

# EFECTO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO A $-18^{\circ}\text{C}$ SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS Y FÍSICO-QUÍMICAS DE FILETES DE PEZ VOLADOR (*Dactylopterus volitans*)

The Effect of Time on Bacteriological, Physical and Chemical Characteristics  
of Flying Gurnards Fish's Fillets (*Dactylopterus volitans*) under Frozen Storage at  $-18^{\circ}\text{C}$

María Milagros Iriarte Rota y Gleydi del Valle Romero González

Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Estación de Investigaciones Marinas de Margarita, EDIMAR, Apartado 144.  
Porlamar 6301, estado Nueva Esparta, Venezuela. E-mail: miriarte2000@yahoo.es

## RESUMEN

Parte del producto de la pesca se devuelve al mar aunque pudiera comercializarse. Tal es el caso del pez volador (*Dactylopterus volitans*), debido a que su morfología dificulta su manipulación. Este estudio tuvo por objetivo evaluar el efecto del tiempo sobre las características bacterianas y físico-químicas en filetes del pez volador almacenados a  $-18^{\circ}\text{C}$  durante 6; 39; 67 y 95 días. Se realizaron recuentos (UFC/g) de aerobios mesófilos a 25 y  $32^{\circ}\text{C}$  y de *Staphylococcus aureus* y determinación del NMP/g de coliformes fecales y *Escherichia coli*. También se determinó humedad, pH y el índice de rancidez. El tiempo de almacenamiento bajo congelación no ejerció ningún efecto en los recuentos bacterianos, pues no se halló evidencia significativa ( $P > 0,05$ ) de multiplicación o disminución de los mismos. Los recuentos de aerobios mesófilos en placa fueron bajos, no hubo crecimiento de *S. aureus* y el valor más alto de coliformes fecales fue de 240 NMP/g. Sin embargo, los valores de rancidez oxidativa y de pH si fueron significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) durante el lapso de almacenamiento. El índice del ácido tiobarbitúrico varió de 0,27 hasta 3,12 mg de malonaldehído/kg debido, probablemente a la interacción de diversos factores, entre ellos, a los fragmentos de piel que quedaron en los filetes, presencia de sustancias pro-oxidantes y a las fluctuaciones de temperatura durante el almacenamiento. A pesar del incremento de la rancidez, la apariencia y el olor no indicaron deterioro. Se concluye que esta especie pudiera comercializarse bajo la modalidad de filetes siempre y cuando a los filetes se les elimine completamente la piel, se glaseen,

se empaquen herméticamente y se vigilen las temperaturas de almacenamiento.

**Palabras clave:** Volador, *Dactylopterus volitans*, filetes de pescado, buenas prácticas de manufactura, rancidez oxidativa.

## ABSTRACT

A part of the fish captured is discarded despite the fact that it could be commercialized. This is the case of flying gurnards's fish (*Dactylopterus volitans*) because its morphology difficults its handling, even though it is eaten in differents forms. The objective of this research was to determine the effect of time on the bacteriological, physical and chemical characteristics of gurnard fillets kept in storage at  $-18^{\circ}\text{C}$  during 6; 39; 67 and 95 days. Mesophilic aerobic plate counts (CFU/g) were made at 25 and  $32^{\circ}\text{C}$  and *S. aureus*. Also the most probable number (MPN/g) of fecal coliforms and *E. coli* was determined. Humidity was likewise determined, together with pH and the rancidity index. There was not evidence that the frozen storage's days are a significant factor ( $P > 0.05$ ) in the bacterial counts. Bacteriological results confirmed that during the processing steps hygienic and temperature norms were followed, since the aerobic plate counts were low, *S. aureus* did not grow and the highest number of fecal coliforms was 240 MPN/g. On the other hand, the frozen storage's time influences significantly ( $P < 0.05$ ) the lipid oxidation's rate in frozen fillets because the thiobarbituric acid index oscillated from 0.27 to 3.12 mg malonaldehyde/kg, probably due to some skin fragments in the fillets, substances with pro-oxidative properties and for temperature fluctuations in the storage. Nevertheless, in despite of rancidity increase,

the appearance and the odor did not show signs of spoiling. In conclusion, this species could be commercialized in the form of fillets provided that the freezing, defrosting and storage temperatures are watched at all times. It is highly recommended that the fillets are fully peeled, glazed and packed air tight.

**Key words:** Flying gurnards, *Dactylopterus volitans*, fish fillets, good manufacture practices, oxidative rancidity.

## INTRODUCCIÓN

Un gran volumen de la captura total de pescado a bordo de barcos pesqueros se descarta por diversas razones. Entre ellas, por ser especies no deseadas, presentar tallas no convenientes, períodos de deterioro muy rápidos, ser especies incompatibles con el resto de la captura o por estar clasificadas como venenosas o prohibidas. También se devuelven al mar por no contar en el barco con el espacio suficiente o haberse alcanzado las cuotas de pesca permitidas [5].

Lo anterior se deriva de consideraciones comerciales y de mercado [7]. Sin embargo, cualquier captura de pescado representa un esfuerzo de trabajo, la ocupación de espacio en los barcos, la erogación de recursos económicos asociados a los medios de conservación (hielo, refrigeración o congelación), que pudieran utilizarse para especies de mayor valor comercial y/o venta segura y también se afecta el ambiente marino.

Estos aspectos plantean que hasta tanto no se cuente con métodos y aparejos de pesca más selectivos, habría que estudiar la forma de negociar las especies no comerciales, pero que tienen potencial alimenticio y siguen llegando a la cubierta de los barcos pesqueros. Una forma pudiera ser adaptarlos a los requisitos de mercado, con el fin de poner al alcance del público consumidor, productos de alto valor biológico.

El volador (*Dactylopterus volitans* Linnaeus, 1758) es un pescado que generalmente se arroja al mar cuando llega a bordo acompañado de otras especies. Esta especie se caracteriza por presentar huesos cefálicos grandes y superficiales, con espinas, quillas y el cuerpo cubierto de escamas fuertes, a modo de pequeños escudetes. Las aletas pectorales son sumamente largas y amplias y llegan hasta el origen de la caudal en los adultos. La aleta dorsal tiene las dos primeras espinas muy juntas entre sí y no están unidas por membrana. Tampoco cuentan con una línea lateral en el cuerpo. Presentan una talla máxima de 45 cm, pero lo común es de unos 20 cm. La única familia existente en Venezuela está representada por un género y especie que se distribuye en todas las costas del país [3].

Esta especie de pescado sólo es consumida ocasionalmente, quizás por lo engorrosa que resulta su manipulación [4]; sin embargo pudiera tener una salida a los mercados, ya que las comunidades pesqueras que lo consumen aprecian su carne, siendo posible utilizarla como relleno de arepa. Ade-

más, se conoce de experiencias esporádicas por parte de cocineros de restaurantes de la región neoespartana en Venezuela, que lo utilizan especialmente en recetas destinadas a turistas como sustituto de la carne de langosta.

Por lo anteriormente expuesto se estudió la factibilidad de utilizar el pez volador (*Dactylopterus volitans* Linnaeus, 1758), comercializado en forma de filetes en estado congelado. El presente estudio piloto tuvo como objetivo general evaluar el efecto del tiempo de almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$  sobre la calidad microbiológica y físico-química de filetes del pez volador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia prima y procesamiento

El pescado fue capturado por la embarcación "Paragua-choa" de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales en aguas del occidente de la Isla de Margarita, zona nororiental de Venezuela y congelado por aire forzado. El tiempo desde su captura y almacenamiento hasta su entrega en tierra fue de dos a tres días. La descongelación, antes de ser fileteados, se hizo lentamente con el fin de completar la etapa de rigor mortis mientras estuvieran en un estado semi-congelado para prevenir una contracción severa del músculo [34] y por consiguiente, su resquebrajamiento [17].

Se pesaron 45 ejemplares para el cálculo de rendimiento del músculo. Se descabezaron y evisceraron de forma manual, con cuchillo de acero inoxidable limpio e higienizado. Se escogieron los ejemplares con más de 30 cm de largo, para obtener filetes de aproximadamente 150-170 g. Se eliminaron los restos de sangre y vísceras con agua potable corriente. La mayor parte aprovechable del pescado se separó del cuerpo mediante cortes paralelos a la espina dorsal. Una vez desollados se obtuvieron filetes simples y sin piel, colocando a razón de tres filetes en bandejas de poliestireno de alta densidad y luego envolviéndolas con una hoja plástica (envoplast). Un total de 24 bandejas (el doble de las requeridas para este estudio piloto) se congelaron rápidamente a una temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$  mediante un congelador de placas. Finalmente se almacenaron en una cámara de tipo doméstico a  $-18^{\circ}\text{C}$  por noventa y cinco días, lapso estimado de vida en almacenamiento según ensayos previos realizados por la tripulación de la embarcación que suministró el pescado.

### Toma de muestras

En cada oportunidad después de los seis, treinta y nueve, sesenta y siete y noventa y cinco días (entre los meses de marzo y junio, 2003), se tomaron al azar tres bandejas para el estudio correspondiente. Estos lapsos de tiempo se escogieron para obtener referencias analíticas aproximadamente con una periodicidad mensual. Los análisis se realizaron por separado a tres muestras, una de cada bandeja, primero para los análisis microbiológicos y luego para los físico-químicos.

### Análisis microbiológico

La preparación de las muestras se llevó a cabo de acuerdo a COVENIN [14]. Las muestras se descongelaron durante aproximadamente tres horas a una temperatura de 20-25°C. Los análisis realizados fueron: Recuento de aerobios mesófilos (UFC/g) a 25° y 32°C [13]; recuento de *Staphylococcus aureus* (UFC/g) [15] y determinación del número más probable (NMP/g) de coliformes fecales y *Escherichia coli* [16].

### Análisis físico-químico

Para contar con información sobre la composición de esta especie, se examinaron tres ejemplares frescos de volador, mantenidos en hielo, determinándose el pH [12], contenido de humedad [9], grasa [8], proteínas [10] y cenizas [11].

A los filetes de pescado se les determinó el pH [12], contenido de humedad [9] y el índice de rancidez [28].

### Análisis estadístico

Se aplicó una prueba de ANOVA (de una sola vía) para  $\alpha = 0,05$  a los resultados microbiológicos y físico-químicos considerados, previa comprobación de la homogeneidad de la varianza, para establecer si existían o no diferencias significativas entre las variables estudiadas en los diferentes tiempos de almacenamiento. Cuando se hallaron diferencias, se aplicaron análisis *a posteriori* de rango múltiple, para determinar entre qué aspectos y tiempos se encontraban las mismas. También se hizo un análisis de coeficiente de correlación de Pearson (r de Pearson) para verificar si había o no relación entre las diferentes pruebas evaluadas [33].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La obtención manual de los filetes de volador (*D. volitans*) presentó dificultad, motivado a las características

morfológicas de la especie. El peso promedio de los ejemplares fue de 955 g y el rendimiento de los filetes de 32,4%, siendo considerado aceptable [31] entre el 20 y el 40% según la especie y el más común del 30 al 35%. La consistencia del filete fue firme y rígida, característica en esta especie aun en estado fresco. Por otra parte, a pesar de que el producto final fue congelado dos veces, uno en alta mar y otro bajo la modalidad de filetes en bandejas, no se observaron signos de deterioro, puesto que se utilizaron métodos rápidos de congelación en ambos procesos. Además, la descongelación antes del fileteado se realizó a baja temperatura [19], con el fin de evitar un goteo excesivo [29].

### Análisis microbiológico

Los resultados de los análisis microbiológicos se exponen en la TABLA I. Se contrastaron los valores obtenidos con los requisitos establecidos por la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas de Alimentos (ICMSF) [20, 21] para pescado fresco y congelado. Ninguno de los recuentos de aerobios mesófilos ni a 25°C ni a 32°C sobrepasó el valor límite (**m**) de  $5 \times 10^5$  (UFC/g) [21], cifra que establece la separación de un producto aceptable de otro que no lo es. A 25°C se evaluó la calidad y el deterioro incipiente, debido a la naturaleza psicrotrófica de la flora bacteriana, y a 32°C, la seguridad del producto, pues a esta temperatura se desarrollan las bacterias enteropatógenas [26] que estarían presentes de no observarse medidas higiénicas durante el procesamiento.

Los análisis de varianza no mostraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los recuentos de aerobios mesófilos a 25°C y a 32°C, obtenidos en los diferentes lapsos de tiempo evaluados, indicando que la temperatura utilizada durante el período de almacenamiento de los filetes de volador paralizó la actividad bacteriana [2]. También se encontró una relación positiva (r de Pearson) entre los recuentos de aerobios mesófilos a 25°C y 32°C ( $r = 0,85$ ;  $P < 0,05$ ), lo que señalaría que son parte de la misma flora bacteriana que se desarrollaron en

TABLA I

**RESULTADOS PROMEDIO DE LOS RECuentOS (UFC/G) DE AEROBios MESÓFILOS A 32° y 25°C; *S. aureus* (COAGULASA +) Y DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FecALES Y DE *E. coli* EN FILETES DE VOLADOR (*D. volitans* LINNAEUS, 1758) / AVERAGE RESULTS OF MESOPHILIC (32 AND 25°C) AEROBIC PLATE COUNTS (CFU/G), *Staphylococcus aureus* (COAGULASE +) COUNTS (CFU/G) AND MOST PROBABLE NUMBER (MPN/G) OF FECAL COLIFORMS AND *Escherichia coli* IN FLYING GURNARDS FISH FILLETS (*Dactylopterus volitans* LINNAEUS, 1758)**

Análisis	Días de almacenamiento				Normativa <sup>1</sup>	
	6	39	67	95	m	M
Aerobios mesófilos <sup>2,3</sup> , 25°C	$3,7 \times 10^4$	$2,7 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	$1,8 \times 10^4$	$5 \times 10^5$	$10^7$
Aerobios mesófilos <sup>2</sup> , 32°C	$1,9 \times 10^4$	$2,5 \times 10^4$	$9,7 \times 10^3$	$8,3 \times 10^3$	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i> <sup>2,4</sup>	< 10 est	< 10 est	< 10 est	< 10 est	$10^3$	$2 \times 10^3$
Coliformes fecales <sup>4,5</sup>	6	101	4	14	4	400
<i>Escherichia coli</i> <sup>4,3</sup>	< 3	< 3	< 3	3	11	500

\*est = recuento estimado: No hubo crecimiento de bacterias en las placas.

<sup>1</sup>ICMSF, 1981 y 1986. <sup>2</sup>Expresado en UFC/g. <sup>3</sup>ICMSF, 1986. <sup>4</sup>Expresado en NMP/g. <sup>5</sup>ICMSF, 1981.

las dos temperaturas de incubación, aún cuando se estima que los recuentos a 32°C suelen ser una décima parte de los que pueden obtenerse a 25°C [21].

No hubo crecimiento de *S. aureus* en ninguna de las doce muestras analizadas (TABLA I), lo que refleja las medidas preventivas que se tomaron a la hora de manipular el pescado. Además, también puede evidenciar la dificultad que tiene esta bacteria para competir con la flora acompañante [1]. Los recuentos de *S. aureus* no mostraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los diferentes tiempos evaluados.

Tres de los cuatro valores promedios de coliformes fecales (TABLA I) excedieron el valor límite (**m**) permitido de 4 (NMP/g) [20]. La cifra más alta fue 240 NMP/g. Sólo se aisló *E. coli* en dos de las doce muestras analizadas (valores de 4 NMP/g). El valor límite (**m**) para esta bacteria es de 11 [21], por lo que todas las muestras acataron esta norma. De acuerdo a los análisis de varianza, el tiempo de almacenamiento no influyó significativamente ( $P > 0,05$ ) en el número de estos grupos bacterianos indicadores de higiene.

#### Análisis físico-químicos

Sólo se analizaron tres ejemplares frescos de volador. Sin embargo, sobre la base de los resultados obtenidos (TABLA II), se estima que podría clasificarse como un pescado bajo en grasa (promedio de 3,04% en base húmeda) y alto en proteína (promedio de 18,79%) [32]. Otros autores señalan que por tener entre 2,0 y el 7,0% de grasa serían productos con un contenido medio en grasa [25]. Al comparar estos dos componentes del músculo del pez volador con otras especies,

se encuentran similitudes con los de la sierra (*Scomberomorus maculatus*) con 3,0% de grasa y 23% de proteínas, y con el tajalí (*Trichiurus lepturus*) con 2,3% y 19%, respectivamente [23].

En lo que se refiere a los filetes de volador congelados, las cifras promedios de la humedad oscilaron desde 79,35 hasta 80,75% (TABLA III) durante el tiempo de estudio. No se detectaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) ANOVA (TABLA IV). El producto analizado a los 95 días presentó los valores de humedad más altos, pero no fueron superiores a 86% que indicaría alteración en la carne [6]. En ninguno de los filetes analizados se evidenció el defecto conocido como quemadura de congelación [31].

Los valores promedios de pH fueron similares entre los 6 hasta los 67 días después de iniciado su almacenamiento (TABLA III). Además, fueron bajos (promedio de pH 6,31) y a los 95 días el valor promedio determinado fue 6,13. Estas cifras son inferiores a las comúnmente reportadas para otra especie, quizás por ser una característica del pez volador tener un valor de pH más bajo que la mayoría, pero para demostrarlo debe hacerse un estudio al respecto. El pH del pescado recién extraído del mar suele ser cercano a 7,00 disminuyendo con el *rigor mortis* a 6,20-6,50 para luego elevarse hasta 6,60-6,70 [27].

Los valores de pH determinados a lo largo del estudio fueron significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) de acuerdo a la prueba ANOVA (TABLA IV). Se formaron dos grupos homogéneos según la prueba *a posteriori* de rangos múltiples, para el 95% de nivel de confianza, uno para los valores de pH determinados entre los 6 y los 67 días y un segundo grupo con los

TABLA II  
VALORES PROMEDIO DEL pH Y ANÁLISIS PROXIMAL REALIZADOS A EJEMPLARES DE VOLADOR  
(*D. volitans* LINNAEUS, 1758) / AVERAGE RESULTS OF pH AND PROXIMAL ANALYSIS CARRIED OUT IN FLYING GURNARDS FISH  
(*Dactylopterus volitans* LINNAEUS, 1758)

Análisis	pH <sup>1</sup>	Humedad <sup>2</sup>	Cenizas <sup>2</sup>	Proteínas <sup>2</sup>	Grasa <sup>2</sup>
Promedio	6,43 ± 0,16	76,68 ± 0,65	1,44 ± 0,09	18,79 ± 0,34	3,04 ± 0,09

<sup>1</sup>Valores medidos a 25°C. <sup>2</sup>Valores expresados en porcentaje.

TABLA III  
VALORES PROMEDIO DE pH (25°C), HUMEDAD (%) E ÍNDICE DEL ÁCIDO TIOBARBITÚRICO  
(MG DE MALONALDEHÍDO/KG) EN FILETES DE VOLADOR (*D. volitans*) LINNAEUS, 1758 / AVERAGE RESULTS OF pH (25°C),  
HUMIDITY (%) AND THIOBARBITURIC ACID INDEX (MG OF MALONALDEHIDE/KG) IN FLYING GURNARDS FISH FILLETS (*Dactylopterus volitans*  
LINNAEUS, 1758)

Días de almacenamiento	Análisis		
	pH <sup>1</sup>	Humedad <sup>2</sup>	Índice del ácido tiobarbitúrico <sup>3</sup>
Promedios a los 6 días	6,31 ± 0,02	79,35 ± 0,19	0,27 ± 0
Promedios a los 39 días	6,31 ± 0,02	79,81 ± 1,64	1,50 ± 0,03
Promedios a los 67 días	6,31 ± 0,01	79,63 ± 0,61	2,00 ± 0,06
Promedios a los 95 días	6,13 ± 0,02	80,75 ± 0,93	3,12 ± 0,18

<sup>1</sup>Mediciones realizadas a una temperatura de 25°C. <sup>2</sup>Valores expresados en porcentaje. <sup>3</sup>Valores expresados en mg de malonaldehído/kg.

TABLA IV  
**ANÁLISIS DE VARIANZA Y “A POSTERIORI” DE LOS VALORES DE pH (25°C), HUMEDAD (%) E ÍNDICE DEL ÁCIDO TIobarbitúrico (MG DE MALONALDEHIDO/KG) PROVENIENTES DE FILETES DE VOLADOR (*D. volitans* LINNAEUS, 1758) / VARIANCE ANALYSIS AND A POSTERIORI pH'S VALUES (25 °C), HUMIDITY (%) AND THIOBARBITURIC ACID INDEX (MG OF MALONALDEHIDE/KG) ORIGINATED IN FLYING GURNARDS FISH FILLETS (*Dactylopterus volitans* LINNAEUS, 1758)**

Fuente de Variación	g L	Media Cuadrada	Valor F
pH <sup>1</sup> (entre tiempos de almacenamiento)	3	0,025544	71,29* <sup>2</sup>
Humedad <sup>3</sup> (entre tiempos de almacenamiento)	3	0,802444	0,81
Índice del ácido tiobarbitúrico <sup>4</sup> (entre tiempos de almacenamiento)	3	4,21021	463,38* <sup>5</sup>

\*Diferencia significativa (P < 0,05).

1 Mediciones realizadas a una temperatura de 25°C. <sup>3</sup> Valores expresados en porcentaje. <sup>4</sup> Valores expresados en mg de malonaldehído/kg. Grupos homogéneos con nivel de confianza 95%.

<sup>2</sup> T<sub>6 días</sub>, T<sub>39 días</sub>, T<sub>67 días</sub>, T<sub>95 días</sub>.

<sup>5</sup> T<sub>95 días</sub>, T<sub>67 días</sub>, T<sub>39 días</sub>, T<sub>6 días</sub>.

resultados a los 95 días. La explicación de esta variación pudiera ser atribuida a ligeros desvíos que suelen presentarse en el pH en el pescado congelado [31] o a efectos aleatorios derivados del origen de los filetes, el contenido de glucógeno puede disminuir por estar los peces exhaustos a causa de las condiciones presentes al momento de la captura, o por tiempos de espera diferentes antes de ser congelados en la embarcación.

La rancidez oxidativa fue incrementándose con el transcurrir del tiempo de almacenamiento en congelación. Los valores de mg de malonaldehído/kg aumentaron significativamente (P < 0,05) de 0,27 a los 6 días hasta 3,12 a los 95 días de almacenamiento (TABLA III). Se esperaba que los filetes de volador podían ser susceptibles a ella por los ácidos grasos poliinsaturados del tipo omega-3, que son comunes en el pescado [18, 24], dependientes de la edad, período sexual y alimentación del animal y también debido a que en el músculo pueden encontrarse sustancias pro-oxidantes (hemo-productos) [22].

Además, las reacciones de oxidación de los lípidos pudieron ser coadyuvadas por la presencia de fragmentos de piel del pescado en los filetes [31]; el contenido en triglicéridos y su grado de instauración; la exposición a la luz, cada vez que se abría la puerta del congelador donde se encontraban las bandejas [25] y también que al ser el tamaño de estas últimas mayor al requerido, quedaron espacios de aire [30]. Por otra parte, las fluctuaciones de temperatura durante el almacenamiento bajo congelación pudieron influir, pues en varias ocasiones se presentaron fallas de energía eléctrica, comunes en la región, y cuando esto sucedía, la temperatura superaba la del producto y el vapor de agua del aire de la cámara se depositaba en forma de escarcha tanto en el producto como en el material de empaque, condición no deseable [17, 29]. Esto último fue observado en el producto analizado a los 67 y 95 días.

A pesar del incremento en la rancidez, la apariencia y el olor que presentaron los filetes al momento de analizarse fueron característicos, sin indicios que señalaran un deterioro incipiente. Sin embargo, considerando que algunos productos de

la oxidación de los aceites de pescado son tóxicos [31], se recomienda glasear los filetes y mejorar el empaque para minimizar la oxidación. También, aplicar pruebas sensoriales simultáneas a los análisis de rancidez para establecer cuál es el valor límite de aceptación para esta especie de pescado.

En cada uno de los períodos de muestreo los valores de oxidación de los lípidos fueron significativamente diferentes (P < 0,05), según los análisis de varianza (TABLA IV). Al aplicar la prueba *a posteriori* de rango múltiple (P < 0,05) se formaron cuatro grupos, uno por cada lapso de estudio, sobresaliendo el producto analizado a los 95 días que obtuvo el mayor índice del ácido tiobarbitúrico.

Por último, se analizó la relación entre cada una de las características evaluadas a través de un análisis de correlación de Pearson. Sólo se encontró que existe una relación negativa significativa entre los valores de pH y de TBA ( $r = -0,79$ ; P < 0,05), originada por los resultados del último período de estudio (menor valor de pH junto con mayor índice de rancidez oxidativa).

Esta situación de una mayor rancidez oxidativa a un valor bajo de pH en el músculo de pescado ya ha sido reportada [35]. Por tanto, el elevado índice de rancidez oxidativa determinado a los 95 días de almacenamiento, ha podido ser generado, además de los motivos expuestos anteriormente, por la presencia de catalizadores metálicos (el hemo de la mioglobina) en unos filetes cuyo valor de pH los hizo susceptibles a una mayor oxidación de los ácidos grasos que contenían.

Por los resultados obtenidos, se deduce que pueden aprovecharse las capturas del pez volador, llevándolos a tierra firme y procesándolos para ofrecer al consumidor un producto alimenticio fácil de preparar, siempre y cuando se acaten las buenas prácticas de manufactura y se aplique el proceso tecnológico requerido, pues es un producto que debe congelarse rápidamente en el barco, descongelarse en forma lenta antes de filetearlos y volver a congelar los filetes también con la mayor rapidez posible.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El tiempo de almacenamiento bajo congelación no ejerció ningún efecto en los recuentos bacterianos de los filetes del pez volador por cuanto no se halló una evidencia significativa ( $P > 0,05$ ) de multiplicación o disminución en el lapso de tiempo evaluado. Los análisis de aerobios mesófilos a 32 y 25°C, *S. aureus* y *E. coli* reflejaron la higiene durante el procesado. Respecto a coliformes fecales, la muestra con el valor más alto presentó un NMP/g de 240.

Lo contrario sucedió con las evaluaciones de rancidez oxidativa. Se observaron incrementos significativos ( $P < 0,05$ ), desde 0,27 (a los 6 días) hasta 3,12 mg de malonaldehído/kg (a los 95 días), probablemente debido a la interacción de diversos factores, tales como presencia de fragmentos de piel en los filetes, de sustancias pro-oxidantes, bolsas de aire en el empaque y también por las fluctuaciones de temperatura durante el almacenamiento bajo congelación. No obstante, no hubo indicios de deterioro en cuanto al olor y a la apariencia.

Se concluye que es factible comercializar filetes de volador (*D. volitans*) y se recomienda hacer pruebas de evaluación biológica, nutricional, organolépticas y de degustación.

## AGRADECIMIENTO

Las autoras expresan su agradecimiento al personal de los laboratorios de Microbiología y Análisis Físico-Químicos del Departamento de Control de Calidad-EDIMAR.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BANWART, G.J. **Basic food microbiology**. 2<sup>nd</sup> Ed. An Avi Book, New York. 773 pp. 1989.
- [2] CASP, A.; ABRIL, J. **Procesos de conservación de alimentos**. Coedición A. Madrid Vicente Ediciones y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 494 pp. 1999.
- [3] CERVIGÓN, F. **Los peces marinos de Venezuela**. Fundación Científica Los Roques. Vol. I. 2<sup>a</sup> Ed. Caracas, Venezuela. 1993 pp. 1991.
- [4] CERVIGÓN, F.; CIPRIANI, R.; FISCHER, W.; GARBALDI, L.; HENDRICKX, M.; LEMUS, A.J.; MÁRQUEZ, R.; POUTIERS, J.M.; ROBAINA, G.; RODRÍGUEZ, B. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. FAO, Roma, Italia. 513 pp. 1992.
- [5] CLUCAS, I. A study of the options for utilization of by-catch and discards from marine capture fisheries. **FAO Fisheries Circular** N° 928. Roma, FAO, Italia. 59 pp. 1997.
- [6] CODEX STAN. Norma del Codex para bloques de filetes de pescado, carne de pescado picada y mezclas de filetes y de carne de pescado picada congelada rápidamente. Codex Stan 165. 10 pp. 1995.
- [7] CREAM, K.; SYMES, D. The discards problem: toward a European solution. **Marine Policy**. 18 (5): 422-434. 1994.
- [8] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). **Norma Venezolana COVENIN: 1219-80**. Alimentos. Determinación de grasas. 5 pp. 1980.
- [9] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). **Norma Venezolana COVENIN: 1120-80** (1<sup>a</sup> Revisión). Alimentos. Determinación de humedad. 4 pp. 1980.
- [10] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). **Norma Venezolana COVENIN: 1218-80**. Alimentos. Determinación de nitrógeno. 6 pp. 1980.
- [11] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). **Norma Venezolana COVENIN: 1220-80**. Alimentos. Determinación de cenizas. 6 pp. 1980.
- [12] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). **Norma Venezolana COVENIN: 1315-82**. Alimentos. Determinación de pH. 5 pp. 1982.
- [13] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). **Norma Venezolana COVENIN: 902-87**. Alimentos. Método para recuento de colonias de bacterias aerobias en placas de Petri. (1<sup>a</sup> Revisión). 4 pp. 1987.
- [14] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). **Norma Venezolana COVENIN: 1126-89**. Alimentos. Identificación y preparación de muestras para el análisis microbiológico (1<sup>a</sup> Revisión). 7 pp. 1989.
- [15] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). **Norma Venezolana COVENIN: 1292-89**. Alimentos. Aislamiento y recuento de *Staphylococcus aureus* (1<sup>a</sup> Revisión). 10 pp. 1989.
- [16] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). **Norma Venezolana COVENIN: 1104-96**. Alimentos. Determinación del número más probable de coliformes, coliformes fecales y de *Escherichia coli* (2<sup>a</sup> Revisión). 12 pp. 1996.
- [17] HALL, G.M. **Tecnología del procesado de pescado**. Edit. Acirbia, Zaragoza, España. 305 pp. 2001.
- [18] HAN T.J.; LISTON, J. Lipid peroxidation and phospholipid hydrolysis in fish muscle microsomes and frozen fish. **J. Food Sci.** 52(2):294-296. 1987.
- [19] HUSS, H.H. El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad. **FAO Documento Técnico de Pesca**. 348. Roma, Italia. 202 pp. 1998.
- [20] INTERNATIONAL COMMISSION MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS OF FOODS (ICMSF). **Microorganismos**

- mos de los alimentos 2. Métodos de muestreo para análisis microbiológicos:** Principios y aplicaciones específicas. Editorial Acribia, España. 215 pp. 1981.
- [21] INTERNATIONAL COMMISSION MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS OF FOODS (ICMSF). **Microorganisms in foods 2. Sampling for microbiological analysis:** Principles and specific applications. Blackwell Scientific Publications Univ. of Toronto Press. Canada. 278 pp. 1986.
- [22] INSTITUTO INTERNACIONAL DEL FRIO. **Alimentos congelados.** Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España. 184 pp. 1990.
- [23] INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICIÓN (INN). Tabla de composición de alimentos para uso teórico-práctico. **Series Cuadernos Azules.** Publicación N° 52. Caracas, Venezuela. 97 pp. 1999.
- [24] JOHNSTON, W.A.; NICHOLSON, F.J.; ROGER, A.; STROUD, G.D. Freezing and refrigerated storage in fisheries. **FAO Fisheries Technical Paper** 340. FAO, Roma, Italia. 143 pp. 1994.
- [25] MADRID, A.; VICENTE, J.; MADRID, R. **El pescado y sus productos derivados.** Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España. 411 pp. 1999.
- [26] NICKELSON II, R.; FINNE, G. Fish, crustaceans, and precooked seafoods. In: Marvin L. Speck (Ed). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods.** 2<sup>nd</sup> Ed. American Public Health Association, Washington, D.C. 573-589 pp. 1984.
- [27] PASCUAL A.; CALDERON, V. **Microbiología alimentaria. Metodología analítica para alimentos y bebidas.** 2ª Ed. Editorial Díaz de Santos, S. A., Madrid, España. 441 pp. 2000.
- [28] PEARSON, D. **Técnicas de laboratorio para el análisis de los alimentos.** Edit. Acribia, S. A. Zaragoza, España. 331 pp. 1986.
- [29] RUITER, A. **El pescado y los productos derivados de la pesca: Composición, propiedades nutritivas y estabilidad.** Edit. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 416 pp. 1999.
- [30] SLAVIN, J. W. Frozen fish: Characteristics and factors affecting quality during freezing and storage. Cap. 8. In: D.K. Tressler; W.B. Van Arsdel; M.J. Copley (Ed). **The freezing preservation of foods.** Vol. 2. The Avi Publishing C. Inc. U.S.A. 179-196 pp. 1968.
- [31] SIKORSKI, Z. E. **Tecnología de los productos del mar: Recursos, composición nutritiva y conservación.** Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España. 330 pp. 1994.
- [32] STANSBY, M. E. **Tecnología de la industria pesquera.** Editorial Acribia. Zaragoza, España. 443 pp. 1968.
- [33] STATISTICAL GRAPHICS SYSTEMS CORPORATION. **User's guide Statgraphics.** Version 6,0. STSC., Inc. 1992.
- [34] STROUD, G. D. Rigor in fish: The effect on quality. **Torry Advisory Note** N° 36. Torry Research Station. Aberdeen. 9 pp. 1969.
- [35] UNDELAND, I.; KRISTINSSON, H.G.; HULTIN, H.O. Hemoglobin-mediated oxidation of washed minced cod muscle phospholipids: Effect of pH and hemoglobin source. **J. Agric. Food Chem.** 52(14):4444-4451. 2004.