

Revista de la Universidad del Zulia



Fundada en 1947
por el Dr. Jesús Enrique Lossada

Ciencias
Exactas,
Naturales y
de la Salud

70
ANIVERSARIO

Año 8 N° 21
Mayo - Agosto 2017
Tercera Época
Maracaibo - Venezuela

Transferencia de masa y aceptabilidad sensorial en el desalado de la carne de bagre (*arius sp.*)

*Jaime Rodríguez**

*Otoniel Corzo***

*Jesús Córdova**

*Alirio Wolff**

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue modelar la transferencia de agua y sal y evaluar la aceptabilidad sensorial durante el tiempo de desalado de carne de bagre previamente salada. La carne se cortó en láminas de 4x4x1 cm, se saló en pila y luego se desaló por inmersión en agua a temperatura ambiente. Se sacaron muestras a los 1, 6, 12 y 24 h para determinar los contenidos de sal y agua, y evaluar la aceptación sensorial del color, olor, sabor, textura y apariencia. Los datos obtenidos del contenido de sal y agua se ajustaron al modelo de Peleg para calcular la velocidad inicial de transferencia de masa y los contenidos en el punto de equilibrio del proceso. Igualmente, los datos se ajustaron a la ecuación de difusión de Fick, para determinar el coeficiente de difusión (D) de la sal y agua en láminas de carne salada. El modelo de Peleg explicó el 98,49% y 91,04% de los cambios en el contenido de sal y agua. La velocidad inicial de estos cambios fue de 0,1294 g NaCl/h y 0,0712 g agua/h. Los

*Programa de Ingeniería Pesquera Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Punto Fijo, Venezuela, otocorzo@gmail.com

**Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad de Oriente. Núcleo de Nueva Esparta. Guatamare, Venezuela.

contenidos en el equilibrio eran 0,0010 g NaCl/g bs y 0,4271 g agua/g bs. Los valores de D fueron $7,30 \times 10^{-11}$ m²/s y $4,19 \times 10^{-11}$ m²/s para la sal y agua, respectivamente. La aceptabilidad de las características sensoriales de las muestras desaladas durante 6 h, fue evaluada como “me gusta bastante”, mientras que la de la carne desalada durante 24 h fue catalogada como “ni me gusta ni me disgusta”. Se puede decir que la carne desalada durante 6 h sería un producto atractivo al consumidor.

PALABRAS CLAVE: modelo de Peleg; difusión; sabor; contenido en equilibrio.

Mass transfer and sensory acceptability during desalting of catfish meat (arius sp.)

ABSTRACT

The aims of this study were to model the transfer of water and salt and to evaluate the sensory acceptability during the desalting time of catfish meat previously salted. Meat was cut in sheets of 4x4x1 cm, it was pile salted and then, it was desalted in water at room temperature. Samples were removed at 1, 6, 12 and 24 h to determine the contents of salt and humidity, as well as to evaluate the sensory acceptability of smell, color, taste, texture and appearance. Data obtained from the salt and water content was adjusted to the Peleg model to calculate the initial mass transfer velocity and the contents at the equilibrium point of the process. Likewise, data was fitted to the diffusion equation of Fick to determine the salt and water diffusion coefficients (D) in salted sheets of meat. The 98,49% and 91,04% % of changes in salt and water contents were explained by the Peleg model. The initial velocity of these changes was 0.1294 g NaCl/h and 0.0712 g water/h. The equilibrium contents were 0.0010 g NaCl/g bs and 0.4271 g water/g bs. D values were 7.30×10^{-11} m²/s and 4.19×10^{-11} m²/s for salt and water respectively. The acceptability of the sensory characteristics of the desalted samples for 6 h was evaluated as “I like it a lot”, while 24 h desalted meat for was classified as “neither like nor dislike”. It can be said that desalted meat for 6 h would be an attractive product to the consumer..

KEYWORDS: Peleg model; diffusion; taste; equilibrium content.

Introducción

Para la preservación del pescado generalmente se aplica el proceso de salado y luego, antes de su consumo, el alimento se desala en agua, obteniéndose así productos de contenidos de humedad y sal variables. Dados que el consumo de productos salados provoca aumento en la presión arterial y por ende enfermedades coronarias, y el poco tiempo que los consumidores disponen para elaborar sus alimentos, la tendencia actual de la industria es elaborar alimentos listos para el consumo (ready to use) y de bajo contenido de sal. Es por esto que, los productos salados se someten al proceso de desalado y rehidratación (Aliño, et. al., 2011; Galvis-Sánchez, et. Al., 2011) mediante la inmersión del producto en agua durante tiempos cercanos a las 24 horas (Andrés, et. al., 2005). Ocurre así, una operación de extracción sólido-líquido en la cual, principalmente los iones Na^+ y Cl^- de la fase sólida, se transfieren al agua y ésta a su vez penetra en el sólido (Barat, et. al., 2004a), afectando la matriz proteica y por lo tanto la estructura del producto (Fernández-Segovia et. al., 2003). El producto obtenido puede perder sabor y deteriorarse más fácilmente debido a su bajo contenido de sal (Aliño, et. al., 2011; Fernández-Segovia et. al., 2007).

En Venezuela, cantidades suficientemente grandes de pescados se conservan mediante la técnica del salado debido a que los pescadores no cuentan con un sistema de refrigeración adecuado que ayude a la conservación de las especies capturadas. El bagre es un pescado apreciado por su carne firme, blanca y de buen sabor, es muy abundante en el Golfo de Venezuela y frente al delta del Orinoco (Cervigón, 2005) y su captura se realiza mediante la pesca artesanal. El análisis sensorial de los alimentos es el examen de sus propiedades organolépticas realizable con los sentidos humanos y es un instrumento eficaz para el control de su calidad y aceptabilidad por el consumidor.

El conocimiento de los mecanismos de la transferencia de masa durante el proceso de desalado es importante para lograr un diseño adecuado del proceso de desalado que permita eficientemente, obtener productos homogéneos en su contenido de sal y humedad, requiere del conocimiento de los mecanismos de transferencia de masa (Andrés, et. al., 2005; Ozuna, et. al., 2014). El modelo de Peleg (1988) se ha utilizado para describir, entre otros, la absorción de agua en el remojo de maíz (*Zea mays L*) (Agarry, et. al., 2014) y soya (*Soyica P-33*) (Quicazán, et. al., 2012), la deshidratación osmótica de cubos de pera (*Pyrus communis L.*) (Pavelkić, et. al., 2015) y fresa (Nuñez-Mancilla, 2011), la rehidratación de frijol (*Phaseolus vulgaris*) (Paredes, 2012) y cubos de papa (*Solanum tuberosum*) (Salimi, et. al, 2013; Salimi, et. al., 2010), y la infusión por cocción de caballa (*Scomber scombrus*) (Checmarev, et. al., 2013). La transferencia de masa en el desalado ocurre no sólo por difusión, sino por el mecanismo hidrodinámico (Barat, et. al., 2004b), por lo cual la segunda ley de difusión de Fick se ha utilizado para determinar

el coeficiente de difusión de sal y agua durante el proceso (Barat, et. al., 2004b). Se han publicado diversos estudios relativos al desalado de bacalao (*Gadus morhua*) (Aliño, et. al., 2011; Andrés, et. al., 2005; Barat, et. al., 2006; Fernández-Segovia, et. al., 2003) debido a que este es un producto que se comercializa con alto contenido de sal, pero no se ha encontrado información sobre del desalado de la carne de bagre. El objetivo de este estudio fue determinar: 1) la aplicabilidad del modelo de Peleg para describir los cambios en el contenido de sal y agua en el desalado de carne de bagre, y a la vez calcular estos contenidos en el punto de equilibrio del proceso; 2) los coeficientes de difusión de sal y agua durante el desalado; y 3) la aceptación sensorial de la carne obtenida a diferentes tiempos del desalado.

1. Materiales y métodos

1.1. Materia prima

Especímenes de bagre (*Arius sp.*) fueron adquiridos el mismo día a los pescadores de la zona de Puerto Cumarebo, estado Falcón, Venezuela, seleccionando los que tenían el mismo tamaño. Cada espécimen se evisceró y la carne se fileteó y luego se cortó en 88 trozos con un peso promedio de 0,058 kg y de dimensiones 4x4x1 cm, usando un molde metálico. El peso de cada trozo se determinó utilizando una balanza Sartorius, AZ3102 Sartorius Mechatronics, EUA. Para caracterizar la carne fresca se determinaron los contenidos de humedad según la norma venezolana COVENIN 1120-97, pH según la norma venezolana COVENIN 1315-79, grasa de acuerdo con la norma venezolana COVENIN 1219-2000, proteínas siguiendo la norma venezolana COVENIN 1195-80 y utilizando 6,25 como el factor de conversión de N a proteína, y cenizas según la norma venezolana COVENIN 1220-99.

1.2. Salado y desalado

Las láminas se salaron con sal común en una proporción de 1,2 kg de sal por cada kg de carne, colocándolas entre dos capas de sal, en un recipiente de plástico con desagüe. Transcurridas 24 h se retiraron las láminas, se eliminó el excedente de sal, y se determinaron los contenidos de humedad de acuerdo con la norma venezolana COVENIN 1120-97, y sal según la norma venezolana COVENIN 1123-02, en esta carne salada.

Para el desalado, las muestras saladas y secas se introdujeron en un recipiente que contenía agua destilada con agitación constante y a temperatura ambiente. Se extrajeron tres láminas a las 1, 6, 12, y 24 h,

se escurrieron y se les determinó el contenido de humedad según la norma venezolana COVENIN 1120-97, el contenido de sal de acuerdo con la norma venezolana COVENIN 1223-02, el pH según la norma venezolana COVENIN: 1315-79 y la actividad de agua (A_w) utilizando un medidor de actividad de agua Aqualab CX3 (Decagón Devices, Inc, Pullman, WA. EUA).

1.3. Evaluación sensorial afectiva

Las muestras desaladas a los diferentes tiempos se sometieron a cocción, envueltas en papel de aluminio, en agua hirviendo durante 10 min, sin adición de sal ni condimentos. Inmediatamente se evaluaron sensorialmente por medio de 30 panelistas conformados por estudiantes y empleados de la Universidad Experimental Francisco de Miranda. La evaluación se efectuó en un cuarto iluminado con luz fluorescente y los trozos se sirvieron en platos de plástico blancos codificados con tres dígitos. En las muestras se evaluó la aceptación del color, olor, sabor y textura, utilizando una escala descriptiva de 5 puntos (1 = me disgusta bastante; 2 = me disgusta; 3 = ni me gusta ni me disgusta; 4 = me gusta; 5 = me gusta bastante).

1.4. Modelo de Peleg

Peleg (1988) propuso una ecuación de dos parámetros para describir la adsorción de vapor de agua en leche en polvo y granos de arroz:

$$\frac{t}{X_w - X_{w0}} = K_1 \pm K_2 t \quad (1)$$

donde X_w es el contenido de agua expresado en base seca (bs) a un tiempo dado t , X_{w0} es el contenido inicial de humedad expresado en base seca (bs), K_1 es la constante de velocidad, y K_2 es la constante de capacidad. En la Ec. 1, “ \pm ” es “+” si el proceso es absorción o adsorción y “-” si es desecado o desorción. La representación gráfica de la Ec. 1 es una línea recta en la cual el intercepto es igual a K_1 y la pendiente igual a K_2 .

Si $t = 0$, la velocidad de transferencia inicial de agua en el proceso, está dada por la relación:

$$\frac{dX_w}{dt} = \pm \frac{1}{K_1} \quad (2)$$

La constante de capacidad K_2 está relacionada con el máximo contenido de agua que se puede lograr en el proceso. Cuando $t \rightarrow \infty$, la Ec. 1 da la relación entre el contenido de humedad en equilibrio (X_{we}) y K_2 .

$$X_w = X_{w0} \pm \frac{1}{K_2} \quad (3)$$

Similarmente, para la desorción de sal, el modelo de Peleg se podría escribir como:

$$\frac{t}{X_s - X_{s0}} = K_3 + K_4 t \quad (4)$$

y la velocidad de transferencia de sal al inicio del proceso, y el contenido de sal en el equilibrio, se podrían escribir como:

$$\frac{dX_s}{dt} = \pm \frac{1}{K_3} \quad (5)$$

$$X_e = X_{s0} \pm \frac{1}{K_4} \quad (6)$$

donde X_s es el contenido de sal expresado en base seca a un tiempo t , X_{s0} es el contenido inicial de sal expresado en base seca, K_3 es la constante de velocidad, y K_4 es la constante de capacidad.

La hipótesis en este estudio, es que la ecuación de Peleg podría describir el cambio en los contenidos de humedad y sal en la carne de bagre salado durante el proceso de desalado, y por lo tanto permitiría determinar los contenidos en el punto de equilibrio del proceso.

1.5. Difusión durante el desalado

Dado que durante el desalado hay transferencia de agua y de sal hacia y desde la carne, es importante conocer su capacidad de difusión. Para determinar el coeficiente de difusión efectivo del agua y la sal, se consideró que el mecanismo de transferencia de masa era de naturaleza difusional, la resistencia externa a la transferencia de masa era despreciable en comparación con la resistencia interna, el contenido de agua y sal de

las láminas era uniforme a través de ellas, y el coeficiente de difusión era constante e independiente de estos contenidos.

La solución de la segunda ley de la difusión establecida por Fick para la configuración de una lámina finita, corresponde a (Crank, 1975):

$$\left[\frac{X - X_e}{X_o - X_e} \right]^{\frac{1}{3}} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[- (2n+1)^2 \pi^2 D t \right] \left[\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2} \right] \quad (7)$$

siendo X , X_e y X_o los contenidos de agua o sal en las láminas al cabo de un tiempo de desalado, en el equilibrio y al inicio del proceso, D el coeficiente de difusión efectivo de agua o sal, a , b y c la mitad de la longitud, ancho y espesor de las láminas, respectivamente, cuando la transferencia de masa ocurre por todos los lados, y t el tiempo de desalado. Del ajuste de los datos del contenido de agua o sal versus el tiempo de desalado a la ecuación, se determina el valor de D .

1.6. Análisis estadístico

Se aplicó la regresión lineal para ajustar los datos de los contenidos de humedad y sal a la ecuación de Peleg. El ajuste del modelo de Fick a los datos experimentales se realizó utilizando la regresión no lineal por el método de Levenberg-Marquandt (Bates y Watts, 1988). Mediante el análisis de varianza se examinó la significancia ($P < 0,05$) de los términos en los diferentes modelos matemáticos. Las diferencias significativas en la aceptación sensorial de la carne durante el desalado, se determinaron utilizando la prueba de LSD ($P < 0,05$). La bondad del ajuste de los datos se evaluó mediante el coeficiente de determinación (R^2) y el error relativo medio (ERM) expresado como:

$$ERM = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|Y_{ei} - Y_{pi}|}{Y_{ei}} \quad (8)$$

donde Y_{ei} es el valor experimental, Y_{pi} es el valor predicho por el modelo y N es el número datos experimentales. Un modelo se considera aceptable si el valor del ERM es menor de 10% (Krokida, et. al., 2003).

El análisis estadístico y las regresiones, fueron realizados utilizando el paquete estadístico Statgraphics Centurion XV (StatPoint Inc, EUA).

2. Resultados y discusión

2.1. Características de la carne fresca

Los resultados de la caracterización de la carne fresca (TABLA 1) indicaron un bajo contenido de grasa y alto contenido de proteínas, por lo cual es un alimento con buen aporte nutricional, un alto contenido de agua, un Aw alto y un bajo contenido de sal que corroboraron la necesidad de usar el salado para impedir el rápido deterioro de la carne.

2.2. Transferencia de masa en el desalado

Los contenidos iniciales de sal y de agua de la carne salada fueron $0,297 \pm 0,0020$ g NaCl/g bs y $0,496 \pm 0,018$ g agua/g, respectivamente, y su variación durante el proceso de desalado, se muestran en la TABLA I. Estos valores indican una reducción en la concentración de sal en el proceso de desalado del 93,6% y una rehidratación del 34,5%, durante 24 h. Se puede observar que, el contenido de humedad aumentó ($P < 0,001$) y el contenido de sal disminuyó ($P < 0,001$) al incrementarse el tiempo de desalado. Durante la primera hora de desalado (FIGURA 1), el aumento en el contenido de humedad y la disminución en el contenido de sal fueron más pronunciados mientras que luego, fueron disminuyendo a medida que se aumentó el tiempo. Estos cambios rápidos probablemente se deben a mecanismos de transferencia de masa causados por la mayor diferencia en la presión osmótica que había entre la lámina y el agua al inicio del proceso (Barat, et. al., 2004b). La forma exponencial de estos cambios es típica de diferentes procesos en los cuales la difusión es el fenómeno dominante (Barat, et. al., 2004b). Similares resultados fueron encontrados en el desalado de bacalao (Andrés, et. al., 2005; Barat, et. al., 2004b), desde 20% NaCl hasta 1,2% NaCl.

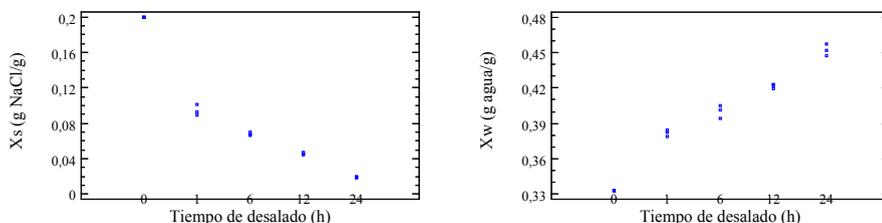


FIGURA 1. Variación de los contenidos de sal y agua durante el desalado de carne de bagre.

TABLA 1. Valores de las características fisicoquímicas de la carne de bagre fresca y desalada a diferentes tiempos

Característica	Carne fresca	Carne desalada Tiempo de desalado (h)				
		0	1	6	12	24
W	0,772±0,014	0,336 ±0,018 ^a	0,384 ± 0,006 ^b	0,407±0,010 ^c	0,423±0,009 ^d	0,452±0,011 ^e
S	0,00392 ± 0,00140	0,297±0,005 ^e	0,0894±0,0020 ^d	0,0720±0,0015 ^c	0,0451±0,0016 ^b	0,0191±0,0014 ^a
Aw	0,988±0,004	0,695 ^a	0,911±0,004 ^b	0,958±0,003 ^c	0,972±0,005 ^d	0,976±0,003 ^d
pH	6,70±0,04	6,44 ^a	6,75±0,05 ^b	6,87±0,04 ^c	6,89±0,06 ^c	6,91±0,05 ^c
G	0,00175±0,00011					
P	0,173±0,005					
C	0,0144±0,0008					

W = contenido de agua (g agua/g); S = contenido de sal (g NaCl/g); G = contenido de grasa (g/g); P = proteína (g/g); C = cenizas (g/g).

Valores de una misma fila con diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

2.3. Modelo de Peleg

Ajustando los datos obtenidos a las ecuaciones de Peleg se encontró que, la Ec. 1 explicaba el 98,49% de la variación del contenido de sal y el 91,04% de la variación del contenido de agua, respectivamente, con una probabilidad de al menos un 95%. Esto confirma que la ecuación de Peleg se puede utilizar para describir la variación en los contenidos de sal y agua durante el desalado. La constante de velocidad para el contenido de sal, K_3 , presentó un valor de $7,727 \pm 0,183$ h g bs/g NaCl ($P = 0,0017$), mientras que la del contenido de agua, K_1 , fue de $14,050 \pm 3,460$ h g bs/g agua ($P = 0,0023$). Esta constante está relacionada con la velocidad de transferencia de masa al inicio del desalado, por lo tanto se puede decir que la velocidad de transferencia de sal desde la carne al agua ($0,1294$ g NaCl/h) en las primeras horas es mayor que la de agua hacia la carne ($0,0712$ g agua/h).

La constante de capacidad para el contenido de sal, K_4 , y de agua, K_2 , presentó valores de $3,556 + 0,133$ g bs/g NaCl ($P < 0,001$) y $2,671$ g bs/g agua ($P < 0,001$), respectivamente. El contenido de sal y agua en el equilibrio del proceso, estimado mediante la Ecs. 6 y 3, fue $0,0010$ g NaCl/g bs y $0,427$ g agua/ g bs, respectivamente. Una de las ventajas de la ecuación de Peleg es que permite calcular el contenido en el punto de equilibrio del proceso con datos anteriores a él, disminuyendo así, el tiempo experimental para alcanzarlo. Por otra parte, el modelo permite determinar el tiempo de desalado para obtener carne con un contenido deseado de sal y por ende

un contenido de agua. Resultados similares a los de este estudio, fueron reportados en diversos procesos distintos del desalado (Agarry, et. al., 2014; Checmarev, et. al., 2013; Nuñez-Mancilla, et. al., 2011; Pavelkić, et. al., 2015).

2.4. Coeficiente de difusión

Los altos valores de los coeficientes de determinación ($R^2 = 0,9572$ para la variación de la sal y $R^2 = 0,9776$ para la del agua), y la no existencia de un patrón en el gráfico de residuales vs. el valor predicho de D indican que la segunda ley de la difusión de Fick explica al menos el 95% de los valores experimentales. Por otra parte, los valores de ERM (5,15% para la variación de sal y 4,25% para la de humedad) fueron menores de 10%, por lo cual la ecuación de Fick predice la relación de contenidos de agua y de sal durante el desalado de carne de raya (Krokida y Marinos-Kouris, 2003). Los valores de D para la sal y el agua fueron de $4,19 \pm 0,18 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ y $7,30 \pm 0,20 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$, respectivamente, indicando que la difusión del agua durante el desalado ocurre a una velocidad mayor que la de sal. Los valores de D están en el rango normal esperado de 10^{-12} a $10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ para alimentos sometidos a deshidratación y desalado (Barat et al., 2004a; Barat et al., 2004b; Ozuna et al, 2014). Es conveniente puntualizar que además de la difusión de sal y agua, hay otros fenómenos que pueden afectar el transporte de masa, tales como, el flujo convectivo externo del agua de desalado y el cambio de volumen de la carne (Ozuna et al, 2014).

2.5. Características sensoriales de la carne desalada

El resultado de la evaluación sensorial de las diferentes características de la carne desalada durante el proceso, se muestran en la TABLA 2. La aceptación del color, olor, y textura fue disminuyendo con el tiempo de desalado, indicando así que la carne obtenida a las 24 h de desalado, presentaba características sensoriales poco atractivas para el consumidor, sin llegar a ser rechazadas (“ni me gusta ni me disgusta”). La carne desalada durante 6 h fue evaluada como “me gusta bastante”, por lo cual se puede decir que un proceso de salado en agua a temperatura ambiente y con agitación, sería factible y adecuado para atraer al consumidor. Esta carne tendría una actividad de agua de 0,958, pH de 6,87 y contenidos de sal y agua de 0,0720 g NaCl/g y 0,407 g agua/g, respectivamente. Conviene recordar, que el producto desalado se consumiría mezclado con otros ingredientes que le introducirían otros sabores ocultando el sabor salado o insípido. Diferentes estudios del desalado de bacalao (Fernández-Segovia et al., 2006; Fernández-

Segovia et al., 2007) reportan que las características sensoriales del bacalao desalado presentan aceptabilidad por parte del consumidor. Un reciente estudio del desalado de bacalao usando soluciones de KCl en lugar de agua, determinó que no se afecta la calidad sensorial del producto y se disminuye la cantidad de sodio presente en el alimento salado (Aliño et. al., 2011).

TABLA 2. Aceptación sensorial de la carne de bagre durante el tiempo de desalado.

Tiempo	Color	Olor	Sabor	Textura
1	4,8 ^a	4,9 ^a	3,4 ^b	4,7 ^a
6	4,7 ^a	4,7 ^a	4,4 ^a	4,6 ^a
12	4,4 ^b	4,5 ^a	4,3 ^a	4,3 ^b
24	3,4 ^c	3,3 ^b	3,4 ^b	3,4 ^c

Valores de una misma columna con diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Conclusiones

Los cambios en el contenido de sal y agua durante el proceso de desalado de la carne de bagre, se pueden describir mediante los modelos de Peleg y Fick. La velocidad inicial de estos cambios era mayor para el contenido de sal que para el contenido de agua. En el punto de equilibrio del proceso, en agua a temperatura ambiente y con agitación, se tendrá un bajo contenido de sal y un contenido medio de agua. Durante el desalado se obtiene un producto con aceptabilidad sensorial del olor, color, sabor y textura evaluadas entre me gusta y me gusta bastante, indicando así que la carne desalada de bagre podría ser un producto atractivo para el consumidor.

Referencias

- Agarry, S.E.; Afolabi, T. J.; Akintunde, T. T. Y. (2014). Modelling the water absorption characteristics of different maize (*Zea mays L.*) types during soaking. *J. Food Process. Technol.* 5 (5): 326-335.
- Aliño, M.; Fuentes, A.; Fernández-Segovia, I.; Barat. J. M. (2011). Development of a low sodium ready-to-eat desalted cod. *J. Food Eng.* 107 (3-4): 304-310.
- Andrés, A.; Rodríguez-Barona, S.; Barat, J.M. (2005). Analysis of some cod-desalting process variables, *J. Food Eng.* 70: 67-72.
- Barat, J. M.; Gallart-Jornet, A. L.; Andrés, A.; Akseb, L.; Carlehögb, M.; Skjerdalb, O. T. (2006). Influence of cod freshness on the salting, drying and desalting stages. *J. Food Eng.* 73: 9-19.

- Barat, J. M.; Rodríguez-Barona, S.; Andrés, A.; Ibáñez, J. B. (2004a). Modeling of the cod desalting operation, *J. Food Sci.* 69 (4): FEP183-FEP189.
- Barat, J. M.; Rodríguez-Barona, S.; Andrés, A.; Visquert, M. (2004b). Mass transfer analysis during the cod desalting process. *Food Res. Intl.* 37 (3): 203-208.
- Bates, D. M.; Watts, D. G. (1988). *Nonlinear regression and its applications*. Wiley, New York, EUA, pp. 52-73.
- Cervigón, F. (2005). La ictiofauna marina de Venezuela: una aproximación ecológica. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 44 (1): 3-28.
- Checmarev, G.; Casales, M.R.; Yeannes, M. I. (2013). Analysis of applicability of Peleg model to the cooking-infusion of mackerel (*Scomber japonicus*) slices. *Food Sci. Technol. (Campinas)*. 33(4): 685-689.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (1997). Norma Venezolana COVENIN: 1120-97. Carne y productos cárnicos. Determinación de humedad. (Segunda revisión).
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (1999). Norma Venezolana COVENIN: 1220-99. Carne y productos cárnicos. Determinación de cenizas.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (1980). Norma Venezolana COVENIN: 1195-80. Alimentos. Determinación de nitrógeno. Método de Kjeldhal.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (2000). Norma Venezolana COVENIN: 1219-2000. Carne y productos cárnicos. Determinación de grasa total.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (2002). Norma Venezolana COVENIN: 1223-02. Alimentos: Determinación de sal.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (1979). Norma Venezolana COVENIN: 1315-79. Alimentos. Determinación del pH. (Acidez iónica).
- Crank, J. (1975). *The mathematics of diffusion*. Oxford University Press. Londres. Reino Unido. pp- 339-345.
- Fernández-Segovia, I.; Camacho, M.; Martínez-Navarrete, N.; Escriche, I.; Chiralt, A. (2003). Structure and color changes due to thermal treatments in desalted cod. *J. Food Proc. Preserv.* 27: 465-474.
- Fernández-Segovia, I.; Escriche, I.; Fuentes, A.; Serra, J. A. (2007). Microbial and sensory changes during refrigerated storage of desalted cod (*Gadus morhua*) preserved by combined methods. *Intl. J. Food Microbiol.* 116: 64-72.
- Fernández-Segovia, I.; Escriche, I.; Gómez-Sintes, M.; Fuentes, A.; Serra, J. A. (2006). Influence of different preservation treatments on the volatile fraction of desalted cod. *Food Chem.* 98: 473-482.
- Galvis-Sánchez, A. C.; Tóth, I. V.; Portela, A.; Delgadillo, I.; Rangel, A. O. S. S. (2011). Monitoring sodium chloride during cod fish desalting process by flow injection spectrometry and infrared spectroscopy. *Food Control.* 22 (2): 277-282.
- Krokida, M. K.; Marinos-Kouris, D. (2003). Rehydration kinetics of dehydrated products. *J. Food Eng.* 57: 1-7.
- Nuñez-Mancilla, y. Perez-Won, M.; Vega-Gálvez, A.; Arias, V.; Tabilo-Munizaga, G.; Briones-Labarca, V.; Lemus-Mondaca, R.; Di Scala, K. (2011). Modeling mass

- transfer during osmotic dehydration of strawberries under high hydrostatic pressure conditions. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.* 12 (3): 338-343.
- Ozuna, C.; Puig, A.; García-Pérez, J. V.; Cárcel, J. A. (2014). Ultrasonically enhanced desalting of cod (*Gadus morhua*). Mass transport kinetics and structural changes. *LWT- J. Food Sci. Technol.* 59 (1): 130-137.
- Paredes, E.; Quiroz, M., Quispe, K.; Reyes, B.; Velásquez, L.; Zavaleta, N.; Sánchez-González, J. A. (2012). Aplicación del modelo de Peleg para estudiar el efecto de la temperatura y dureza del agua durante la rehidratación de frijol caballero (*Phaseolus vulgaris*). *Agroind. Sci.* 1: 91-99.
- Peleg, M. (1988). An empirical model for description of moisture sorption curves. *J. Food. Sci.* 41: 57-72.
- Pavelkić, V. M.; Brdarić, T. P.; Petrović, M. P.; Sekularac, G. M.; Košević, M. G.; Pezo, L. L.; Ilić, M. A. (2015). Application of Peleg model on mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pear cubes in sucrose solution. *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.* 21 (4) 485-492.
- Quicazán, M. C.; Caicedo, L. A.; Cuenca, M. (2012). Aplicación de la ecuación de Peleg para modelar la cinética de hidratación y de migración de sólidos durante el remojo de soya. *Ing. Investig.* 32 (3): 53-57.
- Rodríguez-Barona, S.; Gallart-Jornet, L.; Barat, J. M.; Andrés, A.; Serra, J. A.; Escriche, I.; Fito, P. (2003). El desalado del bacalao: un problema por resolver. *Alimentaria.* 348: 95-99.
- Salimi, A.; Maghsoudlou, Y. (2013). Comparison between artificial neural network (multi-layer perceptron) and mathematical Peleg's model for moisture content estimation of dried potato cubes. *Qual. Assur. Saf. Crops Foods.* 5 (2): 105 - 111.
- Salimi Hizaji, A.; Maghsoudlou, Y.; Jafari, S. M. (2010). Application of Peleg model to study effect of water temperature and storage time on rehydration kinetics of air dried potato cubes. *Lat. Am. Appl. Res.* 40 (2): 131-136.
- Statgraphics Centurion XV. Versión 15.2.06 StatPoint Technology, Inc, Warrenton, VA, EUA.