

Conservation Process Design of fresh fish using ozone as preservative agent

Joselyn Parra-Córdova, Ing.¹, Javier Acosta-Garcés, Ing.¹, Kenny Escobar-Segovia, Master¹, A. Sócrates Palacios-Ponce, PhD.¹

Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Campus Gustavo Galindo Km 30,5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

jiparra@espol.edu.ec, jeacosta@espol.edu.ec, kescobar@espol.edu.ec, spalacio@espol.edu.ec

Abstract- *The Ecuadorian exportations are increasing according to the camar. Tuna and Dorado are the main species to be export as fresh product. As a consequence, the conservation techniques applied become ineffective, affecting the productive development of the industry. The purpose of this project is to design a conservation process applying an ozonified solution to export fresh Dorado/Mahi – Mahi fish. In order to select the best treatment for the process conditions, it will be use a factorial design of two-factors and, three-levels together with a single factor 3k design. Dependent variables evaluated were histamine content and sensorial changes of the product. As validation of the selected treatment, physicochemical and microbiological analyses were performed based on the NTE: INEN 183:2013 standard. As a result, it was obtained that treatment with 1.5 ppm ozone – 10 seconds of immersion was the best due to it increased fresh fish conservation in 3 more days than condition process in the company. .Finally, it was determined that a treatment with 2 ppm ozone – 10 seconds of immersion can be used for the preservation of fillets fish.*

Keywords- *Conservation, Ozono, Golden/Mahi – Mahi fish.*

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.88>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Diseño de un proceso de conservación de pescado fresco utilizando ozono como agente conservante

Conservation Process Design of fresh fish using ozone as preservative agent

Joselyn Parra-Córdova, Ing.¹, Javier Acosta-Garcés, Ing.¹, Kenny Escobar-Segovia, Master¹, A. Sócrates Palacios-Ponce, PhD.¹

Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Campus Gustavo Galindo Km 30,5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
jiparra@espol.edu.ec, jeacosta@espol.edu.ec, kescobar@espol.edu.ec, spalacio@espol.edu.ec

Resumen. - La industria pesquera de exportación en Ecuador va en aumento, siendo el atún y el Dorado/Mahi - Mahi las especies de mayor comercialización. Como consecuencia, las técnicas de conservación actualmente empleadas se vuelven ineficaces frente a este incremento perjudicando el desarrollo productivo de la industria. En este contexto, el presente estudio busca diseñar la aplicación de un proceso de conservación en una empresa ecuatoriana mediante una solución ozonificada en pescado Dorado/Mahi – Mahi para su comercialización en fresco. Esto se realizó empleando una metodología basada en un diseño factorial 3^2 y en un diseño unifactorial de tres niveles, con el fin de obtener todos los tratamientos a ser experimentados y seleccionar aquel que defina las condiciones del proceso. La selección del mejor tratamiento se realizó mediante análisis de histamina y pruebas sensoriales; y una posterior validación con análisis fisicoquímicos y microbiológicos basados en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE: INEN 183:2013. Como resultado, se obtuvo que el mejor tratamiento fue el de 1,5 ppm de ozono y 10 s de inmersión, dado que aumentó 3 días más de conservación del pescado en comparación al proceso actual de trabajo. Finalmente, se obtuvo que el tratamiento 2,0 ppm y 10 s de inmersión puede ser utilizado en la conservación de filetes o flechas de pescado Dorado.

Palabras claves. - Conservación, Ozono, Dorado/Mahi - Mahi.

Abstract– *The Ecuadorian exportations are increasing according to the camar. Tuna and Dorado are the main species to be export as fresh product. As a consequence, the conservation techniques applied become ineffective, affecting the productive development of the industry. The purpose of this project is to design a conservation process applying an ozonified solution to export fresh Dorado/Mahi – Mahi fish. In order to select the best treatment for the process conditions, it will be use a factorial design of two-factors and, three-levels together with a single factor $3k$ design. Dependent variables evaluated were histamine content and sensorial changes of the product. As validation of the selected treatment, physicochemical and microbiological analyses were performed based on the NTE: INEN 183:2013 standard. As a result, it was obtained that treatment with 1.5 ppm ozone – 10 seconds of immersion was the best due to it increased fresh fish conservation in 3 more days than actual condition process. Finally, it was determined that a treatment with 2 ppm ozone – 10 seconds of immersion can be used for the preservation of fillets fish.*

Keywords— *ozone, conservation, Golden/Mahi – Mahi fish.*

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.88>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

I. INTRODUCCIÓN

La producción pesquera mundial va en aumento y se espera que en 2025 se sitúe en 196 millones TM, lo cual representa un incremento del 17% en referencia al 2013-2015 [1]. Este crecimiento es representado por países en desarrollo como Ecuador, donde el atún y el pescado blanco (siendo el Dorado el de mayor relevancia) son el principal producto de la pesca de exportación [2]. En la actualidad, las técnicas de conservación que se aplican para mantener la frescura del pescado se basan en el uso del hielo (siendo el más común) o agua enfriada, en el uso de mezclas fluidas de hielo y agua (de mar o dulce) o mediante agua de mar refrigerada. Aunque estas conserven el producto en las condiciones requeridas el tiempo de vida útil es relativamente corto, lo cual representa un problema para las industrias pesqueras de exportación [3].

Por otro lado, el mercado cada vez es más exigente con respecto a la calidad e inocuidad de los productos, en la sustentabilidad de los recursos extraídos y, por ende, en el impacto ambiental que este puede generar. Esto ocasiona que las empresas se vean forzadas a buscar respuestas en tecnologías que impliquen una mejora en sus productos y, de esta manera, satisfacer los requerimientos del consumidor [1]. Además, de también palpar un aprovechamiento de estas tecnologías en el aumento del desarrollo productivo frente a la competencia.

En la industria alimentaria, el ozono es una alternativa de conservación prometedora. Desde 1997, ha sido considerado como GRAS (Generally Recognized As Safe) por la FDA para su uso en el procesamiento de alimentos [4]. Esto lo ha convertido en una tecnología no térmica en la conservación de productos alimenticios, ya que al ser un potencial agente oxidante puede eliminar bacterias grampositivas como *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*; bacterias gramnegativas como *Vibrio spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Yersinia enterocolitica*; además de, esporas, células vegetativas, mohos como *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*; levaduras como *Candida albicans*, *Zygosaccharomyces bailli*; parásitos y virus sin dejar residuos,

ni comprometer las características organolépticas del alimento [5], [6]. En concentraciones de ozono relativamente bajas y tiempos de contacto cortos es suficiente para lograr la inactivación de los microorganismos [7].

El ozono puede utilizarse en estado gaseoso o en solución acuosa, esto dependerá del tipo de alimento con el que se esté tratando; es decir, vegetales, frutas, carnes, mariscos, etc. En alimentos de origen marino, diversos estudios de conservación se han realizado con hielo o agua ozonizada; donde la concentración y el tiempo del tratamiento varían dependiendo de la composición del alimento, siendo el porcentaje graso lo más relevante por ser susceptible a oxidación. En un medio acuoso la solubilidad del ozono incrementa a medida que la temperatura del medio disminuye, viéndose favorecido estos alimentos de cadena fría. La Tabla I indica la solubilidad del ozono a diferentes temperaturas [8] y [9]. Además, la aplicación del ozono ayuda suprimiendo olores indeseables que es característico en plantas de producción de empresas pesqueras [4].

TABLA I
SOLUBILIDAD DEL OZONO A DIFERENTES TEMPERATURAS

T °C	Solubilidad (LO_3/LH_2O)
0	0.640
15	0.456
27	0.270
40	0.112
60	0

Fuente: [8]

En Ecuador, el uso del ozono es aprovechado generalmente en el tratamiento de aguas residuales o en sanitización de plantas industriales, pero no como un agente conservante directo en alimentos. De esta aseveración y gracias a sus múltiples beneficios, nace la propuesta de ser implementado en productos pesqueros de una empresa ecuatoriana dedicada a la exportación. Este diseño de conservación se enfoca en el pescado magro Dorado/Mahi – Mahi, el cual su pesca se realiza de forma artesanal y representa aproximadamente el 65% del total de desembarques de peces grandes de naturaleza pelágica y el 40% del pescado blanco exportado, donde el principal mercado es Estados Unidos, un país con altos niveles en seguridad alimentaria y restricciones para los productos que ingresan a su territorio [2]. Gracias a la disponibilidad de esta gran riqueza marina en Ecuador, un sinnúmero de empresas distribuidas entre grandes, medianas y pequeñas, compiten entre ellas siendo las de mayor experiencia las más relevantes en el mercado de exportación [10].

En este contexto de alta demanda y fuerte competencia, junto a la espera de un producto fresco con altos estándares de calidad, el presente trabajo busca aumentar los días de comercialización del pescado Dorado/Mahi – Mahi mediante la aplicación del ozono; el cual, se realizó experimentando varios tratamientos y, se seleccionó aquel que cumplía con los

requerimientos de la empresa según los resultados de las evaluaciones sensoriales y análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

II. METODOLOGÍA

La experimentación se llevó a cabo en la planta de producción de la empresa y consistió en la aplicación de una solución de ozono disuelto en agua a muestras sometidas en inmersión por un tiempo determinado. Las muestras fueron pescados enteros sin cabeza y sin cola, de aproximadamente 8 libras pertenecientes al género *Coryphaena hippurus* (Dorado). El diseño del proceso de conservación fue realizado acorde a la metodología que se muestra en la Fig. 1.

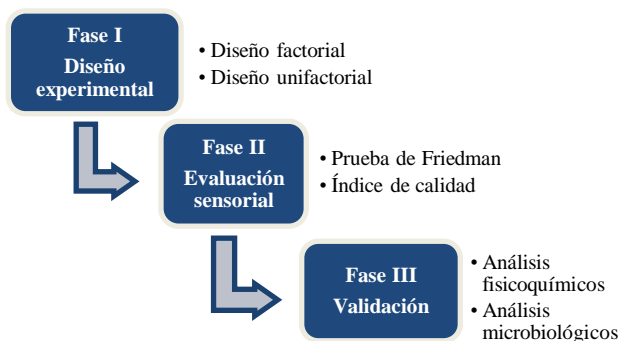


Fig. 1 Metodología [11]

A. Fase I) Diseño experimental

El diseño experimental se realizó mediante el análisis de todas las variables influyentes del proceso mostradas en la Tabla II y se seleccionaron aquellas que fueron más significativas, siendo: concentración de ozono y tiempo de inmersión.

TABLA II
VARIABLES DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN

Variables	Unidad
Concentración de ozono	ppm
Temperatura del agua	°C
Tiempo de inmersión	s
Peso del pescado	lb
Temperatura del pescado	°C
Temperatura ambiente	°C
Temperatura de almacenamiento	°C

Fuente: [11]

1) *Diseño factorial*: En base a las variables seleccionadas se realizó un diseño factorial 3^2 . La Tabla III detalla los niveles de las variables y la Tabla IV muestra la matriz del diseño con los posibles tratamientos a experimentarse.

TABLA III
NIVELES DEL DISEÑO FACTORIAL

Factores	Niveles		
	Bajo (-1)	Central (0)	Alto (1)
Concentración de ozono (ppm)	1,0	1,5	2,0
Tiempo de inmersión (s)	10	15	20

Fuente: [11]

TABLA IV
MATRIZ DE TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES

Tratamiento	Factores	
	Concentración de ozono (ppm)	Tiempo de inmersión (s)
1	1,5	20
2	2,0	15
3	1,0	10
4	1,0	15
5	2,0	20
6	1,5	10
7	2,0	10
8	1,0	20
9	1,5	15

Fuente: [11]

Los tratamientos del diseño factorial de la Tabla IV, fueron evaluados mediante criterios de selección como: el impacto del tratamiento (+/-) en la calidad final del pescado, en términos de costos operativos y el número de piezas que se pueda tratar por hora en la etapa de conservación; con la finalidad de seleccionar los tratamientos a realizarse en la experimentación.

2) *Diseño Unifactorial*: En base a los criterios de selección se escogieron tres tratamientos y se elaboró un diseño unifactorial de tres niveles que se muestra en la Tabla V.

TABLA V
DISEÑO UNIFACTORIAL

Tratamiento	Factores	
	Concentración de ozono (ppm)	Tiempo de inmersión (s)
A	constante/variable	constante/variable
B	constante/variable	constante/variable
C	constante/variable	constante/variable

Fuente: [11]

B. Fase II) Evaluación sensorial

Los tratamientos de la Tabla V, se evaluaron sensorialmente utilizando un total de 24 muestras para la selección del mejor tratamiento. Ocho jueces no entrenados con edades comprendidas entre 25 a 45 años, evaluaron las muestras utilizando una prueba descriptiva por atributos con escala hedónica de 5 puntos en un periodo de tiempo comprendido entre 0, 2, 5, 8 y 12 días [12]. Cada juez recibió dos muestras por tratamiento por día. Los atributos evaluados fueron: olor, color de piel, textura, color de carne y línea de sangre; cuya escala de

valoración se tomaron de la Norma Técnica Colombiana NTC 1443, 2009 [13]. La Tabla VI indica como se realizó la evaluación de las muestras por tratamiento.

TABLA VI
DISTRIBUCIÓN DE LAS MUESTRAS EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL

	Día 2	Día 5	Día 8	Día 12
Tratamiento A	2 pescados	2 pescados	2 pescados	2 pescados
Tratamiento B	2 pescados	2 pescados	2 pescados	2 pescados
Tratamiento C	2 pescados	2 pescados	2 pescados	2 pescados

Fuente: [11]

1) *Prueba de Friedman*: Los resultados de la prueba sensorial se analizaron estadísticamente mediante una prueba no paramétrica de Friedman, para definir el día donde la muestra presenta cambios significativos en el atributo sensorial.

Ho: No existen cambios significativos en el atributo sensorial en los días 0, 2, 5, 8 y 12.

Ha: Existen cambios significativos en el atributo sensorial por lo menos en un día.

2) *Índice de calidad (I.C.)*: El I.C. fue calculado para determinar el tratamiento que presente cambios significativos en el atributo sensorial. La estimación de este parámetro se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$IQ = \frac{SA}{25}; [0.2 - 1]$$

Donde:

SA: Suma total de las calificaciones del atributo sensorial; [5 – 25].

SA= 5, indica cambios no aceptables en el atributo.

SA= 25, indica que no existen cambios.

C. Fase III) Validación

La validación se realizó mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos en base a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE: INEN 183:2013 “Pescado fresco refrigerado o congelado – Requisitos” [14] al mejor tratamiento de la Tabla V, según los resultados obtenidos en la Fase II. La Tabla VII y la Tabla VIII detallan los requisitos estipulados en la norma NTE: INEN 183:2013.

TABLA VII
REQUISITOS FISICOQUÍMICOS DEL PESCADO ENTERO REFRIGERADO

Requisito	Mín.	Máx.
Nitrógeno básico volátil total (Bases volátiles totales), NBV, mg/100 g	-	30
Histamina, mg/100 g	-	5

Fuente: [14]

TABLA VIII
REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DEL PESCADO ENTERO
REFRIGERADO

Requisito	Mín.	Máx.
Recuento de microorganismos mesófilos UFC/g	5 x 10 ⁵	10 x 10 ⁵
<i>E. coli</i> , UFC/g	10	500
<i>Staphylococcus aureus</i> coagulase positive, UFC/g	100	1000
<i>Salmonella</i> /25 g	ND	-
<i>Vibrio cholerae</i> /25 g	ND	-
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> /25 g	ND	-

*ND: no detectado

Fuente: [14]

III. RESULTADOS

A. Fase I) Diseño experimental

1) Diseño factorial

La Tabla IX detalla los resultados de los criterios de selección. Los tratamientos escogidos fueron aquellos donde se preveía un impacto positivo (+) en la calidad final del pescado, menores costos/pieza y mayor producción de piezas tratadas/h en la etapa de conservación. En la Tabla IX se puede observar que los tratamientos 3, 6 y 7 son los que satisfacen los tres criterios de selección.

TABLA IX
TRATAMIENTOS DEL DISEÑO FACTORIAL
CON LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN

Tratamiento	Impacto en la calidad (+/-)	Costo/pieza (\$)	°N piezas tratadas/h
1	-	0,34843	180
2	-	0,26143	240
3	+	0,17425	360
4	+	0,26131	240
5	-	0,34849	180
6	+	0,17430	360
7	+	0,17436	360
8	+	0,34838	180
9	+	0,26137	240

Fuente: [11]

2) Diseño unifactorial

La Tabla X muestra los tratamientos seleccionados para la experimentación.

TABLA X
MATRIZ RESULTANTE PARA LA EXPERIMENTACIÓN

Tratamiento	Factores	
	Concentración de Ozono (ppm)	Tiempo (s)
3	1,0	10
6	1,5	10
7	2,0	10

Fuente: [11]

B. Fase II) Evaluación sensorial

1) Prueba de Friedman

La Figura 2, 3, 4 y 5 muestra el resultado estadístico de la prueba sensorial correspondiente a cada atributo evaluado.

Color de carne

Estadísticas descriptivas				Prueba		
DIA	N	Mediana	Suma de clasificaciones	Hipótesis nula	H ₀ : Todos los efectos del tratamiento son cero	
D0	3	5,0	13,0	Hipótesis alterna H ₁ : No todos los efectos del tratamiento son cero		
D12	3	3,2	3,5	Método	GL	Chi-cuadrada
D2	3	5,0	13,0	No ajustado para empates	4	9,13 0,058
D5	3	4,0	6,5	Ajustado para empates	4	10,34 0,035
D8	3	4,3	9,0			
General	15	4,3				

Fig. 2 Prueba de Friedman del parámetro color de carne [11]

La Fig. 2 muestra un valor p menor a $\alpha=0,05$, rechazando de esta manera la hipótesis nula. Por lo tanto, se establece que existieron cambios significativos en la coloración de la carne en las muestras evaluadas, siendo más probable en el día 12.

Piel

Estadísticas descriptivas				Prueba		
DIA	N	Mediana	Suma de clasificaciones	Hipótesis nula	H ₀ : Todos los efectos del tratamiento son cero	
D0	3	5,000	11,0	Hipótesis alterna H ₁ : No todos los efectos del tratamiento son cero		
D12	3	4,525	5,5	Método	GL	Chi-cuadrada
D2	3	5,000	11,0	No ajustado para empates	4	4,07 0,397
D5	3	5,000	11,0	Ajustado para empates	4	7,87 0,096
D8	3	4,600	6,5			
General	15	4,825				

Fig. 3 Prueba de Friedman del parámetro color de piel [11]

La Fig. 3 muestra un valor p mayor $\alpha=0,05$, lo cual indica que no existieron cambios significativos en la coloración de la piel de las muestras evaluadas en ninguno de los días.

Línea de sangre

Estadísticas descriptivas				Prueba		
DIA	N	Mediana	Suma de clasificaciones	Hipótesis nula	H ₀ : Todos los efectos del tratamiento son cero	
D0	3	5,0	14,5	Hipótesis alterna H ₁ : No todos los efectos del tratamiento son cero		
D12	3	2,2	4,5	Método	GL	Chi-cuadrada
D2	3	4,5	12,5	No ajustado para empates	4	9,73 0,045
D5	3	3,0	7,0	Ajustado para empates	4	10,81 0,029
D8	3	2,8	6,5			
General	15	3,5				

Fig. 4 Prueba de Friedman del parámetro línea de sangre [11]

La Fig. 4 muestra un valor p menor a $\alpha=0,05$, rechazando de esta manera la hipótesis nula. Por lo tanto, se establece que existieron cambios significativos en la línea de sangre de las muestras evaluadas, siendo más probable a partir del día 8.

Olor

Estadísticas descriptivas				Prueba		
DIA	N	Mediana	Suma de clasificaciones	Hipótesis nula	H ₀ : Todos los efectos del tratamiento son cero	
D0	3	5,0	11,5	Hipótesis alterna H ₁ : No todos los efectos del tratamiento son cero		
D12	3	4,0	4,0	Método	GL	Chi-cuadrada
D2	3	5,0	11,5	No ajustado para empates	4	5,07 0,281
D5	3	5,0	9,5	Ajustado para empates	4	7,24 0,124
D8	3	5,0	8,5			
General	15	4,8				

Fig. 5 Prueba de Friedman del parámetro olor [11]

La Fig. 5 muestra un valor p mayor $\alpha=0,05$, lo cual indica que no existieron cambios significativos en el olor de las muestras evaluadas en ninguno de los días.

Textura

El periodo de evaluación de las muestras fue relativamente corto, por lo tanto, no existe una tasa de deterioro significativamente alta que afecte la textura de las muestras. Esto se puede comprobar con los resultados de los análisis fisicoquímicos que se observan posteriormente en la Fase III.

2) Índice de calidad (I.C.)

El límite establecido para considerar un atributo sensorial como “aceptable” y, por ende, un pescado como “fresco” debe ser mayor o igual a 0,8. Un $IC \geq 0,8$ significa que la calificación promedio de los panelistas en la evaluación sensorial de las muestras con respecto al atributo fue mayor o igual a 4. El mejor tratamiento fue aquel donde las muestras presentaron un $IC \geq 0,8$ en todos los atributos sensoriales durante mayor número de días.

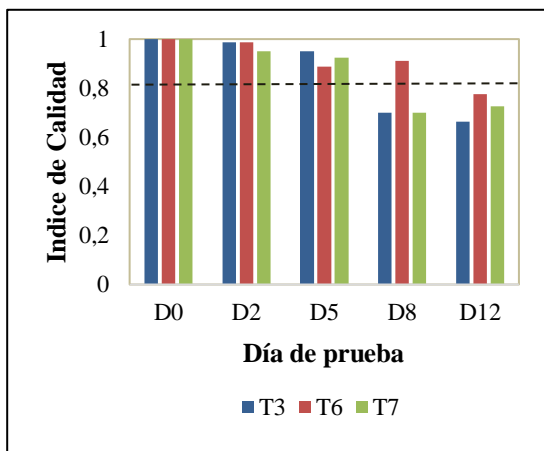


Fig. 6 Índice de calidad de la coloración de la carne [11]

La Fig. 6 muestra que los tratamientos 3 y 7 mantiene el color de la carne del pescado dentro del límite establecido hasta el día 5 y el tratamiento 6 hasta el día 8, puesto que el $IC \geq 0,8$. Un $IC < 0,8$ indica que el atributo ha sufrido una decoloración drástica en los días posteriores, siendo un indicativo de pérdida de frescura.

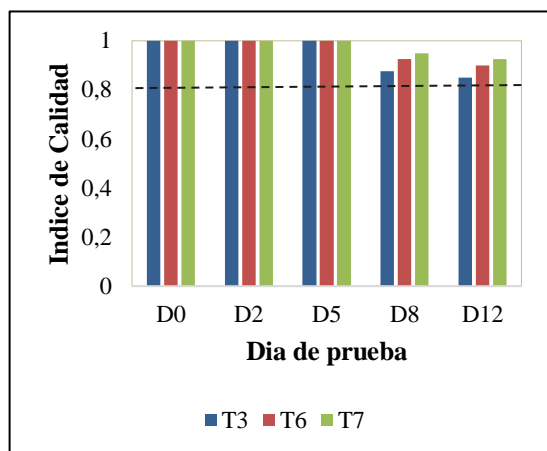


Fig. 7 Índice de calidad de la coloración de la piel [11]

La Fig. 7 muestra que los tres tratamientos conservan la piel del pescado dentro del límite aceptable hasta el día 12. Sin embargo, se puede observar que el mejor tratamiento es el 7, ya que los valores IC son mayores en comparación a los otros tratamientos.

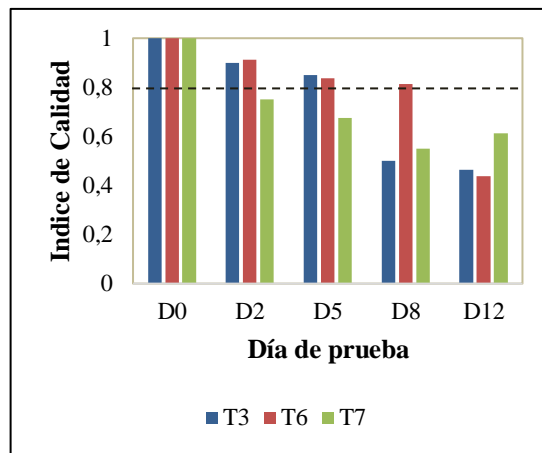


Fig. 8 Índice de calidad de la línea de sangre [11]

La Fig. 8 señala que el tratamiento 3 mantiene la coloración rojiza de la línea de sangre hasta el día 5, el tratamiento 6 hasta el día 8 y el tratamiento 7 hasta el día 2. En los días posteriores, la línea de sangre ha disminuido su color o se ha tornado oscura, denotando pérdida de frescura.

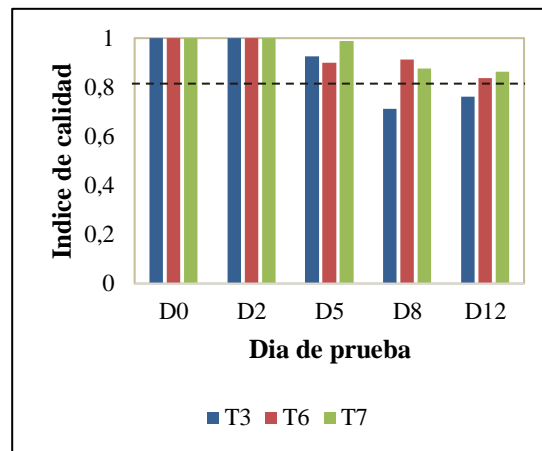


Fig. 9 Índice de calidad del olor [11]

La Fig. 9 presenta que el tratamiento 3 mantuvo las muestras con su olor característico hasta el día 5 y, el tratamiento 6 y 7 hasta el día 12.

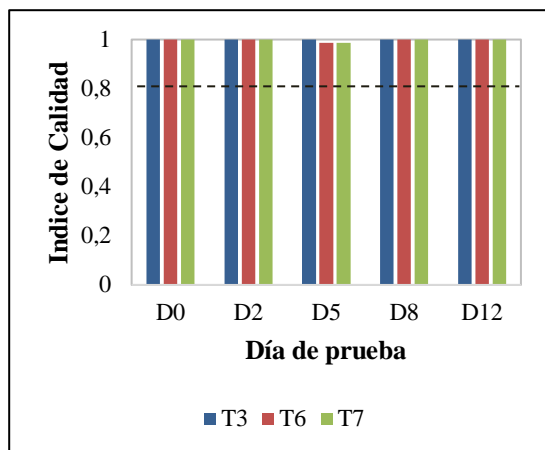


Fig. 10 Índice de calidad de la textura [11]

La Fig. 10 muestra que los tres tratamientos mantienen las muestras con una textura firme durante los 12 días de evaluación, dado que dentro de los días de análisis no existió una tasa de descomposición avanzada de las muestras.

Análisis de los resultados

Los resultados estadísticos de la prueba de Friedman indican que comenzaron a existir cambios significativos a partir del día 8 en la línea de sangre, mientras que, los demás atributos presentaron cambios significativos en el día 12 o se mantuvieron con el mismo aspecto. Por lo tanto, la conservación con ozono en las muestras solo es efectiva hasta 8 días y no 12 días.




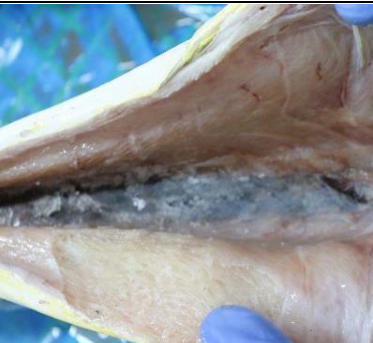








El análisis de los resultados del índice de calidad muestra que hasta el día 5 solo los tratamientos 3 y 6 conservan el pescado como fresco. El tratamiento 7 se descarta por ocasionar cambios significativos en la coloración de la línea de sangre con $IC < 0,8$ en el día 2. En el día 8 el tratamiento 6 mantuvo las muestras conservadas según los límites establecidos, sin embargo, las muestras del tratamiento 3 comenzaron a presentar cambios significativos en la coloración de la carne, en el olor y en la coloración de la línea de sangre; por ende, el tratamiento 3 se descarta como método de conservación. En el día 12 las muestras del tratamiento 6, comenzaron a presentar cambios significativos en la coloración de la carne, en el olor y en la línea de sangre; dejando de ser efectivo el método de conservación en el día 12 de la experimentación. Con respecto a la textura de las muestras de todos los tratamientos, este atributo se separa del análisis ya que no presentó ningún cambio significativo, dado que, el periodo de experimentación fue relativamente corto (12 días); y por ello no se observa una tasa de deterioro significativamente alta. Esto se pudo comprobar con el resultado del análisis fisicoquímico Nitrógeno básico volátil (NBV) descrito en la Fase III de validación, el cual es un índice de control de calidad de productos pesqueros.

Por lo tanto, acorde a los resultados estadísticos y el índice de calidad de los atributos evaluados, el mejor tratamiento para la conservación del pescado en fresco es el tratamiento 6 de 1,5 ppm de ozono y 10 segundos de inmersión, ya que mantuvo durante más tiempo (8 días) todos los atributos sensoriales sin cambios significativos.

Es importante resaltar que el tratamiento 7 a pesar de ocasionar cambios en la línea de sangre en el día 2, en atributos sensoriales como olor y coloración de la piel se observa un índice de calidad (I.C.) con valores más altos hasta el día 12 en comparación al tratamiento 6; haciendo posible que este tratamiento pueda utilizarse para la conservación de filetes de pescado; en el cual, la línea de sangre no forma parte del producto. Sin embargo, debido a los valores bajos de IC en la coloración de la carne del tratamiento 7, se deja abierta la idea de estudio de conservar filetes de pescado con ozono; ya que, al no ser un producto estrictamente fresco, es probable que el índice de calidad sea tolerable con respecto a estos valores más bajos de 0,8.

La Tabla XI muestra los atributos sensoriales obtenidos en pruebas experimentales del tratamiento 6.

TABLA XI
ATRIBUTOS SENSORIALES DE LAS MUESTRAS SOMETIDAS AL TRATAMIENTO 6 DURANTE LOS DÍAS 2, 5 Y 8

	Día 0	Día 2	Día 5	Día 8
Coloración de la carne				
	Característico de la especie	Característico de la especie	Característico de la especie	Característico de la especie
Coloración de la piel				
	Brillante	Brillante	Brillante	Levemente brillante, color disminuido
Línea de sangre				
	Coloración rojiza, brillante	Coloración rojiza, brillante	Coloración rojiza, brillante	Rojizo brillante, levemente oscurecido
Olor	Fresco, característico de la especie	Fresco, característico de la especie	Fresco, característico de la especie	Fresco, característico de la especie
Textura	Firme	Firme	Firme	Firme

Fuente: [11]

C. Fase III) Validación

La Tabla XII y la Tabla XIII indican los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del tratamiento 6 en el último día de evaluación. Los resultados indican que el tratamiento 6 cumple con todos los requisitos estipulados en la norma NTE: INEN 183:2013 “Pescado fresco refrigerado o congelado – Requisitos” [14].

TABLA XII
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL TRATAMIENTO 6

Tipo de análisis	Unidad	Resultados		Requisitos
		Día 0	Día 12	
NBV	mg/100 g	16,21	20,50	Máx. 30
Histamina	mg/100 g	0,00	0,00	Máx. 5

NBV: Nitrógeno básico volátil total

Fuente: [14]

TABLA XIII
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL TRATAMIENTO 6

Agente microbiológico	Unidad	Resultados		Requisitos	
		Día 0	Día 12	Mín.	Máx.
Recuento de microorganismos mesófilos	UFC/g	1 x 10 ⁴	3 x 10 ²	5 x 10 ⁵	10 x 10 ⁵
<i>E. coli</i>	UFC/g	<10	<10	10	500
<i>Staphylococcus aureus</i> coagulase positive	UFC/g	<10	<10	100	1000
<i>Salmonella</i> /25 g	Ausencia/Presencia	Ausencia	Ausencia	ND	-
<i>Vibrio cholera</i> /25 g	Ausencia/Presencia	Ausencia	Ausencia	ND	-
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> /25 g	NMP/g	< 3	< 3	ND	-

*ND: no detectado

Fuente: [14]

IV. CONCLUSIONES

El mejor tratamiento para la conservación del pescado en fresco fue el tratamiento 6, debido a que mantuvo todos los atributos sensoriales sin cambios significativos durante 8 días en comparación con los otros tratamientos, evidenciándose un aumento de 3 días en la conservación del producto.

Las condiciones de proceso para la conservación del pescado en fresco quedan establecidas en una concentración de ozono de 1,5 ppm y tiempo de inmersión de 10 segundos.

La concentración de ozono a 2 ppm, relacionado al tratamiento 7, afecta la línea de sangre del pescado; sin embargo, el aspecto de la carne, el olor, color de piel y la textura se mantienen hasta el día 12. Por tanto, este tratamiento puede considerarse como una alternativa para la conservación de filetes de pescado.

Los pescados que no cumplen con los requerimientos del cliente pueden ser comercializados en el mercado local, dado que la prueba de Nitrógeno básico volátil total (NBV) indica que las tasas de deterioro en las muestras no son avanzadas durante los 12 días de experimentación.

V. RECOMENDACIONES

Considerar el método de captura del pescado como un factor importante de la materia prima para su procesamiento a nivel de industria, ya que puede influir en la coloración de la línea de sangre (oscureciéndola) y, por lo tanto, ser un factor externo al proceso que cause la pérdida de frescura del pescado.

REFERENCIAS

- [1] ESPAE, *Orientación estratégica para la toma de decisiones – Industria de Pesca*, 2016.
- [2] WWF, "Pesquerías y Acuicultura: El sector pesquero en Ecuador," 2019. [Online]. Available: http://www.wwf.org.ec/nuestro_trabajo/pesquerias/.
- [3] M. Shawyer and A. Medina, "El uso de hielo en pequeñas embarcaciones de pesca," *FAO Documento Técnico de Pesca. No. 436*, p. 3, 2005.
- [4] A. Brodowska, A. Nowak and K. Śmigielski, "Ozone in the Food Industry: Principles of Ozone Treatment, Mechanisms of Action, and Applications. An Overview," *Taylor & Francis*, 2017.
- [5] C. O'Donnell, R. Rice, P. Cullen and B. Tiwari, *Ozone in food processing*, Wiley-Blackwell, 2012.
- [6] W. Blogoslawski and M. Stewart, "Some Ozone Applications in Seafood," *Taylor & Francis*, pp. Ozone: Science & Engineering, 33: 368–373, 2011.
- [7] A. Nath, K. Mukhimb, T. Swerb, D. Dutta, N. Vermaa, B. Dekab and B. Gangwar, "A Review on Application of Ozone in the Food Processing and Packaging," *Journal of Food Product Development and Packaging*, pp. 7-21, 2014.
- [8] A. A. Gonçalves, "Ozone – an Emerging Technology for the Seafood Industry," *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 52, no. 6, pp. 1527-1539, 2009.
- [9] H. Jegadeeshwar, S. Vijay Shankar, J. Premkumar and T. Ranganathan, "A Review on Utilization of Ozone in Food preservation," [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/319123327_A_Review_on_Utilization_of_Ozone_in_Food_preservation. [Accessed Abril 2017].
- [10] C. Betún, *Exportación de peces dorados congelados a Estados Unidos*, Quito: Universidad de las Américas, 2017.
- [11] J. Parra and J. Acosta, "Diseño del proceso de conservación de pescado Dorado utilizando ozono como agente conservante para su comercialización en fresco," 2019. [Online].
- [12] C. Campos, O. Rodríguez, V. Losada, S. Aubourg and J. Barros, "Effects of storage in ozonised slurry ice on the sensory and microbial quality of sardine (*Sardina pilchardus*)," *Science Direct*, pp. 123-125, 2004.
- [13] N. T. C. NTC 1443, "Productos de la pesca y acuicultura. Pescado entero, medallones y trozos, refrigerados o congelados.," *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)*, p. 5, 2009.
- [14] N. T. E. NTE INEN 183, "Pescado fresco refrigerado o congelado - Requisitos," 2013. [Online].