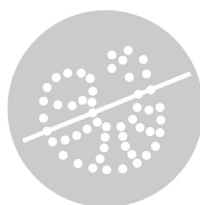


Características organolépticas y estimación del tiempo de deshidratación del camarón (*Litopenaeus Vannamei*) mediante un modelo de regresión

RESUMEN: El presente artículo describe la investigación realizada a la estimación de tiempo de deshidratación del camarón (*Litopenaeus Vannamei*) y sus características organolépticas, en una deshidratadora de convección forzada manufacturada dentro del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado, mediante la determinación de un modelo basado en tres temperaturas distintas; 60°C, 65°C y 75°C para obtener en el producto final una humedad aceptable del 18% y características sensoriales que aumentan su calidad por medio de una prueba sensorial descriptiva. Para tal efecto se determinaron curvas de secado del % de humedad, se realizó un análisis estadístico para determinar la distribución de frecuencia de los datos, se aplicó un modelo de regresión con análisis de varianzas, donde la prueba de hipótesis mostró una contribución significativa al modelo de regresión establecido; los resultados de los valores dentro de la muestra a 60°C mostraron mejores resultados en las características sensoriales mostrando un excelente color, olor normal característico del camarón, buen sabor y una textura relativamente flexible al tacto en comparación con las muestras de 65°C y 75°C, también mostró mayor coeficiente de determinación en un 99.8%, y menor error de estimación del 0.0006233 en el ajuste del % de humedad del tiempo de deshidratación.

PALABRAS CLAVE: Camarón, curvas de secado, deshidratado, regresión, tiempo de secado, pruebas organolépticas.



Colaboración

Gema del Carmen Jiménez Gómez; Leonardo Martínez Lara; Marcos Martínez Valenzuela, Instituto Tecnológico Superior de Alvarado

ABSTRACT: This article describes the investigation carried out to estimate the dehydration time of shrimp (*Litopenaeus Vannamei*) and its organoleptic characteristics, in a forced convection dehydrator manufactured within the Superior Technological Institute of Alvarado, by determining a model based on three temperatures. different; 60 °C, 65 °C and 75 °C to obtain an acceptable humidity of 18% in the final product and sensory characteristics that increase its quality by means of a descriptive sensory test. For this effect, drying curves of the humidity% were determined, a statistical analysis was performed to determine the frequency distribution of the data, a regression model with analysis of variances was applied, where the hypothesis test showed a significant contribution to the model. regression established; the results of the values within the sample at 60 °C showed better results in the sensory characteristics, showing excellent color, characteristic normal odor of the shrimp, good taste and a texture relatively flexible to the touch compared to the samples of 65 °C and 75 °C, also showed a higher determination coefficient of 99.8%, and a lower estimation error of 0.0006233 in adjusting the humidity% of the dehydration time.

KEYWORDS: Shrimp, drying curves, dehydrated, regression, drying time, organoleptic tests.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos deshidratados se han utilizado desde tiempos pasados para consumo inmediato en temporadas de escasez de alimentos frescos. El agua es una molécula que está presente en los alimentos que consumimos, algunos son muy pobres en agua y por lo tanto su conservación es muy prolongada en el tiempo, por ejemplo, los granos de cereales o las legumbres secas, los granos de café, etc.; en otros alimentos ricos en

agua, el hombre provoca la pérdida del agua hasta conseguir alargar los periodos de vida útil de los mismos, por medio de diferentes técnicas: por deshidratación o desecación, por la adición de solutos a los alimentos como sales o azúcares, por congelación (el agua pasa a estado sólido), por vacío o por una combinación de ellos, como la liofilización [1].

Los alimentos que suelen deshidratarse son las frutas, las hortalizas, la carne, el pescado, la leche y los huevos, pero teniendo siempre en cuenta sus parámetros iniciales de calidad, ya que éstos van a ser determinantes para la calidad del producto de secado o en su posterior proceso de rehidratación [1].

Un alimento muy rico en nutrientes es el camarón, contemplado dentro de la categoría de mariscos y en México se registra un intenso dinamismo en términos de productividad sustentable en referencia al sector pesquero y acuícola, lo que ha propiciado la obtención de un millón 700 mil toneladas anuales, con un consumo per cápita de pescados y mariscos en 12.01 kilogramos al cierre del año 2015 [2].

En la zona de Alvarado, Veracruz; se realizan diversas actividades económicas como son turismo, agricultura, ganadería y por su puesto la pesca, siendo esta la principal fuente económica del municipio. Dentro de este sector existen grandes, medianos y pequeños productores y comerciantes de pescados y mariscos, los cuales destinan el producto a las envasadoras locales para que posteriormente estas coloquen el producto a los compradores mayoristas, minoristas, y/o hasta consumidores finales. Actualmente se registran 103 cooperativas en el municipio de Alvarado por CONAPESCA. También el registro de 26 embarcaciones mayores con puerto base en el municipio.

Con datos proporcionados por Capitanía del Puerto de Alvarado, se cuenta con un registro de 1800 embarcaciones menores. Y actualmente se encuentran expedidas 2000 licencias de navegación para el personal del mar (pescadores).

Anteriormente en la zona de Alvarado se comercializaba el camarón seco el cual ha dejado de encontrarse en el mercado por ser el proceso de secado de manera natural y duradero, el cual representa el riesgo de presentarse contaminantes ambientales, animales rastro, o existir variación del clima que hacen imposible en control eficaz del proceso de secado.

Existen diferentes formas de acelerar la deshidratación del camarón y evitar su contaminación por ejemplo: deshidratación solar, con aire caliente forzado, osmótica, por microondas, por liofilización, siendo en este caso el que se utiliza la deshidratación por aire caliente forzado ya que seca el alimento de forma homogénea gracias a la circulación continua del aire caliente hori-

zontal controlado por medio de un termostato y se obtiene un producto inocuo. [3]

El trabajo de investigación fue desarrollado en una deshidratadora de convección forzada fabricada en las instalaciones del ITSAV (Instituto Tecnológico Superior de Alvarado) la cual cuenta con las características adecuadas según normas de inocuidad, se realizaron las pruebas necesarias en el deshidratado de camarón y un análisis organoléptico, con el objetivo de obtener un camarón seco-salado apto para el consumo humano, con sabor, olor y textura característico, de igual forma, se plantea determinar el tiempo óptimo de deshidratado del producto y parámetros de control de temperatura adecuado. Ayudando de esta forma al aumento de la calidad del producto.

Los cárnicos y mariscos empiezan su deshidratación a partir de los 60 °C [5], por ello, se consideró en el estudio tres temperaturas distintas: 60°C, 65°C y 75°C las cuales ayudarían a la determinación del tiempo de deshidratación, se utilizaron herramientas estadísticas como el modelo de regresión lineal, para observar el comportamiento de las variables de temperatura, tiempo de secado y % de pérdida de humedad y probar si contribuyen significativamente al modelo en que la regresión describe los datos para cada una de las temperaturas sometidas. Para el análisis organoléptico se realizaron pruebas sensoriales, como lo son las descriptivas que intentan inferir las propiedades de un alimento y medirlas de la manera más objetiva posible [4].

MATERIAL Y MÉTODOS

La ejecución de este proyecto fue desarrollado en el laboratorio de automatización y control del ITSAV en un equipo de deshidratación de flujo de aire caliente, dicho equipo está elaborado con material de acero inoxidable grado alimenticio 304 adecuado para la conservación de la inocuidad; cuenta con 12 rejillas de 400 mm. de ancho por 390 mm de largo soportadas con ángulos en los extremos de 380 mm de longitud, con una separación entre ángulos de 40 mm, la parte inferior considera un espacio de 70 mm la cual soporta una resistencia de 1500 Watts que es controlada por un controlador proporcional, integral y derivativo (PID) y un termostato, tiene una vista frontal de cristal templado la cual es soportado por un marco de acero inoxidable.

Antes de realizar las pruebas de deshidratación, se somete al camarón crudo a un proceso de cocción a una temperatura de 95 °C por un tiempo de 10 minutos, para posteriormente salarlo y escurrir el exceso de agua. Para efectos del presente estudio se tomaron pruebas de deshidratación y pruebas organolépticas, basadas en la experiencia de los comercializadores de camarón, con las características esenciales: color, olor, sabor y textura; dichas características están consideradas en la norma NMX-F-522-SCFI-2009 "Productos de la pesca. camarón seco-salado" la cual define que el camarón que sea sometido a ser seco-salado, debe

tener un porcentaje de humedad del 18%. Valor que por lo regular los productores de camarón seco-salado no llegan a cumplir.

En el desarrollo de las pruebas de deshidratación se sometieron 2,831 gramos de camarón (*Litopenaeus Vannamei*) distribuidas en tres pruebas a condiciones de temperatura de deshidratación de 60 °C, 65 °C y 75 °C respectivamente, con un espacio de 6 horas de deshidratación por cada prueba realizada.

Proceso de deshidratación

El proceso de deshidratación del camarón se desarrolló de la siguiente forma:

1. Pesado del camarón crudo.
2. Cocción del camarón a 95 °C de temperatura constante por un periodo de 10 minutos, previamente tratando el camarón con sal seca de calidad alimentaria.
3. Escurrido del exceso de agua por 10 minutos.
4. Pesado del camarón cocido.
5. Acomodo de los camarones en las charolas correspondientes de la máquina deshidratadora.
6. Ingreso de las charolas al interior de la deshidratadora.
7. Inicio del proceso de deshidratación a la temperatura correspondiente.
8. Obtención de la temperatura en °C del interior de la deshidratadora; cada 5 minutos durante un periodo aproximado de 6 horas y el pesado por charola cada 30 minutos.
9. Extracción de muestras de los camarones deshidratados.
10. Pesado de muestras de masa seca.

Pruebas sensoriales

Después de la deshidratación de las muestras de camarón, se realizaron las pruebas sensoriales, donde se trabajó con cocineros auténticos de la zona de Alvarado, conocedores de la comida típica Alvaradeña que identifican la calidad del camarón seco-salado. Se utilizaron pruebas descriptivas las cuales tratan de definir las propiedades del alimento y medirlas de la manera más objetiva posible. El propósito de realizar las pruebas sensoriales fue conocer si existe alguna variación del color, olor, sabor y textura del camarón deshidratado con las diferentes temperaturas a las que fue sometido.

En la prueba sensorial descriptiva se evaluó cada una de las muestras obtenidas con las tres temperaturas para poder definir cada característica sensorial. La tabla 1 muestra la asignación de puntos para cada característica organoléptica analizada. Se asignó un puntaje a cada criterio otorgando el menor valor al que no cumplía con la característica y asignando más valor para identificar al criterio que cumple con todos los requisitos para ser aceptado, y obtener un puntaje máximo de 20. Posteriormente se realizó una evaluación sobre la característica de calidad del producto en respuesta al conocimiento de los expertos.

Tabla 1. Escala de valoración

Característica organoléptica	Puntos
Color	5
Olor	5
Sabor	5
Textura	5
Total	20

Metodología

En la Figura 1 se muestra la metodología empleada para llegar al objetivo de obtener un camarón seco-salado apto para el consumo humano, con su sabor, olor y textura característico, determinando el tiempo óptimo de deshidratado del producto para obtener un proceso controlado, cumpliendo con las características de calidad de la NMX-F-522-SCFI-2009. Se determinaron las curvas de secado donde se mide el cambio de masa y temperatura con el tiempo a base de muestreo [4] de cada una de las temperaturas sometidas al estudio, se realizaron las pruebas sensoriales con la obtención de las muestras del camarón que se obtuvieron en las tres temperaturas y saber con ello qué papel jugó cada temperatura en sus características del camarón de acuerdo al color, olor, sabor y textura, donde se realizó una escala de intensidad para medir la calidad de cada resultado de acuerdo a las temperaturas sometidas. Se desarrollo un análisis estadístico donde se determinó la distribución de la frecuencia a la cual se ajusten los datos, se hizo la aplicación de la ecuación de regresión, obtención del coeficiente de determinación, para poder ser analizado y observar que tan bien se describen las ecuaciones de regresión de los datos mostrados en las distintas temperaturas de 60 °C, 65 °C y 75 °C, y probar si contribuyen significativamente a la forma de regresión establecida, así como la determinación del modelo que ajuste la variable de respuesta de pérdida de humedad al 18% como lo establece la norma NMX-F-522-SCFI-2009".

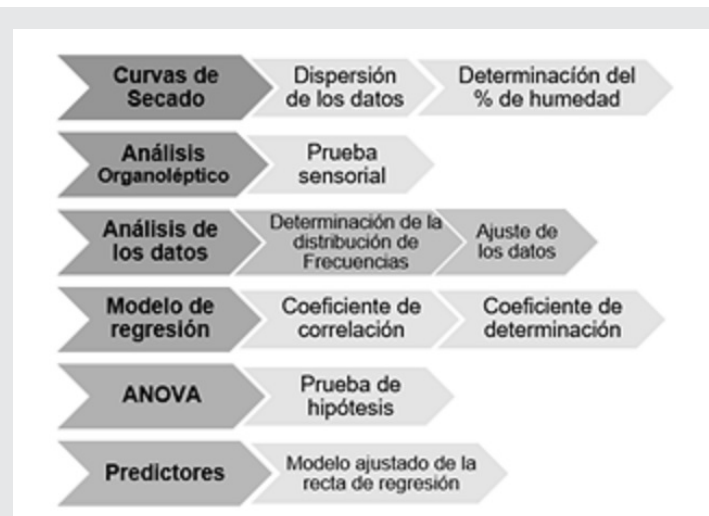


Figura 1. Metodología empleada.
(Propia del autor)

RESULTADOS

Curvas de secado

Para la obtención de las curvas de secado Figura 2 primero se obtuvieron los datos de masa húmeda cocida mediante los cálculos establecidos en la NMX-F-083-1986 “Determinación de humedad en productos alimenticios”, partiendo como base en un 74.38% de humedad contenida en el camarón crudo según resultados del estudio de la humedad [5], pesando las muestras de masa húmeda de cada charola previamente tarada, repitiendo cada 30 minutos para obtener los pesos que reflejen la variable en Y (% de pérdida de humedad) con respecto a X (tiempo de deshidratado).

Para determinar el porcentaje de humedad se aplicó la Ec. 1.

$$\% \text{ en Humedad} = (P-P1)/P2 \times 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

En donde:

P= Peso del recipiente con la muestra húmeda, en gramos.

P1= Peso del recipiente con la muestra seca.

P2= Peso de la muestra en gramos.

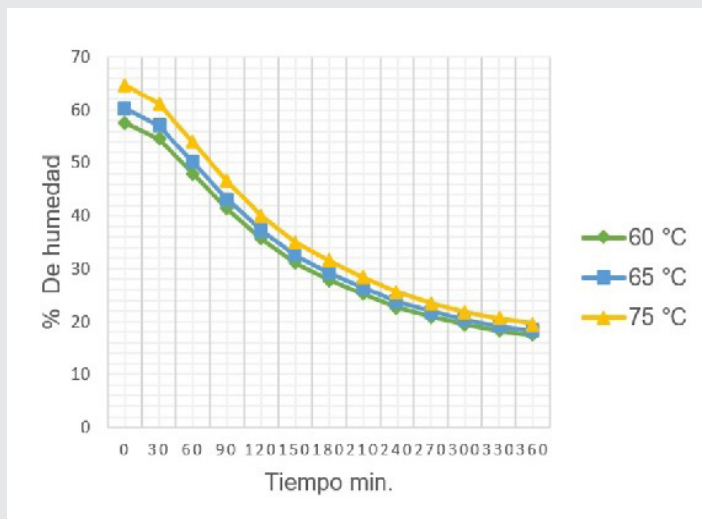


Figura 2. Curvas de secado. (Propia del autor en software Minitab 19)

Análisis Sensorial

Los resultados obtenidos de las pruebas organolépticas se muestran en la figura 3, donde se observa que a 60°C las características de color se obtuvo un criterio de excelente, en olor se obtuvo normal característico, en sabor fue muy bueno y la textura fue relativamente flexible. Para 65 °C en la categoría de color se obtuvo el criterio de brillante, en olor fue de normal característico, en sabor obtuvo el criterio de muy bueno, en textura se obtuvo el criterio de poco flexible. Para 75°C en la característica de color se obtuvo el criterio de claro, en olor fue de ligeramente perceptible, en sabor se obtuvo el criterio de bueno, y en textura fue de quebradizo.

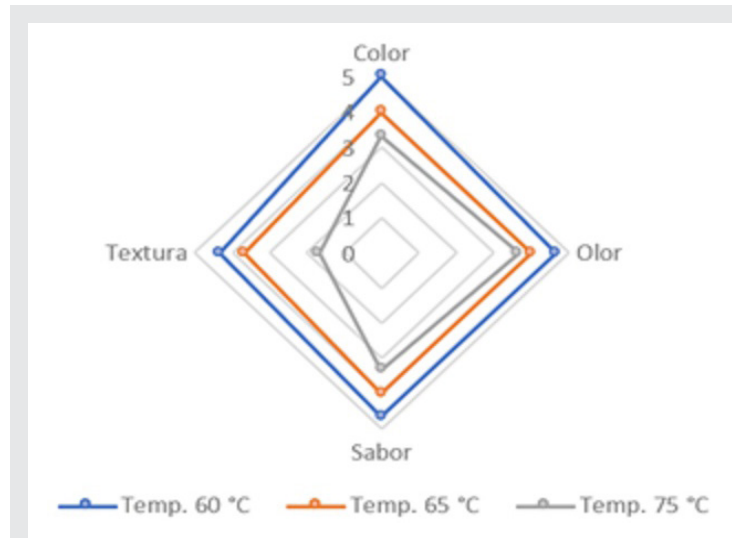


Figura 3. Resultado de la prueba organoléptica

De acuerdo a estos resultados, se determina que el deshidratado del camarón a 60°C obtiene un mejor puntaje sobre las características sensoriales con un producto con color excelente, un olor normal característico del camarón, tiene un sabor muy bueno y una textura relativamente flexible sienda esta la característica que marca la norma el cual debe ser el producto flexible al tacto. En la tabla 2 se muestra de manera general la calidad del producto con una evaluación de muy bueno para los parametros de 60°C.

Tabla 2. Calidad del producto

Calidad del producto		
Temperatura	Valor	Evaluación
60 °C	18.66	Muy Bueno
65 °C	15.66	Bueno
75 °C	12	Bueno

Determinación de la distribución de frecuencias

Conociendo la dispersión los datos de las temperaturas se procede a determinar cómo se encuentran distribuidos los valores para los resultados de la variable de pérdida de % de humedad en cada una de las temperaturas puestas a prueba, encontrándose que no siguen una distribución normal según la prueba de Anderson-Darling la cual compara la función de distribución acumulada empírica de los datos de la muestra con la distribución esperada si los datos fueran normales [6]. Para lo cual se llevó un análisis de distintas distribuciones de frecuencia y se observó que se ajustaba a una transformación de Box-Cox que estima un valor de Lambda, que minimiza la desviación estándar de una variable transformada estandarizada [7] para determinar así una distribución normal dada por la Ec. 2 y Ec. 3:

$$W_t = Y_t^\lambda, \quad \text{Si } \lambda \neq 0 \quad \text{Ec. (2)}$$

$$W_t = Ln(Y_t), \quad \text{Si } \lambda = 0 \quad \text{Ec. (3)}$$

donde Y_i es un valor de los datos originales y λ es el parámetro de la transformación. Los valores empleados en las transformaciones se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Transformación de λ .

λ	Transformación
2	$W_i = Y_i^2$
0.5	$W_i = \sqrt{Y_i}$
0	$W_i = \ln(Y_i)$
-0.5	$W_i = \frac{1}{i\sqrt{Y_i}}$
-1	$W_i = \frac{1}{Y_i}$

Se realiza la transformación de Box-Cox del valor $\lambda -1$ para las variables de temperatura de 60 °C y 65 °C y $\lambda - 0.5$ para las variables de 75 °C. Según lo muestra la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la transformación de λ

λ Empleando 95% de confianza				
Temperatura	Estimar	Lc Inferior	Lc superior	Valor redondo
60 °C	-0.86	-2.68	0.71	-1.00
65 °C	-1.02	-2.79	0.52	-1.00
75 °C	-0.58	-2.08	0.95	-0.50

Para determinar si los datos siguen una distribución normal, se compara el valor p con el nivel de significancia de 0.05 para las muestras de 60 °C, 65 °C y 75 °C obteniendo valores $p=0.810$ Figura 4, $p=0.675$ Figura 5 y $p=0.686$ Figura 6, respectivamente para cada temperatura, de esta forma se logra realizar los ajustes para adecuar los datos a una distribución normal.

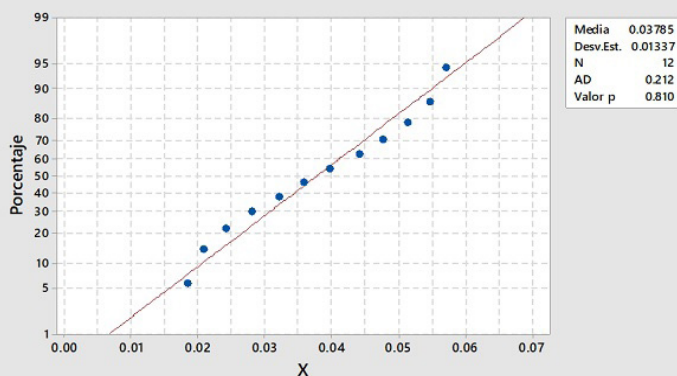


Figura 4. Distribución normal para 60 °C.

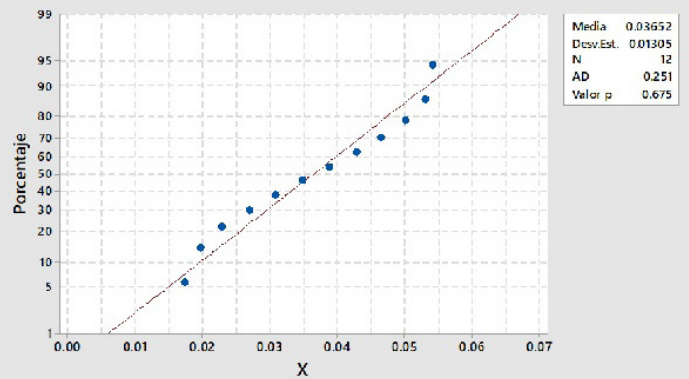


Figura 5. Distribución normal para 65 °C.

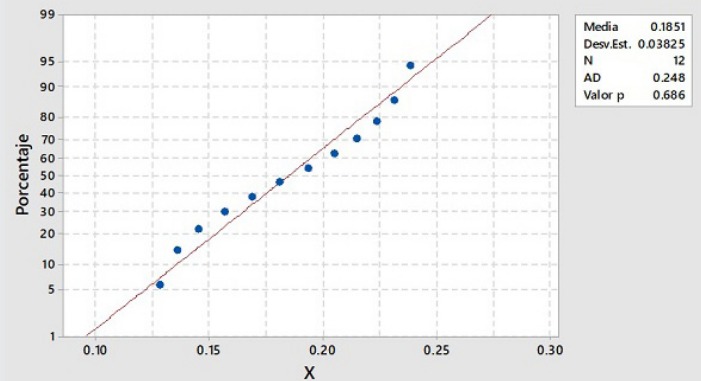


Figura 6. Distribución normal para 75 °C.

Modelo de regresión

Con los valores de cada una de las pruebas y los datos de la pérdida de % de humedad afectada a cada una de las temperaturas sometidas al proceso de deshidratación de 60 °C, 65 °C y 75 °C, en la Tabla 5 se establecen los modelos de regresión $Y = a + bx$, en conjunto con su coeficiente de determinación que medirá la proporción de la variabilidad en los datos (Y) explicada por el modelo de regresión mostrado en porcentaje, con valores de 0 al 100%, y determinación del menor valor del error de estimación que indica la magnitud del error de estimación de los modelos [8].

Tabla 5. Modelos de regresión.

Temperatura °C	Modelo de regresión	Coficiente de determinación R^2	Error estándar de estimación
60	$Y = 0.01377 + 0.000123 X$	99.80 %	0.0006233
65	$Y = 0.013049 + 0.000120 X$	99.47 %	0.0009960
75	$Y = 0.11636 + 0.000353 X$	99.48 %	0.0029041

Se observa que el modelo que presenta una mejor coeficiente de determinación y menor error estándar de la estimación es con la temperatura de 60 °C, es por ello que se consideró este modelo para el seguimiento del estudio.

Análisis de varianzas (ANOVA)

El análisis de varianzas permite probar la significancia de las diferencias entre más de dos medias muestrales

[9], y en la Tabla 6 se muestran los resultados del ANOVA para los datos representados por la temperatura de 60 °C.

Tabla 6. ANOVA.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	0.001962	0.001962	5049.28	0.000
x	1	0.001962	0.001962	5049.28	0.000
Error	10	0.000004	0.000000		
Total	11	0.001966			

Se prueba la hipótesis de la pendiente que determina el % de humedad de pérdida del camarón con respecto al tiempo de deshidratado de 60°C, quedando de la siguiente manera:

$$H_0: b = 0$$

$$H_1: b \neq 0$$

El valor de relación X y Y es de $p = 0.001$ lo cual indica que es menor al 5% de significación y con las evidencias mostradas se rechaza la hipótesis nula $H_0: b = 0$ y se acepta la hipótesis alterna $H_1: b \neq 0$, con lo que se puede concluir que la relación del tiempo de deshidratado si influye de manera significativa en la pérdida de % de humedad de los camarones en la muestra de 60 °C.

Estimación

El modelo ajustado de la recta de regresión es $Y = 0.01377 + 0.000123 X$ y puede interpretarse como predicción del valor que tomará Y cuando $X = W_i$. Para un valor del 18% de humedad, se obtiene con la Ec. 4 ver Tabla 3:

$$si: W_i = 1/Y_i \quad Ec. (4)$$

Entonces sustituyendo en la Ec.

$$W_i = 1/18$$

$$\% \text{ de humedad} = 0.055555$$

Despejando en el modelo ajustado y sustituyendo se obtiene: $0.055555 = 0.013772 + 0.000123 (x)$.

$X = 339.7$ minutos para deshidratar.

Para obtener 18% de humedad en los camarones se estima en un tiempo de 339.7 minutos de deshidratación a una temperatura de 60°C.

CONCLUSIONES

Para la obtención de un camarón seco-salado apto para el consumo humano, con sabor, olor y textura característica, y para aumentar la calidad del producto, por medio de las pruebas que se realizaron en el equipo deshidratador, se estableció el modelo de regresión $Y = 0.01377 + 0.000123X$ para los valores descritos en la temperatura de 60°C, obteniendo un coeficiente de determinación del 99.8%, con un error de estimación estándar de 0.0006233, tomando el modelo para predecir la variable de respuesta, dando como resultado el

tiempo ideal (X) de deshidratado del camarón de 339.7 minutos a una temperatura de 60 °C. Obteniendo también que en la prueba organoléptica que el camarón deshidratado a 60°C tiene en general una calidad de muy bueno en comparación con las demás temperaturas, logrando obtener un producto terminado con un color excelente, olor normal característico, sabor muy bueno, con textura relativamente flexible, y 18% de humedad en cumplimiento con lo sugerido dentro de la norma NMX-F-522-SCFI-2009.

BIBLIOGRAFÍA

[1] F. Martín, «Los distintos métodos de conservación de los alimentos,» *Restauración Colectiva*, p. 2, 2017.

[2] «<https://www.gob.mx/conapesca>,» CONAPESCA, 12 12 2019. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/conapesca/prensa/consumo-per-capita-anual-de-pescados-y-mariscos-llega-a-12-kg-conapesca>. [Último acceso: 14 11 2019].

[3] «El desidratador.com,» 2019. [En línea]. Available: <https://eldeshidratador.com/cocina/>.

[4] M. Keogh y K. Tilman, «El arte de deshidratar,» Gaia ediciones, Francia, 2015.

[5] N. L. Huamán Castillas, «Tipos de pruebas usadas en la evaluación sensorial,» Lima, 2010.

[6] R. E. Trybal, *Operaciones de transferencia de masa*, Hill, 1981.

[7] M. Echarte, A. Conchillo, D. Ansorena y I. Astiasa, «Nutrición Hospitalaria,» 2019, 2019. [En línea]. Available: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v20n4/09AlimentosFuncionales.pdf>. [Último acceso: 13 12 2019].

[8] S. d. M. 18, «Copyright Minitab Inc. All rights Reserved,» 2019. [En línea]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/test-for-normality/>. [Último acceso: 14 12 2019].

[9] S. d. M. 18, «Copyright 2019 Minitab Inc. All rights Reserved,» 2019. [En línea]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/how-to/individual-distribution-identification/methods-and-formulas/transformations/>. [Último acceso: 15 12 2019].

[10] H. Gutiérrez Pulido, *Análisis y diseño de Experimentos*, México: Mc Graw Hill, 2012.

[11] R. I. Levin y D. S. Rubin, *Estadística para administración y economía*, México: Pearson, 2004.