

## CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN Y DE LOS ÁCIDOS GRASOS DEL SURIMI ELABORADO A PARTIR DE SÁBALO (*Prochilodus platensis*) MODIFICANDO LAS CONDICIONES DE LA ETAPA DEL LAVADO

## CHANGES OF COMPOSITION AND FATTY ACID PROFILE OF THE SURIMI FROM SABALO (*Prochilodus platensis*) MODIFYING THE WASHING OPERATION CONDITIONS

J.R. Medina<sup>1\*</sup>, M.A. Reinheimer<sup>2</sup>, M.R. Freyre<sup>3</sup> y G.A. Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultado de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral.  
Santiago del Estero 2829- (3000), Santa Fe, Argentina

<sup>2</sup>INGAR -CONICET-UTN, Avellaneda 3657, (3000), Santa Fe, Argentina

<sup>3</sup>Instituto de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería Química,  
Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina

Recibido 3 de Enero 2010; Aceptado 7 de Abril 2010

### Resumen

Surimi es el material intermedio funcional, de gran utilidad como base para “productos análogos” de mariscos. El objetivo de éste trabajo fue evaluar la variación de los nutrientes en el surimi de sabalo al modificar la composición del agua de lavado incorporando NaCl y la aptitud al proceso del músculo de sábalo (*Prochilodus platensis*). Los resultados destacan la composición característica del filete de sábalo de río. En cuanto a los tratamientos ensayados se concluye que el agregado de NaCl al agua mejora el surimi obtenido en relación a una menor retención de agua lográndose 74 % de humedad final, lo cual se ve reflejado en una adecuada resistencia del gel de 665 gr.cm, obtenida a los 100 días de congelado. Además, los filetes de sábalo limpios y sin partes oscuras tiene alto contenido graso lográndose reducir desde un 8% en el fillet hasta un 4% en el surimi, con la ventaja que no hubo diferencias significativas en cuanto a la variación de los ácidos grasos esenciales EPA y DHA respecto a las condiciones de lavado experimentadas. Comprobándose que luego de los 180 seg. en cada lavado el porcentaje de proteínas solubles en el agua de lavado se mantiene casi constante.

*Palabras clave:* surimi, ácidos grasos, EPA/DHA, sábalo, minerales, resistencia del gel.

### Abstract

Surimi is an intermediate functional material, useful as a basis for analog seafood products. The objective of this work was to evaluate the variation of nutrients in surimi made from sabalo (*Prochilodus platensis*) influenced by the composition of the wash water with addition of NaCl and the capability to the process of muscle sabalo (*Prochilodus platensis*). The results highlight the characteristic composition of sabalo fillet. Since, the analysis of results obtained from the experimental treatments suggest that the addition of NaCl improves the quality of surimi made from warm-water fish in relation to reduced water retention obtaining a value of 74% final moisture, which is reflected in the optimum gel strength of 665 gr.cm , from 100 days frozen storage. Moreover, the clean fillets, which mean without blood, bones and superficial dark meat, present high fat content. The fat content could be decreased from 8% present in the fillet to 4% in the surimi, with the advantage that no significant differences in terms of variation in essential fatty acids EPA and DHA on the washing conditions assayed. It is remarkable that after 180 sec. from each wash the soluble protein in the wash water remains almost constant.

*Keywords:* surimi, fatty acids, EPA/DHA, sabalo, minerals, gel strength.

\* Autor para la correspondencia. E-mail: jrmedina@fiq.unl.edu.ar  
Tel. (+54 342) 4571164 int.:2549 Fax (+54 342) 4571162

## 1 Introducción

El pescado es un alimento de captura estacional con un alto contenido en agua biológicamente activa, por lo que crudo se deteriora muy rápidamente, teniendo lugar alteraciones por crecimiento microbiano, actividad enzimática y por reacciones químicas originadas por interacciones entre sus nutrientes o con otros componentes. Estas reacciones se favorecen con la actividad del agua, la temperatura y el pH, aparte de otras condiciones ambientales. De ahí que sea necesario proceder a su procesamiento para su conservación en las condiciones más idóneas y mantener sus propiedades sanitarias y nutritivas, de tal manera de prolongar su vida útil de consumo (Navarro, 1991b).

El surimi es una alternativa a la situación planteada en el párrafo anterior. La palabra surimi es originaria de Japón y significa que es el músculo del pescado desmenuzado y exento de huesos, piel, carne oscura y de espinas, el que es lavado varias veces con agua y escurrido hasta la proporción de agua original, quedando lo que podría llamarse el material funcional (o producto intermedio) del músculo de pescado (Suzuki, 1981).

Esta base o intermediario es especial para la preparación de los productos análogos, de gran interés en el mundo occidental, y podría presentarse como alternativa industrial en Argentina. Sobretodo para las especies ictícolas de agua dulce como el “sábalo” (*Prochilodus platensis*), de gran producción de biomasa, de muy bajo valor comercial para la venta directa, con el fin de proporcionar una forma distinta de presentación que permita una mejor conservación y por lo tanto extender su vida útil para su comercialización.

Los principales motivos del auge del desmenuzado de pescado (*Surimi*) a nivel mundial son: el mejor aprovechamiento del recurso ictícola desde el punto de vista nutricional, la posibilidad de estabilizar las proteínas durante el almacenamiento congelado de la pulpa mediante el agregado de crioprotectores, y por último la expansión de mercados existentes con nuevos productos atractivos que permitiría la ampliación del mercado de productos pesqueros (Manca y Trincher, 1984).

Aunque la tecnología del surimi ha sido desarrollada y ampliamente investigada a partir

de especies de mar sin valor comercial o sin explotación, actualmente se registran muy pocos trabajos que hayan utilizado como materia prima especies de pescado de agua dulce, y menos por supuesto, de alto contenido en grasa como es el sábalo, pero de una gran producción de biomasa.

Todos los avances realizados se han referido en general a pescado de mar y de bajo contenido en grasa. De todos modos, investigadores japoneses han obtenido notables mejoras en la tecnología del procesamiento de especies de alto contenido en grasa, logrando surimi con propiedades funcionales excelentes, lo que abre buenas expectativas para el aprovechamiento de tales especies (Nishioka y Tokunaga, 1990).

El objetivo de este trabajo fue determinar la aptitud del músculo del Sábalo (*Prochilodus platensis*), aprovechando experiencias previas de la tecnología surimi pero con otro pescado de río, el Surubí (*Pseudoplatystoma coruscans*) (Medina y Garrote, 2002a; 2002b), para producir surimi y cual es el efecto sobre sus macro y microcomponentes al cambiar la composición del agua de lavado del músculo desmenuzado. Las respuestas analizadas fueron las proteínas totales, grasa total, humedad, cenizas totales, perfiles de los ácidos grasos presentes en el músculo y el surimi, colesterol total, minerales: Ca, P, Fe y Na y la evaluación de la calidad del surimi por medio del análisis de la funcionalidad de las proteínas según la resistencia obtenida de los geles. Finalmente se comprobó experimentalmente como es la evolución de la concentración de proteínas solubles en el agua de lavado en función del tiempo de lavado.

## 2 Materiales y métodos

### 2.1 Planteo experimental

Las experiencias realizadas se basaron en un trabajo en el que se obtuvo surimi a partir de surubí pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) (Medina y Garrote, 2002a). En el mismo se pudo predecir las mejores condiciones del lavado asociado a un surimi de buena calidad, por medio de un modelo matemático estadístico por medio de la metodología de superficie de respuesta (RSM), las mejores condiciones del lavado a escala de laboratorio. Una de esas condiciones halladas por el modelo y verificadas con el modelo como las adecuadas para una

buenas condiciones del surimi fueron:  $T = 18^{\circ}\text{C}$  (del agua de lavado); tiempo de cada ciclo:  $t = 4.62$  minutos (con 3 ciclos de lavados) y  $R=3.5:1$  (relación de agua de lavado/músculo desmenuzado). Con estas condiciones se estudió la obtención de surimi de Sábalo (*Prochilodus platensis*) a escala de laboratorio y como se modificaban los componentes del músculo original en el proceso de obtención del surimi al variar la composición del agua de lavado.

El estudio de la variación de los nutrientes en el músculo de sábalo se realizó probando la obtención de surimi de Sábalo con dos composiciones distintas del agua a utilizar en la etapa de lavado del músculo. Una de las condiciones llevadas a cabo fue utilizar agua desmineralizada para el lavado en los tres ciclos de lavado. Y la otra condición experimentada fue realizando dos ciclos lavados con agua desmineralizada y el 3º ciclo con solución de NaCl al 0.2% p/p (Sierra y col., 1991).

## 2.2 Materiales

El músculo de pescado de río utilizado en estas experiencias fue el del sábalo (*Prochilodus platensis*). En Argentina, el Sábalo constituye una de las especies más comunes y de mayor biomasa en los cuerpos de aguas del río Paraná medio. Es una especie sub-exploitada de bajo valor comercial por su carne, pero desarrolla una gran biomasa ya que por ejemplar tiene una capacidad reproductiva entre 300000 y 400000 huevos al año. Además, se registraron entre 1994 y 2004 exportaciones que pasaron de 2785 toneladas a 32000 toneladas de sábalo eviscerado (Espinach Ros y Sánchez, 2007).

## 2.3 Preparación del Surimi de Sábalo congelado

El Sábalo fue obtenido de la región de pesca del río Paraná cercana a la ciudad de Santa Fe (Argentina). El músculo blanco fue separado de las espinas, cuero, huesos y partes de músculo oscuro manualmente con cuchillo. El desmenuzado de sábalo fue preparado con una picadora eléctrica de carne con cuchilla y placa perforada para obtener un diámetro de partícula de 5 mm. La metodología seguida para la preparación de las muestras y el sistema de lavado

empleado fueron de acuerdo al trabajo realizado por Medina y Garrote, (2002a).

Inmediatamente después del lavado y el prensado, el desmenuzado fue pesado y se le incorporó los crioprotectores sacarosa y sorbitol, en una relación 1:1 (p/p), de manera tal que alcance una concentración final del 8 % en el peso final del bloque. Después que ésta masa fue mezclada manualmente con los crioprotectores se formaron bloques pequeños (3 cm. de diámetro y 12 cm. de largo aproximadamente) y se congelaron por inmersión en Nitrógeno líquido por un tiempo calculado de 5 minutos, necesario para que el centro del bloque alcance la temperatura de  $-21^{\circ}\text{C}$ , y luego almacenados a  $-21^{\circ}\text{C}$  en freezer hasta la determinación de los parámetros planteados en este trabajo, de acuerdo a la metodología recomendada por Lee (1986).

## 2.4 Métodos

Para caracterizar químicamente el material crudo fresco y el surimi de sábalo se aplicaron las siguientes técnicas para determinar cada uno de los parámetros: Proteínas totales por método macro-Kjeldhal (AOAC, 1984), cenizas totales por mufla (AOAC, 1984) y humedad total (Lanier y col., 1985).

En cuanto a los lípidos totales fueron extraídos de las muestras de tejido muscular del Sábalo utilizando el procedimiento del cloroformo: metanol (2:1, v/v), basado en el método original de Folch y col. (1957). En cada ciclo, fueron tomándose muestras del agua de lavado a cada minuto, una vez finalizado los tres ciclos de lavado, se procedió a la toma de muestra de músculo lavado. Debido a la geometría del sistema, la toma de muestra del músculo lavado no pudo realizarse entre cada ciclo. La concentración de proteínas totales en el músculo fue determinado por método macro-Kjeldhal (AOAC, 1984) y los porcentajes de proteínas solubles que difundieron desde el músculo desmenuzado al agua de lavado fueron determinadas por el método Biuret (Witaker, 2001) en cada una de las muestras tomadas del agua de lavado. Para cada determinación se realizaron los ensayos por triplicado y los resultados fueron expresados como los valores medios y las desviaciones estándares.

**Ácidos Grasos:** Los procedimientos analíticos para determinar los perfiles de ácidos grasos se desarrollaron siguiendo la técnica de Christie

(1990), en la modalidad de esterificación con catalizador ácido sulfúrico (1%) en metanol y de acuerdo a las siguientes condiciones instrumentales. Para la cromatografía fue empleada una columna capilar Tracer Analytica, TR -Wax, de 60 m x 0.25 mm, y 0.25  $\mu\text{m}$  de film, operada a 210°C; patrones de ésteres metílicos "Sigma", utilizándose un cromatógrafo Konik HRGC 300, con detector FID a 250°C; se inyectaron con jeringa Hamilton, usualmente 2  $\mu\text{L}$ , y con relación de split 0.01. Los datos se procesaron mediante software Peak-2. Los valores reportados corresponden a las medias de dos corridas cromatográficas sucesivas, y se expresan como porciento en peso de ésteres metílicos.

Sustancias minerales: Para la determinación de los cationes fue empleada la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, utilizando un espectrofotómetro IL 551, de la firma Instrumentation Laboratory, Wilmington, Mass., USA, para lo cual las muestras fueron incineradas a 520° C y tomadas en 3.5 N de HCl. Se utilizaron alícuotas de la disolución para realizar las determinaciones de cationes adoptando las condiciones operativas de máxima sensibilidad siguiendo las instrucciones de fabricante del instrumento. Otra alícuota del tratamiento empleado para los cationes se dispuso para analizar el fósforo, el cual se determinó como complejo de reducción del azul de molibdeno y las lecturas se efectuaron con un espectrofotómetro Genesys 5 (Milton Roy Co., Rochester, NY, USA), según los procedimientos publicados en Sullivan y Carpenter (1993). Los reactivos utilizados fueron de calidad ACS Plus, y los patrones de calibración Titrisol, obtenidos de la firma Merck Química Argentina.

Colesterol total: Para la determinación de colesterol en el músculo de pescado original se siguió la técnica publicada en Bohac *y col.* (1988).

## 2.5 Preparación de geles de Surimi y mediciones de resistencia

Siguiendo la técnica propuesta por Lanier *y col.* (1985), el surimi congelado (almacenado a - 21°C) fue atemperado hasta alcanzar la temperatura de -3°C y luego estos bloques fueron cortados en dimensiones regulares adoptadas por la técnica mencionada. La secuencia de preparación adoptada fue descripta por Medina y Garrote (2002a; 2002b). La resistencia del

gel (gel strength, GS) fue obtenida como el producto del esfuerzo de corte (primer pico en la gráfica y la deformación (distancia al primer pico de la gráfica). Las determinaciones se realizaron cuadriplicado. Las probetas de gel fueron piezas cilíndricas de 3 cm de diámetro por 3 cm de alto, las mismas luego de ser atemperadas a la temperatura ambiente de 20°C previo a la medición de la resistencia. El ensayo de penetración o punción (para determinar la resistencia a la rotura del gel) fue medida usando una máquina universal Instron modelo 3344 con sistema de simple columna (Instron Ltd., USA) equipada con una punta de cabezal cilíndrico (diámetro: 7 mm). El ensayo fue realizado usando una muy baja velocidad del cabezal tratando de simular al gelómetro de Okada (Suzuki, 1981).

El punto de parada en el descenso del cabezal de la máquina universal fue fijado de tal modo que la punta de la probeta quedara a 1 cm de la plataforma metálica que sostenía la muestra. La muestra o espécimen de cada Surimi fue colocado directamente debajo de la probeta de manera que la punción se efectuara en el centro axial de la muestra (Lanier *y col.*, 1985).

## 3 Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran los resultados de las composiciones químicas promedios del músculo del sábalo. Al observar estos resultados se aprecia que el músculo de sábalo tiene un contenido de humedad menor en un 7 % al del surubí obtenido en el trabajo de Medina y Garrote (2002a). Además, el filete fresco de sabalo desmenuzado presenta un contenido en lípidos totales 5 veces superior al correspondiente del surubí, con un valor de  $1.50 \pm 0.54$  registrado por Medina y Garrote (2002a). El valor de grasa total del sabalo en base seca se convierte al 29.72 %, y concuerda con el valor informado por Bayo y Maitre (1983), en el cual la grasa total en músculo en base seca osciló entre el 19% y el 40%. En cuanto al contenido de proteínas y de cenizas ambos músculos no presentan diferencias apreciables.

En cuanto al perfil de ácidos grasos, se pueden ver en la Tabla 2 los valores de los ácidos grasos identificados que resultaron más sobresalientes. En la misma tabla se puede observar que el ácido graso de mayor concentración en el músculo de sábalo desmenuzado (MSD) es el C18:1, con un

Tabla 1: Composición química promedio de filete de sábalo desmenuzado

Macro-nutriente	sábalo	Porcentaje (gr %)
Humedad		73.18 ± 0.75
Proteínas		17.77 ± 0.97
Grasa Total		7.97 ± 0.32
Cenizas		1.09 ± 0.06

1.74 % referido al tejido original. Además se puede ver que los otros ácidos grasos que le siguen en importancia son los C20:5 (ácido eicosapentaenoico, EPA), C22:5 y C22:6 (ácido docosahexaenoico, DHA), los cuales están presentes en el músculo fresco en un 0.59 %, 0.61% y 0.66% respectivamente. Resultando una relación DHA/EPA de 1.12 cercana al rango ideal de la misma entre 1.6-3.8 de acuerdo a lo reportado por Méndez *y col.* (1996).

Por medio de un análisis de medias entre tratamientos por el test de Duncan, se puede ver en la Tabla 2 que letras diferentes entre barras de un mismo ácido indican diferencias significativas para  $p \leq 0.05\%$ . En base a este análisis se puede ver que los tratamientos afectaron más a los ácidos del C18 que a los más insaturados como el EPA o DHA, con lo cual se conservan en el surimi los ácidos grasos esenciales desde un punto de vista nutricional.

En referencia a las muestras que se sometieron al proceso surimi se nota que todos los ácidos grasos disminuyeron notoriamente su concentración en el producto final. Tal es el caso del C18:1 que alcanza valores de hasta un 50 % menor para el caso del surimi con agua de lavado sin agregados (SSLA). Al igual que las concentraciones del EPA que baja al 0.41% para la muestra SSLA y al 0.39 % en el surimi obtenido con el agua del tercer ciclo de lavado al 0.2% de NaCl (SSLC).

En la Tabla 3, se puede observar la diferencia de los tratamientos realizados sobre los macronutrientes del surimi obtenido. En el tratamiento del lavado del desmenuzado de sabalo

con 2 ciclos de agua desmineralizada y el 3º ciclo con solución de NaCl al 0.2 % p/p, la humedad

Tabla 3: Composición del surimi de sábalo obtenido con distintas soluciones de lavado

Macro-nutriente	SSLA (gr %)	SSLC (gr %)
Humedad	77.25 ± 0.07	74.74 ± 1.02
Proteínas	11.40 ± 0.32	11.84 ± 0.01
Grasa Total	3.86 ± 0.26	4.37 ± 0.11
Cenizas Totales	0.35 ± 0.02	0.30 ± 0.01
Hidratos de carbono	8 ± 0.86	8 ± 0.75

Tabla 4: Composición de minerales en músculo desmenuzado (MSD) y en los surimi (SSLA y SSLC)

Micro-nutriente	MSD	SSLA	SSLC
Ca (mgr %)	10.34	0	0
P (mgr %)	137.3	243.9	60.1
Fe (ppm)	4.7	0	2.4
Na (mgr %)	3.4	0.6	4.5

final obtenida es cercano al valor de humedad original del músculo fresco, lo cual concuerda con la conclusión de Sierra *y col.* (1991) que el valor óptimo de NaCl es del 0.2% en la solución de lavado del 3º ciclo, de manera tal de obtener un surimi con una humedad cercana al original de músculo fresco y cuyos parámetros de calidad no disminuyeron, evitando la extracción de proteínas miofibrilares, concordando también con la propuesta de Lee (1986) que recomienda un rango de 0.1-0.2% de NaCl.

En las Tablas 4 se observan los valores obtenidos de los minerales analizados detectados en el músculo original y en los surimi obtenido bajos las dos condiciones de lavado experimentadas. En la misma se observa que el Ca, P y el Fe descendieron en sus porcentajes en el surimi obtenido, pero el Na aumentó cuando se obtuvo surimi con agua de lavado adicionado con NaCl al 0.2% p/p. La relación Ca/P en el sábalo es del 0.075, lo cual concuerda con lo reportado por Navarro (1991a), que afirmaba que esta relación oscila entre los valores de 0.03-0.7, para pescados frescos.

Tabla 2: Análisis de Variancia de la Variación de los % de ácidos grasos en función del tratamiento

Muestra	Concentración de ácidos grasos (%p/p referido al tejido original)								
	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	C20:4	C20:5 (EPA)	C22:5	C22:6 (DHA)
MSD	0.45a	1.74a	0.19a	0.13a	0.15a	0.23a	0.59a	0.61a	0.66a
SSLA	0.19b	0.86b	0.06a	0.05b	0.16a	0.13a	0.41a	0.28a	0.29a
SSLC	0.29b	0.96b	0.15a	0.08ab	0.07a	0.15a	0.39a	0.30a	0.25a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas para  $p \leq 0.05\%$  por el test de Duncan

Tabla 5: Composición de Colesterol total en músculo desmenuzado (MSD) y en surimi

Parámetro	MSD	SSLC
Colesterol total	83,8	112,4
mgr % de tejido		

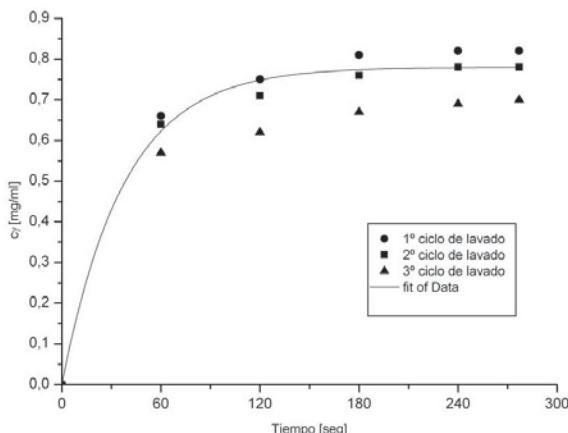


Fig. 1: Valores experimentales y fiteo de la evolución de proteínas solubles en el solvente de lavado durante la extracción.

Además según un trabajo de Solberg *y col.* (2001) el catión  $\text{Ca}^{+2}$  es responsable de la disminución de las propiedades funcionales y de acuerdo a sus conclusiones está directamente relacionada con la cantidad del mismo.

En cuanto al Fe en términos generales se sabe que los pescados grasos poseen mayores concentraciones de Fe que las especies de carne muy blanca (Navarro, 1991). En el caso nuestro el sábalo es un pescado graso de río al cual se lo fileteo cuidadosamente eliminando las partes rojas más visibles, con lo cual su disminución a la mitad prácticamente se deba a su difusión al agua de lavado, por lo que el color del surimi lavado es más claro que la muestra de sábalo desmenuzado. La cantidad de Fe en el filete desmenuzado de sábalo determinado en este trabajo es muy inferior al valor reportado por Miniadis-Meimarglou *y col.* (2007), en músculo de red porgy (*Pagrus pagrus*) de 14.2 ppm (ó  $\mu\text{g/g}$ ).

La Tabla 5, muestra el colesterol total de la muestra de filete de sábalo desmenuzado y de la muestra cuyo tratamiento dio menor humedad final del surimi obtenido (SSLC), la cual es una condición final deseable de acuerdo a Lee (1986). El valor determinado para el desmenuzado de sábalo fue similar al reportado por Moreira *y col.*

(2001), donde se reporta un valor medio de 87 mg% de colesterol total para especies de pescado de agua dulce de Brasil. En cuanto al aumento del colesterol luego del tratamiento se estima que en virtud de presentarse la difusión de proteínas solubles, de ácidos grasos y de minerales hacia el agua de lavado, el valor aquí determinado es porque el colesterol total no es soluble en agua.

La Fig. 1, muestra las curvas de concentración de las proteínas solubles difundidas al agua de lavado correspondiente a cada ciclo de lavado de la elaboración de surimi de sábalo. El fiteo de los datos experimentales se realizó a fin de obtener el valor correspondiente al coeficiente de transferencia de materia global de la operación de lavado, requerido para poder realizar simulaciones del proceso como parte de trabajos futuros, donde algunos datos fueron previamente obtenidos (Reinheimer *y col.*, 2009).

Por último, se realizó un ensayo para determinar los valores de la resistencia de los geles resultantes a los 100 días en estado congelado de la muestra que fue lavado en el 3º ciclo con solución de NaCl al 0.2 %. El valor obtenido para esta muestra fue de  $668.25 \pm 153.6$  gr.cm, valor muy parecido al reportado por Sierra *y col.* (1991) de 650 gr.cm con igual tratamiento de lavado, lo cual indica que es un aceptable resultado en cuanto a la calidad del gel en comparación con los datos citados por Suzuki (1981) para surimi elaborado con merluza del sur fresca con un valor de resistencia de 605 gr.cm.

## Conclusiones

Como conclusión de los resultados obtenidos es importante destacar las diferencias del sábalo analizado con los de otro músculo de pescado ya investigado por el grupo. Observándose que si bien los porcentajes de proteínas son casi parecidos, existe una la relación entre el porcentaje de humedad y el de grasa total, dado que cuando está presente un mayor contenido de humedad en el músculo le corresponde una menor proporción de grasa total. Es importante resaltar que el músculo de sábalo demostró una adaptabilidad aceptable al proceso de obtención de surimi. Otras de las conclusiones es que el tenor graso en el surimi obtenido a partir de sábalo fue reducido desde un 8% en el filete fresco sin partes rojas u oscuras visibles a un 4% en

el surimi aproximadamente. Este resultado es de suma importancia tecnológica en virtud del posterior almacenamiento congelado del surimi obtenido. Además, si bien se observan que los ácidos grasos disminuyeron en sus porcentajes con el proceso de obtención del surimi, no hubo diferencias significativas en cuanto a los ácidos grasos como EPA y el DHA respecto a los tratamientos experimentados en el presente trabajo, lo cual es una ventaja nutricional. Con respecto a los minerales analizados, se pudo observar que cualquiera sea el tratamiento aplicado los porcentajes P, Ca y el Fe descendieron y que el Na aumentó cuando fue lavado el músculo con solución de NaCl al 0.2%.

En cuanto a las diferencias de tratamientos, se puede observar que el agregado de NaCl al agua de lavado mejora el surimi obtenido en referencia a la menor retención de agua lográndose un surimi con un 74% de humedad final, lo cual es un objetivo tecnológico buscado y que beneficiará la etapa posterior que es la obtención de análogos de mariscos. Este resultado se ve reflejado en la aceptable resistencia del gel obtenida a los 100 días de congelado comparados con resultados de Standard internacionales reportados por Sierra *y col.* (1991).

En referencia al colesterol, se destaca que el valor obtenido para músculo desmenuzado fresco de sábalo es similar al reportado para especies de agua dulce de Brasil.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero otorgado por la Universidad Nacional del Litoral de la ciudad de Santa Fe, República Argentina, para realizar el presente trabajo de investigación.

## Referencias

- AOAC. (1984). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC). *Association of Official Analytical Chemists*, 40th Ed. Washington DC.
- Bayo, V. y Maitre, M.I. (1983). Distribución de ácidos grasos y lípidos en *Prochilodus platensis* Holmberg (Sábalo). (Pisces, Prochilodontidae). *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 14(2), 125-132.
- Bohac, C.E., Rhee, K.S., Cross, H.R. y Ono, K. (1988). Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. *Journal of Food Science* 53, 1642-1644.
- Christie, W.W. (1990). *Gas chromatography and lipids: a practical guide*. The Oily Press, Bridgwater, Somerset, U.K., reprint, 49.
- Espinach, A. y Sánchez, R.P. (2007). Proyecto evaluación del recurso Sábalo en el Paraná. En: *SAGPyA Serie Pesca y Acuicultura: Informe de los resultados de la primera etapa 2005-2006 y medidas de manejo recomendadas*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la República Argentina.
- Folch, J., Lees, J.M. y Stanley, G.H.S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226(1), 497-509.
- Lanier, T.C., Hamann, D.D. y Wu, M.C. (1985). Development of methods for quality and functionality assessment of surimi and minced fish to be used in gel type food products. En: *Final Report for Alaska Fisheries Development Foundation, Inc.*; Anchorage, Alaska.
- Lee, C.M. (1986). Surimi manufacturing and fabrication of surimi based products. *Food Technology* 40 (3), 115.
- Manca, E. y Trinchero, J. (1984). Desmenuzado de pescado: tecnología y posibles usos. Parte I. *La Industria Cárnea Latinoamericana* 56, 41-50.
- Medina, J.R. y Garrote, R.L. (2002a). Determining washing conditions during the preparation of frozen surimi from Surubí (*Pseudoplatystome coruscans*) using response surface methodology. *Journal of Food Science* 67(3), 1455-1461.
- Medina, J.R. y Garrote, R.L. (2002b). Effect of two cryoprotectant mixtures on frozen surubí surimi. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 19(4), 419-424.

- Méndez, E., González, R.M., Inocente, G., Giudice, H. y Grompone, M.A. (1996). Lipid content and fatty acid composition of fillets of six fishes from the Río de la Plata. *Journal of Food Composition and Analysis* 9; 163-170.
- Miniadis-Meimaroglou, S., Dimizas, C., Loukas, V., Moukas, A., Vlachos, A., Thomaidis, N., Paraskevopoulou, V., Dasenakis, M. (2007). Proximate composition, fatty acids, cholesterol, minerals in frozen red porgy. *Chemistry and Physics of Lipids* 146, 104-110
- Navarro, M.P. (1991a). Valor nutritivo del pescado. I- Pescado fresco. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 31(1), 330-342.
- Navarro, M.P. (1991b). Valor nutritivo del pescado. II - Pescado elaborado. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 31(4), 459-472.
- Nishioka, F. y Tokunaga, T. (1990). Development of new leaching technology and a system to manufacture high quality surimi. *Proceedings of the international Institute of Refrigeration* 3, 123-130.
- Reinheimer, M.A., Medina, J.R., Freyre, M.R. y Pérez, G.A. (2009). Modelado matemático de la etapa extractiva de proteínas solubles en la obtención de surimi de pescado de río. Presentado al 9º Congreso Interamericano de Computación Aplicada a la Industria de Procesos. Centro de Información Tecnológica (CIT).
- Sierra, M.G., Jarufe, J.L., Ellenberg, I., Godoy, F. y Zapata, E. (1991). Optimización del proceso de obtención del surimi de recortes de filetes de merluza (*Merluccius australis*) congelados. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 31(4), 505-511.
- Solberg, T., Grahl-Madsen, E., Gundersen, B., Solberg, C. y Ofstad, R. (1992). Partial least squares evaluation of the influence of calcium and magnesium on functional properties of washed fish mince surimi. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 14, 287-295.
- Sullivan, D.M. y Carpenter, D.E. (Editors). (1993). *Methods of Analysis for Nutritional Labelling*, AOAC International, Arlington, Virginia, USA.
- Susuki, T. (1981). *Fish and krill protein: processing technology*. Applied Science Publishers Ltd., England.
- Whitaker, J. (2001) Editor. *Current protocols in food analytical Chemistry*. J. Wiley & Sons, Inc., 74-76.