

DOI:10.18684/BSAA(14)57-64

SECADO DE ARENCA (*Triportheus magdalenae*): INFLUENCIA DEL SALADO EN PILA SECA Y HUMEDA

DRYING OF ARENCA (*Triportheus magdalenae*): INFLUENCE OF SALTING ON DRIED AND WET STACK

SECAGEM DE ARENCA (*Triportheus magdalenae*): INFLUÊNCIA DE EL SALADO NA BATERIA SECA E ÚMIDA

DIEGO FELIPE TIRADO-ARMESTO¹, DIOFANOR ACEVEDO-CORREA²,
PIEDAD MARGARITA MONTERO-CASTILLO³

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar la influencia del salado en pila seca (PS) y húmeda (PH) durante el secado de la arenca a partir de la determinación de coeficientes de transferencia de masa (K_a) y difusividad (D_a). Se determinó el contenido de humedad y NaCl en láminas de arenca en función del tiempo durante la salazón en PS y PH. Se analizaron los datos en el programa PHARM/IPSC® versión 4, y se aplicó la prueba de diferencias mínimas significativas (DMS) cuando se observó una diferencia entre los promedios. Estos datos se utilizaron en un modelo matemático para la determinación de coeficientes de transferencia de masa y difusividad. Se utilizó para ello la ecuación de concentración en función del tiempo y la posición, para una lámina infinita de espesor 2L. Se observó que las mejores condiciones de transferencia se realizaron para el salado con PS. Según el tipo de salado no hay

Recibido para evaluación: 27 de Julio de 2015. **Aprobado para publicación:** 10 de Marzo de 2016.

- 1 Universidad de Cartagena, Ingeniería de Alimentos, Grupo de Investigación Nutrición, Salud y Calidad Alimentaria (NUSCA). M.Sc. Ingeniería Ambiental. Estudiante de Doctorado en Ingeniería Química. Madrid, España.
- 2 Universidad de Cartagena, Grupo de Investigación Nutrición, Salud y Calidad Alimentaria (NUSCA). Ph.D. Ingeniería de Alimentos. Cartagena, Colombia.
- 3 Universidad de Cartagena, Ingeniería de Alimentos, Grupo de Investigación Nutrición, Salud y Calidad Alimentaria (NUSCA). Especialista y M.Sc. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Doctora en Ciencias Mención Gerencia. Cartagena, Colombia.

Correspondencia: dtiradoa@unicartagena.edu.co

efecto significativo ($p > 0,05$) sobre la transferencia de agua y NaCl, pero si en el tiempo que permanece la muestra en la solución ($p < 0,05$).

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the influence of salting on dried (SD) and wet stack (WS) during the drying of arenca from determining mass transfer coefficients (K_c) and diffusivity (D_a). Moisture content and NaCl of arenca sheets according to time was determined during salting SD and WS. Data were analyzed in the PHARM/PSC® version 4 program, and the least significant difference test (DMS) was applied when a difference between the averages was observed. These data are used in a mathematical model for determining mass transfer coefficients and diffusivity. It was used for this equation concentration in function of time and position for an infinite slab of thickness $2L$. It was observed that the best conditions of transfer were made for salted with SD. Depending on the type of salt no significant effects were found ($p < 0,05$) on the transfer of water and NaCl, but whether as long as it remains in the sample solution ($p < 0,05$).

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar a influência do salgado seco (PS) e pilha molhada (PH), durante a secagem arenca de determinar os coeficientes de transferência de massa (K_c) e difusividade (D_a). e teor de umidade da folha arenca NaCl em relação ao tempo foi determinada durante a salga PS e PH. Os dados foram analisados no PHARM/PSC® programa versão 4, e o teste de diferença mínima significativa (DMS) foi aplicado quando se observou uma diferença entre as médias. Estes dados são usados num modelo matemático para determinar os coeficientes de transferência de massa e difusividade. Foi utilizado para esta equação concentração em função do tempo e a posição para uma placa plana de espessura infinita $2L$. Observou-se que foram feitas as melhores condições de transferência para salgado com PS. Dependendo do tipo de sal não apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) sobre a transferência de água e de NaCl, mas o tempo que a amostra permanece na solução ($p < 0,05$).

INTRODUCCIÓN

El salado es uno de los métodos más antiguos de conservación del pescado, y puede describirse como un proceso de secado que esencialmente pretende dar características organolépticas y sensoriales específicos para el producto, en lugar de conservarlo [1]. Durante el salado, la fuerza impulsora que ayuda a remover el agua en el producto está dada por la diferencia en la presión osmótica entre el interior del músculo y la salmuera que lo rodea [2].

En la literatura se indican tres tipos de salado: en pila húmeda (PH), pila seca (PS) y mixto. La última es la que más se ha estudiado [2]. Según Tirado y colaboradores [3] estas operaciones toman generalmente entre

PALABRAS CLAVE:

Coefficientes, Transferencia de masa, Difusividad, Transferencia de agua, Transferencia de sal.

KEYWORDS:

Coefficients, Mass transfer, Diffusivity, Water transfer, Salt transfer.

PALAVRAS-CHAVE:

Coefficientes, Transferência de Massa, Difusividade, Transferência de água, Transferência de sal.

uno o dos días, tiempo durante el cual se genera una considerable alteración enzimática y bacteriana en el tejido muscular, debido a la tardía difusión de sal en el músculo, quedando tiempo para que se den dichas alteraciones.

Se recomiendan el método de salado por PS y PH para especies magras o de bajo contenido de grasa como la arenca (*Triporthus magdalenae*), siendo preferible el método de salado en salmuera para las especies grasas o semigrasas como en el caso de especies de aguas continentales [4, 5]. El pescado, al terminar el salado, tiene un contenido de humedad entre 50% y 60%, pudiéndose aplicar un método más avanzado de secado para una mejor conservación [2].

Los principales factores que afectan la transferencia de masa durante el salado son la concentración de la sal, temperatura, frescura del pescado, contenido de grasa, estado del rigor mortis y la cinética de transferencia de sal y agua dentro del pescado [6]. En la bibliografía pueden encontrarse numerosos estudios acerca de las variables que afectan la transferencia de masa durante el salado de distintas especies pesqueras. Un factor determinante de este proceso es el método de salado [7]. Por otra parte, la temperatura y concentración de la salmuera son posiblemente las variables tecnológicas más estudiadas y poseen una relación directa con la velocidad de transferencia de masa, dejando los diferentes tipos de salado como una variable poco estudiada [1, 8, 9].

Según Tirado y colaboradores [3] el método utilizado para la salazón, ya sea PS o PH, influye en la calidad y propiedades estructurales y mecánicas del músculo de pescado. Durante el proceso, se presentan dos flujos simultáneos, pérdida de agua y absorción de sal. Los fenómenos de transporte de la operación de salazón, definidos por estos flujos, se cree que afectan significativamente la calidad y seguridad de los productos salados, pero desafortunadamente, no se da mucha atención a estos fenómenos. Según estos mismos autores, para obtener una mejor comprensión de las aplicaciones de procesos industriales, es importante emplear los conceptos básicos de la investigación en ingeniería de alimentos relacionados con el modelado y cuantificación de la cinética del proceso. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar la influencia del salado en PS y PH durante el secado de la arenca (*T. magdalenae*) a partir de la determinación de coeficientes de transferencia de masa (K_c) y difusividad (D_a).

MÉTODO

Muestra

Las muestras de arenca (*T. magdalenae*) se obtuvieron en la central de abasto de la ciudad de Cartagena (Colombia). La selección y clasificación del pescado se realizó mediante análisis organoléptico para evaluar el índice de frescura de cada ejemplar, buscando mantener las mejores condiciones de frío y que no se rompiera la cadena hasta el momento del proceso. Los pescados seleccionados se sometieron luego a una operación que consistió en el retiro de las vísceras y residuos sanguinolentos, para su posterior lavado. Los filetes se obtuvieron de forma manual, para separar el músculo del esqueleto y piel. Finalmente, estos se cortaron en trozos de 0,02*0,02*0,02 m, los cuales fueron usados en el proceso de salado.

Salado

Siguiendo la metodología de López y Dávila [10] para el salado en PS, se colocaron los filetes de pescado en capas alternadas con sal (NaCl) y se drenaron los líquidos exudados de las muestras. En el salado de PH, a diferencia del anterior, no se drenaron los fluidos. Las muestras se retiraron de cada tratamiento de salado, se les eliminó el exceso de NaCl, escurrieron y se secaron superficialmente con papel absorbente. Luego se pesaron los trozos de filetes salados, se picaron y homogeneizaron para analizarlos [7]. La cantidad de sal usada en kg sal/kg de pescado para el salado en PS y PH fue de 40% y 55% respectivamente.

Diseño experimental

Se manejó un diseño factorial en donde las variables controladas fueron el tipo de salado y tiempos de secado, con dos niveles para el primero (PS y PH) y ocho para el segundo (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 horas) según metodología de Ortega y Montes [8]. Las variables de respuesta fueron porcentaje de humedad y NaCl en las muestras tratadas. Las determinaciones se efectuaron por triplicado. El análisis de datos se implementó usando el programa PHARM/PCS® versión 4. Cuando se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las medias, estas fueron comparadas utilizando la prueba de diferencia mínima significativa. Se fijó el nivel de significancia al 5% ($\alpha=0,05$).

Contenido de NaCl y humedad

El contenido de humedad y NaCl de los trozos de arena se determinó en muestras frescas y tratadas en cada tiempo de proceso. El contenido de humedad se determinó mediante secado a 103°C hasta masa constante, y el contenido de NaCl por el método de Mohr [11].

Coefficientes de transferencia de masa

Los datos de contenido de humedad y NaCl de las láminas de arena en función del tiempo se utilizaron en un modelo matemático para la determinación del coeficiente de transferencia de masa y difusividad, para lo cual se usó la ecuación de concentración en función del tiempo y la posición, para una lámina infinita de espesor $2L$, que se obtiene resolviendo la ecuación diferencial de difusión en estado transitorio mostrada en la ecuación 1, con las condiciones límites e inicial expresados en la ecuación 2. Se considera el espesor de la lámina como un valor promedio, para estimar la geometría de lámina del producto constante durante el proceso y así hacer válido el modelo matemático utilizado del mismo modo que lo hicieron otros autores en procesos de secado [12, 13].

$$\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = \frac{1}{D} \frac{\partial C}{\partial t}, 0 \leq x \leq L \text{ para } t > 0 \quad (\text{Ec.1})$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial x} &= 0 \text{ en } x = 0; -D \frac{\partial C}{\partial x} = k_c(C - C_\infty) \text{ en } x \\ &= L; C = C_i \text{ cuando } t = 0 \end{aligned} \quad (\text{Ec.2})$$

La siguiente solución como serie infinita muestra la concentración de la humedad localizada en cualquier punto dentro de la lámina como una función del tiempo.

$$\begin{aligned} &\left(\frac{C(x, t) - C_\infty}{C_i - C_\infty} \right) \quad (\text{Ec.3}) \\ &= \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{2 \text{Sen} \delta_n}{\delta_n + (\text{Sen} \delta_n)(\text{Cos} \delta_n)} \text{Cos} \left(\delta_n \frac{x}{L} \right) e^{-\delta_n^2 \frac{Dt}{L^2}} \end{aligned}$$

La forma reducida de la ecuación 3 puede ser usada para obtener la solución para láminas en forma de paralelepípedo (finito en dos dimensiones), haciendo uso de la regla de superposición, según la cual, la solución para la transferencia de masa de una lámina finita en 2 dimensiones se encuentra multiplicando la solución para 2 láminas infinitas tal como se muestra en la ecuación 4:

$$\begin{aligned} &\left(\frac{C(x, y, t) - C_\infty}{C_i - C_\infty} \right)_{\text{Lámina infinita}} \quad (\text{Ec.4}) \\ &= \left(\frac{C(x, t) - C_\infty}{C_i - C_\infty} \right)_{\text{Lámina infinita } 2L} \\ &\left(\frac{C(y, t) - C_\infty}{C_i - C_\infty} \right)_{\text{Lámina infinita } 2L} \end{aligned}$$

Donde $C(x, y, t)$ es la concentración de humedad en cualquier punto y en cualquier tiempo (kg/kg sólidos). Reemplazando en (4) para placas infinitas de espesor finito en x e y , se obtienen las ecuaciones 5 y 6.

$$\begin{aligned} &\left(\frac{C(x, t) - C_\infty}{C_i - C_\infty} \right) \quad (\text{Ec.5}) \\ &= \frac{2 \text{Sen} \delta_n}{\delta_n + (\text{Sen} \delta_n)(\text{Cos} \delta_n)} \text{Cos} \left(\delta_n \frac{x}{L} \right) e^{-\delta_n^2 \frac{Dt}{L^2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\left(\frac{C(y, t) - C_\infty}{C_i - C_\infty} \right) \quad (\text{Ec.6}) \\ &= \frac{2 \text{Sen} \delta_n}{\delta_n + (\text{Sen} \delta_n)(\text{Cos} \delta_n)} \text{Cos} \left(\delta_n \frac{y}{L} \right) e^{-\delta_n^2 \frac{Dt}{L^2}} \end{aligned}$$

El producto de la ecuación 5 por la ecuación 6 da como resultado la ecuación 7:

$$\left(\frac{C(x, t) - C_\infty}{C_i - C_\infty} \right) \left(\frac{C(y, t) - C_\infty}{C_i - C_\infty} \right) = E e^{-\delta_n^2 \frac{D_a t}{L^2}} \quad (\text{Ec.7})$$

Donde:

$$E = \frac{2 \text{Sen}^2 \delta_n}{\delta_n [\delta_n + (\text{Sen} \delta_n)(\text{Cos} \delta_n)]} \quad (\text{Ec.8})$$

Linealizando la ecuación 7 se obtiene la ecuación 9:

$$\ln \left(\frac{C(x, y, t) - C_\infty}{C_i - C_\infty} \right) = 2 \ln E - 2 \delta_n^2 \frac{D_a t}{L^2} \quad (\text{Ec.9})$$

Graficando $\ln \left(\frac{C(x, y, t) - C_\infty}{C_i - C_\infty} \right)$ vs t , desde el intercepto de la gráfica fue calculada la primera raíz de la ecuación característica (δ_n). Después se determinó el coeficiente de difusión D_a (m^2/s) desde la pendiente de la sección lineal de esta gráfica que se iguala a $-2 \delta_n^2 \frac{D_a}{L^2}$. Con estos valores se determina B_i y posteriormente k_c .

$$Bi_m = \delta_n Tan \delta_n \quad (Ec.10)$$

$$Bi_m = \frac{k_c L}{D_a} \quad (Ec.11)$$

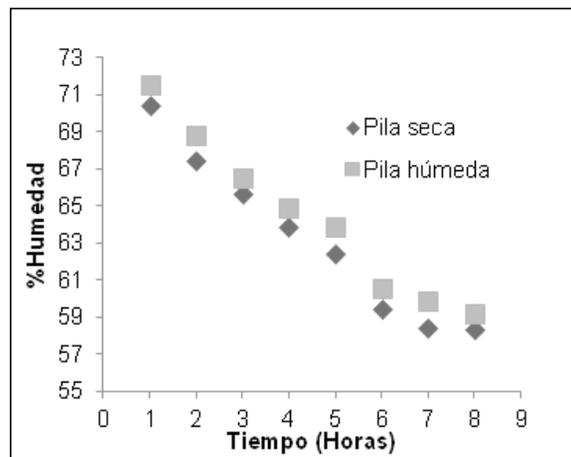
RESULTADOS

Contenido de humedad

La tasa de pérdida de humedad de este proceso está directamente relacionada con el tiempo de exposición de la muestra en el medio deshidratante [14]. Como se muestra en la Figura 1, el contenido de humedad disminuyó significativamente ($p < 0,05$) con el aumento del tiempo de salado. La humedad inicial de la arenca se cuantificó entre un 70,43% y 71,54% en base húmeda, y para los tratamientos con PS y PH esta descendió con un comportamiento similar en ambos al igual que en los reportes de López y Dávila [10] en su estudio de salado de merluza por PS y PH.

La pérdida de humedad fue mayor en las primeras horas de proceso para ambos tratamientos, y a partir de la sexta hora empezó un proceso de estabilización, donde la muestra disminuyó su velocidad de pérdida de agua. Fue muy estrecho el contenido de humedad final de las muestras sometidas a un tipo de tratamiento.

Figura 1. Contenido de humedad a diferentes concentraciones de NaCl y tiempo.



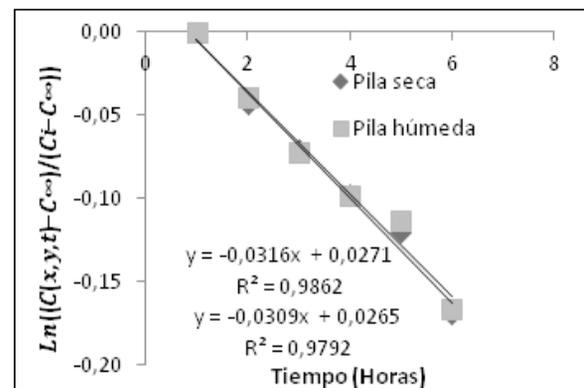
to y otro. El método de PH superó por poco al de PS en contenido acuoso, tal vez por el porcentaje inicial que presentaban las muestras, ya que el recorrido y velocidad de secado es aparentemente igual. Los datos para el secado de ambos tipos de tratamiento no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), lo cual corrobora lo dicho anteriormente.

Se evidenció que según el tipo de salado no hay efecto significativo ($p > 0,05$) sobre la cantidad de agua eliminada de las muestras durante los tratamientos de salado, pero si en el tiempo que permanece la muestra en la solución osmótica ($p < 0,05$), diferencia ocasionada porque el gas que ocupaba parcialmente la estructura porosa es sustituido, parcialmente, por la solución osmótica cuando las fuerzas capilares intervienen [10]. En general, el aumento de tiempo favorece la pérdida de agua. Resultados similares han reportado otros autores en salado de pescado [10, 15].

Coefficientes de transferencia de masa y difusividad de la humedad

Los diagramas de la relación del contenido adimensional de humedad vs. tiempo obtenidos son presentados en la Figura 2. Las pendientes de la sección lineal de estas curvas se obtuvieron mediante análisis de regresión lineal y fueron usadas posteriormente para determinar el coeficiente de transferencia de masa (K_c) y difusividad de la humedad (D_a), tal como se observa en el Cuadro 1. Los valores del número de Biot necesarios para el cálculo del coeficiente de transferencia de masa (ecuaciones 10 y 11) se tomaron de los tramos de mayor pendiente de las curvas de la Figura 2. Esta muestra que la velocidad de

Figura 2. Sección lineal de la relación adimensional humedad vs el tiempo.



Cuadro 1. Coeficientes de transferencia de masa y difusividad de la humedad.

Salado	Coefficiente de difusividad (Da*10 ⁻⁷ m ² /s)	Coefficiente de transferencia de masa (Kc*10 ⁻⁶ m/s)
PS	2,52±0,10	2,78±0,06
PH	2,47±0,09	2,71±0,07

pérdida de humedad de láminas de arena no varía según el tipo de salado utilizado.

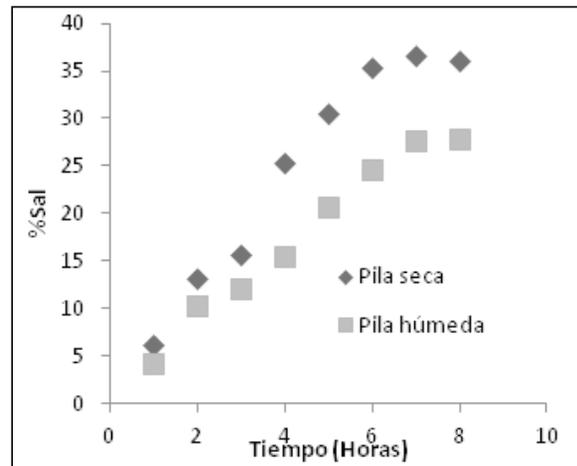
En el Cuadro 1 se muestran los valores calculados de K_c y D_a . Se observa una estrecha diferencia entre un método de salado y otro, lo cual corrobora la alta similitud entre las cinéticas de transferencia de agua para ambos tipos de tratamientos.

Los valores de K_c de la humedad son muy cercanos a los reportado por Tirado y colaboradores [16], quienes encontraron valores entre 3,31 y 9,68 *10⁻⁶ m/s en el deshidratado de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Los valores de K_c de este estudio también se aproximan a los reportes de otros investigadores para el secado de diversos productos alimentarios. Yildiz y colaboradores [12] encontraron valores en trozos de papa entre 1,12 y 2,07*10⁻⁵ m/s; mientras que Alvis y colaboradores [17] en secado de trozos de ñame reportaron valores entre 0,786 y 3,312*10⁻⁶ m/s.

Los valores de D_a de la humedad en este trabajo son muy parecidos a los reportado por Boudhrioua y colaboradores [1], quienes obtuvieron valores de 9,8*10⁻¹⁰ a 1,2 x 10⁻⁸ m²/s en el estudio de las transferencias de humedad y NaCl durante el salado de filetes de sardina (*Sardinella aurita*). Pero se aleja de los datos reportados por Alvis y colaboradores [18], quienes en su trabajo de recubrimiento comestible en las propiedades de trozos de Batata (*Ipomoea Batatas* Lam) fritos por Inmersión a diferentes temperaturas obtuvieron valores de 9,19x10⁻⁷ a 13,9x10⁻⁷ m²/s para muestras sin recubrimiento. Las diferencias entre los coeficientes encontrados en el presente trabajo y los reportados en la literatura, pueden ser explicadas por la diferencia entre las características de los productos trabajados, los métodos utilizados para la medición de los contenidos de y el método de solución de las ecuaciones de transferencia de masa [17, 19].

Figura 3. Variación del contenido de NaCl en secado por PS y PH.



Contenido de NaCl

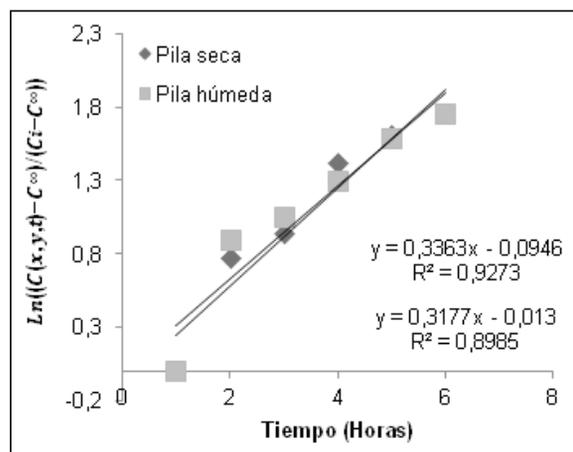
En la Figura 3 se aprecia la variación del contenido de NaCl según el método de secado empleado (PS y PH) y los diferentes tiempos de proceso. Se evidencia que las mejores condiciones de transferencia se realizaron para el salado con PS, coincidiendo con el comportamiento reflejado en la Figura 1, en que el menor contenido de humedad lo presentó este mismo tratamiento. Estos datos coincidente con lo publicado por López y Dávila [10], quienes trabajaron en el salado de filetes de merluza (*Merluccius gayi peruanus*) en PS, PH y deshidratación osmótica a vacío (DOV).

La velocidad de pérdida de agua en el tejido es mayor que la de ingreso de sólidos, produciéndose una disminución de peso en las muestras, resultados coincidentes a los de algunos autores [1, 3, 10]. La deshidratación de la célula es ocasionada porque la sal ingresa a través de la membrana celular, alterando las propiedades coloidales de las proteínas y cambiando la relación agua-proteína, mostrando que si se presenta un proceso de secado de la muestra. La sal fue el componente que en mayor cantidad se transporta desde la parte externa de la solución al filete [10].

Coefficientes de transferencia de masa y difusividad de NaCl

Los gráficos de la relación del contenido adimensional de NaCl vs. tiempo obtenidos para las dos metodologías de salado empleadas son presentados en la Figura 4. Las pendientes de la sección lineal de estas curvas se obtuvieron de manera similar que para el aparta-

Figura 4. Sección lineal de la relación adimensional concentración de NaCl vs. tiempo.



do anterior para la determinación de los coeficientes de transferencia de masa y difusividad de humedad. Para el caso de NaCl, estos coeficientes se presentan en el Cuadro 2. La Figura 4 muestra que la velocidad de ganancia de NaCl de láminas de arenca para ambos tratamientos de salado son bastante cercanos, al igual que para la pérdida de humedad, con la única diferencia de que estas pendientes son positivas, ya que en vez de pérdida de masa, la muestra está absorbiendo NaCl. En el Cuadro 2 se muestran los valores calculados de K_c y D_a . Con este resultado se corrobora la no existencia de efecto significativo en la ganancia de NaCl según el tipo de salazón ($p > 0,05$), aunque si exista aún la significancia ($p < 0,05$) dependiendo del tiempo de proceso. Similares resultados obtuvieron López y Dávila [10].

En otros estudios Gallart-Jornet y colaboradores [20] compararon el efecto sobre la cinética de salazón y el rendimiento del proceso de salmuera con sal en filetes de salmón del Atlántico (4%, 10%, 15%, 18% y 25% NaCl w / w) con el de filetes salados secos a obtener un producto ahumado comercial. En su estudio

Cuadro 2. Coeficientes de transferencia de masa y difusividad de NaCl

Salado	Coefficiente de difusividad ($D_a \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)	Coefficiente de transferencia de masa ($K_c \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$)
PS	$2,69 \pm 0,09$	$2,96 \pm 0,08$
PH	$2,54 \pm 0,07$	$2,80 \pm 0,08$

obtuvieron valores de $5,0$ a $9,0 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$, los cuales son muy cercanos a los obtenidos en este trabajo. Por otro lado Boudhrioua y colaboradores [1] encontraron valores de $2,5$ a $4,9 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ durante el salado de sardina. Las diferencias entre los valores de los diferentes estudios puede deberse a las diferencias entre especies, modelos y metodologías utilizadas [19].

CONCLUSIONES

Se concluyó que según el tipo de salado (PS o PH) no hay efecto significativo ($p > 0,05$) sobre la cantidad de agua eliminada y sal ingresada al filete durante los tratamientos de salado, pero si en el tiempo que permanece la muestra en la solución osmótica. Esto se corrobora con la cercanía entre los valores de coeficientes de transferencia de masa y difusividad de ambos tratamientos. El incremento de tiempo beneficia la pérdida de agua y ganancia de NaCl. El proceso de salado evidencia ser un proceso de secado que puede ser usado.

REFERENCIAS

- [1] BOUDHRIOUA, N., DJENDOUBI, N., BELLAGHA, S. and KECHAOU, N. Study of moisture and salt transfers during salting of sardine fillets. Journal of food engineering, 94(1), 2009, p. 83-89.
- [2] CZERNER, M. Aspectos tecnológicos de la maduración de anchoíta (*Engraulis anchoita*) salada. Efecto de la composición química y otras variables tecnológicas [Ph.D. Thesis Engineering]. La Plata (Argentina): Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ingeniería, 2011, 226 p.
- [3] TIRADO, D.F., ACEVEDO, D. y MONTERO, P.M. Cinética de transferencia de masa durante salado de arenca (*Triportheus magdalenae*). Interciencia, 40(2), 2015, p. 127-132.
- [4] AVADÍ, A., PELLETIER, N., AUBIN, J., RALITE, S., NÚÑEZ, J. and FRÉON, P. Comparative environmental performance of artisanal and commercial feed use in Peruvian freshwater aquaculture. Aquaculture, 435, 2015, p. 52-66.
- [5] AVADÍ, A. and FRÉON, P.A. Set of sustainability performance indicators for seafood: Direct human consumption products from *Peruvian anchoveta* fisheries and freshwater aquaculture. Ecological Indicators, 48, 2015, p. 518-532.

- [6] AMIRYOUSEFI, M.R., MOHEBBI, M. and KHODAIYAN, F. Applying an intelligent model and sensitivity analysis to inspect mass transfer kinetics, shrinkage and crust color changes of deep-fat fried ostrich meat cubes. *Meat science*, 96(1), 2014, p. 172-178.
- [7] TAHERI, A., FARVIN, K.S., JACOBSEN, C. and BARON, C.P. Antioxidant activities and functional properties of protein and peptide fractions isolated from salted herring brine. *Food chemistry*, 142, 2014, p. 318-326.
- [8] ORTEGA, F.A. y MONTES, E.J. Parámetros cinéticos de transferencia de masa durante el freído por inmersión de rodajas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Ingeniería y Competitividad*, 16(2), 2014, p. 247-255.
- [9] KONDOYAN, A., OILLIC, S., PORTANGUEN, S. and GROS, J.B. Combined heat transfer and kinetic models to predict cooking loss during heat treatment of beef meat. *Meat science*, 95(2), 2013, p. 336-344.
- [10] LÓPEZ, L. y DÁVILA, L. Salado de merluza por pila seca, húmeda y por deshidratación osmótica a vacío (*Merluccius gayi* peruanus). *Industrial Data*, 8(2), 2005, p. 7-14.
- [11] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 17th ed. Maryland (USA): 2003.
- [12] YILDIZ, A.T., PALAZOGLU, K. and ERDOGDU, F. Determination of heat and mass transfer parameters during frying of potato slices. *Journal of Food Engineering*, 79(1), 2007, p. 11-17.
- [13] TIRADO, D.F., ACEVEDO, D. and MONTERO, P.M. Transferencia de Calor y Materia durante el Proceso de Freído de Alimentos: Tilapia (*Oreochromis niloticus*) y Fruta de Pan (*Artocarpus communis*). *Información Tecnológica*, 26(1), 2015, p. 85-94.
- [14] SOURAKI, B.A., GHAVAMI, M. and TONDRO, H. Correction of moisture and sucrose effective diffusivities for shrinkage during osmotic dehydration of apple in sucrose solution. *Food and Bioproducts Processing*, 92(1), 2014, p. 1-8.
- [15] SOURAKI, B.A., GHAVAMI, M., and TONDRO, H. Mass transfer during osmotic dehydration of green bean in salt solution: A polynomial approximation approach. *Food and Bioproducts Processing*, 91(3), 2013, p. 257-263.
- [16] TIRADO, D.F., ACEVEDO, D. y MONTERO, P.M. Transferencia de calor y materia durante el proceso de freído de alimentos: tilapia (*Oreochromis niloticus*) y fruta de pan (*Artocarpus communis*). *Información tecnológica*, 26(1), 2015, p. 85-94.
- [17] ALVIS, A., CORTÉS, L. y PÁEZ, M. Transferencia de Calor y Materia durante la Fritura de Trozos de Ñame (*Dioscorea alata*). *Información Tecnológica*, 20(1), 2009, p. 99-109.
- [18] ALVIS, A., GONZÁLEZ, A. y ARRÁZOLA, G. Efecto del Recubrimiento Comestible en las Propiedades de Trozos de Batata (*Ipomoea Batatas Lam*) Fritos por Inmersión: Parte 2: Propiedades Termofísicas y de Transporte. *Información tecnológica*, 26(1), 2015, p. 103-116.
- [19] TIRADO, D.F., ACEVEDO, D. y GUZMÁN L.E. Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de láminas de tilapia "*Oreochromis niloticus*". *Información Tecnológica*, 24(6), 2013, p. 41- 46.
- [20] GALLART-JORNET, L., BARAT, J.M., RUSTAD, T., ERIKSON, U., ESCRICHE, I. and FITO, P. Influence of brine concentration on Atlantic salmon fillet salting. *Journal of Food Engineering*, 80(1), 2007, p. 267-275.