

EVALUACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y SENSORIAL DE TRONQUITOS DE SARDINA (*Sardinella aurita* V.) DURANTE SU ALMACENAMIENTO CONGELADO A -18°C

Physical, Chemical and Sensorial Evaluation of Round Sardines (*Sardinella aurita* V.) During Frozen Storage at -18°C

Deokie González Suarez¹, Jaime Valls Puig² y Anibal González Cantillo²

¹Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, EDIMAR. Apdo. Postal 144, Porlamar. Estado Nueva Esparta, Venezuela. ²Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Apartado 47097. Caracas 1041-A, Venezuela. E-mail: jvalls@strix.ciens.ucv.ve

RESUMEN

Los cambios físicos, químicos y sensoriales de tronquitos de sardina congelados a -18°C, fueron evaluados en sardinas (*Sardinella aurita* V.) por un período de 6 meses. Los tronquitos fueron elaborados a partir de un lote de sardinas enteras a las cuales se les eliminó la cabeza, escamas, vísceras y cola. Mensualmente se analizaron muestras con el objeto de evaluar: pH, actividad autolítica (AA), test de ácido tiobarbiturico (TBA), color (parámetros: a, b y L), solubilidad de las proteínas en soluciones salinas (SPs), solubilidad en SDS-mercaptoetanol (SDS), grupos sulfhidrilos (SH), humedad, pérdida de líquido por descongelación (PLD), pérdida de líquido por cocción (PLC) y evaluación sensorial (EV). El tiempo de almacenamiento mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) en relación a los parámetros: pH, AA, color (a, b), SPs, SH, humedad, PLD y PLC. Al cabo de 6 meses de almacenamiento los índices de calidad proteica; SPs, SH, PLD y PLC indicaron un daño irreversible en esta fracción. La evaluación sensorial indicó un buen grado de frescura desde el principio de la experiencia hasta los 3,5 meses, este parámetro resultó ser el más idóneo para medir la estabilidad y frescura de los tronquitos de sardinas congelados.

Palabras clave: Tronquitos de sardina, congelación, *Sardinella aurita* V.

ABSTRACT

Physical, chemical and sensorial changes in round sardines under freezing at -18°C were evaluated in sardines (*Sardinella*

aurita V.) for over six months. Round style sardines were prepared from a bath of sardines, and their heads, scales, guts, and tails were discarded. Monthly samples were taken in order to evaluate: pH, autolytic activity (AA), thiobarbituric acid test (TBA), colour (parameters: L, a, and b), solubility of proteins in saline solutions (SPs), solubility in SDS-mercaptoethanol (SDS), sulfhydryl groups (SH), moisture, water lost by defrosting (WLD), water lost by cooking (WLC), and, sensorial evaluation. In this experiment storage time showed significant differences ($P < 0.05$) on the parameters: pH, AA, colour (a, b), SPs, SH, moisture, WLD, and WLC. At sixth months, quality protein indexes; SPs, SH, WLD, and WLC, showed irreversible damages.. Sensorial evaluation indicated a good freshness grade from the beginning until 3.5 months. This parameter was most suitable in measuring frozen round sardine freshness and stability.

Key words: Round sardine, freezing, *Sardinella aurita* V.

INTRODUCCIÓN

La sardina (*Sardinella aurita* V.) constituye en Venezuela el recurso pesquero de mayor relevancia económica que se explota mediante el sistema de pesca artesanal. Cada año aporta generalmente más del 24% de la producción pesquera nacional (incluyendo pesca marítima, fluvial y acuícola), y es la primera en cuanto a volúmenes de captura reportados por especies [4, 18, 22]. Todo ello significa que la sardina representa potencialmente la fuente de proteína animal más barata y de primera calidad disponible en Venezuela.

La sardina es capturada con el propósito de ser comercializada para consumo humano en fresco, elaboración de conservas o producción de harina de pescado. De la fracción

que es destinada para consumo humano, la misma es vendida en forma congelada o refrigerada. Por la gran demanda de este rubro alimenticio y por ser considerado como perecedero, se hace imprescindible establecer procesos tecnológicos con el fin de lograr un mayor aprovechamiento y disponibilidad por un largo periodo de tiempo. Dentro de estas alternativas la congelación permite almacenar sardinas por largos períodos de tiempo y una vez que se procede a su descongelación para su posterior consumo, se obtiene un producto en condiciones muy similares a las que poseía antes de su congelación [17, 23]. La dependencia de las reacciones enzimáticas y químicas en relación a la temperatura, obligan a un cuidadoso control y mantenimiento de esta parámetro, de manera de evitar fluctuaciones y errores en los índices de calidad que se desean evaluar en una experiencia de almacenamiento congelado, por variaciones de la temperatura [14].

Especial interés tiene la congelación del producto denominado tronquitos de sardina, el cual consiste en; la sardina a la cual se le ha removido la cabeza, escamas, vísceras y cola. Está presentación constituye en Venezuela una de las formas usuales de exportación de este rubro hacia otros países (Costa Rica, Brasil, España) para su utilización en la elaboración de conservas, además puede resultar en una alternativa para la difusión del consumo de esta especie, en nuestro país, ya que el consumidor tendría la posibilidad de adquirir un producto semi-procesado, limpio, listo para su cocción, económico y de alto valor nutritivo [11, 22].

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia que pudiese tener el almacenamiento congelado sobre la estabilidad físico, química y sensorial de tronquitos de sardinas, para así establecer el tiempo de almacenamiento en congelación durante el cual se tiene un producto con características de calidad y frescura adecuadas para su consumo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental y toma de muestra

El diseño experimental se fundamentó en los objetivos de la investigación, consistiendo en un diseño aleatorio con arreglo factorial de 1x7, siendo los factores temperatura (-18°C) y tiempo de almacenamiento (0; 1; 2; 3,5; 4; 5 y 6 meses). Para la realización de este trabajo se utilizaron ejemplares de sardinas (*Sardinella aurita* V.), suministradas por la Compañía Anónima Industrial de Pesca (CAIP), localizada en Cumaná, estado Sucre, Venezuela. Las mismas provenían de Coche y Cubagua. Para el momento de la toma de muestras, tenían entre 5-8 h de capturadas y habían sido mantenidas con abundante hielo en las embarcaciones de la empresa. Para ello se dispuso de una muestra de 45 Kg que fue tomada de manera aleatoria de los tanques de recepción de CAIP. Se colocó en una cava con suficiente hielo y fue transportada por vía terrestre, en un tiempo de 5-6 h, hasta el Instituto de Cien-

cia y Tecnología de Alimento de la Facultad de Ciencias de la UCV. En el Instituto se procedió a lavar las sardinas con agua potable, eliminando los materiales extraños, luego se eliminó: escamas, vísceras, cola y cabeza, de manera de obtener el corte tipo tronquitos, en etapa subsiguiente se lavaron para eliminar restos de residuos sólidos y sangre, distribuyéndolas en bandejas de anime y envolviéndolas con envoplas® (material plástico transparente). Posteriormente fueron introducidas en un congelador de placas marca Dole (Freze-cel), con control térmico hasta que se alcanzó una temperatura de -40°C. Una vez lograda la congelación, se almacenaron las bandejas a -18°C (Cava marca Forma Bio-Freezer) por seis meses.

Toma de muestras para las determinaciones físico químicas

Para las determinaciones de humedad, pH, TBA, SDs, SH, SPs, AA y color, fueron tomados al azar de 5 ejemplares de tronquitos congelados, a continuación se mezcló el músculo en una licuadora de uso doméstico hasta obtener una mezcla homogénea. Para PLD, PLC y sensorial se emplearon tronquitos enteros. Todos los análisis se realizaron por triplicado, tomando muestras a: 0 (control); 1; 2; 3,5; 4; 5 y 6 meses.

Análisis físico químicos

Humedad: Según la AOAC, (Nº934.01) [3].

I. pH: Por Covenin, 1315-79 [8]. Utilizando un potenciómetro marca "HANNA Instruments", modelo 8417.

Rancidez oxidativa por el método del ácido 2-tiobarbiturico (TBA): Se determinó el contenido de malonaldehído por el método de destilación de Rhee [20], con posterior determinación a 583 nm con un espectrofotómetro (Spectro 22RS de LaboMed, Inc. CA. E.U.A).

Solubilidad proteica en SDS-2 mercaptoetanol (SDS): Mediante la metodología de Castrillón et al. [5]: 1,5 g de pulpa de sardina fueron dispersados en 50 mL de dodecilsulfato de sodio (SDS: 3%) que contenía 2-mercaptoetanol (1%), dejándose a temperatura ambiente durante 30 min. con agitación continua. Después se calentó en baño maría por 30 min. y el precipitado separado con papel de Whatman cualitativo Nº 4. La proporción de proteína soluble, se calculó del contenido de proteínas en el sobrenadante y el de proteína total utilizando el método Kjeldahl, AOAC, Nº 955.04 [3].

Determinación de grupos sulfidrilo libres (SH): Basado en la metodología de Castrillón et al. [5]: 0,15 gr de pulpa (aproximadamente 30 mg de proteína) fue disuelta en 8 mL de buffer (pH 8,2) (0,02 M de Tris-buffer con 0,02M Na₂EDTA y 20 mL de SDS) dejándose por 5 horas a temperatura ambiente con agitación ocasional, luego se le adicionó 0,5 mL de 0,016N DTNB (5, 5'-diotibis 2 nitro-ácido benzoico) y 31, 5 mL de metanol absoluto. La mezcla fue dejada a temperatura ambiente por 15 min. y filtrada con papel de Whatman cualitativo Nº4. La absorbancia se midió a 415 nm. Como patrón se em-

pleó una curva de hidrocloreuro de cisteína (B.D.H. Chemicals Ltd. Poole, Reino Unido) a: 0; 5; 10; 15; 20; y 25 ppm.

Proteína soluble extraíble con soluciones salinas (SPs): Según el método utilizado por Pastoriza y Sampedro [19]: 50 g de músculo fue mezclado con 300 mL de KCL (0,95M) que contiene 0,05 M de NaHCO_3 (pH 7,6-8,0) a 3°C por 2 min. en un homogeneizador (ACE, Homogenizer, Mod: AM-3, Nihonseiki Kaisha, LTD, Japón), dejándose en reposo por 15 horas a 2-3°C. El sobrenadante fue separado por centrifugación a 10.000 rpm por 30 min. a 3°C en una centrífuga Sorvall, Modelo RC2-B con un rotor SS-34 (Sorvall, Wilmington, DE) y el residuo se volvió a extraer sucesivamente con 250 y 200 mL de la solución salina. Los tres extractos fueron combinados y se añadió un volumen equivalente a la solución de ácido tricloroacético (10%), el precipitado obtenido fue separado por centrifugación a 10.000 rpm 10 min., y se le determinó nitrógeno total por Khjendal, AOAC, N° 955.04 [3].

Actividad autolítica (AA): Siguiendo la metodología usada por Andersen et al. [1]: 15-20 g del músculo de la región central dorsal de 5 tronquitos, fueron homogenizados con tres volúmenes de agua destilada. Posteriormente se filtró con lana de vidrio para obtener el extracto, luego se tomaron 3 mL del homogeneizado y fueron mezclados con 1 mL de buffer (pH 7,2) (0,45M KCl con 3,38mM KH_2PO_4 y 15,5 mM Na_2HPO_4) y se procedió a incubar a 60°C por 1 h. Se añadió 2 mL de ácido tricloroacético (0,5 %), agitándose por 1 h. a temperatura ambiente antes de filtrar. La producción de péptidos fue determinada usando ninhidrina según Doi et al. [10]. La absorbancia se midió a 507 nm y como patrón se empleó hidrocloreuro de lisina (Hopkin & Williams. Essex, Reino Unido) a: 0; 100; 200; 300; 400; 500 y 600 ppm.

Color: Por medio de un Colorímetro "Macbeth" modelo 2445, usando una placa estándar y midiendo los parámetros: L, a y b.

Pérdida de líquido por descongelación (PLD): Muestras de tronquitos congelados, se pesaron e introdujeron en bolsas plásticas para luego llevarlas al refrigerador a una temperatura de 4°C por 12 h. Luego se dejó drenar el exudado y se pesaron las muestras nuevamente. La pérdida se determinó como el porcentaje de líquido que se pudiera perder por descongelación en relación al peso inicial de los tronquitos.

Pérdida de líquido por cocción (PLC): Fueron tomadas muestras de tronquitos descongeladas previamente pesadas, se procedió a cocinarlas en microondas por un período de 2 min., a continuación se pesaron. La pérdida de líquido se determinó por diferencias de peso expresado en porcentaje.

Evaluación sensorial (EV): Se evaluaron de los tronquitos descongelados las siguientes características: color y olor de la piel, mucus de la piel, color, olor y textura de la carne interna. Para las muestras cocidas, se evaluaron características de: sabor, olor, color, textura y jugosidad. La evaluación se realizó con 4 panelistas entrenados, mediante el em-

pleo de una escala descriptiva de los atributos antes mencionados [14].

Análisis estadístico: Los resultados obtenidos para cada uno de los análisis realizados se le aplicó las pruebas de los Supuestos del Análisis de Varianza, posteriormente se analizaron mediante pruebas estadísticas paramétricas (ANAVAR); luego para aquellos parámetros donde existieron diferencias significativas se procedió a realizar una Prueba de media de Tukey ($P < 0,05$) [21].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las temperaturas bajas tienen especial significado en alimentos, a -18°C el desarrollo microbiano es completamente detenido, pero continúan ciertos cambios enzimáticos o autolíticos a muy poca velocidad, que pueden limitar la duración de los productos congelados [14, 15]. En productos pesqueros se emplea con frecuencia -18°C , ya que los cambios físicos y químicos disminuyen notablemente, siendo en algunos casos este nivel de temperatura un requisito para el mantenimiento de la calidad y frescura en productos destinados a exportación [14].

En la TABLA I, se muestran los resultados de pH, AA y TBA. El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) para el tiempo de almacenamiento, en relación a los parámetros de pH y actividad autolítica (AA). La tendencia del pH fue un aumento de sus valores iniciales de 6,16 hasta 6,51. La poca variación observada en este estudio puede ser debido a: la baja temperatura empleada que disminuyó las variaciones de este índice, adicionalmente se ha reportado para esta misma especie, poca variación en sus rangos de pH en condiciones de refrigeración, variando entre 5,7 a 6,3 en 20 d. a 4°C [9]. A pesar que la actividad autolítica es un índice utilizado en pescados refrigerados se puede emplear también en congelación, ya que refleja la actividad enzimática que se puede estar generando durante el almacenamiento

TABLA I
VALORES DE pH, ACTIVIDAD AUTOLÍTICA (AA) y TBA EN TRONQUITOS DE SARDINAS ALMACENADOS A -18°C

Meses	pH	AA (mmol de lisina /100g)	TBA (ABS/g)
0	6,16 ± 0,01 ^c	0,36 ± 0,02 ^{cd}	0,11 ± 0,02 ^a
1	5,98 ± 0,01 ^c	0,44 ± 0,01 ^{bcd}	0,17 ± 0,01 ^a
2	6,09 ± 0,01 ^b	0,28 ± 0,06 ^d	0,15 ± 0,20 ^a
3,5	6,06 ± 0,02 ^a	0,47 ± 0,05 ^{abc}	0,11 ± 0,02 ^a
4	6,43 ± 0,03 ^a	0,42 ± 0,03 ^{bc}	0,34 ± 0,40 ^a
5	6,08 ± 0,01 ^a	0,53 ± 0,01 ^{ab}	0,02 ± 0,01 ^a
6	6,51 ± 0,01 ^a	0,56 ± 0,01 ^a	0,14 ± 0,01 ^a

Letras iguales en una misma columna indican que no existen diferencias significativas entre sí, según el análisis de comparación de medias de Tukey ($P < 0,05$).

[14]. El análisis estadístico mostró una interacción significativa del factor tiempo indicando un aumento significativo en AA de (control) 0,36 mmol/100g hasta 0,56 (6 meses). Estos resultados indican que a pesar de mantenerse a -18°C , en un período extenso de conservación, las enzimas autolíticas ejercen su acción sobre la fracción proteica.

Una medida muy usada para evaluar la oxidación de los lípidos, es el índice de TBA; la TABLA I, muestra la tendencia de este parámetro, no teniendo efecto significativo ($P>0,05$) ya que no se observaron variaciones, manifestando una tendencia a mantenerse estable, por lo que se podría indicar que no existe deterioro oxidativo en el presente estudio determinado por este índice. La evaluación de la oxidación de los lípidos puede presentar diversos inconvenientes ya que puede no revelar la tasa de oxidación lipídica en relación con el malonaldehído (MA), debido a que el mismo puede interaccionar con nucleótidos y ácidos nucleicos, proteínas, aminoácidos de fosfolípidos u otros aldehídos que son el producto final de la oxidación y esta interacción puede variar grandemente con la especie e individualidad del pescado [14]. La baja tasa de oxidación observada en esta experiencia, puede deberse: uso de una materia prima de muy buena calidad, rápido procesamiento, la eliminación de vísceras y cabeza que contienen mayor proporción de grasas y adicionalmente el empleo de Envoplas®.

El color es un parámetro importante de calidad en productos pesqueros almacenados bajo congelación, y en especial en aquellas especies donde predomina la carne roja como es el caso de la sardina. La decoloración de rojo a marrón durante el almacenamiento es producto de la oxidación de la oximioglobina a metamioglobina, lo cual ocasiona cambios que afectan su valor comercial. Las mediciones L, a y b en el músculo de sardina se señalan en la TABLA II, el parámetro L se mantuvo aproximadamente constante hasta el final del estudio, sin señalar diferencias significativas ($P<0,05$). Los parámetros a y b mostraron cambios durante el almacenamiento, su variabilidad estadística puede ser ocasionada por los cambios de pH, así como también a la variación de las características individuales de la especie. Diferentes autores [7, 23], señalan que el pH afecta el color, ya que la formación de metamioglobina es mínima (15-40%) a un pH de 5,6-6,3 disminuyendo la decoloración de la carne, el valor más alto de pH determinado en esta experiencia fue de 6,5 (6 meses) y el mismo está fuera del rango mencionado, correspondiendo también para este tiempo el valor máximo de color de a (8,08).

Los análisis más empleados para evaluar la degradación que ocurre en las proteínas de pescado son relativos a las pérdidas de solubilidad o de su extracción [24]. Las pruebas estadísticas aplicadas a los resultados de solubilidad de las proteínas en solución salina (SPs) y grupos sulfidrilos (SH), presentaron diferencias significativas ($P<0,05$) a lo largo del período de estudio, mientras que SDS-mercaptoetanol (SDS) no mostró.

El método SPs permite conocer las variaciones que sufren las proteínas miofibrilares, ya que estas constituyen el

TABLA II
VALORES DE COLOR L, a y b EN TRONQUITOS
DE SARDINAS ALMACENADOS A -18°C

Meses	L	a	b
0	46,19 ± 0,10 ^b	6,25 ± 0,20 ^c	18,18 ± 0,03 ^b
1	46,53 ± 0,01 ^b	5,87 ± 0,04 ^d	18,61 ± 0,03 ^d
2	46,34 ± 0,10 ^b	7,73 ± 0,10 ^b	19,90 ± 0,03 ^b
3,5	45,79 ± 0,01 ^b	5,95 ± 0,03 ^d	18,57 ± 0,03 ^d
4	45,21 ± 1,90 ^b	6,32 ± 0,10 ^c	19,12 ± 0,10 ^c
5	50,14 ± 0,02 ^a	5,09 ± 0,03 ^e	19,09 ± 0,02 ^c
6	46,06 ± 0,01 ^b	8,08 ± 0,03 ^a	20,27 ± 0,01 ^a

Letras iguales en una misma columna indican que no existen diferencias significativas entre sí, según el análisis de comparación de medias de Tukey ($P<0,05$).

porcentaje mayoritario de las proteínas totales del pescado, que se ven afectadas en sus propiedades funcionales como consecuencia de la congelación. En la TABLA III, se presentan los resultados obtenidos en la determinación de SPs, indicando que no fueron estables a lo largo de la experiencia, mostrando una progresiva pérdida de su solubilidad. Al realizar el análisis de medias ($P<0,05$) se observó una diferencia significativa durante el almacenamiento. Este parámetro disminuyó significativamente desde 67,3% hasta 49,7%, permaneciendo casi constante en los últimos 3 meses.

Este descenso en la extracción de SPs durante la congelación ha sido reportado por diferentes investigadores, mostrando una tendencia similar. En tilapia [2], al evaluar SPs, se observó que temperaturas de -10°C se produjo una serie de cambios en las propiedades bioquímicas de las proteínas miofibrilares luego del segundo mes. Estos fueron menos significativos a -30°C donde mostró mayor estabilidad. Se han reportado pérdidas del 37% en pulpa de sardina a -20°C , así como también variaciones en la capacidad de emulsión y viscosidad, debido principalmente a la desnaturalización y agregación proteica [25].

La mayoría de las proteínas que se desnaturalizan en congelación son solubles en compuestos como sodio dodecil sulfato y más del 95% de las mismas son solubles cuando se combinan con 2-mercaptoetanol como solvente [12, 13]. En la TABLA III, se indican los valores promedios obtenidos al determinar la solubilidad proteica en una solución de SDS-2-mercaptoetanol (SDS) en los tronquitos, se observó una disminución progresiva, más no significativa durante el almacenamiento. Comportamiento similar se obtuvo en sardinas a -20°C [5, 6, 13], con una disminución del 4% de este parámetro.

Otras investigaciones relacionan la disminución de la solubilidad con la formación de enlaces disulfuros a partir de los grupos sulfidrilos de la cisteína durante la congelación [5]. En la TABLA III; se señalan los valores obtenidos para este índice, el cual mostró diferencias significativas en el almacenamiento durante los primeros 4 meses y luego menores al final de la evaluación. Se ha reportado en sardinas congeladas una

disminución de los grupos sulfidrilos, atribuyendo esta tendencia a su oxidación y formación de puentes disulfuros, los cuales podrían generar una baja en la digestibilidad de las proteínas por su agregación [5]. Este fenómeno ha sido comprobado por Verrez-Bagnis et al. [26], que encontraron que el músculo de sardina presenta un patrón de degradación complejo en relación a otras especies de pescado, ya que detectaron agregados de proteínas musculares, que producían un aumento del peso molecular de las proteínas presentes en el tejido.

La capacidad de retención de agua de las proteínas, manifestada en el incremento del líquido de exudado y la pérdida de su solubilidad son entre otros, algunos de los análisis que confirman la dependencia de los cambios de la textura en relación a proteína y agua. Durante el almacenamiento existen varias reacciones bioquímicas que interactúan con cambios físicos como por ejemplo la sublimación del hielo o deshidratación del producto, estas son importantes, ya que cuando el hielo se evapora, es reemplazado por aire, y grandes áreas son expuestas a la acción del oxígeno. La deshidratación puede producir una desnaturalización de las proteínas, además estas reacciones tienen una gran importancia desde el punto de vista económico ya que ocasionan pérdida del peso [14, 15].

Los análisis estadísticos muestran diferencias significativas ($P < 0,05$) de las variables: humedad, pérdida de líquido por descongelación (PLD) y pérdida de líquido por cocción (PLC). En relación con el contenido de humedad (TABLA IV) se observó un aumento de su valor inicial de 74,07% hasta 76,24% al final del estudio. Esto se debe a cambios en la cantidad de agua congelada que puede producir una recristalización con acumulación de agua libre en la superficie de las muestras.

La capacidad de retención de agua disminuye por efecto de la desnaturalización, provocando durante la descongelación el goteo o exudado. Este fenómeno puede ocasionar problemas de apariencia y variaciones de las características organolépticas, además de pérdidas nutricionales, ya que algunas proteínas, vitaminas y minerales solubles en agua se pierden durante el goteo [2, 23].

Los resultados de PLD y PLC, se muestran en la TABLA IV. Se observó que PLD aumentó con el tiempo, mientras que PLC se incrementó al inicio y disminuyó a partir del segundo mes, debido quizás a la desnaturalización de las proteínas por el calor de cocción y la consecuente disminución en su capacidad de retención de agua. El análisis de varianza ($P < 0,05$) señaló que el tiempo interactuó significativamente con relación a estos índices.

El PLD varía entre las especies de pescado e incluso entre la misma especie y el mismo depende de la temperatura [2]. Resultados semejantes han sido reportados en filetes de bacalao a -12°C , luego de 6 meses con pérdidas de 14% [16].

En términos generales, la mayoría de los resultados de esta experiencia concuerdan con los obtenidos por diversos investigadores que indican, que los almacenamientos prolonga-

TABLA III
VALORES DE SOLUBILIDAD PROTEICA EN SOLUCIÓN SALINA (SPs), SOLUBILIDAD EN SDS-2-MERCAPTOETANOL (SDs) Y GRUPOS SULFIDRILLO (SH) EN TRONQUITOS DE SARDINAS ALMACENADOS A -18°C

Meses	SPs (%PS/PT)	SPs (%PS/PT)	SH (mmol cisteína/100 g)
0	67,3 ± 4,5 ^b	75,8 ± 4,5 ^a	1,14 ± 0,16 ^c
1	88,0 ± 5,8 ^a	68,3 ± 2,5 ^{ab}	1,79 ± 0,17 ^{ab}
2	28,6 ± 2,8 ^d	70,2 ± 5,8 ^{ab}	2,06 ± 0,37 ^a
3,5	39,2 ± 1,2 ^{cd}	64,6 ± 5,9 ^{ab}	2,01 ± 0,12 ^{ab}
4	50,7 ± 7,1 ^c	66,4 ± 6,6 ^{ab}	2,32 ± 0,20 ^a
5	44,0 ± 4,1 ^c	62,0 ± 4,7 ^b	1,49 ± 0,05 ^{bc}
6	49,7 ± 8,4 ^c	72,1 ± 3,1 ^{ab}	1,48 ± 0,10 ^{bc}

Letras iguales en una misma columna indican que no existen diferencias significativas entre sí, según el análisis de comparación de medias de Tukey ($P < 0,05$).

PS: proteína soluble, PT: proteína total.

TABLA IV
VALORES DE HUMEDAD, PÉRDIDA DE LÍQUIDO POR DESCONGELACIÓN (PLD) Y PÉRDIDA DE LÍQUIDO POR COCCIÓN (PLC) EN TRONQUITOS DE SARDINAS ALMACENADOS A -18°C

Meses	Humedad	PLD (%)	PLC (%)
0	74,07 ± 0,40 ^c	0,0 ± 0,0 ^e	20,0 ± 2,3 ^{ab}
1	75,08 ± 0,40 ^b	3,3 ± 0,2 ^c	23,5 ± 0,3 ^a
2	75,00 ± 0,10 ^b	2,5 ± 0,4 ^d	24,3 ± 3,5 ^a
3,5	76,33 ± 0,30 ^a	4,1 ± 0,2 ^{ab}	12,2 ± 2,4 ^{bc}
4	76,67 ± 0,10 ^a	4,7 ± 0,2 ^a	8,1 ± 1,8 ^c
5	76,79 ± 0,10 ^a	3,4 ± 0,3 ^{bc}	5,9 ± 0,4 ^c
6	76,24 ± 0,20 ^a	2,8 ± 0,2 ^{cd}	8,5 ± 0,3 ^c

Letras iguales en una misma columna indican que no existen diferencias significativas entre sí, según el análisis de comparación de medias de Tukey ($P < 0,05$).

dos a bajas temperaturas afectan la solubilidad proteica. Se puede concluir que durante el almacenamiento bajo congelación a -18°C por un período de 6 meses se presentó un daño irreversible en la fracción proteica, lo que produce una pérdida de sus propiedades funcionales, principalmente la capacidad de retención de agua.

En los procesos de congelación y posterior almacenamiento en productos marinos, se producen modificaciones en sus componentes que afectan sensiblemente las propiedades organolépticas tales como: textura, color, sabor y aroma. En la TABLA V, se describen las características sensoriales de los tronquitos, posterior al proceso de descongelación, se observan variaciones en relación con el color, olor y textura de la carne interna, mostrando un descenso de la calidad durante la

TABLA V
CAMBIOS ORGANOLÉPTICOS EN TRONQUITOS DE SARDINAS ALMACENADOS A -18° C

Almacenamiento (meses)	Piel	Mucus de la piel	Carne interna		
			Color	Olor	Textura
Materia fresca	Pigmentación brillante, decoloraciones ausentes, sin fisuras, coloración intensa, LA: presente.	Perceptible al tacto, brillante y elástico.	Brillo uniforme MB: rosado claro, MR: marrón claro CA: rojo intenso	Olor a mar.	Firme y elástica, superficie uniforme.
0	Pigmentación brillante, decoloraciones ausentes, sin fisuras, coloración intensa, LA: presente.	Perceptible al tacto, brillante y elástico.	Brillo uniforme MB: rosado tenue, MR: marrón claro, CA: rojo intenso	Olor a mar.	Firme y elástica, superficie uniforme. Presencia de exudado.
1	Pigmentación brillante, decoloraciones ausentes, sin fisuras, coloración intensa, LA: presente.	Perceptible al tacto, brillante y elástico.	Brillo uniforme MB: rosado claro, MR: marrón claro, CA: rojo intenso	Predomina el olor a mar y ligero olor a pescado.	Poco firme y suave, se desmorona al presionar. Presenta poco exudado
3,5	Pigmentación brillante, sin fisuras, coloración intensa. LA: ausente.	Perceptible al tacto, brillante y elástico.	Brillo uniforme MB: rosado claro, MR: marrón claro, CA: rojo intenso.	Olor a pescado.	Poco firme y suave, se desmorona al presionar. Presenta mayor exudado.
4	Pigmentación brillante, sin fisuras, coloración intensa. LA: ausente.	Perceptible al tacto, brillante y algo espeso	Brillo uniforme MB: rosado opaco, MR: marrón claro, CA: rojo – anaranjado.	Olor a pescado.	Poco firme, se desmorona al presionar. Presenta exudado y retiene poco agua.
5	Pigmentación brillante, sin fisuras, coloración intensa. LA: ausente. Acumulación de grasa bajo la piel.	Perceptible al tacto, brillante y algo espeso	Brillo poco uniforme MB: beige MR: marrón oscura, CA: anaranjado-amarillo.	Olor fuerte a pescado	Poco firme, se desmorona al presionar. Presenta poco exudado. Retiene agua, sensación esponjosa al tacto.
6	Pigmentación brillante, sin fisuras, coloración intensa. LA: ausente. Acumulación de grasa bajo la piel.	Perceptible al tacto, brillante y algo espeso	Brillo poco uniforme MB: beige, MR: marrón oscura, CA: amarillo. En los extremos: amarillo	Olor fuerte a pescado	Nada firme, se desmorona al presionar. Presenta poco exudado. Retiene agua, sensación esponjosa al tacto. En los extremos apariencia seca y desquebrajada.

MB: músculo blanco, MR: músculo rojo, CA: cavidad abdominal, LA: línea amarilla.

experiencia. Al transcurrir 3,5 meses ya se presentaban alteraciones en olor (olor a pescado), decoloración de la piel, color (oscurecimiento de la carne), presencia de exudado y pérdida de textura, mientras que a los 5 meses, se observó la acumulación de grasa bajo la piel. Otra alteración fue la apariencia seca de su superficie y en los extremos del tronco, al final del periodo de estudio indicando el posible daño por procesos de sublimación o quemado.

La evaluación del pescado cocido, ha sido también utilizada, debido a que determina la aceptabilidad por el consumidor, no significando esto, que sea el tipo de análisis más conveniente a ser aplicado, lo que en todo caso dependerá del uso que se le dará al producto terminado. La descripción de

los cambios organolépticos en los tronquitos sometidos a cocción se indican en la TABLA VI. Se puede señalar que entre los 3 y 4 meses, los cambios principales son en los atributos de color, olor, textura y jugosidad, presentando coloraciones amarillas a lo largo del tronco, olor a pescado poco fuerte, pérdida de textura y firmeza (sensación adhesiva y arenosa al paladar), disminución de la pérdida de jugosidad y expulsión de grasa (perceptibles en el olor y sabor al final del almacenamiento). En estudios realizados en tilapia [2], no se encontró cambios significativos en ninguna de las características evaluadas (olor, rancidez, textura y jugosidad) durante los 6 meses de almacenamiento, tanto a -10°C como a -30°C, a ex-

TABLA VI
CAMBIOS ORGANOLÉPTICOS EN TRONQUITOS DE SARDINAS ALMACENADOS A -18° C Y SOMETIDOS A COCCIÓN EN MICROONDAS

Almacenamiento (meses)	Color	Olor	Sabor	Textura	Jugosidad
Muestra fresca	MB: blanco MR: marrón	Olor suave a mar.	Insípido, algo dulce, pero agradable.	Firme, fácil separación, poco frágil a la presión, buena textura al paladar.	Muy jugosa, poca pérdida de líquido.
0	MB: blanco MR: marrón claro	Olor más suave del mar y a pescado (muy tenue).	Insípido, pero agradable, algo dulce, pero agradable.	Firme, fácil separación, más frágil a la presión. Sensación adhesiva al paladar.	Muy jugosa, mayor pérdida de líquido.
1	MB: blanco/beige MR: marrón claro	Olor suave a pescado.	Poco gustosa.	Firme, fácil separación, más frágil a la presión. Sensación adhesiva al paladar.	Jugosa, poca retención de líquido.
3,5	MB: blanco/beige MR: marrón claro. LA: en todo lo largo del tronco.	Olor menos suave a pescado.	Poco gustosa.	Firme, fácil separación, desmoronamiento al presionar. Sensación adhesiva y arenosa al paladar.	Jugosa, retiene líquido
4	MB: Blanco/beige MR: Marrón claro. LA: en todo lo largo del tronco.	Olor a pescado.	Gustosa.	Firme, fácil separación, desmoronamiento al presionar. Sensación adhesiva y arenosa al paladar.	Poco jugosa, expulsa grasa.
6	MB: Blanco/beige oscuro MR: Marrón claro. LA: en todo lo largo del tronco.	Olor intenso a pescado, se percibe poco olor rancio.	Gustosa, algo grasosa.	Firme, fácil separación, desmoronamiento al presionar. Sensación adhesiva, arenosa y grasosa al paladar.	Poco jugosa, algo seca y expulsa grasa.

MB: músculo blanco, MR: músculo rojo, LA: línea amarilla.

cepción del parámetro sabor, indicando en esta especie una mayor estabilidad sensorial en condiciones de congelación.

CONCLUSIONES

El almacenamiento congelado a -18°C por un período de 6 meses ocasionó un daño irreversible en la fracción proteica, manifestado principalmente en los índices de SPs, SH, PLD y PLC.

En esta experiencia el tiempo de almacenamiento mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) en relación a: pH, AA, color (a, b), SPs, SH, humedad, PLD y PLC.

La evaluación sensorial fue el índice que mejor definió la calidad y aceptación final del producto, las muestras mostraron un deterioro o cambio de las características sensoriales a partir de los 3,5 meses, señalando que el tiempo de vida útil para tronquitos de sardinas a -18°C no puede ser mayor de 4 meses.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH), de la Uni-

versidad Central de Venezuela por el financiamiento de esta investigación a través de los proyectos: PI 03-32-3986-2000; Tipo A 03-33-4649-2000 y PI 03-32-3843-2000. A International Japanese Cooperation Agency (JICA) por la donación de equipos para la realización de los ensayos, así como también a la empresa Compañía Anónima Industrial de Pesca (CAIP) al suministrar las muestras.

REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS

- [1] ANDERSEN, U.; TOMASEN, M.; BENEZE, Y. Texture properties of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effects of diet, muscle fat content and time of storage on ice. **J. Sci. Food Agric.** 74:347-353. 1997.
- [2] ARVELAIZ, P. Evaluación de la estabilidad lipídica y proteica de la tilapia (*Oreochromis híbrido*) durante su almacenamiento congelado. (Trabajo Especial de Postgrado). Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas Venezuela. 104 pp. 1996.
- [3] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST INC. (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 22 th Ed. Edited by Kenneth Helrich. Washington D.C. 1997.

- [4] CABELLO, A.; BELLO, R. Pesquería y comercialización de la sardina en el oriente de Venezuela. **III Consulta de Expertos sobre Tecnología de Productos Pesqueros en América Latina**. Margarita. FAO. Fisheries Technical Paper. Nº 538: 115-119 pp. 1996.
- [5] CASTRILLÓN, A.; ÁLVAREZ-PONTES, E.; GARCÍA, M.; NAVARRO, P. Influence of frozen storage and defrosting on the chemical and nutritional quality of sardine (*Clupea pilchardus*). **J. Sci. Food Agric.** 70:20-34. 1996.
- [6] CASTRILLÓN, A.; NAVARRO, P.; ÁLVAREZ-PONTES, E. Changes in chemical composition and nutritional quality of fried sardine (*Clupea pilchardus*) produced by frozen storage and microwave reheating. **J. Sci. Food Agric.** 75:125-132. 1997.
- [7] CHOW, CH. Relationship between the stability and autoxidation of myoglobin. **J. Agric. Food Chem.** 39:22-26. 1991.
- [8] COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). 1315-79. Norma Venezolana COVENIN: 1315-79. Alimentos Determinación del pH. Acidez lónica. 3 pp. 1979.
- [9] DELGADO, A.; VALLS, J.; GONZÁLEZ, A. Evaluación física y química de la sardina (*Sardinella aurita*) durante su almacenamiento en hielo. *Revista Científica, FCV-LUZ/ 11 (1): 22- 29. 2001.*
- [10] DOI, E.; SHIBATA, D.; MOTOBA, T. Modified colorimetric ninhydrin method for peptidase assay. **Anal Biochem.** 118:173-184. 1981.
- [11] GASTÓN, A. Inconvenientes para la adecuada comercialización de la sardina en Venezuela. En: **Memorias del Taller: Evaluación, Tecnología e Industrialización de Pequeños Pelágicos**. Cumaná. Venezuela: 83-93. 2000.
- [12] HAARD, N. Biochemical reactions in fish muscle during frozen storage. Chaper 20. En **Seafood Science and Technology**. Edit. E. Graham. Bligh. Fishing New Books. p: 176-209. 1992.
- [13] HUIDOBRO, A.; MOHAMED, G.; TEJADA, M. Aggregation of myofibrillar protein in hake sardine and mixed minces during frozen storage. **J. Agric. Food Chem.** 46: 2601-2068. 1998.
- [14] HUSS, H. Cambios Post-mortem en Pescado en: **El Pescado Fresco: su Calidad y Cambios de su Calidad**. FAO. Fisheries Technical. Rome. Paper Nº 348. 202 pp. 1998.
- [15] INSTITUTO NACIONAL DEL FRÍO (INF). Conservación de alimentos por congelación y sus efectos sobre los nutrientes. **La Alimentación Latinoamericana**. 125:75-80. 1980.
- [16] LEBLANC, E.; LEBLANC, R.; BLUM, I. Prediction of quality in frozen cod (*Gadus morhua*) fillets. **J. Food Sci.** 53(2):328-340. 1988.
- [17] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRÍA (MAC). **Informe de Sardinias en el Oriente del País**. Caracas Venezuela. 10 pp. 1982.
- [18] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRÍA (MAC). Sección Pesquerías. En: **Anuario Estadístico Agropecuario de 1997**. Capítulo VII. Dirección de Estadística e Informática: 87-99. 1998.
- [19] PASTORIZA, L.; SANPEDRO, G. Influence of ice storage on Ray (*Raja clavata*) wing muscle. **J. Sci. Food Agric.** 64:9-18. 1994.
- [20] RHEE, K. Minimization of further lipid peroxidation in the distillation 2-thiobarbituric acid test of fish and meat. **J. Food Sci.** 43:1776. 1978.
- [21] STATISTIX. **Analytic Software**. Versión 2,0. 1998.
- [22] SERVICIO AUTÓNOMO DE RECURSOS PESQUEROS Y ACUÍCOLAS (SARPA). **Informe Rubro Sardina**. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas Venezuela. 5 pp. 1996.
- [23] TANAKA, T. Freezing preservation of fish and other marine products. Vol. II. En: **Science of Processing Marine Products**. Kanagawa International Fisheries Centre. Japan International Cooperation Agency (JICA). p: 10-23. 1992.
- [24] VALLS, J. Metodologías físicas y químicas para evaluar la calidad y frescura de sardinias en condiciones de refrigeración y congelación. En: **Memorias del Taller: Evaluación, Tecnología e Industrialización de pequeños Pelágicos**. Cumaná. Venezuela: 114-121. 2000.
- [25] VERMA, J.; SRIKAR, L.; ZULACARA, N.; SARMA, J. Effects of frozen storage on lipid freshness parameters and some functional properties of oil sardine (*Sardinella longiceps*) mince. **Food Research International**. 28 (1): 87-90. 1995.
- [26] VERREZ-BAGNIS, V.; NOEL, J.; SAUTEREAU, C.; FLEURENCE, J. Desmin degradation in postmortem fish muscle. **J. Food Sci.** 64 (2): 240-242. 1999.