹, Soledad Bolumen¹ y Guido Riera-González³

¹Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carretera al Guatao km 3 ½, C.P. 17 100, La Habana, Cuba.

²Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana, Cuba.

³Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría. C.P. 19 390, La Habana, Cuba.

E-mail: danilo.bejerano@iiaa.edu.cu

Recibido: 16-12-2021 / Revisado: 20-12-2021 / Aceptado: 27-12-2021 / Publicado: 04-01-2022

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estimar la vida útil del filete de atún en aceite sometida a tres temperaturas (28, 35 y 42 °C). Para llevar a cabo el estudio de durabilidad se realizó la caracterización física, química, microbiológica y sensorial del producto. Los indicadores de deterioro fueron el atributo sensorial (sabor rancio) y evaluación de la oxidación lipídica en base a la concentración de malonaldehído. El tiempo de vida útil se determinó cuando el producto alcanzó un valor de dos puntos (inaceptable sensorialmente). A partir de los resultados obtenidos se definió la cinética de la reacción de deterioro y se obtuvo la energía de activación utilizando el modelo de Arrhenius. Las durabilidades calculadas, según la evaluación sensorial, fueron 277, 265 y 130 días, respectivamente, a las temperaturas referidas. Se determinó que la cinética de oxidación lipídica fue de orden cero con una energía de activación de 42,17 kJ/mol.

Palabras clave: vida útil, oxidación lipídica, evaluación sensorial, malonaldehído.

ABSTRACT

Estimated shelf life of tuna steak (*Thunnus atlanticus*) in vegetable oil

The aim of this work was to estimate the shelf life of tuna fillet in oil subjected to three temperatures (28, 35 and 42 °C). To carry out the durability study, the physical, chemical, microbiological and sensory characterization of the product were evaluated. The indicators of deterioration were the sensory attribute (rancid taste) and evaluation of lipid oxidation based on the concentration of malonaldehyde. The shelf life was determined when the product reached a value of two points (sensorially unacceptable). From the results obtained, the kinetics of the deterioration reaction were defined and the activation energy was obtained using the Arrhenius model. The calculated shelf life, according to the sensory evaluation, were 277, 265 and 130 days, respectively, at the referred temperatures. Lipid oxidation kinetics were determined to be zero order with an activation energy of 42.17 kJ/mol.

Keywords: shelf life, lipid oxidation, sensory evaluation, malonaldehyde.

***Danilo Bejerano-Salgado:** Graduado de Ingeniería Química (Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, 2012). Es Máster en Ingeniería de Alimentos (Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, 2020). Su línea de investigación sobre los envases está relacionada con las conservas de alimentos.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos son sistemas fisicoquímicos y biológicos activos, por lo que la calidad de los mismos es un estado dinámico que paulatinamente va reduciendo sus niveles con el paso del tiempo. Existe un tiempo determinado, después de haber sido producido, en que el producto mantiene un nivel requerido de sus propiedades sensoriales y de inocuidad, bajo ciertas condiciones de almacenamiento. La vida útil de un alimento es el período de tiempo durante el cual un alimento se conserva apto para el consumo de acuerdo con los requisitos sanitarios, sensoriales, nutricionales y funcionales por encima de un grado límite de calidad, previamente establecido como aceptable (1).

La vida útil de un producto depende de factores ambientales, de la humedad, de la temperatura de exposición, del proceso térmico al que se somete y de la calidad de las materias primas, entre otros. El efecto de estos factores se manifiesta como el cambio en las cualidades del alimento que repercuten sobre el consumidor: cambios de sabor, apariencia, textura o pérdida de nutrientes (2).

Para determinar la vida útil de un alimento primero deben identificarse las reacciones químicas o biológicas que influyen en la calidad y su seguridad, considerando la composición del alimento y el proceso a que es sometido. El tiempo de vida útil se puede estimar mediante distintos métodos. Pueden tomarse valores reportados en la literatura especializada de alimentos similares y bajo condiciones análogas al producto de nuestro interés; se pueden monitorear las quejas de los consumidores para orientar los posibles valores de vida útil o se pueden evaluar atributos de calidad del alimento que varían durante la vida útil (a tiempo real o mediante pruebas aceleradas) (3). El objetivo del presente estudio fue definir la durabilidad de la conserva en envase de hojalata formato 0,5 kg del filete de atún en aceite de soya.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso productivo del filete de atún en aceite fue el siguiente: el atún fue sacado de la cámara de mantenimiento congelado y se descongeló hasta una temperatura de 2 °C. Se clasificó por talla, de acuerdo con las piezas, mediante el siguiente criterio: trozos chicos hasta 4,5 kg, mediano de 4,5 a 10 kg, grande de 10 a 20 kg. En cada carro de horno se colocó bien distribuido y de

manera uniforme las piezas de atún de la misma talla en una cazuela plana poco profunda, antes de introducir los carros al horno, fueron lavadas las piezas con agua corriente para eliminar suciedades. La cocción se realizó a 100 °C durante 30 min, hasta alcanzar una temperatura en el espinazo del pescado entre los 60 y 70 °C para lograr su cocción. Una vez terminada la cocción, los carros fueron extraídos del horno y se ubicaron como dados en hileras para que duchas con toberas presurizadas rocíen agua potable a temperatura ambiente a todos los carros. Los carros se pusieron a escurrir durante 5 min como mínimo y fueron situados en un área de refrescamiento a temperatura ambiente, hasta que las piezas alcanzaron en su interior una temperatura menor a 45 °C y con una firmeza tal que permita su manipulación. A las piezas se les retiraron la cabeza, piel y espinas, y fue separada la masa oscura del filete. El envasado fue realizado en latas laqueadas interiormente con formato 0,5 kg. El envasado del filete fue ubicado de tal modo que quedó un espacio suficiente para recibir el líquido de cobertura, constituido por salmuera al 5 % y aceite de soya a 80 °C. El sellado de las latas se realizó mediante una tapadora manual basado en el doble cierre. Para que el cierre fuera hermético se empleó un compuesto sellador (plastisol). Después de sellado, los envases fueron lavados con agua a 70 °C en una primera parte y el segundo lavado con agua temperatura ambiente que garantizó la temperatura exterior del envase. La esterilización se hizo en una autoclave a 118 °C durante 80 min y posteriormente, las latas se enfriaron hasta 40 a 45 °C. Los envases pasaron por la máquina secadora donde se eliminó la humedad existente. La operación de maduración (cuarentena) fue realizada para que la sal y algunos aditivos se distribuyeran homogéneamente en el producto (siete días). El etiquetado del producto se realizó manualmente.

Se evaluaron tres lotes de productos condicionados por las normas que a continuación se definen. Para la caracterización se tomaron cinco muestras representativas (4) por corrida y se le realizaron las determinaciones del contenido de humedad, cloruro, concentración de contaminantes metálico, pH, grado de oxidación lipídica, determinación de la masa escurrida, evaluación microbiológica y sensorial.

Para determinar el tiempo de durabilidad del producto se aplicó el método acelerado, basado en someter el producto a condiciones de almacenamiento que aceleraron

las reacciones de deterioro. En este caso el factor de interés fue el incremento de temperatura para conocer la cinética de la reacción por el método de Arrhenius. Se muestrearon tres lotes de latas (50 latas cada uno) de forma aleatoria. Las muestras fueron almacenadas en condiciones simuladas de temperatura a 28, 35 y 42 °C durante 300 días para evaluar la oxidación lipídica en base a la concentración de malonaldehído y análisis sensorial. Las muestras fueron analizadas en el tiempo, de acuerdo con la temperatura, cada 20, 30 y 40 días, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 presenta los resultados de los análisis físicos, químicos y concentraciones de contaminantes metálicos que se le realizaron al filete de atún en aceite vegetal. Los resultados de los análisis cumplieron con los valores esperados para los túnidos en conserva (5).

El valor promedio de pH cumplió con lo informado para especies de túnidos con valores entre 5,2 y 6,2 (6). En un estudio de un pescado en salsa inglesa enlatado se informaron valores de pH de 6,1 y humedad 61,4 % (7),

y en otra investigación de una conserva de atún natural sometido a diferentes regímenes de esterilización se obtuvieron resultados de pH entre 5,56 y 6,13 (8).

Los valores de concentración de hierro no pueden comentarse pues no están regulados en la norma cubana. Respecto a los contenidos de cobre, los valores son muy inferiores a los límites establecidos de 10 mg/kg (9). De encontrarse un incremento en sus concentraciones puede deberse a imperfecciones del barniz sobre la hojalata. Estas suelen presentarse en formas de puntos de corrosión, ralladuras, etc., que aceleran la interacción producto-metal.

La Tabla 2 muestra los conteos microbiológicos, donde se puede apreciar que cumplen con los parámetros aprobados (10), la cual regula los contaminantes microbiológicos en alimentos. Puede afirmarse que durante el proceso productivo del filete de atún en aceite vegetal se mantuvo una buena calidad higiénica sanitaria. Los resultados de la prueba de esterilidad comercial indican que el procesamiento térmico durante la esterilización fue correcto, pues el producto reúne los requisitos para el estudio de conservación.

Tabla 1. Valores de los análisis realizados

Indicador	Valor
pH	5,8 (0,1)
Humedad (%)	59,3 (0,1)
Cloruro (%)	1,57 (0,04)
Cu (mg/kg)	0,85 (0,05)
Fe (mg/kg)	27,20 (0,08)

Valor promedio (desviación estándar) n=3

Tabla 2. Resultados de los análisis microbiológicos

Indicador	Resultado
Coliformes totales	Negativo
Hongos	Negativo
Levaduras	Negativo
Prueba de esterilidad	Negativo
Aerobios a 37 °C	Negativo
Anaerobios a 37 °C	Negativo
Aerobios a 55 °C	Negativo
Anaerobios a 55 °C	Negativo

La descripción sensorial del producto en cuanto al aspecto fue de raciones conformadas de atún, color blanquecino grisáceo, sumergido en aceite de viscosidad ligera, transparente, olor y sabor a atún en conserva, salinidad ligera y en textura de dureza moderada, fibrosa y masticabilidad media. Los evaluadores le otorgaron al producto la calificación de excelente.

Como parte de este estudio se realizó la evaluación sensorial, que es el criterio más importante de la calidad de un producto alimenticio. La Tabla 3 muestra los resultados de la evaluación del sabor durante el estudio, donde se aprecia que ocurrió una disminución gradual de la nota sensorial para las tres temperaturas evaluadas, aunque fue más acelerada con el incremento de la temperatura de conservación.

A partir de estos datos se buscó el mejor ajuste para modelar cada comportamiento (Fig. 1). Esta adecuación se hizo mediante una ecuación polinómica de segundo orden (Tabla 4), que dio un buen ajuste en todos los casos con altos valores del coeficiente de determinación.

De acuerdo con la escala usada en la prueba sensorial, un valor de dos significa que la muestra es rechazada por sabor. Por tanto, las durabilidades calculadas según este criterio fueron 277, 265 y 130 días para 28, 35 y 42 °C, respectivamente.

Resulta interesante mencionar que los rechazos sensoriales fueron por olor y sabor rancios, lo que denota que ocurrió una oxidación de las grasas. Los catadores

Tabla 3. Resultados de la evaluación sensorial durante el estudio de durabilidad

Tiempo (d)	28 °C	35 °C	42 °C
0	5	5	5
20	-	-	5
30	-	5	-
40	5	-	5
60	-	5	5
80	5	-	4
90	-	5	-
100	-	-	3
120	5	4	2
140	-	-	2
150	-	3	-
160	5	-	-
180	-	3	-
200	4	-	-
210	-	3	-
240	3	2	-
260	2	2	-
280	2	-	-

Tabla 4. Modelos para la evaluación sensorial

Temperatura (°C)	Modelo	R ²
28	$ES = -7 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,009 t + 4,886$	0,978
35	$ES = -4 \cdot 10^{-5} t^2 - 0,003 t + 5,159$	0,959
42	$ES = -4 \cdot 10^{-4} t^2 + 0,002 t + 5,095$	0,945

ES: Evaluación sensorial

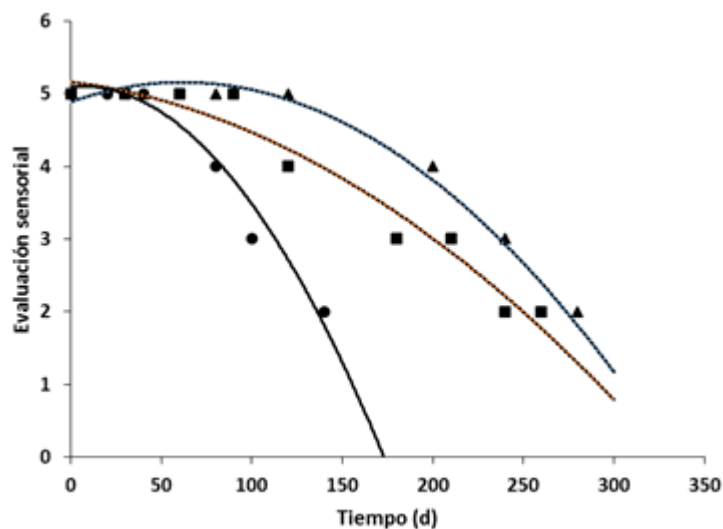


Fig. 1. Modelos para la evaluación sensorial para 28 °C (▲), 35 °C (■) y 42 °C (●).

no manifestaron la presencia de sabores metálicos, lo que hace pensar que la oxidación del envase no fue determinante en este tiempo.

En el estudio también se evaluó el grado de oxidación lipídica mediante el método del ácido tiobarbitúrico que mide el contenido de malonaldehído como producto de la oxidación de los ácidos grasos de tres o más

insaturaciones (Tabla 5). Se observa que en la medida que transcurre el tiempo e incrementa la temperatura se acelera la oxidación lipídica. Este aumento en la oxidación lipídica fue coincidente con los reportados por otros autores en estudios similares (11-14)

Tabla 5. Contenido de malonaldehído (mg/kg) durante el estudio de durabilidad

Tiempo (d)	28 °C	35 °C	42 °C
20	-	-	0,62
30	-	0,65	-
40	0,57	-	0,98
60	-	0,82	1,20
80	0,76	-	1,60
90	-	0,95	-
100	-	-	1,95
120	0,86	1,20	2,10
140	-	-	2,45
150	-	1,70	-
180	-	1,95	-
200	1,5	-	-
210	-	2,10	-
240	1,60	2,60	-
260	1,90	-	-
280	2,10	-	-
300	2,30	-	-

Concentración inicial: 0,34 mg/kg

Para la evaluación de este indicador se siguió un tratamiento cinético. La Tabla 6 presenta las constantes de velocidad y coeficientes de determinación (R^2) para la cinética de la reacción para orden cero y primer orden. De acuerdo con los valores de R^2 se seleccionó el orden cero para el proceso bajo estudio. La Fig. 2 muestra los modelos para orden cero. A partir de las constantes de velocidad, de acuerdo con la ecuación de Arrhenius, se calculó la energía de activación igual a 42,17 kJ/mol, encontrándose en el intervalo de 41,87 a 104,68 kJ/mol informado para las reacciones de oxidación de los lípidos (3).

Resulta interesante relacionar los resultados de la evaluación sensorial con el indicador del contenido de malonaldehído, pues existen criterios de que valores entre 1 y 2 mg/kg en pescado fresco son indicadores del desarrollo de olores desagradables (15), mientras que otros autores plantean valores entre 5 y 8 mg/kg para este mismo indicador (16).

De acuerdo con ello, las durabilidades calculadas a partir de la evaluación sensorial de 277, 265 y 130 días para 28, 35 y 42 °C, respectivamente, equivalen de acuerdo con los modelos cinéticos a un contenido de malonaldehído de 1,91; 2,69 y 2,35 mg/kg para cada una de estas temperaturas. Estos valores se acercan más al criterio de (15).

CONCLUSIONES

Mediante la caracterización física, química, microbiológica y sensorial se demostró que el producto cumple con lo establecido en la norma cubana. Se determinó que la cinética de oxidación lipídica fue de orden cero con una energía de activación de 42,17 kJ/mol. Las durabilidades calculadas según la evaluación sensorial fueron 277, 265 y 130 días para 28, 35 y 42 °C, respectivamente.

Tabla 6. Ajuste de los modelos cinéticos

Temperatura (°C)	Orden cero		Primer orden	
	k	R^2	k	R^2
28	0,006	0,975	0,006	0,979
35	0,009	0,978	0,007	0,923
42	0,016	0,997	0,011	0,815

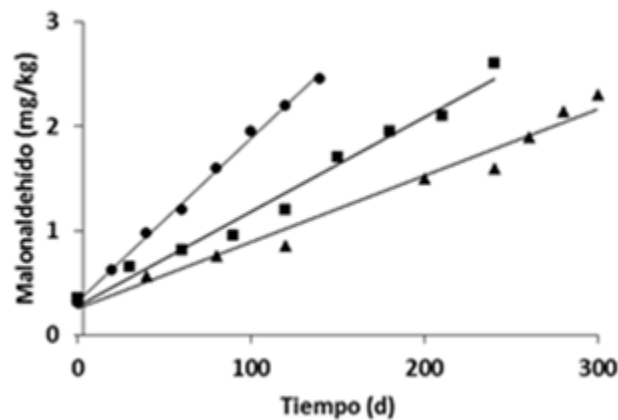


Fig. 2. Concentración de malonaldehído (reacción orden cero) para 28 °C (▲), 35 °C (■) y 42 °C (●).

REFERENCIAS

1. Nuñez de Villavicencio M, Hernández R, Rodríguez I, Rodríguez JL, Torres Y. Metodología para la estimación de la vida útil de los alimentos. I. Procedimiento general. *Cienc Tecnol Aliment* 2017; 27(1):58-64.
2. García C, Chacón G, Molina ME. Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperatura. *Rev Ing* 2011; 21(2):31-8.
3. García C, Molina ME. Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas. *Rev Ing* 2008; 18(1-2):57-64.
4. NC ISO 2859. Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos - Parte 2. Planes de muestreo para las Inspecciones de lotes independientes, tabulados. Según la calidad límite (CL). Cuba; 2018.
5. NC 426. Túnidos en conserva. Especificaciones. Cuba; 2007.
6. Conde A. Aplicación de una película biodegradable con extracto de propóleos en la conservación de Albacora (*Thunnus atlanticus*) (Tesis de diploma). La Habana: Universidad de la Habana, IFAL; 2014.
7. Medina AA. Determinación de los parámetros tecnológicos para el procesamiento de conservas de filete de caballa (*Scomber japonicus*) en bolsas retortables de media libra (tesis de diploma). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín; 2014.
8. Morcos FP. Evaluación de conservas de filete y grated de caballa (*Scomber japonicus*) en envases de media libra con salsas orientales (Tesis de diploma). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín; 2014.
9. NC 493. Contaminantes metálicos en alimentos. Regulaciones sanitarias. Cuba; 2015.
10. NC 585. Contaminantes microbiológicos en alimentos -Requisitos sanitarios. Cuba; 2017.
11. Masniyom P, Benjakul S, Visessanguan W. Shelf-life extension of refrigerated sea bass slices under modified atmosphere packaging. *J Sci Food Agric* 2002; 82(1):873-80.
12. Chouliara I, Savvaidis IN, Panagiotakis N, Kontominas MG. Preservation of salted, vacuum-packaged, refrigerated sea bream (*Sparus aurata*) fillets by irradiation: microbiological, chemicals and sensory attributes. *Food Microbiol* 2004; 21(1):351-9.
13. Masniyom P, Benjakul S, Visessanguan W. Combination effect of phosphate and modified atmosphere on quality and shelf-life extension of refrigerated seabass slices. *LWT-Food Sci Technol* 2004; 38(1):745-56.
14. Hernández MD, López MB, Álvarez A, Ferrandini E, García B, Garrido MD. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aqua cultured meagre (*Argyrosus musregius*) fillets during ice storage. *Food Chem* 2009; 114(1):237-45.
15. Connell J.J. *Methods of Assessing and Selecting for Quality, Control of Fish Quality*. 3rd ed.; UK: Fishing News Books, Oxford, Reino Unido, 1990.
16. Sallam KI. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food Control* 2007; 18(1):566-75.