

## Influencia de la temperatura y tiempo de extracción en la fuerza de gel y rendimiento de gelatina obtenida con pre tratamiento alcalino a partir de piel de tollo (*Mustelus mento*).

### Influence of temperature and extraction time on gel strength and yield of gelatin from alkaline pretreated speckled smooth-hound skin (*Mustelus mento*).

**Alberto Miano Pastor**

Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú  
cmiano24@hotmail.com

**Carmen Rojas**

Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú  
carmenrojaspadilla@yahoo.com

**Gabriela Barraza**

Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú  
gbarraza@ucv.edu.pe

**Recepción:** 14-06-2013 / **Aceptación:** 10-07-2013

#### RESUMEN

En el presente trabajo se determinaron los parámetros de temperatura y tiempo de extracción para obtener mayor rendimiento y fuerza de gel de gelatina a partir de tollo (*Mustelus mento*) por hidrólisis alcalina. Se empleó el diseño compuesto central rotacional (DCCR) el cual nos indicó realizar 11 ensayos experimentales para evaluar las variables temperatura en el rango de 60°C a 95°C, y el tiempo de extracción en el rango de 30 minutos a 240 minutos sobre las variables de respuesta. Se concluyó que a mayores tiempos de extracción mayor es el rendimiento de gelatina y que a menor temperatura de extracción mayor es la fuerza de gel. Además se determinaron los parámetros (temperatura y tiempo de extracción) para obtener mayor rendimiento (27% – 28%) y mayor fuerza de gel de gelatina (130g – 150g), los cuales fueron en tiempos entre 220 y 240 minutos, y temperaturas entre 60 y 65°C.

**Palabras clave:** gelatina, tollo, fuerza de gel, Bloom.

#### ABSTRACT

The present study determined the parameters of temperature and extraction time to achieve higher yield and gel strength of gelatin from speckled smooth-hound skin (*Mustelus mento*) by alkaline hydrolysis. It was used the central composite rotational design (CCRD) which indicated us to perform 11 experiments in order to evaluate the variables temperature in the range of 60°C to 95°C and extraction time in the range of 30 minutes at 240 minutes on the response variables. It was concluded that the higher extraction times it is used, the higher yield percentage will get, and the lower extraction temperature it is used, the higher gel strength will get. It was also determined the parameters (temperature and extraction time) for obtaining higher yield (27% – 28%) and greater gelatin gel strength (130 Bloom – 150 Bloom), which were between 220 and 240 minutes, and temperatures between 60 and 65 ° C.

**Key words:** gelatin, speckled smooth-hound, gel strength, Bloom.

## 1. INTRODUCCION

La demanda mundial de gelatina ha ido en aumento en los años. Informes recientes indican que la producción mundial anual de gelatina es de casi 326000 toneladas, siendo extraída a partir de piel de cerdo en un (46%), seguido de pieles de bovino (29,4%), huesos (23,1%) y otras fuentes (1,5%) (GME, 2008). Sin embargo, a pesar de que la gelatina tiene un amplio rango de aplicaciones útiles, aún existen preocupaciones de parte de los consumidores con respecto a su origen (Asher, 1999). Esto se debe principalmente a los sentimientos religiosos (tanto el judaísmo y el Islam prohíbe la consumo de los productos provenientes de cerdo, mientras que los hindúes no consumen productos provenientes del ganado vacuno), como la estricta tendencia hacia el vegetarianismo en todo el mundo (Wilesmith et al., 1991). Actualmente existe un gran interés por parte del mercado europeo de sustituir a la gelatina del ganado bovino por gelatina de otras fuentes, ya que una de las mayores ventajas de la gelatina marina es que no están asociados con el riesgo de brotes de Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB) (Badii y Howell, 2006).

En la última década ha habido un gran interés en el mercado por gelatina derivada de pescado y aves de corral. Se espera que en un futuro próximo aumente la producción de gelatina procedente de estos medios, ya que se debe investigar y buscar nuevas tecnologías para sobrellevar el bajo rendimiento y fuerza de gel que mayormente es obtenido. (Schrieber y Gareis, 2007).

La obtención de gelatinas procedentes del colágeno de pescado tiene un gran impacto económico y social, debido principalmente a problemas de índole religiosa moral y de salud. Desde el punto de vista ambiental, teniendo una forma de utilizar los desechos provenientes de especies marinas, se mantendría nuestros mares, ríos y lagunas con menor contaminación (Badii y Howell, 2006).

El procesamiento en plantas pesqueras produce una gran biomasa de desechos como piel, huesos y aletas y generalmente es descartado, aproximadamente 7,3 millones de toneladas por año (Kelleher, 2005). La venta de pescado para el consumo humano directo en los mercados, producen aún más desechos que las empresas

pesqueras, debido al ineficiente uso de esta materia prima, generándose 35% de desperdicios, que pueden ser destinados a la fabricación de ensilado (empleando vísceras) y gelatina (empleando pieles y huesos). Alrededor del 30% de ese desperdicio consiste de piel y hueso con alto contenido de colágeno (Muyonga et al., 2004).

La extracción de gelatina a partir de especies de pescado ha sido reportada por varios autores en trabajos de investigación como Schrieber y Gareis (2007), Jamilah y Harvinder (2002), Gudmundsson y Hafsteinnsson (1997) quienes demostraron la factibilidad de obtener gelatina con diferentes especies de pescado de otras zonas del mundo. En el Perú, el tollo (*Mustelus mento*) es una especie típica que abunda en el mar peruano y es utilizada muy frecuentemente en la culinaria peruana y cuya piel actualmente no tiene ninguna transformación que genere valor agregado. Por este motivo, en el presente trabajo de investigación se planteó determinar los parámetros de temperatura y tiempo de extracción para obtener mayor rendimiento y fuerza de gel de gelatina por hidrólisis alcalina.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó piel de tollo (*Mustelus mento*) proveniente del descarte de un restaurante de platos típicos peruanos.

Las pieles de tollo se lavaron con agua potable y se cortaron en cuadrados de 1cm. Luego se sometieron a pre tratamiento con una solución de Hidróxido de sodio 0,1N en la proporción 3/1 p/v a la temperatura de 10°C por 48 horas. Se lavaron los trozos con agua destilada y se neutralizó con ácido clorhídrico 0,05N.

Para el proceso de extracción se colocaron 150 g de piel pre tratadas, con agua destilada en la proporción 1/4 lo que constituyó un tratamiento. La temperatura de extracción osciló entre 60°C a 95°C y el tiempo entre 30 min a 240 min.

Se filtraron las soluciones y se obtuvo la parte líquida que constituyó la gelatina en solución. Esta solución se congeló por 24 horas lográndose la gelificación y, el agua excedente se separó por descongelación a 20°C. Los geles de gelatina fueron colocadas en un secador a 60°C por 12 horas para obtener láminas de gelatina deshidratada.

Se caracterizó la muestra de piel de tollo y gelatina extraída mediante la determinación de la humedad (AOAC: 925.10,1990) y las cenizas y AOAC: 7009 (1984)

Para la determinación de la fuerza de gel se empleó el Gelómetro tipo Bloom (AOAC 948.21, 2006)

#### Análisis estadístico

Se empleó el diseño rotacional central compuesto (DCCR) de segundo orden con resultados en superficies de respuesta. El valor  $\alpha$  para nuestro diseño con dos factores es  $\alpha = 1,41$ . El planeamiento factorial nos indicó realizar  $2k + 2^k + pc = 11$  experimentos. En la tabla 1 se muestran los niveles de las variables independientes (x1: tiempo de extracción en minutos; x2: temperatura en °C).

Tabla 1: Niveles de los factores estudiados.

| Variables      | Niveles |      |      |       |      |
|----------------|---------|------|------|-------|------|
|                | -1.41   | -1   | 0    | 1     | 1.41 |
| X <sub>1</sub> | 30      | 60,5 | 135  | 209,5 | 240  |
| X <sub>2</sub> | 60      | 65,1 | 77,5 | 89,9  | 95   |

Se construyeron modelos del tipo:

$$Y \approx \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2$$

(Donde  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_{11}$ ,  $\beta_{22}$ , y  $\beta_{12}$ : Coeficientes de regresión; Y: Respuesta), en función de los coeficientes significativos para cada respuesta (rendimiento y fuerza de gel). Luego, se realizó un ANVA para los modelos y el cálculo de los coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>), pruebas que permiten validar estadísticamente los modelos. Finalmente, se generaron superficies de respuesta con el Software Statistica 7.0, donde se buscaron regiones de interés.



Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de obtención de gelatina por extracción alcalina a partir de piel de tollo (Mustelus mento).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados experimentales de los ensayos realizados

Se obtuvo gelatina con diferentes rendimientos expresados en porcentaje y fuerzas de gel expresados en gramos, valores que se muestran en la tabla 2 a partir de piel con  $3,98 \pm 0,48\%$  de contenido de cenizas.

Con el tratamiento 5 se permitió obtener un mayor rendimiento donde se empleó mayor tiempo (240min) y una temperatura de  $77,5^\circ\text{C}$ . Por otro lado, el tratamiento 8 que se realizó a la más baja temperatura ( $60^\circ\text{C}$ ) obtuvo un valor mayor de fuerza de gel ( $153,2 \text{ g Bloom}$ ) y en 135 minutos de extracción. Esto nos permitió determinar el efecto del tiempo y la temperatura sobre ambas variables de respuesta, demostrándose que tiempos largos permiten obtener rendimientos mayores y temperaturas de extracción bajas permiten obtener gelatinas con mayor fuerza de gel.

Tabla 2: Resultados experimentales de los ensayos realizados.

| N | Variables reales |                  | Variables respuesta |                   |
|---|------------------|------------------|---------------------|-------------------|
|   | Tiempo (°C)      | Temperatura (°C) | Rendimiento (%)     | Fuerza de Gel (g) |
|   | X <sub>1</sub>   | X <sub>2</sub>   | Y <sub>1</sub>      | Y <sub>2</sub>    |

|    |       |      |      |       |
|----|-------|------|------|-------|
| 1  | 209,5 | 89,9 | 27,0 | 22,3  |
| 2  | 209,5 | 65,1 | 25,4 | 89,3  |
| 3  | 60,5  | 89,9 | 22,4 | 100,6 |
| 4  | 60,5  | 65,1 | 20,2 | 120,6 |
| 5  | 240,0 | 77,5 | 29,8 | 32,3  |
| 6  | 30,0  | 77,5 | 16,7 | 78,3  |
| 7  | 135,0 | 95,0 | 24,8 | 40,8  |
| 8  | 135,0 | 60,0 | 23,3 | 153,2 |
| 9  | 135,0 | 77,5 | 24,0 | 68,2  |
| 10 | 135,0 | 77,5 | 24,2 | 64,2  |
| 11 | 135,0 | 77,5 | 24,1 | 66,6  |

En promedio, el rendimiento de extracción de gelatina a partir de pescado es más bajo que la extraída a partir de mamíferos, siendo entre el 6 y 19% (expresado como gramos de gelatina seca por cada 100 g de piel limpia). Los bajos rendimientos de extracción podrían ser debido a la extracción del colágeno durante los sucesivos lavados que se le da a la piel o por la hidrólisis incompleta del colágeno (Jamilah y Harvinder, 2002). Los rendimientos encontrados en esta experiencia en base seca oscilan en el rango de 16,7% y 29,8%, valores bastante aceptables si consideramos que Rahman et al. (2008) reportaron rendimientos de 18% de gelatina extraída a partir de atún de aleta amarilla y concluyeron que el rendimiento y calidad de la gelatina no sólo están influenciados por la especie o tejido del cual es extraído, sino también por el proceso de extracción. Mohtar et al. (2010), reportaron un rendimiento de 17,4% de gelatina extraída a partir de hoki a 49°C por 60 min en solución de NaCl 0,75 M. Lo que no se detalla en esas investigaciones es si el rendimiento reportado es para gelatina purificada (decolorada y deodorizada) o gelatina bruta.

Con respecto a la fuerza de gel, se obtuvieron valores entre 22,3 y 153,2 g que se pueden considerar valores razonablemente aceptables. La fuerza de gel es uno de los más importantes indicadores de calidad de gelatina, siendo su rango comercial entre 100 a 300 g y rango deseado entre 250 a 260 g para su uso en la industria alimenticia (yogurt, embutidos, gomitas, etc.) (Holzer, 1996).

Karim y Bhat (2009) establecen que la mayoría de gelatinas extraídas de pescado presentan una fuerza de gel entre 0 y 270 g, valores menores a la fuerza de gel que presentan la gelatina bovina y porcina (entre 200 y 240 g). Sin embargo, Cho et al. (2005) reportaron una fuerza de gel de 426 g a partir de gelatina extraída de atún de aleta amarilla. Siendo el tollo un pez cartilaginoso de aguas frías, la gelatina extraída de ellos no gelifica bien a temperaturas mayores a 10°C y presentan bajas fuerzas de gel (Norland, 1990); a diferencia de los peces de agua caliente los cuales cuentan con fuerzas de gel cercanos a los de gelatina porcina (Gudmundsson y Hafsteinsson, 1997).

Modelaje matemático según el DCCR.

En la tabla 3 se muestran los coeficientes de cada modelo con su respectivo valor de probabilidad p.

Tabla 3: Coeficientes de regresión de los modelos obtenidos.

| Factor              | Rendimiento |         | Fuerza gel  |         |
|---------------------|-------------|---------|-------------|---------|
|                     | Coeficiente | p       | Coeficiente | p       |
| Intercepto          | 11,03634    | 0,67912 | 823,5195    | 0,02146 |
| X <sub>1</sub> (L)  | 0,07669     | 0,30440 | 0,8755      | 0,24512 |
| X <sub>1</sub> (Q)  | -0,00007    | 0,56024 | -0,0007     | 0,55650 |
| X <sub>2</sub> (L)  | 0,06119     | 0,92489 | -18,0733    | 0,03185 |
| X <sub>2</sub> (Q)  | 0,00011     | 0,97956 | 0,1117      | 0,03484 |
| Interacción         | -0,00014    | 0,86262 | -0,0127     | 0,15793 |
| R <sup>2</sup>      | 91,15%      |         | 93,34%      |         |
| R <sup>2</sup> Adj. | 82,29%      |         | 86,68%      |         |

Para la variable rendimiento no se obtuvieron coeficientes significativos; por lo tanto para el diseño del modelo se tomaron todos los coeficientes para obtener un modelo predictivo con coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) del 91,15% y coeficiente de determinación ajustado (R<sup>2</sup> Adj) de 82,29%.

El modelo de regresión encontrado para el rendimiento sigue la siguiente ecuación:

$$Y_1 = 11,04 + 0,077 X_1 - 0,00007 X_{12} + 0,0612 X_2 + 0,0001 X_{22} - 0,0001 X_1 X_2$$

Y1: porcentaje de rendimiento.  
 X1: tiempo de extracción en minutos.  
 X2: temperatura de extracción en °C.

Para la variable fuerza de gel se obtuvieron 3 coeficientes significativos para el diseño del modelo de regresión: el intercepto, la temperatura lineal y la temperatura cuadrática. Aparentemente este sería el modelo a tomar, pero debido al bajo valor de coeficiente de determinación (61,2%) que presenta la regresión consideramos todos los coeficientes para aumentar la capacidad de predicción del modelo obteniendo un coeficiente de determinación de 93,34% y un coeficiente de determinación ajustado de 86,68%. El modelo de regresión encontrado para la fuerza de gel sigue la siguiente ecuación:

$$Y2 = 823,5 + 0,8755 X1 - 0,0007 X1^2 - 18,073 X2 + 0,112 X2^2 - 0,0127 X1 X2$$

Y2: la fuerza de gel en unidades Bloom (g)

Como observamos en la tabla 4, tanto para el modelo de regresión del rendimiento y fuerza de gel son significativos ( $F_{cal} > F_{tab}$ )

Tabla 4. Análisis de varianza de los modelos de regresión.

| Modelo de rendimiento   |         |      |         |         |          |     |
|-------------------------|---------|------|---------|---------|----------|-----|
| F.V.                    | SC      | g.l. | CM      | F       | Fta      |     |
|                         |         |      |         |         |          | c b |
|                         |         |      |         |         |          | a   |
|                         |         |      |         |         |          | l   |
| <b>Regresión</b>        | 104,792 | 5    | 20,9583 | 10,1900 | 5,050329 |     |
| <b>Error</b>            | 10,284  | 5    | 2,05674 | 3       |          |     |
| <b>Total</b>            | 115,075 | 10   |         |         |          |     |
| Modelo de Fuerza de gel |         |      |         |         |          |     |
| F.V.                    | SC      | g.l. | CM      | Fcal    | Ftab     |     |
|                         |         |      |         |         |          |     |
| <b>Regresión</b>        | 13661,7 | 5    | 2732,34 | 9,79005 | 5,050329 |     |
| <b>Error</b>            | 17      | 5    | 3,36    | 6       |          |     |
| <b>Total</b>            | 1395,46 | 9    | 279,093 |         |          |     |
|                         | 15057,1 | 10   |         |         |          |     |
|                         | 85      |      |         |         |          |     |

Efecto del tiempo y temperatura de extracción

El análisis de varianza de la tabla 5 nos indica que sólo la variable tiempo en forma lineal X1(L) afecta significativamente sobre el rendimiento de la gelatina ( $p < 0,05$ ). Esto significa que a mayor tiempo de extracción se obtiene la mayor cantidad de colágeno hasta agotar el que se encuentra en el tejido.

En la figura 2 se corrobora que el rendimiento es mayor al ir aumentando el tiempo de extracción, mientras que casi no se ve afectado por la temperatura.

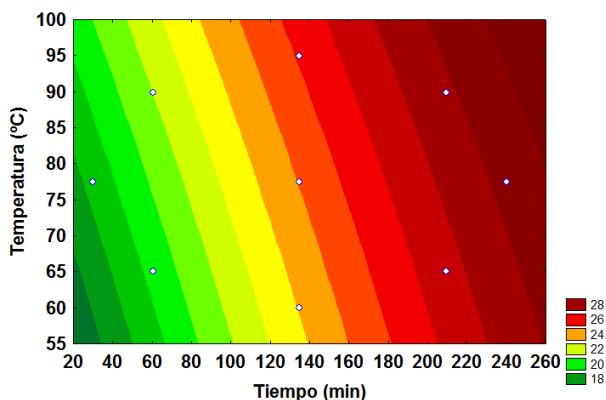
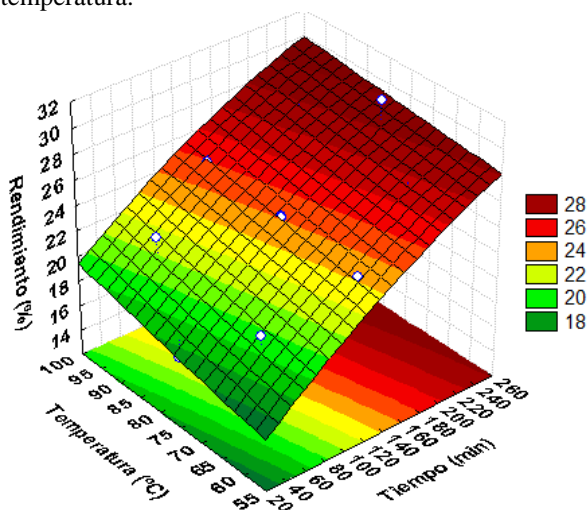


Figura 2: Superficie de respuesta y superficie de contornos para la variable rendimiento.

En la figura 3, se aprecia el efecto del tiempo y la temperatura de extracción sobre la fuerza de gel (Bloom) de la gelatina. En dicha figura se observa que a bajas temperaturas se puede obtener una

gelatina de alto Bloom sin que el tiempo le afecte, también se observa que, se puede obtener gelatinas de alto Bloom a altas temperaturas, pero en tiempos cortos. Esto se corrobora con el análisis de varianza mostrado en la tabla 6, las variables tiempo lineal, temperatura lineal y temperatura cuadrática afectan significativamente a la variable fuerza de gel ( $p < 0,05$ ).

Tabla 5: Análisis de varianza de la variable rendimiento.

| F,V,               | SC      | g.l, | CM     | Fcal   | p      |
|--------------------|---------|------|--------|--------|--------|
| X1 (L)             | 99,724  | 1    | 99,724 | 48,941 | 0,0009 |
| <b>X1 (Q)</b>      | 0,792   | 1    | 0,792  | 0,389  | 0,5602 |
| X2 (L)             | 4,206   | 1    | 4,206  | 2,064  | 0,2103 |
| X2 (Q)             | 0,001   | 1    | 0,001  | 0,001  | 0,9796 |
| <b>Interacción</b> | 0,068   | 1    | 0,068  | 0,033  | 0,8626 |
| <b>Error</b>       | 10,188  | 5    | 2,038  |        |        |
| <b>Total SS</b>    | 115,075 | 10   |        |        |        |

Esto se puede explicar por Djabourov et al. (1993) quienes establecieron que las temperaturas mayores a 40°C destruyen los puentes de hidrógeno y rompen muchos enlaces covalentes que ayudan a desestabilizar la triple hélice y convirtiéndola en gelatina soluble; pero las temperaturas mucho más altas (superiores a 80°C) pueden romper demasiados enlaces, debilitando la fuerza de gel. La superficie de contorno muestra que las temperaturas excesivas debilitan la fuerza de gel, mientras que las bajas temperaturas ayudan a mantenerla.

La superficie de contornos, muestra un leve crecimiento de la fuerza de gel a temperaturas mayores de 85°C, lo cual puede contradecir lo dicho anteriormente. Sin embargo, según Intarasirisawat et al. (2007), algunas proteasas termoestables endógenas de la piel están involucradas en la degradación de las moléculas de gelatina (especialmente las cadenas  $\alpha$  y  $\beta$ ) durante el proceso de extracción a elevadas temperaturas, que contribuye a obtener gelatinas de bajo Bloom. Estas proteasas ayudan en la disminución de la fuerza de gel de la gelatina, pero las temperaturas superiores a 85°C comienzan a inactivar dichas enzimas, aumentando la probabilidad de obtener gelatinas de mayor Bloom.

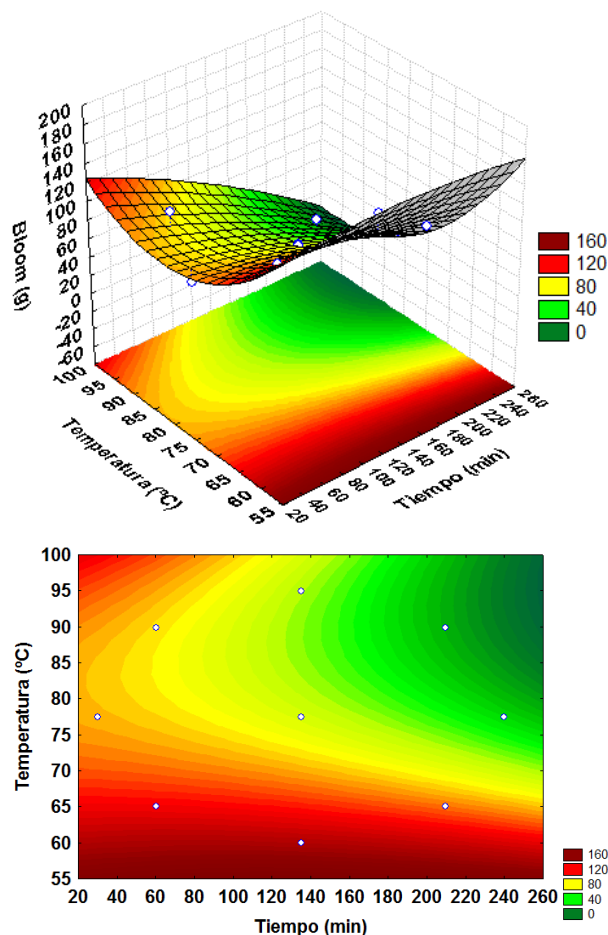


Figura 3: Superficie de respuesta y superficie de contornos para la variable fuerza de gel (Bloom).

Tabla 6: Análisis de varianza de la variable fuerza de gel (Bloom)

| F,V,               | SC      | g.l, | CM      | Fcal  | p      |
|--------------------|---------|------|---------|-------|--------|
| X1 (L)             | 3816,30 | 1    | 3816,30 | 19,02 | 0,0073 |
| <b>X1 (Q)</b>      | 79,54   | 1    | 79,544  | 0,39  | 0,5565 |
| X2 (L)             | 7557,31 | 1    | 7557,31 | 37,68 | 0,0017 |
| X2 (Q)             | 1656,31 | 1    | 1656,31 | 8,26  | 0,0348 |
| <b>Interacción</b> | 552,25  | 1    | 552,25  | 2,75  | 0,1579 |
| <b>Error</b>       | 1002,80 | 5    | 200,56  |       |        |
| <b>Total SS</b>    | 15057,1 | 10   |         |       |        |

Al interceptar las superficies de contorno de ambas variables, como se aprecia en la figura 4, se distingue que en tiempos entre 220 y 240 minutos, y temperaturas entre 60 y 65°C (valores dentro de los rangos estudiados), se obtienen altos rendimientos y valores elevados de fuerza de gel. Karim y Bhat (2009), demostraron que el proceso de extracción realizado puede influenciar en la longitud de las cadenas polipeptídicas y propiedades funcionales de la gelatina. Esto depende de los parámetros de proceso (temperatura, tiempo y pH), el pretratamiento que se haya efectuado y el acondicionamiento y la preservación que se le haya dado a la materia prima. Se ha demostrado en este estudio que existe influencia de tiempo y temperatura pero también se debe considerar que existen otros factores como los mencionados por Karim y Bhat (2009).

La gelatina obtenida en estas condiciones de extracción, presento un contenido de cenizas promedio de  $2.19 \pm 0,11$  %. Según la RTCR 9 (1956), el porcentaje de cenizas máximo que debe presentar la gelatina comestibles es del 2%. La gelatina que se extrajo tuvo un contenido superior debido a la falta de deodorización y decoloración que reduce el contenido de cenizas.

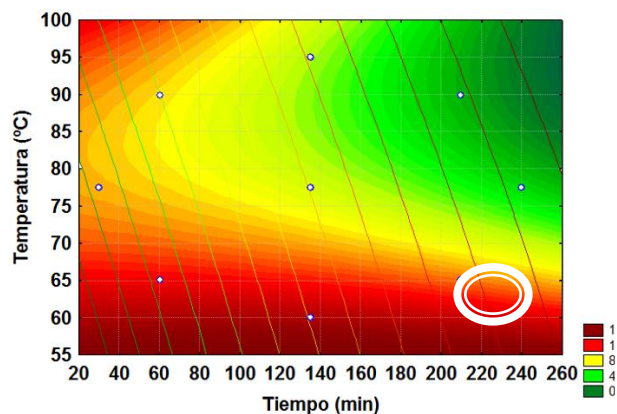


Figura 4: Intercepción de las superficies de contorno de las variables de estudiadas (Fuerza de gel sombreado y porcentaje de rendimiento líneas)

#### Validación del modelo

Se validaron los modelos dentro de los rangos “óptimos” de temperatura y tiempo.

Tabla 7: Valores de rendimiento experimental y previsto por el modelo.

| X1(min)    | X2 (°C) | Rend, Exp, | Rend, Pre, | Error (%) |
|------------|---------|------------|------------|-----------|
| <b>220</b> | 60,0    | 27,4       | 26,7       | 2,41      |
| <b>230</b> | 62,5    | 26,3       | 27,2       | 3,47      |
| <b>240</b> | 65,0    | 28,1       | 27,7       | 1,53      |

Tabla 8: Valores de fuerza de gel experimental y previsto por el modelo.

| X1(min)    | X2 (°C) | F, gel exp, | F, gel pre, | Error (%) |
|------------|---------|-------------|-------------|-----------|
| <b>220</b> | 60,0    | 137,3       | 132,3       | 3,62      |
| <b>230</b> | 62,5    | 108,4       | 112,0       | 3,36      |
| <b>240</b> | 65,0    | 98,2        | 92,4        | 5,94      |

La tabla 7 y 8 muestran que ambos modelos presentan una buena capacidad de predicción y pueden ser empleados dentro del rango establecido en el presente trabajo de investigación, puesto que presentan errores porcentuales entre 1,53% y 5,94%.

## CONCLUSIONES

Se encontró influencia de la temperatura y tiempo de extracción en el rendimiento y fuerza de gel de gelatina con pre tratamiento alcalino obtenida a partir de piel de tollo (*Mustelus mento*), donde a mayores tiempos de extracción mayor fue el rendimiento de gelatina y a menor temperatura de extracción, mayor fue la fuerza de gel.

Se obtuvo gelatina con una fuerza de gel entre 22,3 y 153,2 g y rendimientos de 16,7 y 29,8% en los diferentes ensayos realizados, siendo los parámetros tiempo y temperatura de extracción para obtener mayor rendimiento (27 a 28%) y mayor fuerza de gel (130 a 150g) estuvieron en los rangos de 220 y 240 minutos, y 60 y 65°C respectivamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Arnesen, J. y Gildberg, A. 2007.Extraction and characterization of gelatin from Atlantic salmon (*Salmosalar*) skin. *Bioresource Technology*, 98, 53–57.

- [2] AOAC. 1984. Official Methods of Analysis 7009. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- [3] AOAC. 1990. Official Methods of Analysis 948.21. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- [4] AOAC. 2006. Official Methods of Analysis 925.10. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- [5] Asher, D. 1999. The transmissible spongiform encephalopathy agents: concerns and responses of the United States regulatory agencies in maintaining the safety of biologics. *Developments in Biological Standardization*, 100, 103–118.
- [6] Babin, H., y Dickinson, E. 2001. Influence of transglutaminase treatment on the thermoreversible gelation of gelatin. *Food Hydrocolloids*, 15, 271–276.
- [7] Cho, S., Gu, Y. y Kim, S. 2005. Extraction optimization and physical properties of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*, 19, 221–229.
- [8] Djabourov, M., Lechaire, J., y Gaill, F. 1993. Structure and rheology of gelatin and collagen gels. *Biorheology*, 30, 191–205.
- [9] GME. 2008. Gelatin Manufacturers of Europe. <http://www.gelatine.org/en/gelatine/overview/127.htm>. Accessed 15.03.11.
- [10] Gudmundsson, M., y Hafsteinsson, H. 1997. Gelatin from cod skins as affected by chemical treatments. *Journal of Food Science*, 62, 37–47.
- [11] Intarasirisawat, R., Benjakul, S., Visessanguan, W., Prodpran, T., Tanaka, M., y Howell, N. K. 2007. Autolysis study of big eye snapper (*Priacanthus macracanthus*) skin and its effect on gelatin. *Food Hydrocolloids*, 21, 537–544.
- [12] Jamilah, B., y Harvinder, K. G. 2002. Properties of gelatins from skins of fish-blacktilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*). *Food Chemistry*, 77, 81–84.
- [13] Karim, A. y Bhat, R. 2009. Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids* 23.563-576.
- [14] Kelleher, K. 2005. Discards in the world's marine fisheries. An update. FAO Fisheries Technical Paper N 470 (pp. 131). Rome.
- [15] Mohtar, N., Pereda, C. y Quek, S. 2010. Optimisation of gelatine extraction from hoki (*Macruronus novaezelandiae*) skins and measurement of gel strength and SDS–PAGE. *Food Chemistry*. 122, 307-313.
- [16] Muyonga, J., Cole, C. y Duodu, K. 2004. Extraction and physico-chemical characterisation of Nile perch (*Lates niloticus*) skin and bone gelatin. *Food Hydrocolloids*, 18, 581–592.
- [17] Norland, R. 1990. Fish gelatin. In M. N. Voight, & J. K. Botta (Eds.), *Advances in fisheries technology and biotechnology for increased profitability*. 325–333. Lancaster: Technomic Publishing Co.
- [18] Rahman, M., Al-Saidi, G. y Guizani, M. 2008. Thermal characterisation of gelatin extracted from yellowfin tuna skin and commercial mammalian gelatin. *Food Chemistry*. 108, 472-481.
- [19] RTCR 9, 1956. Norma general para gelatina comestible. *Revista la Gaceta*. Vol 4.
- [20] Schrieber, R. y Gareis, H. 2007. *Gelatin handbook. Theory and industrial practice*. Wiley-VCH, Germany.
- [21] Wilesmith, J., Ryan, J. y Atkinson, M. J. (1991). Bovine spongiform encephalopathy: epidemiological studies on the origin. *Veterinary Record*, 128, 199–203.