

# “Estudio comparativo de la influencia del empaque, en la tilapia fresca, almacenado a temperaturas de refrigeración”

César Fiallos Cárdenas<sup>1</sup>, Priscila Castillo Soto<sup>2</sup>.  
Ingeniero de Alimentos<sup>1</sup>, Ingeniera de Alimentos<sup>2</sup>.  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador  
[efiallos@espol.edu.ec](mailto:efiallos@espol.edu.ec), [pcastil@espol.edu.ec](mailto:pcastil@espol.edu.ec)

## Resumen

*Este trabajo presenta el estudio comparativo de la influencia del empaque en la vida útil de filetes de tilapia almacenados a temperaturas de refrigeración. El objetivo es desarrollar un empaque capaz de mejorar las características organolépticas como el tiempo de vida útil del producto. Para el desarrollo de este estudio se optó por la utilización de atmósferas modificadas en el empaque de los filetes. Para esto se utilizó diferentes concentraciones en cada mezcla. El producto final fue sometido a dos pruebas; la primera microbiológica y la segunda a evaluación sensorial, donde se estableció la diferencia de las características sensoriales entre un empaque y otro. Finalmente se presenta la propuesta del empaque que tiene mejor influencia sobre el producto empacado a las condiciones determinadas. El producto final obtenido es un empaque que ayuda a aumentar el tiempo de vida útil; además de las propiedades organolépticas preferidas para este tipo de producto.*

**Palabras Claves:** *Atmósfera modificada.- Tecnología de empackado utilizando mezcla de gases para la preservación de un alimento.*

## Abstract

*This paper presents the comparative study of the influence of packing in the shelf-life of tilapia fillets stored at refrigerator temperatures. The objective is to develop a package capable of improving the organoleptic characteristics such as shelf-life of the product. To develop this study we chose to use in modified atmosphere packaging of filleted. For this we used different concentrations in each mixture. The final product was subjected to two tests, the first microbiological and sensory evaluation at the second, which established the difference between the sensory characteristics and packaging. Finally presents the proposal package which has better influence on the product packaging to the given conditions. The end product is a package that helps increase the shelf life as well as the organoleptic properties of choice for this type of product.*

**Key Words:** *Modified Atmosphere.- Packaging technology using gas mixture to preserve a food.*

## 1. Introducción

La nueva tendencia en los diferentes mercados es la de consumir productos cada vez más frescos. La necesidad de procesos que no utilicen aditivos ni condimentos para preservar la calidad del producto se hace cada vez más marcado.

En el presente estudio se trata sobre el “Estudio comparativo de la influencia del empaque, en la tilapia fresca; almacenado a temperaturas de refrigeración”; cuyo enfoque principal es en el

uso de atmósferas modificadas, las cuales preservan la calidad organoléptica y microbiológica por mucho más tiempo que las tecnologías actuales.

Para el presente estudio se deben observar muchas variables como los gases a utilizar y la proporción de los mismos. Cada gas tiene su propia funcionalidad dentro del empaque y genera un efecto diferente en cada alimento; dependiendo de su composición.

## 2. Generalidades

### 2.1. Tilapia

Las Tilapias son peces endémicos originarias de África y el Cercano Oriente, en donde se inicia la investigación a comienzos del siglo XIX, aprovechando sus características se los consideró ideales para la piscicultura rural. La tilapia es la variedad más representativa para los cultivos acuícolas de agua dulce.

La excelente calidad de su carne de textura firme, coloración blanca con pocos huesos intramusculares, hace que sea un pescado apreciado y apetecido por los consumidores.

Aunque la producción de tilapia ecuatoriana se dirige a países de Europa y América, el 91% de la exportación se concentra en el mercado estadounidense en el cual las importaciones durante el 2003 alcanzaron 14,652.84 toneladas.

### 2.2. Envase en Atmosfera Modificada

Se llama atmósfera modificada al cambio de composición del aire dentro del empaque de un producto. La atmósfera gaseosa cambia continuamente, durante el periodo de almacenamiento, por diferentes factores como respiración del producto (en caso de frutas), cambios bioquímicos, y la lenta difusión de los gases a través del material de envasado. Este tipo de tecnología permite de cierta forma mantener un control en las reacciones bioquímicas, enzimáticas y microbianas responsables del deterioro del alimento durante su almacenamiento y comercialización.

#### Gases Utilizados

La atmósfera modificada para su acción protectora puede contener un único gas o una mezcla de varios de ellos.

Los gases más utilizados en el EAM son Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), Nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y Oxígeno ( $\text{O}_2$ ), en la mayoría de productos se recomienda la mezcla de estos gases y de esto depende la efectividad del EAM en mantener la frescura y la alta calidad de las características del producto; dependiendo de las necesidades también se puede utilizar óxido nítrico, Argón e Hidrógeno.

Cada gas posee una propiedad única que influencia en la calidad al interactuar con el producto en su composición química como en otros factores intrínsecos.

Para productos cárnicos es de vital importancia la presencia de oxígeno debido a que ayuda a preservar la forma oxigenada de la mioglobina, la cual le da el color rojo característico de la carne fresca.

El uso del Dióxido de carbono es el más importante en el EAM debido al efecto bacteriostático y fungistático que tiene sobre los microorganismos aerobios Gram-negativo. El crecimiento de bacterias anaerobias es menos afectado por este gas.

La acción inhibitoria del  $\text{CO}_2$  sobre el crecimiento microbiano se debe a que se disuelve eficazmente en la fase acuosa del alimento formando ácido carbónico que se descompone rápidamente, y por penetración de las membranas biológicas causando cambios en la permeabilidad y función biológica de la misma. La efectividad del  $\text{CO}_2$  en inhibir el crecimiento microbiano aumenta a bajas temperaturas, su efectividad depende de la clase de microorganismo, condiciones del medio y barreras como pH,  $A_w$ , concentraciones de sal y azúcar.

El uso del dióxido de carbono presenta un importante problema, y es que se difunde a través del material de envasado entre 2 y 6 veces más rápido que otros gases de envasado en atmósfera protectora.

El Nitrógeno es un gas ampliamente utilizado debido a su característica de ser un gas inerte; es decir que no participa de ninguna forma en ninguna reacción bioquímica o como catalizador enzimático, y presenta baja solubilidad en agua y grasa. Debido a la baja solubilidad del gas en agua, ayuda a prevenir problemas en el empaque como el colapso del material de empaque, manteniendo el volumen interno, en aquellos casos en que el producto absorbe Dióxido de carbono.

Se ha comprobado que el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), es muy efectivo para conservar el color rojo en las carnes frescas, debido a la formación de carboximioglobina. En la actualidad no se lo emplea por ser un gas altamente tóxico y puede enmascarar defectos de manufactura.

## Envases Utilizados

El material de envasado debe ser capaz de mantener de forma constante la concentración de los gases, ofreciendo un obstáculo para el ingreso de oxígeno y una barrera para la difusión del dióxido de carbono al exterior del empaque. Otra característica que debe poseer estos tipos de envases es la característica de ser antivaho, con lo cual evitamos que las gotas de agua procedentes del vapor de agua se condensen en la superficie interna del envase.

Los envases fabricados con materiales poliméricos son ampliamente usados en el envasado en atmósfera modificada. Se dividen en dos categorías:

**Envases Flexibles.** A este grupo pertenecen los envases o bolsas tipo “almohada”, que tienen una soldadura longitudinal y dos transversales en los extremos. También se encuentra en este grupo la de tipo “saco o sobre”, con los cuatro lados sellados.

**Envases Rígidos.** En esta segunda categoría los envases constan de dos componentes. El inferior puede tener distintas formas aunque generalmente se trata de una bandeja o “barqueta” sobre la que se deposita el alimento. El otro componente es una película flexible que sirve para recubrirlo.

La permeabilidad del empaque está relacionada en función inversa al grosor del mismo. El aspecto más apreciado de la tecnología de envasado en atmósfera modificada es la posibilidad de permitirle al consumidor final ver el producto dentro del envase. Para lograr este objetivo se utilizan películas transparentes antivaho.

Cada material usado en la fabricación de estas láminas aporta con uno o varias de las cualidades deseables; por lo cual se usa en láminas multicapas, constituidas a partir de diferentes láminas.

Para la elaboración de películas multicapas se usan técnicas como la laminación, la extrusión y la coextrusión. A continuación, en la TABLA 3, se presentan las ventajas y desventajas de cada técnica,

### 3. Materiales y Métodos.

La materia prima utilizada en este estudio consiste en filetes de tilapia de 3 a 4 onzas. Los filetes fueron proporcionados por una comercial pesquera la cual se encargó del sacrificio y fileteado de las tilapias vivas. Los filetes fueron sometidos a un proceso de IQF, antes de ser entregados, para el posterior empaque.

Las pruebas experimentales constan de dos partes importantes como lo son el método de empaque y el método de análisis a utilizar para la determinación del empaque más adecuado para la conservación de filetes frescos de tilapias almacenados a temperatura de refrigeración.

## Composición de gases

Las mezclas de gases fueron elegidas en conformidad con las mezclas referenciales encontradas en la investigación bibliográfica (8). Los gases que conforman cada mezcla fueron elegidas por las funcionalidades en el producto y en el empaque explicadas en el capítulo anterior.

Las mezclas propuestas fueron tres. Las composiciones para las muestras fueron distribuidas como se muestra en la siguiente tabla; donde se muestra el número designado de cada muestra y sus diferentes composiciones durante el presente estudio.

### COMPOSICIONES DE LAS PRUEBAS

PRUEBA	COMPOSICIÓN
M1	AIRE
M2	VACIO
M3	0,4% CO + 30% CO <sub>2</sub> + 69,6% N <sub>2</sub>
M4	10% O <sub>2</sub> + 30% CO <sub>2</sub> + 60% N <sub>2</sub>
M5	30% CO <sub>2</sub> + 70% N <sub>2</sub>

La primera mezcla (M3) fue propuesta por las características del CO, la cual aumenta el color rojo en los pigmentos de la carne; aunque en la Unión Europea su uso tenga restricciones, no siendo así en el mercado Norteamericano.

La segunda mezcla (M4) fue escogida por las características del O<sub>2</sub>, la cual preserva el color rojo de la carne. A diferencia del CO, el O<sub>2</sub> no está restringido dentro de ningún mercado.

### Selección del Empaque

El empaque que se utilizó fueron fundas laminadas de polietileno de baja densidad

tomadas de referencia en el uso de productos almacenados al vacío.

El tipo de empaque recomendado para el EAM es una mezcla de polietileno (poliester) y etilvinilo de alcohol por la barrera que representa a la transferencia de gases; es decir, es un empaque de baja permeabilidad.

También se tomó en cuenta que el material del que está hecho el empaque presente la cualidad de ser antivaho, lo cual permite la salida de los gases de agua para evitar la condensación de los mismos dentro del empaque.

### **Espacio de Cabeza**

Se debió estudiar el espacio de cabeza que debe quedar para la cobertura del gas, lo cual es importante para poder alcanzar la concentración de gas adecuada dentro del empaque, para lo cual se utilizó la fórmula Ec.1; en la cual se consideró que el volumen del espacio de cabeza, en términos del ancho de la funda y la altura a determinar, debe ser igual al volumen recomendado de gas inyectado:

$$\frac{L^2}{\pi} \cdot h = \overline{\text{MAP}} \cdot m \quad (\text{Ec. 1})$$

En la cual,

L = Ancho de la Funda. (cm.)

h = Altura del Espacio de Cabeza. (cm.)

[MAP] = Concentración recomendada de MAP. (cc/g.)

m = Masa del producto Empacado. (g.)

### **Selección del Equipo de Empacado**

Para el método de empaque se utilizó una selladora adecuada al uso y de fácil manejo, la selladora que se utilizó fue una selladora de campana al vacío con sistema de inyección de gas, marca KOMET NIROVAC.

Se la eligió por ser un equipo usado en producciones cortas o de batch. La Selladora fue calibrada para hacer un vacío de -0.5 Atm., el sistema de inyección fue graduado a 0.15 litros por segundo y el sistema de sellado fue calibrado, mediante pruebas preliminares, a 6 segundos.

### **Monitoreo de Pruebas**

Para la validación del método de empaque se utilizó dos análisis para evaluar tanto las cualidades intrínsecas (carga microbiana) como extrínsecas (calidad organoléptica) del producto. Adicional a estos ensayos se utilizará un programa de microbiología predictiva con el cual se podrá realizar comparaciones significativas.

#### **Análisis microbiológicos**

Los análisis microbiológicos fueron realizados utilizando procedimientos del ICMSF, AOAC e instructivos para uso de Petrifilm, en algunos casos.

Los ensayos microbiológicos que se realizó al producto, según los requerimientos microbiológicos necesarios para exportación, para evaluar sus cualidades intrínsecas fueron las siguientes:

Aerobios totales.

Coliformes totales.

Escherichia Coli.

Vibrio. (Solo para análisis inicial).

#### **Análisis Sensorial**

La característica extrínseca que se evaluó fue el color del filete fresco. El análisis sensorial a realizarse se lo hizo en base a una Escala Hedónica, la cual consiste en una escala de diez puntos para calificar el gusto o disgusto de las opiniones de los panelistas que evalúan las características del producto, con un mínimo de cinco jueces sin entrenamiento, cuyo principal objetivo era el de elegir de entre las muestras el filete que presente o indique mayor frescura de entre el resto de filetes para de esta manera poder determinar el grado de aceptación de las muestras.

La escala se estableció de un criterio del 1 al 10; donde el 1 indicaba un nivel de aceptación PÉSIMO y el 10 un nivel de aceptación de MUY BUENO.

Para este estudio se evaluó los resultados obtenidos de cinco jueces en cuatro muestras diferentes mediante un análisis de varianza, para de esta forma poder determinar, mediante la tabla de distribución F, si existe o no diferencia significativa entre las diferentes muestras.

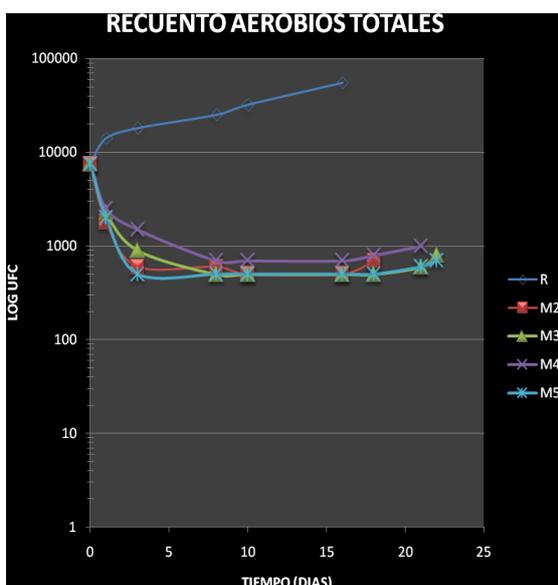
## **4. Análisis de Resultados.**

## Análisis de Resultados Microbiológicos

Los análisis de los resultados de las pruebas dieron como resultado que las muestras empacadas con Tecnología MAP presentaron un tiempo de vida mayor al de las muestras empacadas sin esta tecnología. Las Pruebas M3 (0.4% CO + 30% CO<sub>2</sub> + 69.6% N<sub>2</sub>) y M5 (30% CO<sub>2</sub> + 70% N<sub>2</sub>) presentaron un tiempo de vida de 22 días; mientras que la prueba M4 (10% O<sub>2</sub> + 30% CO<sub>2</sub> + 60% N<sub>2</sub>) presentó un tiempo de vida de 20 a 21 días.

El análisis de los resultados obtenidos durante las pruebas microbiológicas presentó un descenso, en cuanto Aerobios Totales se refiere, en las muestras de vacío y con MAP, debido a la combinación de la temperatura de almacenamiento de las muestras, que no favorecen a este tipo de microorganismo, y el empaque utilizado. La destrucción de los alimentos refrigerados se debe al crecimiento de microorganismos psicrotróficos. Los microorganismos psicrotróficos se presentan en muchos géneros e incluyen aerobios y anaerobios.

Cabe destacar que todas las muestras del experimento presentaron una población inicial de microorganismos aerobios de 7500 UFC. El descenso más importante de microorganismos aerobios fue producido dentro de los tres primeros días; describiendo una tendencia exponencial. Pasado los tres primeros días se mantuvo el conteo de microorganismos aerobios de manera constante, para luego aumentar en una etapa final. Ver Figura



La ausencia de oxígeno, o el vacío, permitirán que los anaerobios facultativos se vuelvan los dominantes.

Una vez restringido el oxígeno, a bajas temperaturas, se produce un incremento en la flora anaerobia psicrotrófica, donde el principal corruptor anaerobio psicrotrófico son las *Photobacterium phosphoreum* presentes en la flora nativa de los pescado.

La muestra M2 (Vacío), por otra parte, se degradó debido que la ausencia total de microorganismos aerobios es imposible en medios de vacío; debido a que no existe en la industria un equipo que proporcione un vacío absoluto dentro del empaque, permitiendo que existan microfloras que puedan sobrevivir dentro del envase (10), donde el principal corruptor aerobio psicrotrófico son las Pseudomonas.

El conteo de Escherichia Coli fue favorable para todas las pruebas, ya que en todas las muestras el conteo fue negativo en un conteo a dilución de 10<sup>-1</sup> en placas Petrifilm. Esto da indicio de que el producto se procesó bajo procedimientos correctos de manufactura lo cual disminuyó el riesgo de contaminación.

Adicional a las pruebas de Aerobios Totales y Escherichia Coli se realizó una prueba inicial de Vibrio, en base a la prueba del Número Más Probable, la cual dio negativo en las pruebas realizadas por triplicado, lo cual se reporta como menor a 3.

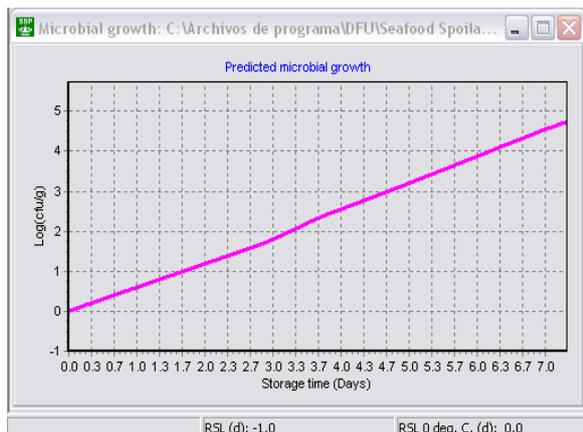
## Análisis de Microbiología Predictiva

El microorganismo *Photobacterium phosphoreum* ha sido clasificado dentro del grupo de las vibrionáceas. Es el principal indicador en el uso de atmósferas modificadas, para productos de origen marino, ya que por sus características de anaerobio facultativo y psicrotrófico lo hacen el microorganismo más viable como indicador del deterioro de esta clase de productos, empacados a bajas temperaturas y con bajo porcentaje de oxígeno.

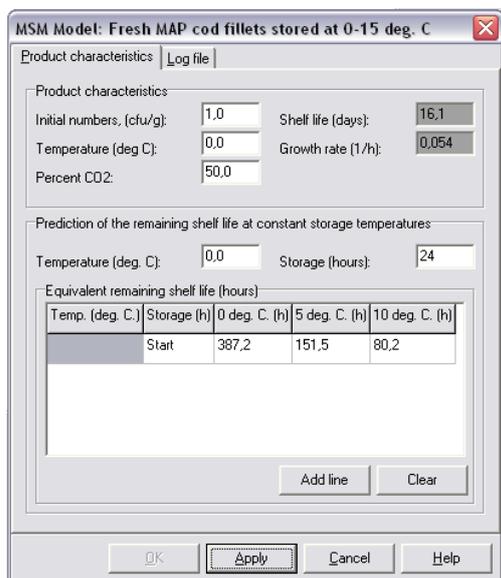
El modelo predictivo SSP fue el utilizado; debido que es el único programa específico que existe para productos marinos empacados a temperaturas de hasta 0°C en atmósfera modificada. Este programa utiliza modelos matemáticos de estudios previos.

El software utiliza como datos de referencia la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera utilizada, la carga inicial de microorganismos y la temperatura de almacenamiento.

La curva de crecimiento del microorganismo se presenta en la siguiente figura.



La tabla de datos se presenta en la siguiente figura.



En la cual el número inicial del microorganismo indicador fue de 1 ufc/g. el tiempo de vida útil estimado, en las condiciones de 0°C de almacenamiento en un MAP de 50% de CO<sub>2</sub>, fue de 16.1 días (387.7 h) con una tasa de crecimiento microbiano de 0.054 ufc/h.

El modelo predictivo usado nos sirve de referencia para el estudio aquí realizado ya que,

aunque la temperatura almacenamiento no es la misma y la muestra es diferente, la tendencia de crecimiento microbiano sugiere un aumento en la población anaerobia psicrotrófica, concordando con el descenso de la población aerobia mesófila.

### Análisis de Resultados Sensoriales

Las calificaciones obtenidas por los jueces presenta una aceptación mucho mayor, en cuanto al atributo color, para las muestras M3 y M4; como se muestra en la siguiente tabla.

### CUADRO DE RESULTADOS

COLOR					
JUECES	M2	M3	M4	M5	TOTAL
1	5	10	9	6	30
2	2	9	10	4	25
3	1	9	8	2	20
4	4	8	8	5	25
5	3	9	7	6	25
<b>TOTAL</b>	15	45	42	23	125

La muestra M2 y M5 no tuvieron una buena aceptación en cuanto al color. Los análisis fueron tratados con un análisis de varianza, en el cual se determinó si existía o no diferencia significativa entre las muestras tratadas en un nivel de confianza de 0.05, lo cual se lo evaluó mediante el rechazo de la hipótesis nula en la cual se dice que para descartar la hipótesis  $h_0$  de que las muestras pertenezcan a la misma población el F calculado por el ANOVA (Análisis de Varianza) debe ser mayor al F determinado en las tablas de distribución de F.

En caso de no suceder así se determina que no existe diferencia entre los tratamientos y pertenecen a la misma población. El análisis ANOVA se presenta a continuación en la tabla.

### ANÁLISIS ANOVA DE RESULTADOS

Esto quiere decir que existe entre las muestras una distribución F de 31.39 que es mucho mayor al F de tablas; donde  $F_{0.05(3,21)} = 3.07$ . Esto es  $F > F_{0.05(3,21)}$ , por lo tanto se concluye que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, con respecto al atributo color en un nivel de significancia de 0.05.

Como se puede observar las pruebas M3 y M4 son las que mejor aceptación presentaron por los jueces.

Realizando un análisis de ANOVA para las muestras M3 y M4, como muestra la tabla, se logro determinar que no existe diferencia significativa en cuanto a la característica color entre ambas muestras, debido a que el F calculado  $F = 1$ , es menor al F de tablas  $F_{0.05(1,8)} = 5.32$ .

#### ANALISIS ANOVA PARA M3 Y M4

FUENTE DE VARIACION	GL	SS	MS	F
TRATAMIENTO	1	0,9	0,9	1
ERROR	8	7,2	0,9	
TOTAL	8	8,1		

### 5. Conclusiones.

Utilizando los datos obtenidos en las pruebas, tanto microbiológicas como sensoriales, se puede llegar a concluir que la mezcla M3 y M4 son las que representan mayores beneficios en el producto; ya que el empaque con estas mezclas asegura un mayor tiempo de vida de anaquel con mejores características organolépticas, sin presentar diferencias significativas en cuanto a su efecto.

La única objeción que se encuentra es que la mezcla M3, que contiene CO, no puede ser usado es países europeos; donde el uso de CO es restringido.

FUENTE DE VARIACION	GL	SS	MS	F
TRATAMIENTO	3,00	127,35	42,45	31,39
ERROR	21,00	28,40	1,35	
TOTAL	24,00	155,75		