

# ESTABILIDAD DE FILETES DE SARDINA (*Sardinella aurita*) EN ALMACENAMIENTO CONGELADO A $-18^{\circ}\text{C}$

## Stability of Sardine Fillets (*Sardinella aurita*) under Frozen Storage at $-18^{\circ}\text{C}$

Jaime Valls<sup>1</sup>, Ana Paredes<sup>1</sup> y Deokie González<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto 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.

<sup>2</sup>Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, EDIMAR, Apartado 144. Porlamar, estado Nueva Esparta, Venezuela.

### RESUMEN

Los cambios físicos, químicos y sensoriales fueron evaluados en filetes de sardina (*Sardinella aurita*), almacenados en congelación a  $-18^{\circ}\text{C}$  por seis meses. Se tomaron muestras mensualmente con el propósito de determinar: pH, color (L, a y b), líquido exprimible (LE), solubilidad de proteínas solubles en soluciones salinas (SPs), ácido tiobarbitúrico (TBA), ácido láctico, perfil de ácidos grasos, humedad y evaluación sensorial. En este estudio el tiempo de almacenamiento mostró diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) con respecto a: color (L, a y b), evaluación sensorial, SPs y LE. La evaluación sensorial resultó ser el parámetro más idóneo para medir la estabilidad de los filetes congelados, los cuales mostraron un excelente grado de frescura, hasta el segundo mes de almacenamiento a partir del cual comienza a decrecer, pero conservando buenas condiciones sensoriales hasta el quinto mes. Al sexto mes se manifestaron alteraciones en el color del músculo, con la aparición de manchas amarillas, debido posiblemente a la oxidación de lípidos. Estos cambios sensoriales fueron confirmados por el índice de TBA, el cual se incrementó de 0,024 (Ab.Und/g), hasta 0,22 al sexto mes. La frescura inicial de las sardinas crudas, su bajo contenido de grasa y una correcta manipulación, fueron los factores que influyeron en la estabilidad del producto final.

**Palabras clave:** Sardina, congelación, *Sardinella aurita*.

### ABSTRACT

Physical, chemical and sensorial changes were evaluated in sardine (*Sardinella aurita*) fillets under frozen storage at  $-18^{\circ}\text{C}$  for six months. Samples were taken monthly in order to evalu-

ate: pH, colour (L,a, and b), water binding capacity (WBC), solubility of proteins in saline solutions (SPs), thiobarbituric acid test (TBA), lactic acid, fatty acid profile, moisture and sensory evaluation. In this research the storage time shows significant differences ( $P < 0.05$ ) with: colour (L,a and b), sensorial evaluation, SPs and WBC. Sensorial evaluation was the most suitable parameter in measurement frozen fillets stability. Fillets showed an excellent grade of freshness, until second month of frozen storage. After that, quality decrease, but also can reach until fifth month, with good sensorial conditions, meanwhile at sixth month, muscle colour was alterate with yellow spots, maybe due by lipid oxidation. These sensorial changes were confirmed by TBA index, which increase from 0.024 (Ab.Und/g) at the beginning of this experience, until 0.22 al sixth month. The initial freshness of raw sardine, the low fat level (2.5%), and good manipulation were important factors that influence in the stability of the end product.

**Key words:** Sardine, frozen storage, *Sardinella aurita*.

### INTRODUCCIÓN

En Venezuela la sardina constituye el principal recurso pesquero en términos de volumen de captura, generando cada año más del 24% de la producción nacional total de los productos pesqueros [27]. La importancia de este alimento, se basa principalmente en su empleo como materia prima para la industria de conservas, así como también para la producción de filetes y tronquitos. Por otra parte, su pesca permite el sostenimiento de grandes sectores de pescadores artesanales de las zonas costeras, especialmente del oriente del país. Otra importancia que tiene es desde el punto de vista nutricional, ya que se caracteriza por ser una de las fuentes de proteína animal más importante, de bajo costo y de mayor calidad para la

población [3, 11]. Este alimento aporta proteínas que contienen aminoácidos esenciales, también es valiosa en calcio (Ca), hierro (Fe) por lo que resulta un buen sustituto de la carne roja, contiene además vitaminas del grupo B, que contribuyen a mantener en buenas condiciones la piel, la vista y el sistema nervioso [17, 21].

La mayoría del público prefiere el pescado en estado fresco; por lo general el consumidor en nuestro país tiene dificultades para obtener productos pesqueros de buena calidad, debido a su inadecuada manipulación y almacenamiento. Cuando se trabaja con un alimento como este, que es susceptible al deterioro, el principal problema que se presenta es la necesidad de conservarlo en buen estado y aumentar así su vida útil comercial. De ahí la importancia de utilizar el almacenamiento congelado, que permite prolongar la vida útil por períodos más largos y obtener así, características muy semejantes a las que tenía inicialmente. Por otra parte si se ofrece al consumidor un producto semielaborado como los filetes de sardina, en los cuales se han eliminado: la cabeza, la cola, vísceras y escamas, se tiene un alimento que resulta más aceptable y de mayor facilidad para su preparación en los hogares.

Es frecuente el empleo de  $-18^{\circ}\text{C}$ , para el almacenamiento de productos pesqueros ya que a esta temperatura el desarrollo microbiano es completamente detenido, sin embargo, ciertos cambios físicos, químicos y enzimáticos, pueden desarrollarse lentamente y en un período relativamente largo de almacenamiento pueden producir alteraciones organolépticas y nutricionales, que mermen su calidad. En congelación con almacenamiento prolongado, se pueden perder cantidades sustanciales de algunos nutrientes, entre ellos: las fracciones proteicas y lipídicas que son importantes en la dieta y salud del consumidor. Además se afecta la aceptabilidad del pescado por cambios en sus propiedades organolépticas. Estos aspectos resaltan la importancia de evaluar las variaciones de estos índices, para así determinar sus efectos sobre el alimento [17].

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia que pudiese tener el almacenamiento congelado a  $-18^{\circ}\text{C}$  por seis meses, sobre la estabilidad física, química y sensorial de filetes de sardina, 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

### Toma de muestra y diseño experimental

Para la realización de este trabajo se utilizaron ejemplares de sardinas (*Sardinella aurita*), provenientes del oriente del país (Carúpano, estado Sucre), para el momento de la toma de muestras, estas tenían entre 5–8 h de haber sido capturadas y habían sido mantenidas con abundante hielo en las em-

barcaciones de la empresa. Se obtuvo 10 Kg que fueron transportados en una cava con suficiente hielo al Instituto de Ciencia Tecnología de Alimentos de la Universidad Central de Venezuela. Una vez en el Instituto, las sardinas se lavaron, se les eliminó los materiales extraños y luego se procedió a la eliminación de la cabeza, escamas y cola, posteriormente se introdujeron en la fileteadora "Fish Filleting Machine" tipo S (Taiyo Seisakusho. Co. Ltd. Japón). Los filetes obtenidos tenían por un lado (externo) su respectiva piel y por otro (interno), el tejido muscular. A continuación se lavaron para eliminar restos de sangre y vísceras, se colocaron en bandejas de anime de la siguiente manera: una capa de 10 filetes aproximadamente y un pliegue de papel encerado, sobre el cual se colocó otra capa de filetes, hasta obtener 4 capas, separadas por el papel encerado. Estas capas se formaron colocándolos longitudinalmente en la bandeja y evitando dejar espacios libres entre los filetes, para obtener finalmente un peso aproximado por bandeja entre 800-900 g. Posteriormente, estas se envolvieron con Envoplas y se congelaron en un equipo de placas Dole (Freeze-Cel. Dole Refrigeration Company, Chicago, E.U.A.) hasta alcanzar los  $-18^{\circ}\text{C}$  en 8 h. Luego se procedió a colocarlas en bolsas plásticas comerciales de cierre hermético del tipo "Clip" y se almacenaron a  $-18^{\circ}\text{C}$  en una cava marca "Forma Bio-Freezer" por un período de seis meses. El diseño experimental se fundamentó en los objetivos de la investigación, tomando muestras para los análisis cada 0; 1; 2; 3,5; 4; 5 y 6 meses, correspondiendo al mes 0, los filetes obtenidos inmediatamente después del proceso de congelación.

### Talla y peso de las sardinas

La medición de la talla y peso fue realizada en forma aleatoria a 50 ejemplares, que representaban más del 30% del lote. La talla se determinó midiendo sobre el eje longitudinal del pez, desde la punta del hocico hasta la bifurcación de la cola, los mismos fueron pesados posteriormente.

### Determinaciones en los filetes de sardinas congelados a $-18^{\circ}\text{C}$

**Toma de muestras para las determinaciones:** Durante los seis meses de almacenamiento se tomaron periódicamente muestras, extrayendo de las bandejas (almacenadas a  $-18^{\circ}\text{C}$ ) diez filetes a fin de realizar los análisis físicos-químicos y sensoriales. Todos las determinaciones se realizaron empleando porciones descongeladas a  $4^{\circ}\text{C}$  por 18 h., que fueron homogeneizadas en una licuadora de uso doméstico, a excepción del sensorial que fue realizado en los filetes enteros. Todos los análisis se realizaron por triplicado, tomando muestras a: 0 (filetes de sardinas inmediatamente después de la congelación); 1; 2; 3,5; 4; 5 y 6 meses.

**Análisis proximal:** Se realizaron por triplicado, solamente a la materia prima, según la AOAC [1], realizando los siguientes análisis: humedad (Nº 952.08), grasa cruda (Nº 948.15), cenizas (Nº 938.08) y proteína cruda (Nº 995.04). Método de micro-Kjeldahl). La determinación de humedad sin em-

bargo, se efectuó a los filetes congelados durante toda la experiencia.

**pH:** Según COVENIN [8], empleando un potenciómetro marca "HANNA Instruments", modelo HI-8417.

**Color:** Según metodología de Hunter, empleando un Colorímetro "Macbeth Color-Eyer 2445 Spectrophotometer", modelo 2445, usando una placa estándar y midiendo los parámetros: L (luminosidad, claro/oscuro), a (relación rojo/verde) y b (relación amarillo/azul).

**Líquido exprimible (LE):** Se colocó 20 g de muestra homogeneizada en un tubo de centrifuga de 50 mL y luego fue centrifugada a 18.000 rpm por 30 min., manteniendo la temperatura a  $2^{\circ}\text{C}$ , en un equipo "Sorvall", modelo RC2-B con un rotor SS-34 (Sorvall, Wilmington, DE). El volumen de líquido sobrenadante contenido en el tubo de centrifuga se midió en un cilindro graduado de 10 mL. El resultado se expresó como mL/100g.

**Rancidez oxidativa por el método del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA):** Se realizó por el método de Rhee [25], con destilación y posterior determinación a 538 nm con un espectrofotómetro "Spectro 22RS" de LaboMed, Inc, C.A. E.U.A. Los resultados se expresaron como unidades de absorbancia por gramo de muestra (Ab.Und/g).

**Ácido láctico:** La extracción se realizó con ácido perclórico (Mallinckrodt Inc, París, KY), según Valls y col. [33, 34], y la determinación por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) según Bevilacqua y Califano [4]. Se inyectaron 30  $\mu\text{L}$  del extracto de las muestras, bajo las siguientes condiciones cromatográficas: Fase móvil buffer de  $\text{NH}_4\text{NaHPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (0,076%) + 2mL de acetonitrilo/L de buffer a pH 2,8. Longitud de onda 214 nm. AUFS del detector 0,5. Atenuación del registrador 2. Columna Novapak C18 (Waters). La concentración del estándar de ácido láctico (Sigma, St. Louis, M.O. E.U.A) fue de 0,2 mg/mL. El equipo HPLC consta de los siguientes componentes "Waters": Bomba modelo 510, inyector U6K, detector UV-Vis, modelo 486 (190-600 nm), integrador-registrador 746.

**Proteína soluble en solución salina (PSs):** Según Pastoriza y Sanpedro [24]: 5 g de músculo fue mezclado con 50 mL de KCl (0,95 M) que contiene 0,05 M de  $\text{NaHCO}_3$  (pH 7,6-8) a  $3^{\circ}\text{C}$  por 2 min. En un homogeneizador, (ACE, homogenizer, mod: AM-3, Nihonseiki Kaisha, LTD, Japón) dejándose en reposo por 15 horas a  $2-3^{\circ}\text{C}$ . El sobrenadante fue separado por centrifugación a 10000 rpm por 30 min., a  $3^{\circ}\text{C}$  en centrifuga Sorvall, Modelo RC2-B con un rotor SS-34 (Sorvall, Wilmington, DE) y el residuo se volvió a extraer sucesivamente con 50 mL y 40 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 5.000 rpm por 10 min., y se le determinó nitrógeno total por micro-Kjeldahl, AOAC [1] (N° 955.04).

#### **Perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases:**

Este análisis se realizó en la Sección de Lipidología del Instituto de Medicina Experimental, Universidad Central de Venezuela, según la AOAC [1], la preparación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos, (N° 969.33) y la separación por cromatografía de gases (N° 963.22). La fracción grasa del músculo de pescado fue extraída usando una relación pulpa: cloroformo: metanol de 1:6:3 (p:v:v) y se homogeneizó, se le adicionó agua en igual cantidad, que la suma de los solventes, con 10 mg del antioxidante BHT/100mL. Se agitó por una hora dejándose posteriormente reposar en refrigeración por 24 h, después fue separada la fase clorofórmica y evaporada en atmósfera de nitrógeno a  $30^{\circ}\text{C}$ . Los lípidos aislados, fueron transesterificados a ésteres metílicos de ácidos grasos mediante calentamiento a  $80^{\circ}\text{C}$  en reflujo por 1 h, con una mezcla de 5 mL de metanol: benceno: ácido sulfúrico en relación de 80: 10: 4 (v:v:v), posteriormente se dejó enfriar y los ésteres metílicos fueron extraídos añadiendo a  $0^{\circ}\text{C}$ , 5 mL de agua fría y 5 mL de éter de petróleo. Los ésteres metílicos se analizaron con un cromatógrafo de gases "Hewlett-Packard" modelo 5880-A, con detector de ionización a la llama utilizando como fase móvil nitrógeno, temperatura del horno  $200^{\circ}\text{C}$  en condiciones isotérmicas, temperatura del inyector y detector  $250^{\circ}\text{C}$  e inyectando 1  $\mu\text{L}$  de muestra. El tiempo de corrida fue de 40 min. Los ácidos grasos determinados (Sigma, St. Louis, M.O. E.U.A.) fueron saturados: cáprico C10:0, láurico C12:0, mirístico C14:0, palmítico C16:0, esteárico C18:0 y aráquidico C20:0, monoinsaturados: palmitoleico C16:1 (n-7) y oleico C18:1 (n-9), poliinsaturados: linoleico C18:2 (n-6), linolénico C18:2 (n-3), eicosatrienoico C20:3 (n-6), araquidónico C20:4 (n-6), eicosapentanoico C20:5 (n-3), docosahexaenóico C22:6 (n-3) y tetracosanoico C24:1 (n-9).

**Evaluación sensorial:** Inicialmente se realizó esta determinación a los filetes recién obtenidos, sin congelar y se consideró esta evaluación como óptima con puntuación de 5 en la escala sensorial. Por otra parte a continuación, a los filetes recién congelados se les descongeló y se les aplicó la evaluación sensorial, considerando estas muestras como tiempo 0. El resto de los filetes en sus respectivas bandejas de anime fueron colocados a  $-18^{\circ}\text{C}$ , y se tomaron muestras cada mes. Para la evaluación se procedió a la descongelación, la cual se llevó a cabo por 18 h. en refrigeración a  $4^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente se aplicó la evaluación sensorial, en forma cruda y también cocida. La cocción se realizó colocando la muestra en una bolsa plástica hermética del tipo "Clip" y calentando en baño de maría (hirviendo) por 15 min. Se evaluaron en los filetes crudos descongelados las características de: color y olor de la piel, mucus de la piel, color, olor y textura de la carne. Para las muestras cocidas se evaluaron características de: sabor, olor, color, textura y jugosidad. La evaluación se realizó con 4 panelistas entrenados, mediante el empleo de una escala descriptiva del 1 al 5, de los atributos antes mencionados, donde la puntuación de 5 es el máximo puntaje y se considera el valor de 3 como el mínimo de aceptación [17].

### Análisis estadístico

Los resultados de talla y peso fueron evaluados cada uno mediante la estimación del promedio e intervalo de confianza. A todos los otros parámetros (físicos, químicos y sensoriales) se les aplicó análisis de varianza de una vía (ANOVA) y prueba de rango múltiple de Duncan, de manera de determinar el efecto del tiempo de almacenamiento en los índices ya señalados. Se utilizó para todas las pruebas estadísticas un 95% de nivel de significancia y el programa utilizado fue el Statgraphics versión 6,0 [29].

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La materia prima se caracterizó midiendo el peso y la talla de los ejemplares de sardinas. El promedio de la talla fue de  $17,2 \pm 1,0$  cm (95% de confianza), la cual es superior al mínimo permitido para su captura (15 cm.) en Venezuela [22]. El promedio obtenido en esta experiencia, está dentro del rango de 11,3 a 23,5 cm señalado en un estudio, llevado a cabo con 6.184 ejemplares de sardinas capturada en Cariaco, Venezuela [14]. En relación al peso promedio de la población, se obtuvo un valor de  $75,5 \pm 8,2$  g (95% de confianza), valor muy parecido a los obtenidos por Delgado y col. [9], con valores entre 74,9 hasta 80,6 para la misma especie de sardina.

Según Huss [17], la composición química de los peces puede variar dependiendo de diversos factores intrínsecos (sexo, tamaño y nutrición del individuo) y de factores extrínsecos (zona, época y técnica de captura), también se caracterizó las sardinas frescas en base a su composición proximal, obteniéndose valores de: humedad  $76,9 \pm 0,1\%$ , proteína  $18,3 \pm$

$0,2\%$ , grasa  $2,5 \pm 0,1\%$  y cenizas  $1,70 \pm 0,01\%$ , estos resultados son similares a otros estudios realizados con esta misma especie [2, 9, 12], así como también a los reportados por Kilinc y Cakli [18], en otra especie de sardina (*Sardina pilchardus*). El aspecto más resaltante del análisis proximal, obtenido en esta experiencia, es el bajo contenido de grasa (2,5%), ya que la sardina tiene un amplio rango que puede variar entre 2-8%, dependiendo de aspectos como: época del año, tamaño, edad, estado de nutrición etc. El conocimiento de este valor, es de mucha importancia para el almacenamiento congelado, ya que dependiendo de su contenido graso, se pueden manifestar cambios organolépticos, que produzcan rechazo del alimento. En general es de esperar que si la materia prima, tiene un porcentaje bajo de grasa la estabilidad en almacenamiento congelado debería ser mayor, que la misma especie con un contenido alto de grasa.

Entre los primeros cambios que se manifiestan en un pez recientemente capturado, está el cambio de pH, el cual varía según la especie, el área de pesca, época del año, cantidad de glucógeno al momento de la muerte, capacidad amortiguadora de las proteínas musculares y especialmente el método de captura [19]. En la TABLA I. se muestra el pH de las muestras de filetes, se tiene un valor inicial de 5,91 en el primer mes, posteriormente hay un aumento del mismo, con un descenso con pequeñas fluctuaciones hasta llegar al final del estudio a un valor de pH de 5,95 el cual no muestra diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) con respecto al valor inicial, así como tampoco en relación al tiempo de almacenamiento. Estos resultados de pH obtenidos para los filetes son diferentes a los reportados por González y col. [12], quienes trabajaron con sardinas de la misma especie, pero procesadas como tronqui-

TABLA I  
CAMBIOS FÍSICOS Y QUÍMICOS EN FILETES DE SARDINA ALMACENADOS A  $-18^{\circ}\text{C}$  / PHYSICAL AND CHEMICAL CHANGES IN SARDINE FILLETS UNDER FROZEN STORAGE AT  $-18^{\circ}\text{C}$

Análisis	Tiempo en Meses						
	0	1	2	3,5	4	5	6
pH	$5,91 \pm 0,01^a$	$6,16 \pm 0,01^e$	$5,97 \pm 0,01^c$	$6,01 \pm 0,01^d$	$5,94 \pm 0,01^b$	$5,96 \pm 0,01^c$	$5,95 \pm 0,01^c$
Ácido láctico ( $\mu\text{mol/g}$ )	$17,1 \pm 3,7^{ab}$	$20,5 \pm 0,7^b$	$15,9 \pm 0,7^a$	$16,9 \pm 1,3^{ab}$	$19,8 \pm 2,3^{ab}$	$20,1 \pm 0,5^b$	$19,2 \pm 3,5^{ab}$
Color							
a	$6,19 \pm 0,01^a$	$7,58 \pm 0,02^b$	$8,18 \pm 0,03^f$	$7,66 \pm 0,01^c$	$8,54 \pm 0,01^g$	$7,96 \pm 0,04^d$	$8,11 \pm 0,03^e$
b	$14,22 \pm 0,04^a$	$13,22 \pm 0,01^c$	$12,65 \pm 0,05^d$	$11,61 \pm 0,03^f$	$11,62 \pm 0,04^f$	$13,42 \pm 0,09^b$	$11,89 \pm 0,09^e$
L	$42,33 \pm 0,01^b$	$39,89 \pm 0,01^a$	$43,90 \pm 0,01^d$	$43,17 \pm 0,05^c$	$44,49 \pm 0,05^e$	$43,25 \pm 0,1^c$	$44,19 \pm 0,10^f$
Humedad	$76,9 \pm 0,1^a$	$74,6 \pm 0,1^{bc}$	$73,9 \pm 0,8^{bc}$	$71,2 \pm 0,2^d$	$74,5 \pm 0,1^{bc}$	$72,9 \pm 2,3^c$	$75,7 \pm 0,10^{ab}$
PSs %	$66,6 \pm 5,3^{bc}$	$72,0 \pm 5,7^{bc}$	$80,0 \pm 1,0^c$	$61,5 \pm 2,3^{abc}$	$40,4 \pm 0,3^a$	$48,6 \pm 11,1^{ab}$	$65,0 \pm 21,2^{bc}$
LE %	$22,9 \pm 0,7^b$	$17,6 \pm 1,3^a$	$31,8 \pm 3,5^c$	$25,9 \pm 3,6^b$	$31,6 \pm 0,2^c$	$28,1 \pm 1,7^{bc}$	$31,6 \pm 0,9^c$

Promedio  $\pm$  desviación estándar. Medias con diferentes letras en el super índice (a,b,c), dentro de una misma fila, indican diferencias significativas a un nivel de probabilidad de  $P > 0,05$ . PSs%: Porcentaje de proteína soluble en soluciones salinas (gr proteína soluble/100 g proteína). LE%: Porcentaje de líquido exprimible (mL de agua/100 g muestra).

tos (sin escamas, cabeza, cola y vísceras) y almacenadas  $-18^{\circ}\text{C}$  por seis meses. Los autores reportan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) del pH (6,16 a 6,51) en relación al tiempo de almacenamiento. Sin embargo, en otros estudios realizados también con esta especie, pero en condiciones de refrigeración en hielo por 20 días, enteras y evisceradas, los pH iniciales fueron de 5,8-6,4, los cuales descendieron durante los primeros días, y posteriormente aumentaron progresivamente hasta alcanzar al final valores muy similares a los iniciales [9]. Por otra parte, en estudios recientes con *Sardinella gibbosa* en refrigeración han demostrado una estabilidad del pH por 12 días, a partir del cual se incrementa notablemente [6]. Estas diferencias de resultados, pueden ser atribuidas a: especies distintas, forma de captura, estado fisiológico del animal, etc. Un aspecto importante relacionado con estas fluctuaciones, es que los cambios de pH, inclusive de 0,5 unidades pueden tener un efecto significativo sobre las propiedades físicas del músculo, ya que producen cambios en la carga de las proteínas musculares, causando su desnaturalización parcial y disminuyendo la capacidad de enlazar agua, produciendo una disminución de la dureza del tejido, que puede ocasionar una textura inaceptable [17].

Con respecto al ácido láctico, (TABLA I) el análisis de varianza para el efecto tiempo no mostró diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). Los resultados tanto de pH como de ácido láctico, no muestran variaciones significativas en relación al tiempo de almacenamiento y no tienen correlación entre sí. Posiblemente la baja temperatura empleada ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) y la buena frescura de la materia prima, así como también el adecuado procesamiento, inhibieron la producción del ácido láctico. La poca variación del ácido láctico durante toda esta experiencia, no produjo una contribución significativa, para tornar el pH del tejido muscular más ácido.

Los cambios de color son importantes en la calidad de productos pesqueros congelados, especialmente en especies con presencia de carne roja como la sardina. Durante el almacenamiento y dependiendo de la cantidad de oxígeno, potencial redox del tejido, pH, etc, puede ocurrir la oxidación de la oximioglobina a metamioglobina, produciendo cambios del rojo al marrón. Varios autores [7, 30], señalan que el pH afecta el color, ya que la formación de metamioglobina es mínima (15-40%) entre un pH de 5,6 a 6,3, por lo que se evita la decoloración de la carne. En los parámetros "L", "a" y "b" se obtuvo que el valor de luminosidad (L) no disminuye sino que se incrementó, lo cual indica que las muestras se mantuvieron claras. Con respecto al valor "a", que es indicativo del color rojo y se relaciona con los compuestos hemo presentes, éste muestra un pequeño aumento significativo estadísticamente de 6,19 al inicio hasta 8,11 al final. En "b" se observó una disminución desde el primer mes, hasta el final de la experiencia. La diferencia obtenida en el color tanto para L, a y b, se debe al tiempo de almacenamiento, ya que el análisis estadístico determinó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) para estos tres parámetros.

El pescado congelado puede sufrir cambios en la apariencia externa, entre los que se encuentran alteraciones en los pigmentos del pescado los cuales pierden el brillo gradualmente, este efecto puede incrementarse si el pescado se deja secar. La deshidratación es perjudicial por sí misma ya que el producto pierde peso y la superficie se vuelve seca y porosa. Esta alteración, conocida como "quemadura por congelación" da lugar a alimentos que pueden ser rechazados para su consumo. En la TABLA I se indica la humedad obtenida, se observa que al primer mes el valor fue de 76,9% y el final de 75,7%. Presentando durante el almacenamiento una tendencia al descenso, a excepción del último mes en la que aumentó; incluso mayor a las demás, debido probablemente a diferencias individuales. El análisis de varianza y análisis de medias aplicado reveló que no existen diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en los distintos meses de almacenamiento, estas variaciones corresponden al comportamiento esperado, ya que visualmente los filetes mostraban hasta el segundo mes muy buen color, brillo en su superficie y no se evidenciaba signos de quemadura superficial por frío o degradación evidente de pigmentos.

La congelación es un sistema adecuado para preservar el pescado, sin embargo puede sufrir alteraciones en su textura, jugosidad y pérdida de retención de agua. Este deterioro es atribuido a los cambios que sufren las proteínas miofibrilares; que depende no sólo de la especie, sino también del tratamiento previo a la congelación, métodos de congelación y condición de almacenamiento [15, 28, 32]. En la TABLA I, se muestran los resultados del análisis de varianza para PSs. Durante los dos primeros meses experimentó un incremento de solubilidad de 66,6% a 80,0% para luego disminuir hasta el quinto mes a 48,6% e incrementar en el último mes. El descenso de PSs durante la congelación ha sido reportado por diferentes autores, mostrando el mismo comportamiento [12, 13, 35]. Estos aumentos con posteriores descensos pueden ser debidos, a que al inicio del almacenamiento las enzimas proteolíticas (catepsinas y calpains) pueden incrementar las PSs, posteriormente las proteínas al seguir transcurriendo el almacenamiento, pierden parte del agua enlazada, aumentando la hidrofobicidad de la proteína y disminuyendo la PSs. El valor inicial de este parámetro (66,6%) es bajo cuando se compara con otros estudios (80,6%) en sardinas (*Clupea pilchardus*) [10], sin embargo en evaluaciones realizadas González y col. [12, 13], en tronquitos (*Sardinella aurita*) a  $-18^{\circ}\text{C}$  y  $-40^{\circ}\text{C}$ , obtuvieron valores iniciales de 67%, así como también un comportamiento similar al antes señalado ya que a partir del valor inicial, aumento hasta 82-88% en el primer mes, para luego disminuir hasta 41% al tercer mes. Por otra parte Carache y col. [5], en filetes de bacalao a ( $-20^{\circ}\text{C}$  y  $-30^{\circ}\text{C}$ ) encontraron también disminuciones significativas de PSs, siendo más pronunciada a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Una de las propiedades funcionales de las proteínas contráctiles del músculo es su capacidad de retención de agua. En este sentido, la medición del líquido exprimible es un método sencillo que determina tanto el agua perdida por las

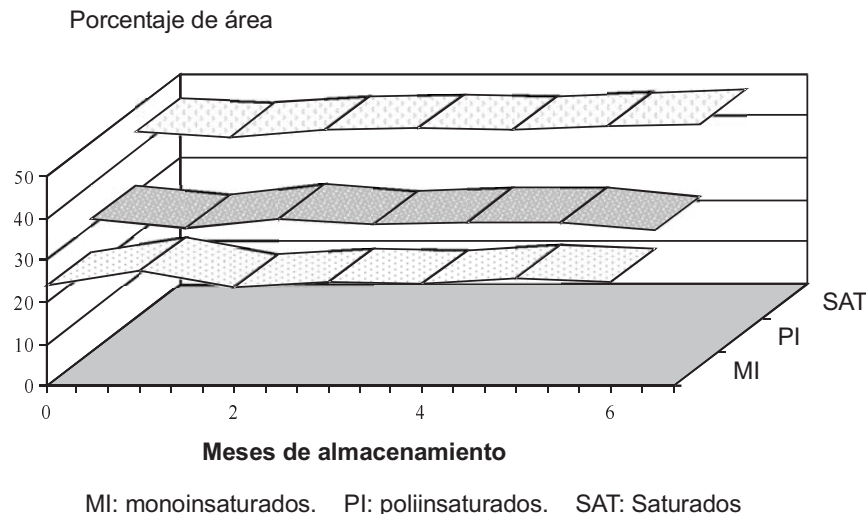
proteínas desnaturalizadas, así como su capacidad de reabsorber el agua de los cristales de hielo durante la descongelación. Según algunos autores [16, 24], la pérdida de esta propiedad es ocasionada por la desnaturalización de las proteínas musculares (agregación o pérdida de la solubilidad de la actinmiosina), y a cambios en la estructura celular del músculo durante la formación de los cristales de hielo durante la congelación. Los resultados obtenidos de líquido exprimible (LE) se muestran en la TABLA I. Se observa un incremento en LE durante los seis meses de almacenamiento hasta 31,60%. El resultado del análisis de las medias evidencia una diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) entre los valores de este índice al inicio y el último mes, así como también en relación al tiempo de almacenamiento.

Los cambios químicos más importantes, son los que tienen lugar en la fracción lipídica del pescado; estos contribuyen directamente e indirectamente al deterioro del pescado congelado. La hidrólisis de lípidos (lipólisis), la oxidación y la interacción de los productos de estas reacciones con otros constituyentes no lipídicos, contribuyen notablemente al deterioro de productos pesqueros almacenados por largos períodos [17, 32]. En la FIG.1 se muestra la variación de la composición de los ácidos grasos en los filetes. Los ácidos grasos saturados permanecieron prácticamente invariables hasta el cuarto mes, sufriendo un ligero ascenso en el último mes del almacenamiento, por otra parte el C22:6 (n-3) presentó al final de la experiencia una disminución, mientras que el resto de los ácidos grasos, se mantuvieron con pequeñas variaciones. En general se puede señalar que durante toda la experiencia, los ácidos grasos saturados, monosaturados y poliinsaturados se mantuvieron estables, con pequeñas fluctuaciones. Los que presentaron mayor área fueron: C14:0 (12,05%), C16:0 (21,15%), C16:1 (n-9) (12,75%), C18:1 (n-9) (11,17%), C20:5 (n-3) (15,11%) y C22:6 (n-3) (12,58%), y el resto se mantuvo con pequeñas variaciones ocasionadas posiblemente a diferencia entre individuos. Resultados similares fueron obtenidos en

tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), congelados a  $-40^{\circ}\text{C}$  por seis meses en los cuales no se registraron diferencias entre la composición de los ácidos grasos [13]. Variaciones más significativas de los ácidos grasos, se han obtenido en pulpas de esta especie, lo cual puede atribuirse en una gran medida, a que la desintegración física del tejido muscular, propicia una mayor interacción entre agentes prooxidantes y el material lipídico [2, 23].

Los lípidos presentes en los filetes de pescado contienen una alta proporción de ácidos grasos insaturados con enlaces susceptibles a la rancidez oxidativa, especialmente durante el almacenamiento en congelación. La oxidación es afectada por factores tales como: composición lipídica, sustancias pro y antioxidantes, pH y la cantidad de agua no congelada. Esto produce aldehídos, ácidos carboxílicos, cetonas etc, causantes del deterioro del sabor y el olor [28]. El TBA es un índice que mide el deterioro oxidativo de lípidos, por medio de la cuantificación del malonaldehído, sustancia que se produce principalmente por oxidación de ácido grasos que presentan 2 o más insaturaciones [17]. Los resultados de TBA, mostraron pequeñas variaciones (0,024 a 0,063 Unidades de absorbanza/g muestra) desde el inicio hasta el quinto mes, posteriormente se incrementó notablemente hasta 0,27 al final del estudio. El empleo de una materia prima fresca, unido a una manipulación adecuada, las bajas temperaturas y el bajo porcentaje de grasa de estos filetes (2,5%), contribuyó al que el deterioro, que hubiese podido ocasionarse por oxidación fuese menos notorio en este estudio.

La gran mayoría de los factores que inciden en la calidad de los alimentos pueden ser medidos por métodos sensoriales. En tal sentido, la evaluación sensorial constituye una parte importante de cualquier programa de calidad de un producto, dado que el criterio final de aceptación de un producto viene dado por la respuesta humana [17]. El rango de aplicaciones de la evaluación sensorial es sumamente amplio y las



**FIGURA 1. VARIACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS EN FILETES DE SARDINA ALMACENADOS A  $-18^{\circ}\text{C}$  / FATTY ACIDS CHANGES IN SARDINE FILLETS UNDER FROZEN STORAGE AT  $-18^{\circ}\text{C}$ .**

circunstancias en la que puede ser empleada es muy variada, dependiendo de los objetos propuestos. Según Arocha (1989) citado por Delgado y col. [9], en los trabajos de investigación el análisis sensorial complementa los métodos físicos, químicos y microbiológicos. La evaluación sensorial aplicada a los filetes es reportada en la TABLA II y la FIG. 2. Como referencia óptima se consideró los filetes de sardina fresca obtenidos (sin congelación), con un puntaje máximo de 5. El análisis de varianza aplicado a estos resultados demuestra diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) para el tiempo de almacenamiento. En la TABLA II, se describen las características de los filetes crudos posterior al proceso de descongelación. En general se observó que durante la congelación se perciben pequeñas variaciones en relación con el color, olor y textura de la carne interna, mostrando un descenso de la calidad durante el tiempo. Estos cambios fueron mucho más perceptibles al transcurrir dos meses, cuando ya presentaba alteraciones en el olor, presencia de exudado, oscurecimiento de la carne y para el sexto mes se observaron ciertas zonas amarillas debajo de la piel, posi-

blemente por oxidación de lípidos, aspecto que es indicado por el alto valor del índice de TBA, obtenido para este último mes de estudio. Al terminar el almacenamiento las muestras presentaban en general mala apariencia.

La evaluación del pescado cocido es ampliamente utilizada, ya que mide e interpreta las reacciones de aquellas características de los alimentos, tal como son percibidos por los sentidos al momento de su consumo. En este caso las muestras congeladas son sometidas a un proceso de descongelación, que puede ser llevado a cabo en condiciones de refrigeración, una vez realizado este, las muestras se colocan en una bolsa resistente al calor y se les aplica un tratamiento térmico, finalmente al producto cocido se le realiza su evaluación sensorial. Al evaluar un producto cocido, este tiene un estado que se aproxima a la forma como es consumido con mayor frecuencia. Los resultados que se obtienen empleando cocción pueden aceptar muestras con menor frescura, en relación a la evaluación realizada en muestras crudas, ya que la pérdida de calidad se percibe más tardíamente, debido a que el trata-

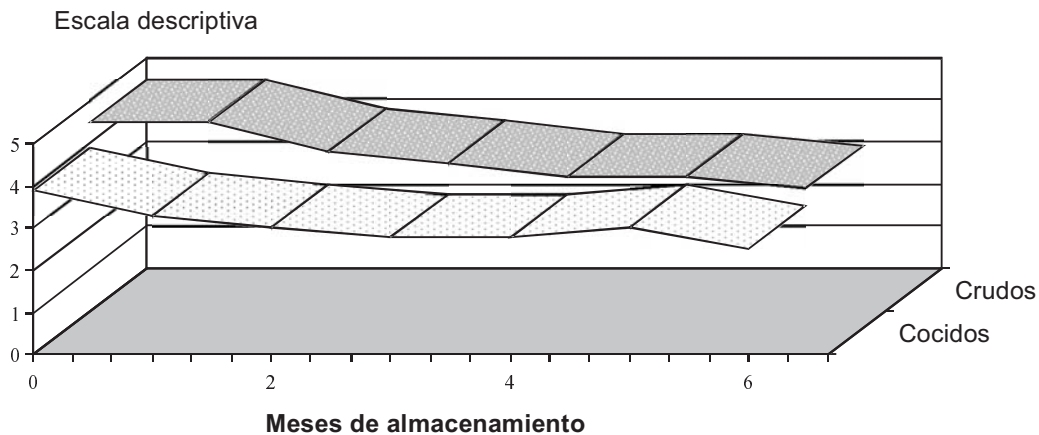
**TABLA II**  
**CAMBIOS ORGANOLÉPTICOS EN FILETES DE SARDINA ALMACENADOS A  $-18^{\circ}\text{C}$  / ORGANOLEPTIC CHANGES IN SARDINE**  
**FILLETS UNDER FROZEN STORAGE AT  $-18^{\circ}\text{C}$**

Tiempo (meses)	Piel	Carne Interna			Puntuación
		Color	Olor	Textura	
Filetes de sardina, recién obtenidos, sin congelar (*)	Brillante, L.A.P., mucus perceptible al tacto	Gris translúcida	Olor a mar	Firme y elástica, superficie uniforme	5 <sup>(a)</sup>
0	Brillante, L.A.P., coloración intensa, sin fisuras	Blanca poco translúcida	Olor a mar y ligero olor a pescado	Firme, superficie uniforme, presencia de exudado.	4,5 <sup>(ab)</sup>
1	Brillante, L.A.P., sin fisuras	Blanca poco translúcida	Olor a mar y ligero olor a pescado	Firme pero poco elástica, presencia de exudado	4,5 <sup>(ab)</sup>
2	Brillante, L.A.P., color intenso	Amarillo claro	Olor a pescado	Firme pero poco elástica, presencia de mucho exudado	3,8 <sup>(c)</sup>
3,5	Brillante, L.A.P., color intenso	Amarillo claro	Olor a pescado	Blanda (poco firme), se desmorona al presionar, presencia de exudado	3,5 <sup>(c,d)</sup>
4	Poco brillo, L.A.P., color opaco	Amarillo claro	Olor a pescado	Blanda (poco firme), presencia de mucho exudado	3,2 <sup>(d)</sup>
5	Poco brillo, L.A.A.	Amarillo claro	Olor a pescado	Blanda (poco firme), presencia de mucho exudado, retiene poca agua	3,2 <sup>(d)</sup>
6	Poco brillo, L.A.A.	Amarillo más oscuro (posible oxidación)	Olor a pescado	Blanda (poco firme) se desmorona al presionar	2,9 <sup>(e)</sup>

(\*) Se tomó como referencia, los filetes recién obtenidos de sardina sin congelar, como la puntuación máxima (5,0).

L.A.P.= línea amarilla presente. L.A.A.= línea amarilla ausente. Medias con diferentes letras en el super índice (a,b,c), dentro de una misma columna, indican diferencias significativas a un nivel de probabilidad de  $P > 0,05$ .

Nota: Las muestras de filetes fueron descongeladas a  $4^{\circ}\text{C}$ , a excepción de los filetes de materia prima, que estaban almacenados con hielo.



**FIGURA 2. CAMBIOS ORGANOLÉPTICOS EN FILETES DE SARDINA CRUDOS Y COCIDOS / ORGANOLEPTIC CHANGES IN RAW AND COOKED SARDINE FILLETS.**

miento térmico puede enmascarar los cambios relacionados con olores y sabores desagradables [20], sin embargo en trabajos realizados con tilapia refrigerada, no se encontraron diferencias en la evaluación sensorial entre muestras crudas y cocidas [31]. En el caso de sardina este tipo de evaluación mediante cocción es conveniente, ya que la misma se consume con tratamiento térmico y también es utilizada para elaborar conservas. A pesar, de que se han señalado que la cocción puede enmascarar cierto deterioro organoléptico, los resultados obtenidos en esta experiencia indican que el puntaje de aceptación de las muestras cocidas, fueron siempre menores que los obtenidos con los filetes crudos. El análisis de varianza aplicados a los filetes descongelados y sometidos a una cocción posterior, demuestran diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), para el tiempo de almacenamiento.

La descripción de los cambios organolépticos se indica en la TABLA III y FIG. 2. Se puede señalar que los mismos después de descongelados se ven afectados directamente, ya que se observó que a partir del tercer mes, hubo deterioro principalmente en los atributos de color y textura, mientras que los demás se mantuvieron constantes durante el periodo de estudio a excepción del color y sabor en el último mes que tuvo variación. La evaluación sensorial es la que comprueba y complementa los análisis en términos sensoriales para determinar el grado de aceptación final del producto [17, 26], este parámetro indica que el tiempo de vida útil no puede ser mayor de dos meses. Este tiempo puede ser considerado como un límite, en el cual se obtiene un producto con características muy similares a la materia prima (filetes recién obtenidos, sin congelar), posteriormente se manifestaron signos de deterioro, debidos principalmente a la presencia de coloración amarillenta en el tejido muscular, producto de cierto grado de oxidación de lípidos. Sin embargo no se evidenció un olor característico de lípidos oxidados, inclusive hasta el último mes de almacenamiento. Se puede señalar que si bien se manifestaron cambios sensoriales al tercer mes, con respecto a la materia prima, desde un punto de vista práctico, las características organo-

lépticas de los filetes hasta el quinto mes del estudio eran aceptables.

## CONCLUSIONES

En este estudio el tiempo de almacenamiento mostró diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) con respecto a: color (L,a y b), SPs, LE y evaluación sensorial.

Los niveles de TBA, permanecieron bajos a lo largo del periodo de estudio, pero a los seis meses fue cuando se observó diferencias; aumentando el mismo en los filetes, coincidiendo el incremento con los cambios sensoriales percibidos.

Las sardinas frescas y los filetes de sardina no mostraron variabilidad con relación al contenido de ácidos grasos saturados, monosaturados y poliinsaturados. Estos resultados señalan que durante el almacenamiento en congelación los componentes antes mencionados se mantuvieron estables. Los que presentaron mayor área fueron: C14:0, C16:0, C16:1 (n-9), C18:1 (n-9), C20:5 (n-3) y C22:6 (n-3), y el resto se mantuvo con pequeñas variaciones ocasionadas posiblemente a diferencia entre individuos.

En los filetes se mostró una alteración de las características sensoriales en relación a la frescura de la materia prima, a partir del tercer mes. Sin embargo desde un punto de vista práctico, se obtuvo una buena calidad hasta los cinco meses de almacenamiento congelado a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

## AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH), de la Universidad Central de Venezuela por el financiamiento de la presente investigación a través de los proyectos PI 03-32-3986-2000; Tipo A 03-33-4649-2000 y PI 03-00-5827-2005. A la International Japanese Cooperation Agency (JICA) por la donación de equipos para la realización de los ensayos.



TABLA III  
**CAMBIOS ORGANOLÉPTICOS EN FILETES DE SARDINA COCIDOS, DESPUÉS DE CONGELACIÓN A -18°C / ORGANOLEPTIC  
 CHANGES IN COOKED SARDINE FILLETS AFTER FROZEN STORAGE AT -18°C**

Tiempo (meses)	Color	Sabor	Textura	Olor	Puntuación
Filetes de sardina, recién obtenidos, sin congelar (*)	Blanca	Suave a pescado	Firme y jugosa, miotomos adherentes	Muy específico, fresco	5 <sup>(a)</sup>
0	Blanca	Suave a pescado	Algo jugosa, miotomos adherente	Olor a fresco	3,9 <sup>(b)</sup>
1	Blanca	Suave a pescado	Algo jugosa, miotomos adherentes	Suave a pescado	3,3 <sup>(c)</sup>
2	Amarillo claro	Suave a pescado	Algo jugosa, miotomos adherentes, presencia de exudado	Suave a pescado	3 <sup>(c)</sup>
3,5	Blanca /amarillo	Suave a pescado	Algo jugosa, miotomos adherentes, presencia de mucho exudado	Suave a pescado	2,8 <sup>(c)</sup>
4	amarillo	Suave a pescado	Algo pastosa, miotomos poco adherentes, presencia de exudado	Suave a pescado	2,8 <sup>(c)</sup>
5	Blanca	Suave a pescado	Algo jugosa, miotomos poco adherentes	Suave a pescado	3 <sup>(c)</sup>
6	amarillo	Dulzón no desagradable, no rancio	Algo pastosa, miotomos poco adherentes	Suave a pescado	2,5 <sup>(d)</sup>

(\*) Se tomó como puntuación máxima (5) a los filetes cocidos obtenidos de la materia prima fileteada sin congelar. Medias con diferentes letras en el super índice (a,b,c), dentro de una columna, indican diferencias significativas a un nivel de probabilidad de P > 0,05.

Nota: Las muestras de filetes fueron descongeladas a 4°C, a excepción de los filetes de materia prima, que estaban almacenados con hielo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST INC. (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 20<sup>th</sup>. Ed. Kenneth Helrich. Washington. (Ed) D.C. 1298 pp. 1990.
- [2] BARRERO, M.; BELLO, R. Cambios en la composición de los ácidos grasos de la pulpa de sardina (*Sardinella aurita*) lavada con solución de bicarbonato de sodio al 0,5%. **Rev. Cientif. FCV-LUZ**. X (2): 136-144. 2000.
- [3] BELLO, R. Importancia del recurso pesquero: pequeños pelágicos en Venezuela y América Latina. En: **Memorias del Taller: Evaluación, Tecnología e industrialización de pequeños pelágicos "Pablo Herrera"**. Cumaná, Edo. Sucre. Venezuela. 06-08 Diciembre. 6-15 pp. 2000.
- [4] BEVILACQUA, A.; CALIFANO, A. Determination of organic acids in dairy products by high performance liquid chromatography. **J. Food Sci.** 54 (4): 1076-1079. 1989.
- [5] CARECHE, M.; MAZO, M.; TORREJON, P.; TEJADA, M. Importance of frozen storage temperature in the type of aggregation myofibrillar proteins in cod (*Gadus morhua*) filets. **J. Agric. Food Chem.** 46 (6): 1539-1546.1998.
- [6] CHAIJAN, M.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W. Change of pigments and color in sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) muscle during ice storage. **Food Chem.** 93 (4): 607-617. 2005.
- [7] CHOW, CH. Relationship between the stability and autoxidation of myoglobin. **J. Agric. Food Chem.** 39 (1): 22-26. 1991.
- [8] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). **Norma Venezolana COVENIN: 1315-79. Alimentos Determinación de pH. Acidez Iónica**. 3 pp. 1979.
- [9] DELGADO, A.; VALLS, J.; GONZÁLEZ, A. Evaluación física y química sardina (*Sardinella aurita*) durante su almacenamiento en hielo. **Rev. Cientif. FCV-LUZ**. XI. (1): 22-29. 2001.
- [10] GARCÍA-ARIAS, M.; PONTES, E.; GARCÍA-LINARES, M.; GARCÍA-FERNÁNDEZ, M.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F. Gridding of sardine filets. Effects of frozen and thawed modality on their protein quality. **Lebensm-Wiss. u.-Technol.** 36 (8): 763-769. 2003.
- [11] GASTÓN, F. Inconvenientes para la adecuada comercialización de la sardina en Venezuela. En: **Memorias del Taller: Evaluación, Tecnología e industrialización de pequeños pelágicos "Pablo Herrera"**. Cumaná. Edo. Sucre. 06-08 Diciembre. 83-93 pp. 2000.
- [12] GONZÁLEZ, D.; VALLS, J.; GONZÁLEZ, A.; PAREDES, A. Evaluación de sardinas tipo "round" sometidas a condiciones de refrigeración y congelación. **Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales**. 155: 105-117. 2003.

- [13] GONZÁLEZ, D.; VALLS, J.; PAREDES, A.; FINOL, H. Cambios químicos y estructurales en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita* V.) congelados y almacenados a  $-40^{\circ}$  C. **Rev. Cientif. FCV-LUZ**. XIV. (4): 303-310. 2004.
- [14] GUZMÁN, R.; GOMEZ, G. Aspectos biológicos y pesquería de la sardina (*Sardinella aurita*) en el golfo de Cariaco, Venezuela. **Zoot. Trop.** 16 (2): 149-162. 1998.
- [15] HAARD, N. Biochemical reactions in fish muscle during frozen storage. Chapter 20. In E. Graham (Ed.), **Sea Food Science and Technology**. Bligh. Fishing. News Books. 176-183 pp. 1992.
- [16] HUIDOBRO, A., MOHAMED, G.; TEJADA, M. Aggregation of myofibrillar proteins in hake, sardine, and mixed minces during frozen storage. **J. Agric. Food Chem.** 46 (7): 2601-2608. 1998.
- [17] HUSS, H. Cambios Post-mortem en pescado. En: **El pescado fresco, su calidad y cambios de calidad**. FAO. Documento Técnico de Pesca Nº 348. 202 pp. 1998.
- [18] KILINC, B.; CAKLI, S. Chemical, microbiological and sensory changes in thawed frozen fillets of sardine (*Sardinella pilchardus*) during marination. **Food Chem.** 88 (2): 275-280. 2004.
- [19] KINGLAND, R.; AROCHA, P. Evaluación del efecto de varios tipos de hielo sobre la calidad del pargo dienton (*Lutjanus griseus*) almacenados en condiciones de refrigeración. En: **Informe de III Consulta de Expertos sobre Tecnología de Productos Pesqueros en América Latina**. Porlamar, Estado Nueva Esparta. Venezuela. 21-25 de Marzo de 1994. FAO. 59-63 pp. 1996.
- [20] MANTHEY, M.; KARNOP, G.; REHBEIN, H. Quality changes of European catfish (*Silurus glanis*) from warm-water aquaculture during storage on ice. **Internat. J. Food Sci. and Tech.** 23 (1):1-9. 1988.
- [21] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRÍA (MAC). **Informe de sardinas en el oriente del país**. Caracas-Venezuela. 10 pp. 1982.
- [22] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRÍA (MAC). **Resolución oficial sobre el tamaño mínimo de captura de la sardina**. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas-Venezuela. 8 pp. 1973.
- [23] ORTIZ, H.; BELLO, R. Composición y estabilidad de los ácidos grasos de la pulpa de cachama y sardina durante su almacenamiento en congelación. **Arch. Latin. de Nutri.** 42 (4): 460-465. 1992.
- [24] PASTORIZA, L.; SAMPEDRO, G. Influence of ice storage on ray (*Raja clavata*) wing muscle. **J. Sci. Food Agric.** 64 (1): 9-18. 1994.
- [25] RHEE, K. Minimization of further lipid peroxidation in the distillation 2-thiobarbituric acid test of fish and meat. **J. Food Sci.** 43 (6): 1776. 1978.
- [26] RODRÍGUEZ, C.; VELASCO, F.; BESTEIRO, I.; RODRÍGUEZ, S.; QUINTANA, R.; PASCUAL, C. Evaluación sensorial y química de la sardina (*Sardina pilchardus, walb*) almacenada en hielo y cámara fría. **Alimentaria.** 87-92. 1991.
- [27] SERVICIO AUTÓNOMO DE LOS RECURSOS PESQUEROS Y ACUÍCOLAS (SARPA). Ministerio de Agricultura y Cría. **Informe Rubro Sardinas**. División de Estadísticas. Caracas-Venezuela. 5 pp. 1996.
- [28] SIKORSKI, H.; KOLAKOWSKA, K. **Freezing of marine food in seafood resources, nutritional composition and preservation**. Sikorski, H. (Ed). CRC Press. Boca Ratón. USA. 114 pp. 1990.
- [29] STATISTICAL GRAPHICS SYSTEMS CORPORATION. **User's Guide. Statgraphics**. Versión 6,0. STSC: E.U.A. 1992.
- [30] TANAKA, T. Freezing preservation of fish and other marine products. Vol. II. In: **Science of Processing Marine Products**. Kanagawa International Fisheries Center. Japan International Cooperation Agency (JICA). 10-23 pp. 1992.
- [31] TOME, E.; MAYBELYN, I.; KODAIRA, M.; VALLS, J. Efecto del tiempo de retardo en la refrigeración sobre la frescura de la tilapia (*Oreochromis spp.*) cultivada. **Anal. Venez. de Nutr.** 14 (1): 3-8. 2001.
- [32] VALLS, J. Efecto de los procesos tecnológicos tradicionales en la calidad nutricional de productos pesqueros. Capítulo 8. En: **Efecto del Procesamiento sobre el Valor Nutricional de los Alimentos**. Editorial Universidad Simón Bolívar. 1<sup>er</sup> Ed. 186-210 pp. 2003.
- [33] VALLS, J.; BELLO, R.; KODAIRA, M. Validation of liquid chromatography analysis of ATP-related compounds in sardines. **J. Aquatic Food Product Tech.** 10 (3): 67-78. 2001.
- [34] VALLS, J.; DELGADO, A. Evaluación de los productos de degradación del ATP en sardina (*Sardinella aurita*) durante su almacenamiento en hielo. **Rev. Cientif. FCV-LUZ**. X (5): 383-390. 2000.
- [35] VALLS, J.; PAREDES, A.; GONZÁLEZ, D.; GONZÁLEZ, A. Evaluación física, química, microbiológica y sensorial de filetes de sardina (*Sardinella aurita* V.) empacados al vacío y congelados a  $-18^{\circ}$ C. **Rev. Cientif. FCV-LUZ**. XIV (2): 115-123. 2004.