

EVALUACIÓN DE AMINAS BIÓGENAS, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL DE SARDINA (*Sardinella aurita*) DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN HIELO

Biogenic Amines, Microbiological and Sensory Evaluation of Sardine (*Sardinella aurita*) During Ice Storage

Alejandra Delgado Bottini, Jaime Valls Puig y Elisabetta Tomé Boschian

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

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluaron los cambios de los parámetros sensoriales, microbiológicos (aerobios mesófilos, psicrófilos y bacterias productoras de histamina), así como la formación de aminas biógenas, en tres lotes: I (junio), II (julio) y III (noviembre) de sardinas (*Sardinella aurita*) sometidas a refrigeración en hielo (4°C) en cavas isotérmicas, bajo dos condiciones: sardinas enteras (EN) y evisceradas-descabezadas (EV) por un período de almacenamiento en hielo de 20 días. Los resultados microbiológicos indicaron un bajo recuento inicial de aerobios mesófilos (10^3 UFC/g) en los tres lotes evaluados, los cuales aumentaron hasta alcanzar valores finales de 10^5 UFC/g. Los microorganismos psicrófilos comenzaron a aumentar al sexto día de almacenamiento (10^3 UFC/g), incrementándose notablemente hasta 10^7 UFC/g al final del estudio, para ambas condiciones. Los niveles de bacterias productoras de histamina, se mantuvieron bajos durante toda la experiencia ($\leq 10-10^3$ UFC/g). Los resultados de la evaluación sensorial indicaron un grado de frescura óptima desde el inicio hasta el segundo día del almacenamiento; entre los 3-13 días las sardinas conservaron buena calidad y desde los 14 días hasta el final del almacenamiento (20 d) se consideraron de baja calidad. Estas etapas fueron observadas en ambas condiciones, sin embargo para EV se observó mejor calidad. La evaluación sensorial resultó ser la más idónea para medir estabilidad y frescura de las sardinas en sus dos condiciones.

Palabras clave: Sardina, aminas biógenas, sensorial, microbiología, *Sardinella aurita*.

ABSTRACT

The present study evaluated the changes of sensorial parameters, microbiological examinations (aerobic mesophiles, psychrotrophs and histamine-producers bacteria) and formation of biogenic amines in three lots: I (june), II (july) and III (november) of sardine (*Sardinella aurita*). Each lot was subjected to refrigeration in isothermic box with ice (4°C), under two conditions: whole (WS) and eviscerated-beheaded (ES) for 20 days. The microbiological result show a low mesophilic initial count (10^3 UFC/g) in these lots, which increased until reaching final values of 10^5 UFC/g. While psychrophilic microorganisms began to increase from sixth day of storage (10^3 UFC/g) and reached up to 10^7 UFC/g at the end of study, for both conditions. The histamine-forming bacteria count were low, during all the experiences ($\leq 10-10^3$ UFC/g). The results of sensorial evaluation indicated a good freshness grade from the beginning until the second day of storage; between 3-13 days sardines conserved a good quality and later from 14 days until storage ended (20 d) they were considered with low quality. These stages were observed in both storage conditions, however better quality was determined in eviscerated-beheaded. The sensorial evaluation was most suitable to measure sardine freshness and stability.

Key words: Sardine, biogenic amines, sensory, microbiology, *Sardinella aurita*.

INTRODUCCIÓN

De todos los cambios deteriorativos que pueden ocurrir en pescado refrigerado, uno de los que produce mayor impacto sobre su calidad es el ocasionado por la acción de microor-

ganismos [27]. En un pescado recién capturado los microorganismos se encuentran principalmente en piel, branquias e intestinos. Esta carga bacteriana está influenciada por: estación de año, temperatura del agua, especie de pescado, manipulación, tamaño de la pesca y método de captura [16, 17]. Las bacterias presentes en pescados capturados en aguas frías o templadas, almacenados en hielo, entran en fase exponencial de crecimiento casi inmediatamente después de la muerte del pez, debido a que su microflora se encuentra adaptada a las temperaturas de enfriamiento. Mientras que los pescados de aguas tropicales almacenados en hielo, atraviesan una fase mayor de latencia que puede durar de 1-2 semanas [4, 17, 20]. Sin embargo, esto no es una regla universal, ya que factores como: especie, contenido de grasa, tamaño, forma, época e inclusive el lugar de alimentación pueden tener incidencia sobre la dinámica de crecimiento microbiano [1, 2].

El recurso pesquero de la sardina en Venezuela constituye el de mayor importancia económica que es explotado mediante el sistema artesanal. Los volúmenes de captura de este rubro encabezan el primer lugar en las estadísticas pesqueras, reportándose un volumen en 1997 de 138.780 TM, del cual aproximadamente un 15% es comercializado en forma refrigerada [7, 22, 23, 29]. Es de interés por lo tanto, el estudio de los cambios microbiológicos y sensoriales que se pueden desarrollar en esta especie, cuando es sometida a condiciones de refrigeración.

El objetivo del presente trabajo es evaluar en tres lotes de sardinas (*Sardinella aurita*) almacenadas en hielo, los cambios de los parámetros: aminas biógenas, sensoriales y microbiológicos, con respecto a la época de captura y condiciones de procesamiento (enteras y evisceradas-descabezadas) para establecer el tiempo de almacenamiento de esta especie durante el cual se tiene un producto apto al consumo humano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Para la realización de este trabajo se utilizaron ejemplares de sardinas (*Sardinella aurita*), 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. Se analizaron tres (3) lotes de sardinas capturadas en meses diferentes: junio (lote I), julio (lote II) y noviembre (lote III), cada uno de aproximadamente 16 kg, los mismos fueron trasladados en cavas con hielo por vía terrestre, en un tiempo de 5-6 h, hasta el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela. Cada lote fue dividido en 2 partes iguales y almacenados bajo dos condiciones: enteras (EN) y evisceradas-descabezadas (EV), en cajas isotérmicas con hielo (4°C) en la proporción

2:1 (sardina:hielo), colocados en nevera a $7\pm 1^\circ\text{C}$ por un período de 20 d. El hielo se repuso cada 2-3 d, mientras que el agua del deshielo fue descartada, manteniendo las condiciones iniciales. Fueron tomadas muestras para realizar las siguientes determinaciones:

Aminas biógenas

Para la extracción de las aminas biógenas fueron tomados 5 ejemplares de cada condición (en el caso de sardinas enteras, se eliminaron cabeza, vísceras, cola, piel y escamas), a continuación para cada condición, se mezcló el músculo obtenido en una licuadora de uso doméstico hasta obtener una mezcla homogénea y se determinó putrescina, cadaverina, triptamina, tiramina e histamina por cromatografía líquida, según procedimiento de Valls y col. [34], empleando un equipo Waters compuesto por: bomba modelo 510. Inyector U6K. Detector UV-visible modelo 486, longitud de onda 214 nm y 0,5 AUFS. Integrador-registrador modelo 746 para procesar los datos, con atenuación de 8. Columna Novapak C18 fase reversa (4 μ , 150x3,9 mm, d.i., Waters). Las condiciones cromatográficas fueron: fase móvil de acetonitrilo:metanol:agua (1:2:1) (Riedel-de Haen A.G. Alemania). Flujo: 0,8 mL/min. Se prepararon estándares de las sales sódicas de cada una de las aminas (Sigma, St. Louis, MO), en metanol (Mallinckrodt Inc., Paris, KY), a una concentración de 1 mg/mL. Luego, 2 mL de cada solución fueron mezclados hasta 200 ppm de cada amina (estándar múltiple). De los extractos de las muestras y del estándar múltiple, se inyectaron 25 microlitros.

Análisis microbiológico

De manera aséptica 11 g de músculo se colocaron en una bolsa con cierre hermético (bolsa "clip"). Fueron añadidos 99 mL de agua peptonada al 0,1 % y homogeneizado en un "stomacher" por 1-2 min. A partir de esta preparación se realizaron diluciones sucesivas que fueron inoculadas en los medios respectivos para determinar:

Aerobios mesófilos y psicrófilos totales

Por siembra en profundidad usando agar estándar (Plate Count Agar) [3].

Bacterias productoras de histamina

Por el método de recuento estándar inoculando por profundidad en medio de Niven's [25], con las modificaciones al medio de cultivo efectuadas por Chen y col. [10], que permite un nivel de detección del 95,8%.

Evaluación sensorial

Se realizó según Valls y col. [33], empleando una escala del 1 al 5 para evaluar atributos y los cambios de estos, en las siguientes características para EN: branquias, ojos, mucus de la piel, escamas, carne interna y vientre. Para EV: mucus de la piel, escamas y carne interna.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se evaluaron usando el programa Stat-graphyics versión 6.6 a un 95 % de nivel de significancia, empleando los análisis estadísticos: análisis de varianza y prueba de rango múltiple [30].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El recuento microbiológico se muestra en la TABLA I. El conteo de aerobios mesófilos tiene limitada validez para determinar la seguridad de un producto, sin embargo, este índice es utilizado para estimar el deterioro incipiente de los alimentos, así como también los posibles defectos en el mantenimiento de la temperatura de refrigeración y un probable tiempo de almacenamiento [18]. El conteo inicial de aerobios mesófilos en los tres lotes fue de 10^2 - 10^3 UFC/g, indicando que el pescado presenta-

ba excelente grado de frescura. A excepción de la condición de EV para los lotes I y III, que registraron 10^7 UFC/g al final del almacenamiento, en el resto de la experiencia no se cuantificaron valores superiores a los 10^5 UFC/g. En general, con la excepción antes indicada, puede señalarse que la carga microbiana de mesófilos fue baja al compararla con los valores considerados altos e indicativos de deterioro en el pescado (10^7 UFC/g). Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Cuero y col. [9], así por ejemplo en sardinas crinuda (*Opis-tonema libertate*), se ha determinado en su almacenamiento con hielo a los 20 d un recuento de mesófilos entre 10^4 - 10^5 UFC/g, los autores señalan que cuando la conservación con hielo es rápida después de su captura y se procede a una buena manipulación post-captura, estos factores demoran la multiplicación de las bacterias, especialmente las mesófilas

Las pocas variaciones observadas en el comportamiento de estos microorganismos pueden deberse a que su tempera-

TABLA I
CONTAJE DE AEROBIOS MESÓFILOS, PSICRÓFILOS Y BACTERIAS PRODUCTORAS DE HISTAMINA (BPH)
EN SARDINAS ENTERAS (EN) Y EVISCERADAS (EV) ALMACENADAS EN HIELO

	Unidades formadoras de colonia /g					
	EN			EV		
	Mesófilos	Psicrófilos	BPH	Mesófilos	Psicrófilos	BPH
Lote I						
1	$1,0 \times 10^3$	< 10	< 10	$1,0 \times 10^3$	< 10	< 10
3	$1,6 \times 10^3$	< 10	< 10	$1,5 \times 10^3$	< 10	< 10
6	NE	$0,9 \times 10^2$	< 10	NE	$3,4 \times 10^2$	< 10
9	$1,1 \times 10^3$	$1,8 \times 10^3$	< 10	$0,6 \times 10^2$	$2,8 \times 10^3$	< 10
13	$1,8 \times 10^3$	$1,8 \times 10^4$	< 10	$1,3 \times 10^3$	$2,5 \times 10^5$	< 10
16	$1,4 \times 10^3$	$5,2 \times 10^6$	< 10	$8,9 \times 10^4$	$7,4 \times 10^5$	< 10
20	$7,1 \times 10^4$	$2,8 \times 10^7$	< 10	$2,9 \times 10^7$	$1,3 \times 10^7$	< 10
Lote II						
1	$6,4 \times 10^3$	< 10	$2,3 \times 10^2$	$6,4 \times 10^3$	< 10 *	$2,3 \times 10^2$
5	$7,2 \times 10^2$	$0,2 \times 10^2$	$0,6 \times 10^2$	$7,3 \times 10^3$	< 10	$1,1 \times 10^2$
8	$1,8 \times 10^3$	$2,7 \times 10^4$	$0,5 \times 10^2$	$7,8 \times 10^2$	$3,5 \times 10^3$	< 10
13	$2,9 \times 10^3$	$6,4 \times 10^4$	< 10	$3,8 \times 10^3$	$2,6 \times 10^5$	$5,5 \times 10^1$
16	$1,4 \times 10^3$	$1,2 \times 10^5$	< 10	$1,3 \times 10^4$	$1,3 \times 10^6$	$1,3 \times 10^2$
20	$6,8 \times 10^4$	$1,8 \times 10^7$	$0,8 \times 10^2$	$7,3 \times 10^3$	$2,0 \times 10^7$	$2,7 \times 10^3$
Lote III						
1	$0,7 \times 10^2$	< 10	< 10	$0,7 \times 10^2$	< 10	< 10
3	$8,8 \times 10^3$	< 10	$1,4 \times 10^2$	$1,4 \times 10^3$	< 10	$1,0 \times 10^2$
6	$2,3 \times 10^4$	$2,9 \times 10^2$	$1,9 \times 10^2$	$2,1 \times 10^4$	$0,5 \times 10^3$	$2,0 \times 10^2$
9	$8,8 \times 10^4$	$1,3 \times 10^3$	NE	$1,0 \times 10^5$	$1,3 \times 10^3$	< 10
13	$1,6 \times 10^4$	$9,5 \times 10^5$	< 10	$1,8 \times 10^3$	$0,1 \times 10^6$	NE
16	$1,4 \times 10^3$	$9,1 \times 10^6$	< 10	$1,0 \times 10^3$	$5,7 \times 10^6$	< 10
20	$1,1 \times 10^3$	$2,6 \times 10^7$	< 10	$3,0 \times 10^7$	$2,2 \times 10^7$	< 10

NE: No evaluado.

tura de crecimiento se encuentra en el rango de 25,0 a 37,5°C, presentando su óptimo a 37,5°C, por lo que su metabolismo puede quedar reducido a las temperatura de refrigeración [19]. Las pruebas estadísticas aplicadas no mostraron diferencias significativas ($P > 0,05$) de crecimiento de estos microorganismos, con respecto a lotes y condiciones de almacenamiento, mientras que se presentaron diferencias ($P < 0,05$) a lo largo del período de estudio.

El crecimiento de aerobios psicrófilos no se evidenció hasta el quinto o sexto día, encontrándose en niveles bajos (10^2 - 10^3 UFC/g). Después fue aumentando hasta alcanzar al final recuentos de 10^7 UFC/g, el comportamiento de estos microorganismos en los tres lotes evaluados fue similar. El análisis de varianza indica que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) para el tiempo de almacenamiento, mientras que la época de captura y condiciones (EN y EV) no ejercieron una influencia significativa ($P > 0,05$) sobre la población de aerobios psicrófilos. Resultados parecidos se han reportado en sardinas (*Sardina pilchardus*) capturadas en Marruecos [1, 2], almacenadas con hielo. En estas experiencias los recuentos iniciales de aerobios mesófilos y psicrófilos fueron similares (10^4 UFC/g) y a los 11 d del estudio, se alcanzaron valores similares de mesófilos y psicrófilos comprendidos entre 10^5 - 10^7 UFC/g. El rápido desarrollo de estos microorganismos a temperaturas de refrigeración demuestran su capacidad para crecer en rangos de temperaturas entre 0-20°C [19]. La latencia observada en el crecimiento de psicrófilos durante los primeros días, es debida a flora inicial presente en el pescado (piel, branquias y tracto digestivo) que es de naturaleza mesófila y psicrotrófica, necesitando estas últimas de cierto tiempo para desarrollarse a las temperaturas de refrigeración, luego de lo cual comienzan a crecer hasta convertirse en la flora principal. La presencia de estos microorganismos en niveles altos es indicadora potencial de alteraciones organolépticas, sin embargo no se evidenció un deterioro pronunciado, debido posiblemente a que no toda la flora psicrófila presente en el pescado es de naturaleza deteriorativa [15].

Para bacterias productoras de histamina, el análisis de varianza señala la influencia en la temporada de captura, presentando diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tres lotes evaluados. En el lote I, la numeración de estos microorganismos se mantuvo en niveles < 10 UFC/g, mientras que para lotes II y III, presentaron pocas variaciones (< 10 - 10^3 UFC/g) durante el estudio. En general, las bacterias productoras de histamina se conservaron en niveles bajos al compararlos con aerobios mesófilos y psicrófilos, debido al empleo de bajas temperaturas (1-2°C) durante el almacenamiento. Se ha reportado [1, 2, 6, 8, 11, 21, 25, 38], que la flora productora de histamina, crece preferiblemente a temperaturas superiores a 4°C y que puede ser inhibida por el resto de la flora presente.

En productos pesqueros la determinación de aminas biógenas es importante ya que tienen potencial toxicológico. Entre estos compuestos la histamina tiene particular interés, este compuesto es formado por la descarboxilación, por parte de

los microorganismos, de la histidina libre contenida en el tejido muscular y usado como indicador de la calidad higiénico-sanitaria en estos alimentos [31, 32, 35, 36, 37]. En la TABLA II, pueden observarse los niveles de aminas, en general el contenido detectado de histamina, cadaverina, putrescina y triptamina en la materia prima fue bajo, e inclusive en algunos casos se encontraron cercanos al límite de detección (2,0 ppm). Los niveles de histamina mostraron fluctuaciones durante el almacenamiento, pero por lo general variaron entre 2-30 ppm y alcanzaron un máximo de 87 ppm, nivel inferior al máximo permitido para pescados (200-500 ppm) según Huss y Veciana-Nogues y col. [17, 36]. Los bajos contenidos de aminas biógenas y en particular histamina pueden ser explicados por la baja temperatura empleada (4°C), que inhibió el crecimiento de microorganismos productores de histamina, además las variaciones encontradas en los valores pueden ser atribuidas a su pérdida ocasionada por el agua de deshielo, que solubiliza y arrastra estas sustancias. Los bajos niveles de histamina encontrados por cromatografía líquida fueron corroborados con los obtenidos con el medio de Niven's para bacterias productoras de histamina, registrándose un crecimiento bajo en este medio selectivo. Concentraciones altas de histamina, tiramina y cadaverina se relacionan con recuentos altos de crecimiento de mesófilos como enterobacterias y coliformes [36]. En el lote I se obtuvo para EN y EV, niveles de tiramina (146µg/g) equivalentes a 14,6 mg %. Esta amina cuando es ingerida en niveles superiores a 100-125 mg, produce ataques de migraña y en pacientes que toman drogas antidepresivas, cantidades de > 6 mg pueden causar una crisis hipertensiva [12, 35].

Los procesos microbiológicos, físicos y químicos ocurridos en el pescado durante el almacenamiento en refrigeración, producen diversos cambios en el olor, sabor, apariencia y textura del mismo [5]. Estos cambios pueden detectarse mediante el análisis sensorial del producto, el cual permite establecer criterios de frescura y rangos de la calidad. Los resultados de la evaluación sensorial aplicada a sardinas EN para el lote I, son reportados en la TABLA III. Para lotes II, III y condición de sardinas EV, se obtuvieron resultados similares a los descritos en la TABLA III, por lo que no se presentan las tablas correspondientes a ellos y condición de EV.

Los cambios observados para los tres lotes pueden servir como guía para el estudio y la evaluación de la frescura en sardina. En general se pueden señalar los siguientes aspectos para EN: al inicio de la experiencia y hasta 2 d se registraron condiciones óptimas de frescura presentando: branquias con laminillas uniformes de color rojo brillante, escamas irisadas y adheridas fuertemente, línea longitudinal visible de color amarillo, vientre firme al tacto, mucus superficial brillante y elástico. Entre los 3-13 d se manifestaron cambios más notables: branquias color mate con algunas laminillas separadas y un perceptible olor a mar, ojos hundidos con córneas opacas, escamas fácilmente desprendibles, vientre poco firme al tacto, mientras que la línea longitudinal disminuyó su color amarillo. A partir de 14 d y hasta el final de la experiencia (20 d) se ob-

TABLA II
**CAMBIOS EN LAS AMINAS BIÓGENAS ($\mu\text{g/g}$) EN SARDINAS ENTERAS (EN) Y EVISCERADAS (EV)
 ALMACENADAS EN HIELO**

Días	Aminas biógenas ($\mu\text{g/g}$)									
	Triptamina		Putrescina		Cadaverina		Histamina		Tiramina	
	EN	EV	EN	EV	EN	EV	EN	EV	EN	EV
Lote I										
0	3,4	3,4	ND	ND	3,0	3,0	2,4	2,4	90,4	90,4
1	3,9	2,9	3,0	3,2	ND	9,9	ND	2,7	128,4	109,4
6	5,4	8,9	11,9	ND	1,0	4,5	4,6	14,2	143,1	165,6
9	2,8	7,5	ND	ND	2,3	7,8	2,4	25,5	90,7	78,5
13	5,5	8,4	ND	ND	ND	18,6	ND	17,3	67,3	72,8
16	9,7	35,5	5,4	ND	ND	32,1	2,7	28,2	119,8	43,2
20	3,5	23,6	7,5	ND	ND	ND	3,2	43,2	146,2	67,9
Lote II										
0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	16,5	16,5
6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	26,0	ND	70,2	ND
9	ND	ND	ND	ND	4,8	ND	50,6	ND	17,5	64,4
13	2,7	ND	ND	ND	ND	ND	20,6	71,6	29,6	34,1
16	ND	10,3	2,1	2,3	ND	ND	5,0	64,8	28,9	43,7
20	10,5	3,1	16,7	3,7	ND	ND	28,9	83,7	16,7	11,3
Lote III										
0	ND	ND	2,3	2,3	ND	ND	21,9	21,9	17,5	17,5
3	ND	ND	6,7	11,9	5,0	ND	12,6	46,8	68,9	ND
6	ND	25,8	5,2	ND	6,7	ND	16,7	ND	27,2	ND
9	6,6	22,2	3,0	ND	2,3	ND	16,4	ND	9,5	ND
13	36,2	36,1	20,0	ND	21,2	ND	86,6	ND	ND	ND
16	40,2	27,6	20,1	ND	22,5	ND	20,6	ND	ND	ND
20	44,8	13,9	30,8	11,7	ND	22,2	65,9	83,1	ND	ND

ND: No detectado. Límite de detección 2 ppm.

servaron: branquias de color rojo mate con presencia de pequeños puntos negros, laminillas con bordes separados, ojos hundidos y córnea opaca con presencia de sangre, escamas sin brillo, vientre blando al tacto, mientras que el mucus superficial cambió a espeso, opaco y ligeramente amarillento. Para sardinas EV hasta 2 d se detectaron los siguientes cambios: escamas brillantes, irisadas y adheridas fuertemente, tejido muscular rojo, mucus superficial brillante y elástico. Estas características cambiaron entre los 3-13 d notándose: pérdida del brillo e irisado de las escamas, tejido muscular marrón-amarillento, mientras que el mucus de la piel se volvió espeso. Entre los 14-20 d el cambio más notorio se presentó en la adherencia de las escamas, las cuales se desprendieron fácilmente.

De los resultados antes señalados puede indicarse que las sardinas almacenadas bajo las condiciones EN y EV, muestran condiciones óptimas para su consumo, hasta 13 d,

produciéndose mayor deterioro entre 16-20 d. Es importante hacer notar que el rechazo se produce al comparar estas muestras con respecto a la materia prima fresca (0 d) que fue de óptima calidad, pero si la comparación es realizada con las sardinas ofrecidas en varios expendios del producto, por ejemplo pescaderías detallistas, serían consideradas aún en estado apto para consumo humano. En la FIG. 1, se muestran los cambios organolépticos de EN y EV, se puede observar que EV mantienen un mayor grado de calidad en relación a las EN. De estos resultados y los indicados en la TABLA III, se pueden establecer para sardinas (*Sardinella aurita*), tres etapas de calidad basadas en los cambios sensoriales: óptima fresca (0-2 d), buena calidad (3 a 13 d) y baja calidad (14-20 d). Dichos resultados concuerdan con los obtenidos en la evaluación del resto de los parámetros (aminas biógenas, microbiología) que se encontraron dentro de los niveles aceptados para su consumo, en los días ya indicados. El análisis de varianza aplicado a los resultados demuestra que la época de captura no influyó

TABLA III
CAMBIOS ORGANOLÉPTICOS EN SARDINAS ENTERAS DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN HIELO (LOTE I)

Día	0	1	2	4	6	8	13	16	20
Branquias (laminillas)	Laminillas uniformes, rojo brillantes y olor a mar	Laminillas uniformes, rojo brillante y tonalidades opacas, ligero olor a pescado	Laminillas uniformes, rojo brillante y tonalidades opacas, ligero olor a pescado	Laminillas uniformes, rojo brillante y tonalidades opacas, ligero olor a pescado	Laminillas uniformes, rojo brillante y tonalidades opacas, ligero olor a pescado	Algunas laminillas con bordes separados, de color rojo mate y pequeños puntos negros, olor a pescado	Algunas laminillas con bordes separados, rojo mate y olor a pescado	La mayoría de las laminillas con bordes separados, de color rojo mate y pequeños puntos negros, olor a pescado	Algunas laminillas con bordes separados, color rojo mate con presencia de pequeños puntos negros y olor a pescado
Ojos	Salientes con córnea transparente	Salientes, córnea con ligeras tonalidades opacas	Salientes, córnea con ligeras tonalidades opacas	Hundidos ligeramente y córnea con tonalidades opacas	Hundidos ligeramente y córnea con tonalidades opacas	Hundidos ligeramente y córnea con tonalidades opacas	Hundidos con córnea opaca	Hundidos con córnea opaca	Hundidos, córnea opaca con presencia de sangre
Mucus de la Piel	Perceptible al tacto, brillante y elástico	Perceptible al tacto, brillante y elástico	Perceptible al tacto, brillante y algo espeso	Espero y ligeramente opaco	Espero y ligeramente opaco	Espero, opaco y ligeramente amarillento			
Escamas	Brillantes, irisadas y adheridas fuertemente	Brillantes, pérdida de irisado y medianamente adheridas	Irisado parcial, brillantes y adheridas fuertemente	Brillantes, pérdida de irisado y medianamente adheridas	Brillantes, pérdida de irisado y medianamente adheridas	Poco brillantes e irisadas y se desprenden fácilmente	Poco brillantes e irisadas, se desprenden fácilmente	Poco brillantes e irisadas, se desprenden fácilmente	Poco brillantes e irisadas, se desprenden fácilmente
Carne Interna	Tejido muscular intacto y de color rojo brillante	Tejido muscular intacto y de color rojo brillante	Tejido muscular intacto y de color rojo brillante	Tejido muscular intacto con ligeras tonalidades rosadas/ marrones	Tejido muscular presenta pequeñas roturas y color marrón/ amarillo	Tejido muscular intacto con ligeras tonalidades rosadas/ marrón	Tejido muscular intacto con ligeras tonalidades rosadas/ marrón	Tejido muscular intacto con ligeras tonalidades rosadas/ marrones	Tejido muscular intacto con ligeras tonalidades rosadas/ marrones
Vientre	Firme al tacto y elástico	Firme al tacto y elástico	Firme al tacto y elástico	Firme al tacto y elástico	Poco elástico pero firme al tacto	Blando al tacto y poco elástico	Poco elástico pero firme al tacto	Blando al tacto y poco elástico	Blando e hinchado

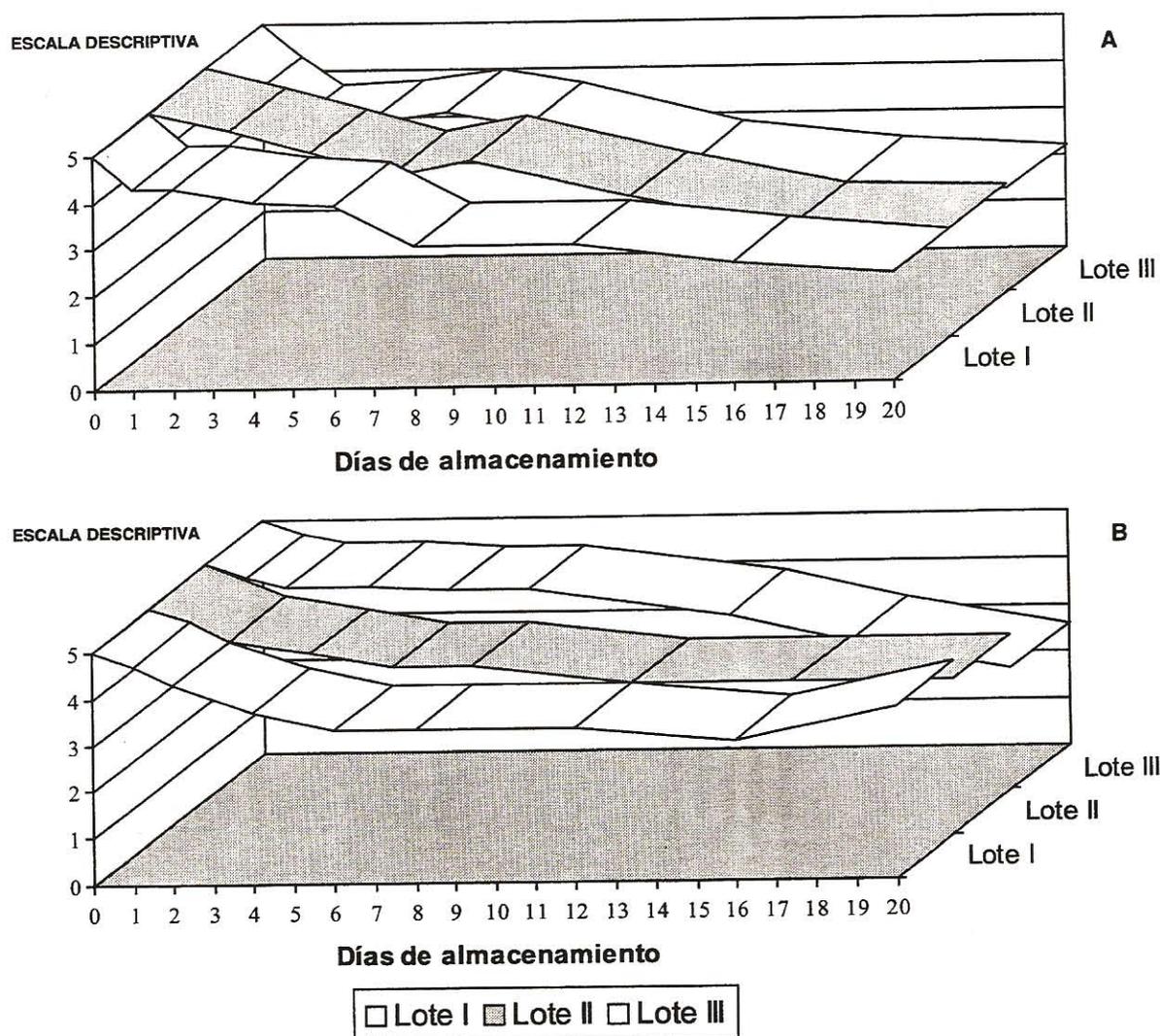


FIGURA 1. CAMBIOS ORGANOLÉPTICOS EN SARDINAS ENTERAS (A) Y EVISCERADAS (B) ALMACENADAS EN HIELO.

en la frescura de la especie estudiada, entre los lotes estudiados ($P>0,05$), sin embargo fueron determinadas diferencias significativas ($P<0,05$) entre las dos condiciones y durante el transcurso del tiempo.

Se han realizado trabajos de evaluación sensorial de sardinas (*Sardina pilchardus*), en: Turquía, Portugal y España, que reportan tiempos de almacenamiento de muy buena calidad entre 0-4 d, buena calidad 4-6 d y baja calidad entre 6-10 d [24, 26, 28]. Para la misma especie pero capturadas en Italia y Marruecos se obtuvo un mayor tiempo considerado como de buena calidad entre 8-11 d, mientras que en Senegal, han determinado una estabilidad sensorial de hasta 20 d de almacenamiento con hielo [2, 13, 14, 15]. Estas diferencias dentro de la misma especie, pueden ser atribuidas a las distintas zonas de captura, tratamiento postcaptura, uso de hielo, tiempo de enhielado, cantidad de hielo empleado, tipo de contenedor em-

pleado, época de captura, arte de pesca, maduración sexual y edad de los individuos [2, 20].

CONCLUSIONES

Los microorganismos que más influencia tuvieron en el deterioro en *Sardinella aurita* fueron los aerobios psicrófilos, coincidiendo el aumento de los mismos con los cambios sensoriales percibidos.

Esta especie refrigerada en hielo (4°C) presenta prolongada estabilidad, señalándose las siguientes etapas de calidad y frescura: óptima frescura (0-2 d), buena calidad (3 a 13 d) y baja calidad (14-20 d).

Entre las condiciones EN y EV no se registraron diferencias ($P>0,05$) en relación con: aminas biógenas, aerobios me-

sófilos, psicrófilos y bacterias productoras de histamina. Sólo se encontraron diferencias entre estas condiciones para la evaluación sensorial, siendo EV las que conservaron las mejores características de frescura y calidad durante todo el tiempo de evaluación.

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 esta investigación a través de los proyectos: CDCH 03-33-2726-(92/94), CDCH 03-32-3587-95 y CDCH 03-32-3986-97. 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 BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABABOUC, L.; AFIAL, M.; BENABDELJEUL, H.; BUSTA, F. Quantitative changes in bacteria, aminoacids and biogenic amines in sardine (*Sardina pilchardus*), stored at ambient temperature (25-28°C) and ice. **Inter. J. Food Sci. and Tech.** 260: 297-306. 1991.
- [2] ABABOUC, L.; SOUIBRI, L.; RHALIBY, K.; OUAHDI, O.; BATTAL, M.; BUSTA, F. Quality changes in sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice at ambient temperature. **Food Microb.** 13: 123-132. 1996.
- [3] AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Compendium of Methods for Microbiological Examination of Foods**. Third edition. Edited by: Carl Vanderzant and Don F. Spittsoesser. 1219 pp. 1992.
- [4] ASHIE, I.; SMITH, J.; SIMPSON, B. Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 36 (1&2): 87-121. 1996.
- [5] BANDARRA, N.; BATISTA, I.; NÚÑEZ, M.; EMPIS, J.; CRHISTIE, W. Seasonal changes in lipid composition of sardine (*Sardina pilchardus*). **J. Food Sci.** 62 (1): 40-42 1997.
- [6] BENNOUR, M.; EL MARRAKCHI, A.; BOUCHRITI, N.; HAMAMA, A.; EL CUADAA, M. Chemical and microbiological assessment of Mackerel (*Scomber scombrus*) stored in ice. **J. Food Protec.** 54:10, 784, 789-792. 1991.
- [7] 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. 1996.
- [8] CARRANZA, G. Toxicidad de los alimentos por mutágenos e histamina. **Not. Div. En Cienc. y Tec.** 1(1): 44-51. 1991.
- [9] CUERO, R.; VALVERDE, J.; GAMBOA, J.; RESTREPO, J. Tiempo de almacenamiento y características de almacenamiento de sierra (*Scombromuros sierra*) y sardina crinuda (*Opistonema libertate*) en agua de mar refrigerada, hielo y cuarto frío. **I Consulta de Expertos sobre Tecnología de Productos Pesqueros en América Latina**. México. FAO. Informe de Pesca Nº 8: 9pp. 1983.
- [10] CHEN, C.; WEI, C.; KOBURGENG, A.; MARSHALL, M. Comparison of four agar medium for detection of histamine producing bacteria in tuna. **J. Food Protec.** 52: 808-813. 1989.
- [11] DE SOUSA, V.; BUJAN, M. Las aminas biógenas como medida de la calidad de productos pesqueros. **Alimentaria**: 51-58. 1991.
- [12] DÍAZ-CINCO, M.; FRAJO, O.; GRAJEDA, P.; LOZANO-TAYLOR, J.; MEJÍA, G. Microbial and chemical analysis of chihuahua cheese and relationship to histamine and tyramine. **J. Food Sci.** 57(2): 355-356, 365. 1992.
- [13] DIOUF, N.; GNING, D.; FAYE, A.; SAMB, A.; KANDSI, P.; KARNICKI, Z.; LIMA DOS SANTOS, C.; BARHOUMI, M. Etude de la conservabilité de la sardinelle et du pageot par glace et eau de mer refroidie. **En Proceedings of the FAO Expert Consultation on Fish Technology in Africa**. Casablanca, Marruecos. 15 pp. 1982.
- [14] EL MARRAKCHI, A.; BENNOUR, M.; BOVCHRITT, N.; HAMAMA, A.; TAGAFAIT, H. Sensory, chemical and microbiological assessments of Moroccan sardines (*Sardine pilchardus*) stored in ice. **J. Food Protec.** 53 (7): 600-605. 1990.
- [15] GENNARI, M.; TOMASELLI, S.; COTRONA, V. The microflora of fresh and spoiled sardines (*Sardina pilchardus*) caught in Adriatic (Mediterranean) sea and stored in ice. **Food Microb.** 16:15-28. 1999.
- [16] HOBBS, G. Microbiological spoilage in fish. **Food Sci. and Tech. Today**. 5(3): 163-166. 1991.
- [17] HUSS, H. 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.
- [18] INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS (ICMSF). Microorganismos de los alimentos I. En: **Técnicas de Análisis Microbiológico**. 2^{da} edición. Editorial Acribia. Zaragoza-España. 434 pp. 1978.
- [19] JAY, J. The incidence and types of microorganisms in food: seafood. En: **Modern Food Microbiology**. 4th edi-

- tion. Edited by Nostrand Reinhold. New York. 479 pp. 1992.
- [20] LIMA DOS SANTOS, C. The storage of tropical fish in ice. A review. **Trop. Sci.** 23(2): 97-127. 1978.
- [21] LÓPEZ-SABATER, E.; RODRÍGUEZ-JEREZ, J.; HERNÁNDEZ-HERRERO, M.; MORA-VENTURA, M. Evaluation of histidine descarboxylase activity of bacteria isolated from sardine (*Sardine pilchardus*) by an enzymatic method. **Letters in Applied Microb.** 19(2): 70-75. 1994.
- [22] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRÍA (MAC). **Informe de Sardinias en el Oriente del País.** Caracas Venezuela. 10 pp. 1982.
- [23] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRÍA (MAC). Sección Pesquerías. En: **Anuario Estadístico Agropecuario de 1997.** Capítulo VII. Dirección de Estadística e Informática: 87-99. 1998.
- [24] NALAN, G.; OZKAN, O.; NURAY, E. Physical, chemical and sensory analyses of freshly harvested sardines (*Sardina pilchardus*) stored at 4°C. **J. Aquatic Food Prod. Tech.** 7(2):5-15. 1998.
- [25] NIVEN, C.; JEFFREY, M.; CORLLET, A. Differential plating medium for quantitative detection of histamine producing bacteria. **Applied and Environmental Microb.** 41(1):321-322. 1981.
- [26] NUNES, M.; BATISTA, I.; MORAO DE CAMPOS, R. Physical, chemical and sensory analysis of sardine (*Sardina pilchardus*) stored in ice. **J. Sci. Food Agric.** 59:37-43. 1991.
- [27] PEDROSA-MENABRITO, A.; REGENSTEIN, J. Shelf-life extension on fresh fish- A review. Part I- Spoilage of fish. **J. Food Quality.** 11 (2): 117-127. 1988.
- [28] 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.
- [29] SERVICIO AUTÓNOMO DE LOS RECURSOS PESQUEROS Y ACUÍCOLAS (SARPA). **Informe Rubro Sardina.** Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas-Venezuela. 5pp. 1996.
- [30] STATISTICAL GRAPHICS SYSTEMS. **User's guide. Statgraphics.** Versión 6.0. E.U.A. 1992.
- [31] TAYLOR, S. Histamine food poisoning: toxicology and clinical aspects. **Critical Reviews Toxicology.** 17: 91-128. 1986.
- [32] TAYLOR, S. Marine toxins of microbial origin. **Food Techn.** 42: 92-98. 1988.
- [33] VALLS, J.; BELLO, R.; KODAIRA, M. Determinación de aminas biógenas y nucleótidos por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) en muestras de sardinias (*Sardinella aurita*). **III Consulta de Expertos sobre Tecnología de Productos Pesqueros en América Latina.** Margarita. FAO. Fisheries Technical Paper. N° 538: 53-58. 1996.
- [34] VALLS, J.; BELLO, R.; KODAIRA, M. Validation of liquid chromatographic analysis of biogenic amines in canned fish products. **J. Aquatic Food Prod. Tech.** 8: (3): 79-91. 1999.
- [35] VECIANA-NOGUES, M.; HERNÁNDEZ-JOVER, T.; MARINE-FONT, A.; VIDAL-CAROU, C. Liquid chromatographic method for determination of biogenic amines in fish and fish products. **Journal of A.O.A.C. International.** 78(4): 1045-1050. 1997.
- [36] VECIANA-NOGUES, M.; MARINE-FONT, A.; VIDAL-CAROU, M. Biogenic amines as hygienic quality indicators of tuna relationships with microbial counts, ATP-related compounds, volatile amines, and organoleptic changes. **J. Agric. Food Chem.** 45(6): 2036-2041. 1997.
- [37] VECIANA-NOGUES, M.; MARINE-FONT, A.; VIDAL-CAROU, M. Biogenic amines in fresh and canned tuna. Effects of canning on biogenic amine contents. **J. Agric. Food Chem.** 45(11): 4324-4328. 1997.
- [38] WEI, C.; CHEN, C.; KOBURGER, J.; OTWELL, W.; MARSHALL, M. Bacterial growth and histamine production on vacuum packaged tuna. **J. Food Sci.** 55 (1): 59-63. 1991.