

## CAPÍTULO 3

### DELINEAMIENTO EXPERIMENTAL

#### 3.1 Determinación del tipo de apanadura, tiempo y temperatura de fritura

Al trabajar con un producto frito la absorción de grasa es uno de los parámetros que requiere ser controlado con mayor atención tanto por el rendimiento del aceite como por el aspecto nutricional y la salud del consumidor. En el Capítulo 1, Sección 1.2.3.2 se determinó dos tiempos y dos temperaturas de fritura con los cuales el producto se cocina bien y no se dora en exceso, también se probó varios tipos de miga tomándose la decisión de utilizar miga curuba en 2 tamaños de partícula. Con este diseño experimental se buscó la combinación de los factores tiempo, temperatura y tipo de miga con que se obtiene menor absorción de aceite para de esta manera determinar el tratamiento ideal para la elaboración del prototipo final.

##### 3.1.1 Características del Diseño:

- **Tipo de Diseño:** Diseño Completamente Aleatorizado con Modelo Factorial  $2^3$  (8 tratamientos).
- **Factores:** 3 (Tipo de miga, tiempo y temperatura de fritura).
- **Niveles:** 2 (Para cada factor)
- **Número de Repeticiones:** 3
- **Variable medida:** Contenido de grasa después de fritura

En la Tabla 3.1 se observa la interacción de los factores y en la tabla 3.2 se detalla el arreglo de los diferentes tratamientos

Tabla 3.1 Interacción para arreglo de muestras

Tipo de Miga	t (min)	T (°C)
	4	160
Gruesa (8/20)		180
	5	160
		180
Fina (20/60)	4	160
		180
	5	160
		180

Tabla 3.2 Detalle de los tratamientos diseño experimental 1

<b>Tratamiento</b>	<b>Involucra</b>
A	Miga Gruesa x 4min x 160° C
B	Miga Gruesa x 4 min x 180 ° C
C	Miga Gruesa x 5 min x 160 ° C
D	Miga Gruesa x 5 min x 180 ° C
E	Miga Fina x 4 min x 160 ° C
F	Miga Fina x 4 min x 180 ° C
G	Miga Fina x 5 min x 160 ° C
H	Miga Fina x 5 min x 180 ° C

### 3.1.2 Procedimiento Utilizado

#### 3.1.2.1 Preparación de Muestras.

**Fileteado:** Se realizó a partir de troncos de pescado faenados, es decir a los cuales ya se les había extraído escamas, aletas dorsal, caudal y ventral, cabeza, vísceras y piel. Este procedimiento se realizó de forma manual sobre una tabla, se cortaron 24 filetes o muestras (8 tratamientos x 3 repeticiones) procurando que tengan tamaño y medidas regulares. Se procuró que cumplieren con las siguientes dimensiones: 11 cm x 7 cm x 0,8 cm y un peso aproximado de 113,5 g.

**Preparación de Salmuera:** Se pesó el condimento y el antioxidante de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y fueron diluidos con agitación en agua filtrada y purificada.

**Marinado:** Se sumergió los filetes en la salmuera durante 4 horas y fueron colocados en la cámara de 4°C durante 4 horas.

**Enharinado:** Los filetes de pescado se sumergieron en el batido y en 2 bandejas se apanaron las muestras, 12 con miga gruesa y 12 con miga fina.

**Fritura:** Se utilizó fritura por inmersión en una freidora eléctrica marca Oster Modelo SD 238 SD, cuyas especificaciones se pueden revisar en el anexo 3.1. Esta freidora tiene un regulador de temperatura

automático, lo cual facilitó el trabajo con las dos temperaturas involucradas en ese diseño experimental (160°C y 180°C), el tiempo fue medido con un cronómetro (4 y 5 minutos).

**Enfriamiento:** Una vez fritos los filetes se dejó enfriar a temperatura ambiente hasta alcanzar 20°C, verificando la temperatura con un termómetro bimetálico de punzón.

**Empacado:** Los filetes se empacaron al vacío en bolsas plásticas de polietileno de baja densidad (PEBD), utilizando una empacadora marca Multivac modelo C200, cuyas especificaciones pueden ser revisadas en el anexo 3.2.

**Congelación y almacenamiento:** Se congelaron y almacenaron los filetes a -18°C en la cámara de congelación.

### 3.1.2.2 Contenido de Grasa:

El contenido de grasa fue realizado mediante extracto etéreo utilizando el siguiente procedimiento (AOAC, 920.85)

Se descongeló el filete durante 3 minutos en microondas marca Samsung modelo MG 1160WA a potencia máxima (1150 watts). Posteriormente se trituró y homogenizó el producto. En un capuchón limpio y seco, se pesó 2 gramos de muestra aproximadamente. Se pesó el balón junto a 3 núcleos de ebullición completamente secos y se agregó 130 mL de hexano. En el sifón del equipo se colocó el capuchón con la muestra, se abrió la corriente de agua. Se alineó y se verificó que todos los acoples estén bien sellados y se encendió la manta de calentamiento. Se observó que se iniciara el ciclo y se dejó funcionando durante 4 horas. Posteriormente se destiló y se recogió el hexano en el rotavapor. El balón, con los núcleos y el extracto etéreo fue colocado en la estufa a 60°C hasta el día siguiente siendo pesado, calculándose la cantidad de grasa obtenida por diferencia de peso.

Para conocer el contenido de grasa se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de grasa } g/100g = \frac{(\text{peso balón} + \text{núcleos} + \text{grasa}) - (\text{peso balón} + \text{núcleos})}{\text{peso muestra}} \times 100$$

En la Tabla 1 del anexo 3.3 se puede ver los datos de cada muestra con el respectivo contenido de grasa obtenido.

### 3.1.3 Resultados

En la Tabla 3.3 se presenta el resumen del análisis de varianza (ANOVA) del contenido de grasa después de la fritura en los tratamientos.

Tabla 3.3 Resumen del análisis de varianza (ANOVA) del contenido de grasa después de la fritura en los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F c.	F esp.	
					0,05	0,01
<b>TOTAL</b>	23	81,494				
<b>TRATAMIENTOS</b>	7	74,544	10,649	24,517 **	2,66	4,03
<b>Miga</b>	1	14,202	14,202	32,696 **	4,49	8,53
<b>Tiempo</b>	1	0,379	0,379	0,873 <sup>NS</sup>	4,49	8,53
<b>Miga vs Tiempo</b>	1	2,567	2,567	5,909 *	4,49	8,53
<b>Temperatura</b>	1	6,561	6,561	15,106 **	4,49	8,53
<b>Miga vs Temperatura</b>	1	0,338	0,338	0,779 <sup>NS</sup>	4,49	8,53
<b>Tiempo vs Temperatura</b>	1	49,072	49,072	112,975 **	4,49	8,53
<b>Miga vs tiempo vs Temperatura</b>	1	1,425	1,425	3,281 <sup>NS</sup>	4,49	8,53
<b>EE</b>	16	6,950	0,434			

\*\*Significativo al 1% para la prueba de F, \*Significativo al 5% para la prueba de F, <sup>NS</sup> No significativo para la prueba de F

Existe interacción significativa con significancia de 1% para la combinación de los diferentes tratamientos y niveles, con relación a la absorción de grasa durante la fritura. Existe diferencia significativa al 1% entre los tipos de miga utilizada. No es significativa la diferencia entre los tiempos involucrados. La interacción entre el tipo de miga y el tiempo involucrado es significativa al 5%. Existe diferencia significativa al 5% entre las temperaturas involucradas. La interacción entre la miga y temperatura no es significativa. La interacción entre tiempo y temperatura es significativa al 1%. La interacción entre miga, tiempo y temperatura no es significativa.

El coeficiente de variación obtenido fue de 8,18%, un valor bastante aceptable para un experimento realizado a nivel de laboratorio (Sánchez, 2007).

En la Tabla 3.4 se presenta el contenido de grasa de los tratamientos

Tabla 3.4 Contenido de grasa de los tratamientos.

<b>Tratamiento</b>	<b>Contenido de Grasa (g/100g)</b>
<b>E</b>	10,686 a
<b>H</b>	10,308 ab
<b>A</b>	9,076 bc
<b>G</b>	8,244 c
<b>D</b>	7,865 c
<b>C</b>	7,439 c
<b>F</b>	6,055 d
<b>B</b>	5,896 d

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí según la prueba Duncan con significancia del 5 %

De acuerdo a la Tabla 3.4 los tratamientos E y H no presentan diferencia significativa entre sí y presentan el contenido de grasa más alto, de igual forma los tratamientos A, G, D y C no presentan diferencia significativa entre sí. Los tratamientos F (Miga fina, a 180 °C por 4 minutos) y B (Miga gruesa, fritura a 180 °C por 4 minutos) no tienen diferencia significativa entre sí, pero sí tienen diferencia significativa con respecto a los otros tratamientos presentando el menor contenido de grasa, por lo tanto estos tratamientos fueron sometidos a un análisis sensorial para determinar cual prefiere el consumidor. Acorde a estos resultados para obtener una menor absorción de grasa durante el proceso de fritura se debe utilizar una temperatura alta y tiempo corto de fritura, y en este caso el tamaño de partícula no es representativo más que para obtener una textura diferente en el producto.

### **3.2 Determinación de la temperatura y tiempo ideal de calentamiento**

Para determinar el tiempo y la temperatura ideal de calentamiento del producto se utilizaron 2 diseños experimentales, uno para el calentamiento en microondas y otro para el calentamiento en horno convencional. No se recomienda calentamiento en sartén por que la calidad del producto se ve alterada por desprendimiento de apanadura y exceso de grasa absorbida.

### 3.2.1 Calentamiento en microondas:

Para determinar el tiempo ideal de calentamiento en horno microondas de los filetes congelados, se realizaron pruebas preliminares. Se escogió la máxima potencia del microondas porque es la recomendación de la gran mayoría de productos congelados similares existentes en el mercado, se descarto tiempo menor a 2 minutos por que el producto aun estaba congelado en el centro y con tiempo mayor a 3:30 el producto se calentó excesivamente y se dañó la apariencia.

**Tipo de Diseño:** Diseño Completamente Aleatorizado.

**Tratamiento:** Tiempo de calentamiento a potencia máxima de microondas (1150 watts).

**Numero de tratamientos:** 4

**Número de Repeticiones:** 3

**Variable medida:** Temperatura en el centro del producto.

En la Tabla 3.5 se describen los tratamientos.

Tabla 3.5 Descripción de los tratamientos:

Tratamiento	Tiempo de calentamiento en microondas a 1150 watts
1	2 minutos
2	2 minutos con 30 segundos
3	3 minutos
4	3 minutos con 30 segundos

#### 3.2.1.1 Procedimiento Utilizado:

Los diferentes tiempos de calentamiento en microondas fueron aplicados a muestras preparadas y congeladas previamente que cumplieron con las siguientes dimensiones 11 cm x 7 cm x 0,8 cm y un peso de 110 g, es decir el equivalente a 2 porciones de acuerdo a la recomendación de la norma INEN 1334-2 para rotulado nutricional de alimentos.

Se cortó la funda, se extrajo el producto y se colocó en un plato tendido.

Se calibró el microondas Samsung modelo MG 1160WA para que trabajase a potencia máxima (1150 watts), colocándose el plato con la muestra, se aplicaron los diferentes tiempos de calentamiento con 3 repeticiones.

Cuando se cumplió el tiempo se extrajo el producto del microondas y con un termómetro bimetálico de punzón se midió la temperatura en el centro del producto.

### 3.2.1.2 Resultados

En la Tabla 3.6 continuación se presenta el resumen del análisis de varianza (ANOVA) de la temperatura en el centro del producto de los tratamientos.

Tabla 3.6 Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de la temperatura en el centro del producto de los tratamientos.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F. c.</b>	<b>F crítico</b>	
					<b>0,05</b>	<b>0,01</b>
<b>Total</b>	11	216,9167				
<b>Tratamientos</b>	3	206,9167	68,9722	55,1778**	4,07	7,59
<b>EE</b>	8	10,0000	1,2500			

\*Significativo al 1% para la prueba F

Existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos con 1 % de significancia

El coeficiente de variación es 1,61 % un valor bastante aceptable para un experimento realizado a nivel de laboratorio (Sánchez, 2007).

En la Tabla 3.7 se pueden observar las temperaturas en el centro del producto de los tratamientos.

Tabla 3.7 Temperaturas en el centro del producto de los tratamientos

<b>Tratamiento</b>	<b>Temperatura en el centro del producto (C°)</b>
4	75,00 a
3	70,33 b
2	69,67 b
1	63,33 c

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí según la prueba de Tukey con significancia del 5 %

El tratamiento 4 es diferente a los demás tratamientos al igual que el tratamiento 1, pero los tratamientos 3 y 2 no presentan diferencia significativa entre sí. La recomendación para servir un producto a base de pescado es de 65°C a 70°C (USDA, 2002). Como se puede ver en la Tabla 3.7 cuando se aplica 3 minutos con 30 segundos (tratamiento 4) la temperatura está por encima de la

recomendación y cuando se aplica 2 minutos (tratamiento 1) la temperatura alcanzada está por debajo de la recomendación. Cuando se aplica 3 minutos (tratamiento 3) y 2 minutos con 30 segundos (tratamiento 2) no se observa diferencia significativa entre estos dos tratamientos y además se encuentran dentro de la recomendación por lo que se indicará en la etiqueta del envase que se caliente el producto en horno microondas de 2 minutos con 30 segundos a 3 minutos con 30 segundos a 1150 watts de potencia.

### **3.2.2 Calentamiento en Horno Convencional**

Para determinar la temperatura y tiempo de calentamiento en horno convencional se realizaron pruebas con anterioridad para conocer dentro de que rangos se debía trabajar. De esta forma se descartó temperaturas mayores a 180°C, porque se empezaba a quemar la corteza del producto en menos de 8 minutos mientras el centro estaba aún frío, y con temperaturas menores a 160°C, el tiempo de calentamiento requerido era excesivo, por lo que se decidió usar una temperatura de 170°C y se utilizó el diseño experimental que se detalla a continuación para determinar el tiempo ideal de calentamiento en horno convencional por convección de calor.

**Tipo de Diseño:** Diseño Completamente Aleatorizado.

**Tratamiento:** Filetes calentados en horno convencional a 170°C durante diferentes tiempos.

**Numero de tratamientos:** 3 en la Tabla 3.8 se describen los tratamientos.

**Número de Repeticiones:** 3

**Variable medida:** temperatura en el centro del producto

Tabla 3.8 Descripción de los tratamientos:

<b>Tratamiento</b>	<b>tiempo (min)</b>
1	10:00
2	12:00
3	15:00

#### **3.2.2.1 Procedimiento Utilizado:**

Utilizándose filetes que cumplieron con las siguientes dimensiones 11cm x 7 cm x 0,8 cm. y un peso de 110 g, es decir el equivalente a 2 porciones de acuerdo a la recomendación de la norma INEN 1334-2 para rotulado nutricional de alimentos, se realizó el siguiente procedimiento:

Se extrajo el producto de su empaque y se colocó en una bandeja metálica

Con el horno Maison modelo base S506/090 precalentado a 170° C, se colocó la bandeja con la muestra en el interior del horno aplicándose las temperaturas con sus respectivas repeticiones. Se pueden revisar las especificaciones del horno en el anexo 3.4.

Cuando se cumplió el tiempo de calentamiento se extrajo el producto del horno midiéndose inmediatamente la temperatura en el centro del producto con un termómetro bimetálico de punzón.

### 3.2.2.2 Resultados

En la Tabla 3.9 se presenta el resumen del análisis de varianza (ANOVA) de la temperatura en el centro del producto de los tratamientos.

Tabla 3.9 Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de la temperatura en el centro del producto de los tratamientos.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>fc.</b>	<b>F crítico</b>	
					<b>0,05</b>	<b>0,01</b>
<b>Total</b>	8	46,2222				
<b>Tratamientos</b>	2	33,5556	16,7778	7,9474**	5,14	10,92
<b>EE</b>	6	12,6667	2,1111			

\*significativo al 1% para la prueba de F

Existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos con significancia del 1 %

El coeficiente de variación es 2,79%, un valor bastante aceptable para un experimento realizado a nivel de laboratorio (Sánchez, 2007).

En la tabla 3.10 a continuación se presentan las temperaturas en el centro del producto para cada tratamiento.

Tabla 3.10 Temperaturas en el centro del producto en los tratamientos.

<b>Tratamiento</b>	<b>Temperatura en el centro del producto (C°)</b>
3	72,00 a
2	69,00 b
1	67,33 b

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí según la prueba de Tukey con significancia del 5 %

Se puede observar que no existe diferencia significativa entre el tratamiento 1 y 2 es decir con 10 minutos y 12 minutos de calentamiento a 170°C en horno convencional. Pero si existe diferencia de estos tratamientos con el tratamiento 3. Por otro lado cuando se aplica el tratamiento 3, es decir calentamiento durante 15 minutos, los filetes presentan una temperatura de 72°C que se encuentra por fuera de la recomendación servir este tipo de producto que es de 65°C a 70°C (USDA,2002). Por lo tanto se recomendará en el empaque del producto que este sea calentado en horno convencional precalentado a 170°C entre 10 y 12 minutos.

### **3.3 Determinación del tiempo de Enfriamiento y Congelación**

Para determinar el tiempo de enfriamiento y congelación del producto se prepararon muestras con el tamaño estándar que se utilizó para los diseños experimentales anteriores. Luego de la fritura se enfriaron los filetes a temperatura ambiente para evitar el choque térmico y evitar sobre esfuerzo de los equipos de congelación. Luego del enfriamiento a temperatura ambiente fueron colocados los filetes en la cámara de congelación a -18°C. Se tomó la temperatura con un termómetro bimetalico de punzón en el centro del producto en periodos que se detallan en la Tabla 3.11 y de esta forma se determinó los tiempos de enfriamiento y de congelación

Tabla 3.11 Tiempos para enfriamiento y congelación de los filetes

<b>Operación</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Temperatura</b>
Enfriamiento a temperatura ambiente	inicio	80°C
	5 min	75°C
	10 min	62°C
	15 min	50°C
	20 min	37°C
	25 min	28°C
	30 min	20°C
Congelación en cámara a -18°C	Inicio	20°C
	1 hora	16°C
	2 hora	12°C
	3 hora	8°C
	4 hora	4°C
	5 hora	0°C
	6 hora	-2°C
	7 hora	-4°C
	9 hora	-8°C
	10 hora	-12°C
	11 hora	-14°C
	12 hora	-16°C

El producto tardó 30 minutos para enfriarse de 80°C a 20°C, y para congelarse tardó 12 horas alcanzó -16°C, no llegó a -18°C por que a medida que la temperatura interna del producto se iguala con la temperatura ambiente de la cámara, en este caso -18°C, el proceso se vuelve muy lento y puede tomar incluso días para igualar la temperatura ambiental en el interior de la cámara, ya que para cualquier proceso de enfriamiento y congelación es necesario la existencia de un gradiente de temperatura, por esta razón es que para llevar a cabo la congelación a nivel industrial es necesario utilizar otro tipo de congelación como IQF.