



Operación de pre-cocción del pescado y su incidencia en la calidad y el rendimiento del producto

Precooking of the fish and its impact on the quality and performance of the product

Pré cozinhar do peixe e seu impacto na qualidade e desempenho do produto

Jouber A. Azua-Alvia ^I
jazua15@yahoo.es

Iván C. Naula-Reina ^{IV}
icnaula@uce.edu.ec

Rene A. Carrillo-Flores ^{II}
rcarrillo@uce.edu.ec

Marcelo P. Carrillo-Flores ^V
mpcarrillo@siegfried.com.ec

Guillermo A. Albuja-Proaño ^{III}
galbuja@uce.edu.ec

Darwin R. Caina-Aysabucha ^{VI}
drcaina@uce.edu.ec

Recibido: 30 de enero de 2017 * **Corregido:** 20 de febrero de 2017 * **Aceptado:** 20 junio de 2017

^{I-VI} Docente, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Resumen

El rendimiento del atún como materia prima en las empresas atuneras es una variable clave para la sostenibilidad económica de estas, por lo tanto, se realiza un estudio sobre los posibles factores que podrían condicionar los resultados durante el proceso productivo. Estos factores corresponden a variables cuantitativas como cualitativas que serán evaluadas en torno a las operaciones de pre-cocción y limpieza del pescado. El estudio se realiza de acuerdo a la estrategia de experimentación del diseño factorial de 2³, y concluye con la modelación de las condiciones de operación a través de la regresión lineal múltiple y la metodología de superficie de respuesta.

Palabras clave: Precocción, atún, proceso productivo, diseño factorial, regresión lineal múltiple.

Abstract

The performance of tuna as a raw material in tuna companies is a key variable for economic sustainability of these, so a study on the potential factors that could affect results during production is carried out. These factors correspond to quantitative and qualitative variables to will be evaluated regarding of precooking and cleaning fish. The study was carried out according to the strategy of the factorial experimental design of 2³ and concludes by the modeling of operating conditions through multiple linear regression and response surface methodology.

Key words: Precooking, tuna, productive process, factorial design, multiple linear regression.

Resumo

O desempenho do atum como matéria-prima em empresas de atum é uma variável chave para a sustentabilidade econômica destes, de modo que um estudo sobre os fatores potenciais que podem afetar os resultados durante a produção é realizado. Esses fatores correspondem a variáveis quantitativas e qualitativas a serem avaliadas em relação à pré-cozinhagem e limpeza de peixes. O estudo foi realizado de acordo com a estratégia do projeto experimental fatorial de 23 e conclui pela modelagem de condições operacionais através de metodologia de regressão linear e de superfície de resposta múltipla.

Palavras chave: Pré-cozimento, atum, processo de produção, desenho fatorial, regressão linear múltipla.

Introducción.

El atún, como uno de los alimentos base para el consumo humano a nivel de todo el mundo, debe ser aprovechado de la mejor manera tanto por temas de sostenibilidad y economía. La industrialización de este alimento ha dado origen a un sinnúmero de actividades económicas y desarrollo tecnológicos, aplicados a toda la cadena productiva y comercial, desde su extracción en el mar hasta su entrega como producto terminado en los lugares de abastecimiento para los consumidores (FAO, 2016). La economía de las empresas atuneras depende directamente del precio que tengan sus productos y de los costos de materia prima, mano de obra y carga fabril asociada a la transformación del pescado en producto terminado. El precio del pescado es el rubro económico que mayor participación tiene en el costo total de la producción, por lo cual es esencial que las empresas obtengan la mayor cantidad de producto en base a una menor cantidad de materia prima, mejorando sus rendimientos sin que se vea perjudicado la calidad del producto.

El rendimiento es la proporción entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados. Partiendo de esta definición el rendimiento en una empresa pesquera puede quedar claramente definido como la cantidad de producto elaborado con relación a la cantidad de materia prima consumida. El rendimiento se ve afectado por la pérdida de peso durante el proceso productivo principalmente en dos etapas de este, la primera en la pre-cocción debido a la deshidratación del pescado y la segunda durante la limpieza en donde generalmente se retira tejidos, carne y huesos que no son parte el producto final y que son direccionados hacia otros procesos productivos, siendo considerado como subproducto (cabeza, piel, viseras, espinas, hematomas, membrana, escamas, y sangre).

Operación de pre-cocción del pescado y su incidencia en la calidad y el rendimiento del producto

Los resultados finales del proceso productivo pueden ser expresados en términos de un balance de masa, comúnmente en términos porcentuales con respecto al peso de la materia prima, considerando a las pérdidas de peso totales, como mermas del proceso, tal como indica la tabla 1.

Tabla 1. Resultados estándar para la limpieza del pescado pre-cocido para las especies Skipjack, Yellowfin y Bigeyes.

Tallas (libras)	Rendimientos	Subproducto	Merma
-3	40,00%	42,00%	18,00%
3-4	42,00%	40,00%	18,00%
4-7	44,00%	38,00%	18,00%
7-12	46,00%	36,00%	18,00%
12-16	48,00%	34,00%	18,00%
16_20	50,00%	32,00%	18,00%

(Derechos de autoría)

Marco teórico

El proceso de pre-cocción puede ser evaluado a través del método de análisis de humedad, para comparar las condiciones físicas antes y después de la operación, así como por el pesado directo del lote de pescado antes de entrar a la cocina y una vez terminada la operación de pre-cocción. Si bien es posible obtener resultados experimentales hasta este punto del proceso, la operación de limpieza del pescado también queda condicionada por las cualidades organolépticas resultantes de la pre-cocción, ya que si esta alcanzó un mínimo de intensidad, solo será capaz de

Operación de pre-cocción del pescado y su incidencia en la calidad y el rendimiento del producto

eliminar una cierta cantidad de agua provocando texturas blandas y/o pastosas que harán que los músculos del pescado se desmoronen en las manos de los limpiadores y posiblemente se mescle con el subproducto; si por el contrario la pre-cocción es demasiado energética, el pescado sufrirá una excesiva extracción de producto soluble (en especial agua) y desnaturalización de proteína para convertirse en un producto fibroso y seco, que incluso podría presentar la producción de melanoidinas coloreadas, que van desde el amarillo claro hasta el café muy oscuro, e incluso el negro conocido como la reacción de Maillard (República, 2010). Todas estas condiciones afectan directamente a la limpieza del pescado pre-cocido ocasionando al final que el rendimiento se vea afectado.

Se han llevado a cabo varios estudios sobre temas relacionados a la pre-cocción del pescado enfocados en conocer el comportamiento de la temperatura del pescado durante la pre-cocción (Zhang, 2002), demostrando la aplicación de modelos matemáticos para estimar tiempos de pre-cocción, implementación de sistemas de control mediante la modelación matemática, conocer sobre la transferencia de masa y calor en la pre-cocción del atún y su incidencia en la pérdida de propiedades físicas y químicas. Sin embargo, es importante tener un enfoque complementario y general que vincule la operación de la pre-cocción y limpieza, los factores que influyen de forma directa y los resultados sobre el proceso productivo, para cual se efectúa un estudio sobre las operaciones de pre-cocción y las variables más relevantes que podrían afectar los resultados del rendimiento de las empresas procesadoras del atún.

La metodología idónea a aplicar es el análisis de regresión lineal múltiple, el cual tiene como objetivo modelar en forma matemática el comportamiento de una variable de respuesta en función de una o más variables independientes (factores) (Gutiérrez & de la Vara, 2008).

Sea X_1, X_2, \dots, X_k variables independientes o regresoras, y sea Y una variable de respuesta, entonces el modelo de regresión lineal múltiple con k variables independientes es el polinomio de primer orden:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (1)$$

Dónde:

Los β_j son los parámetros del modelo que se conocen como coeficientes de regresión y ε es el error aleatorio, con media cero, $E(\varepsilon) = 0$ y $V(\varepsilon) = \sigma^2$. Si en la ecuación (1) $k = 1$, estamos en el caso de regresión lineal simple y el modelo es una línea recta; si $k = 2$, tal ecuación representa un plano. En general, la ecuación (1) representa un hiperplano en el espacio de k dimensiones generado por las variables $\{X_j\}$.

El término lineal del modelo de regresión se emplea debido a que la ecuación (1) es función lineal de los parámetros desconocidos $\beta_0, \beta_1, \beta_2 \dots \beta_k$. Donde β_0 es la ordenada al origen, y β_j mide el cambio esperado en Y por cambio unitario en X_j cuando el resto de las variables regresoras se mantienen fijas o constantes.

También puede considerarse el modelo de superficie respuesta de segundo orden en dos variables.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \varepsilon \quad (2)$$

Si se hace $X_3 = X_1 X_2$, $\beta_3 = \beta_{12}$, $X_4 = X_1^2$, $\beta_4 = \beta_{11}$, $X_5 = X_2^2$ y $\beta_5 = \beta_{22}$, entonces esta expresión queda como un modelo de regresión lineal.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \varepsilon \quad (3)$$

El método de mínimos cuadrados se usa de manera típica para estimar los coeficientes de regresión de un modelo de regresión lineal múltiple (Montgomery, 2004). Para estimar los parámetros de la regresión lineal múltiple, se necesita contar con n datos ($n > k$), que tienen la estructura descrita en la tabla 2.

Tabla 2. Estructura de los datos para regresión lineal múltiple

Y	X ₁	X ₂	...	X _k
y ₁	x ₁₁	x ₁₂		x _{1k}
y ₂	x ₂₁	x ₂₂		x _{2k}
⋮	⋮	⋮		⋮
y _n	x _{n1}	x _{n2}		x _{nk}

En términos de los datos de la tabla 2, el modelo de regresión lineal múltiple puede escribirse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 y_i &= \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \\
 &= \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ji} + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned} \tag{4}$$

Para estimar los coeficientes de regresión se utiliza muy comúnmente el método de mínimos cuadrados, el cual consiste en elegir las β de la ecuación (4) de tal modo que la suma de los cuadrados de los errores ε_i , se minimice.

Por tanto, la función de mínimos cuadrados es:

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n \left(y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ji} \right)^2 \tag{5}$$

Es más conveniente escribirse el modelo de mínimos cuadrados de la ecuación (4) en notación matricial.

$$y = X\beta + \varepsilon$$

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix}$$

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix}, \quad e = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

Queremos encontrar el vector de los estimadores de mínimos cuadrados, $\hat{\beta}$ que minimice

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \varepsilon' \varepsilon = (y - X\beta)'(y - X\beta)$$

$$= y'y - \beta'X'y - y'X\beta + \beta'X'X\beta$$

$$= y'y - 2\beta'X'y + \beta'X'X\beta$$

La última igualdad se debe a que $\beta'X'y$ es una matriz (1 x 1), o un escalar, y por lo tanto su transpuesta $(\beta'X'y)' = y'X\beta$ es el mismo escalar. De aquí que los estimadores de mínimos cuadrados deban satisfacer la siguiente expresión:

$$\frac{\partial L}{\partial \beta} = -2X'y + 2X'X\hat{\beta} = 0$$

Esto implica que:

$$X'X\hat{\beta} = X'y \quad (6)$$

Para resolver esta ecuación en términos de $\hat{\beta}$ se multiplica ambos lados de la ecuación (6) por la matriz inversa de $X'X$, y se obtiene que el estimador de mínimos cuadrados de β es:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'y \quad (7)$$

Por lo tanto, el modelo ajustado está dado por:

$$\hat{y} = X\hat{\beta} \quad (8)$$

Para poder operar matemáticamente estas ecuaciones y obtener la expresión que permita simular las condiciones de operación de la pre-cocción y así optimizar el proceso productivo se puede hacer uso de varios tipos de software comerciales como MATLAB, MINITAB, STATGRAPHICS y DESIGN-EXPERT.

Materiales y método.

Par llevar a cabo el estudio se utilizó como estrategia de experimentación el diseño factorial 2^3 (Montgomery, 2004), el cual establece una metodología para probar la posible relación de influencia de tres factores (variables independientes) cada uno de estos con dos niveles sobre la función respuesta (variable dependiente).

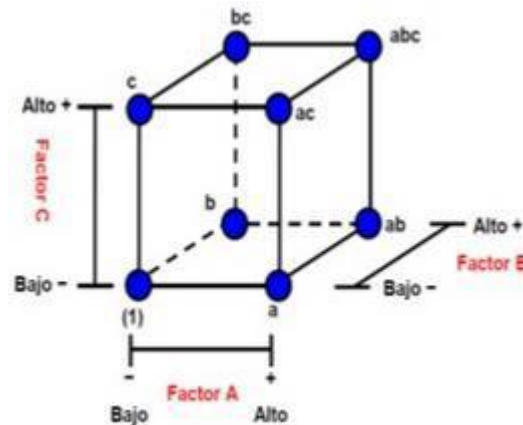


Figura 1. Diseño factorial 2^3 y su representación geométrica (Montgomery, 2004).

Factor (X1): Temperatura del pescado al Ingreso del cocinador.

Al momento de ingresar el pescado al cocinador este puede estar congelado o descongelado ($0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$), si este ingresa al cocinador a temperaturas muy inferiores a los 0°C tendrá presente cristales de hielo en el interior de su tejido muscular los cuales se descongelarán dentro del cocinador. Se procedió a realizar pruebas en dos niveles del factor a -8°C y 0°C .

Factor (X2): Temperatura del pescado a la salida del cocinador.

La temperatura que alcanza el pescado en su interior (en la espina dorsal) durante la pre-cocción oscila entre 60 a 70°C , lo cual condiciona la textura y las condiciones físico-químicas del músculo del pescado pre-cocido. Se procedió a realizar pruebas en dos niveles 60°C y 70°C .

Factor (X3): Zona de captura del pescado.

Dependiendo de la zona en que es capturado el pescado este puede presentar diferentes características en cuanto a sus resultados tanto de textura como de rendimientos. Se consideró dos lugares como los principales centros de extracción de materia prima: la zona FAO 87 Pacífico Sureste y

Operación de pre-cocción del pescado y su incidencia en la calidad y el rendimiento del producto

la zona FAO 77: Pacífico Centro-este. Por ser esta una variable cualitativa para establecer los niveles de este factor se eligieron dos lotes de pescado de 40 toneladas cada uno y se codificó a la materia prima originaria de la Zona FAO 87 con 1 y a la proveniente de la zona FAO 77 con -1.

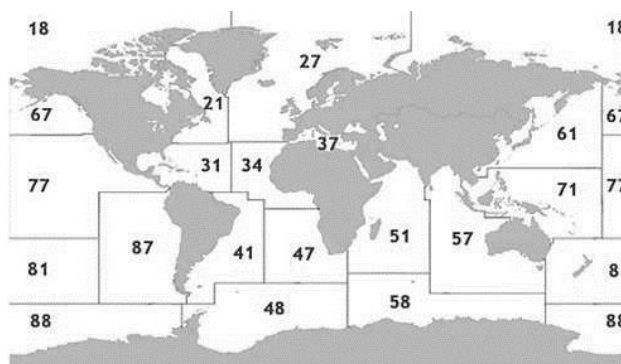


Figura 2. Zonas de pesca a nivel mundial (Fondear, 2012).

Función Respuesta (Y): Rendimiento del proceso productivo.

El rendimiento se evaluó al finalizar la etapa de limpieza del pescado pre-cocido antes del empaque, para lo cual se contó con balanzas calibradas que tomaban el peso de todas las partes del pescado que se considerará como producto recuperado antes de ser derivado al tipo de presentación requerido por el mercado: lonjas de atún pre-cocido selladas al vacío y congeladas, conserva de atún en latas, conserva de atún en vidrio o conservas de atún en fundas flexibles termoretortables (Pouch).

$$R (\%) = \frac{A}{B} \times 100 \quad (9)$$

Dónde:

R (%) = Rendimiento expresado en términos porcentuales.

A = Peso de la carne del pescado recuperada (lomo, trozo y miga).

B = Peso de la materia prima consumida.

El experimento contempló la realización de dos replicas en cada una de las combinaciones de las variables independientes (factores), y 16 corridas en total de manera aleatoria, es decir que las condiciones diariamente fueron diferentes en función de los niveles de las variables independientes y completamente al azar.

Diariamente se procesó un lote de pescado de 4500 kg de materia prima de la especie Skipjack (nombre científico *Katsuwonus pelamis*) de la talla 4-7, el cual era emparrillado en doce coches de estructura metálica de acero inoxidable. Esta talla está ubicada en el medio del listado de la clasificación por tallas de los peces considerados como pequeños, además por datos históricos los rendimientos en esta talla suelen variar mucho con relación a lo esperado según lo descrito en la Tabla 1, teniendo una tendencia hacia valores inferiores.

El pescado puede traer contenido estomacal en su interior, para lo cual existe la opción de eviscerarlo, dependiendo de la talla se hace una tarea bastante tediosa y aumenta el uso de mano de obra encareciendo el proceso productivo. Para el estudio se seleccionaron lotes de materia prima que no contengan esta característica.

La operación de limpieza de pescado fue realizado todos los días por la misma línea de proceso compuesta por 30 operarios, bajo las mismas exigencias de calidad.

Resultados y discusiones

Los resultados obtenidos al finalizar el estudio se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Datos y resultados del experimento.

X ₁ , (°C)	X ₂ , (°C)	X ₃ , (Zona)	Y, (%)
60	-8	1	44,2
60	-8	1	43,7
60	-8	-1	44,1
60	-8	-1	43,9
60	0	1	44,3
60	0	1	44,5
60	0	-1	44,9
60	0	-1	44,8
70	-8	1	43,2
70	-8	1	42,6
70	-8	-1	41,9
70	-8	-1	42,7
70	0	1	42,6
70	0	1	42,8
70	0	-1	43,5
70	0	-1	43,6

(Derechos de autoría)

En base a la figura 1, se esquematiza la geometría del diseño factorial 2^3 , que da como resultado un cubo conformado por tres factores y en cuyos vértices se han colocado el valor promedio de los resultados obtenidos en las diferentes combinaciones de los niveles de los factores, los resultados se pueden observar de mejor manera en la figura 3.

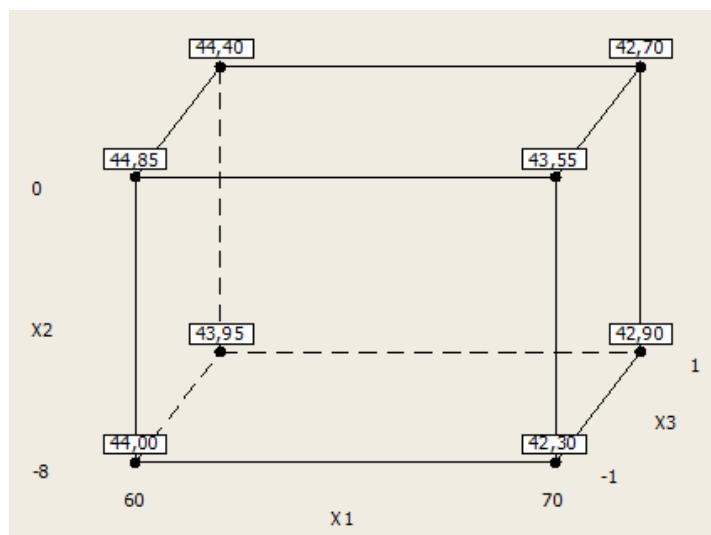


Figura 3. Representación de los valores promedio para Y en el diseño factorial 2³(Derechos de autoría)

Los valores del F descritos en la hoja salida de computadora del MINITAB que se observan en la figura 4, deben ser iguales o inferiores al valor crítico de $F_{(\alpha=0,05;1;8)} = 5,32$ (obtenidos a través de las tablas estadística para una distribución Fisher, con nivel de significancia de 0,05), para demostrar estadísticamente que no existen efectos significativos de los factores sobre la función respuesta, se puede llegar a la misma conclusión si las cifras obtenidos del valor P son iguales o mayores a 0,05.

Se evidencia que la temperatura que tiene el pescado antes de empezar la operación de pre-cocción, tiene un efecto significativo sobre el rendimiento obtenido durante el procesamiento del pescado pre-cocido; así mismo es evidente que la temperatura alcanzada en la espina dorsal del pescado a la salida del cocinador tendrá un efecto significativo sobre el rendimiento del proceso productivo.

Con respecto a la zona de pesca no se ha establecido estadísticamente que afecte de manera significativa al rendimiento obtenido en el proceso productivo, sin embargo, se evidencia que la única

Operación de pre-cocción del pescado y su incidencia en la calidad y el rendimiento del producto

interacción existente que provoca un efecto significativo sobre el rendimiento es la que se da entre temperatura de salida del pescado del cocinador y la zona de captura del pescado.

Modelo lineal general: Y vs. X1. X2. X3

Factor	Tipo	Niveles	Valores
X1	fijo	2	60. 70
X2	fijo	2	-8. 0
X3	fijo	2	-1. 1

Análisis de varianza para Y, utilizando SC ajustada para prueba

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
X1	1	8,2656	8,2656	8,2656	95,14	0,000
X2	1	1,3806	1,3806	1,3806	15,89	0,004
X3	1	0,1406	0,1406	0,1406	1,62	0,239
X1*X2	1	0,0156	0,0156	0,0156	0,18	0,683
X1*X3	1	0,0156	0,0156	0,0156	0,18	0,683
X2*X3	1	0,8556	0,8556	0,8556	9,85	0,014
X1*X2*X3	1	0,2756	0,2756	0,2756	3,17	0,113
Error	8	0,6950	0,6950	0,0869		
Total	15	11,6444				

Figura 4. Salida de computadora de MINITAB para los datos del experimento

(Modelo lineal general) (Derechos de autoría)

En la figura 5, se presenta los datos obtenidos al aplicar la función para el análisis de regresión de superficie de respuesta del MINITAB. El modelo ajustado resultante sería:

$$y = 53,625 - 0,15X_1 + 0,175X_2 - 0,7313X_3 - 0,0016X_1X_2 + 0,0063X_1X_3 - 0,0578 X_2X_3$$

Operación de pre-cocción del pescado y su incidencia en la calidad y el rendimiento del producto

Regresión de superficie de respuesta: Y vs. X1. X2. X3

Los siguientes términos no pueden estimarse y se eliminaron.
 X1*X1
 X2*X2
 X3*X3

El análisis se hizo utilizando unidades sin codificar.

Coefficientes de regresión estimados de Y

Término	Coef	SE Coef	T	P
Constante	53,6250	1,51385	35,423	0,000
X1	-0,1500	0,02322	-6,460	0,000
X2	0,1750	0,26761	0,654	0,530
X3	-0,7313	1,07360	-0,681	0,513
X1*X2	-0,0016	0,00411	-0,381	0,712
X1*X3	0,0063	0,01642	0,381	0,712
X2*X3	-0,0578	0,02053	-2,817	0,020

S = 0,328401 PRESS = 3,06765
 R-cuad. = 91,66% R-cuad. (pred.) = 73,66% R-cuad. (ajustado) = 86,11%

Análisis de varianza de Y

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Regresión	6	10,6738	10,6738	1,77896	16,50	0,000
Lineal	3	9,7869	7,8119	2,60397	24,14	0,000
interacción	3	0,8869	0,8869	0,29563	2,74	0,105
Error residual	9	0,9706	0,9706	0,10785		
Falta de ajuste	1	0,2756	0,2756	0,27562	3,17	0,113
Error puro	8	0,6950	0,6950	0,08688		
Total	15	11,6444				

Figura 5. Salida de computadora de MINITAB para los datos del experimento (regresión de superficie de respuesta). (Derechos de autoría)

Esta expresión permite realizar simulación de las variables independientes de tal modo que se pronostique los resultados del rendimiento del proceso productivo dada ciertas condiciones de operación en cuanto a la pre cocción del pescado.

Por ejemplo, se toma los valores de la cuarta fila de la Tabla 3, se tendrá el siguiente resultado:

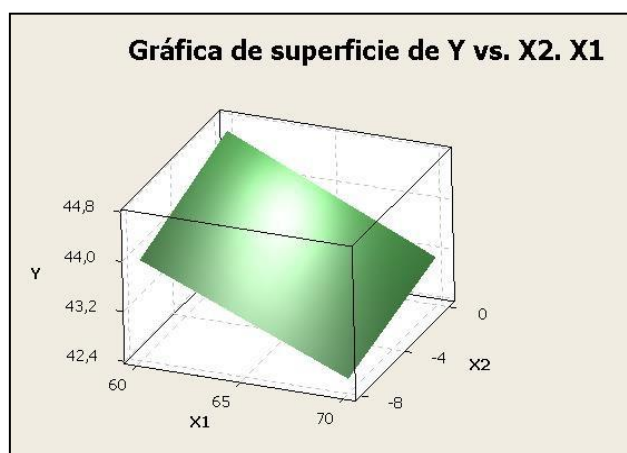
Operación de pre-cocción del pescado y su incidencia en la calidad y el rendimiento del producto

$$y = 53,625 - 0,15(60) + 0,175(-8) - 0,7313(-1) - 0,0016(60)(-8) + 0,0063(60)(-1) - 0,0578 (-8)(-1)$$

$$y = 43,88$$

Este valor difiere del valor real (43,9) por 0,02 lo que equivale a un error porcentual del 0,045%.

En la figura 6, se observa las gráficas de superficie de respuesta y de contorno a partir de las variables independiente X_1 y X_2 , las cuales demostraron tener un efecto significativo sobre los resultados del rendimiento. Se aprecia claramente que las operaciones óptimas de operación son $X_1 = 60^\circ\text{C}$ y $X_2 = 0^\circ\text{C}$.



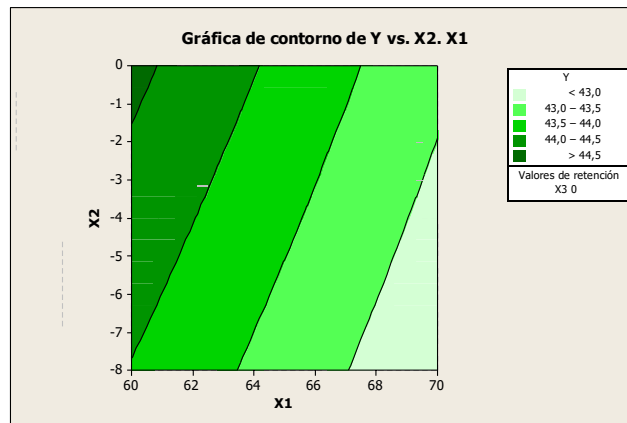


Figura 6. Gráficos de superficie y de contorno. (Derechos de autoría)

Conclusiones.

Es posible optimizar los resultados de rendimiento, calidad y utilidad de las empresas pesqueras a través de consideraciones claves en torno a las operaciones de pre-cocción del pescado, tales como la temperatura del pescado antes de empezar la operación de cocción y el control sobre la temperatura alcanzada por el pescado dentro del cocinador.

El desarrollo de un modelo ajustado en base a estudios experimentales permite simular las condiciones de variables cuantitativas (temperaturas) y cualitativas (zonas de captura) que influyen sobre la variable de interés (rendimiento), permitiendo crear posibles escenarios y buscar las condiciones óptimas de operación.

Bibliografía.

FAO. (2016). El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura: Contribución a la Seguridad Alimentaria y la Nutrición para Todos. Recuperado el 15 de enero de 2017 de: <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>.

Fondear. (2012). Las principales Zonas Pesquera en el mundo. Recuperado del 06 de enero de 2017 de: http://www.fondear.org/infonautic/Hombre_y_Mar/Pesca/Zonas_Pesqueras/Zonas_Pesqueras.htm

Operación de pre-cocción del pescado y su incidencia en la calidad y el rendimiento del producto

Gutiérrez, H. & de la Vara, R. (2008). *Análisis y Diseño de experimentos* (2da. Ed.). México: McGraw-Hill.

Montgomery, D. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos* (2da. Ed.). México: Limusa Wiley.

República. (2010). *Reacción de Maillard*. Recuperado el 05 de enero de 2017 de:
<https://gastronomiaycia.republica.com/2010/03/11/reaccion-de-maillard/>

Zhang, J., Hale S. & Farkas, B. (2002). *Precooking and Cooling of Skipjack Tuna (Katsuwonus pelamis: A Numerical Simulation*. 35(7). *Lebensm. -Wiss. u. Technol*, Elsevier Science Ltd., 607-616