

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



“CONSERVACIÓN DE FILETES DE TOA (*Hemisorubim platyrhynchos*) EN SALMUERA CONCENTRADA, EMPACADA AL VACIO Y EVALUACIÓN DE SU ALMACENAMIENTO”

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por:

LUIS ENRIQUE GRANDEZ LOPEZ

Tingo María – Perú

2016



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail; fia@unas.edu.pe

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 003-2016

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 08 de marzo de 2016, a horas 9:00 a.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por el Bach. **GRANDEZ LOPEZ, Luis Enrique**, titulada:

“CONSERVACIÓN DE FILETES DE TOA (*Hemisorubim platyrhynchos*) EN SALMUERA CONCENTRADA, EMPACADO AL VACIO Y EVALUACIÓN DE SU ALMACENAMIENTO”

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **BUENO**; en consecuencia el Bachiller, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 122 inciso “k” y 135 inciso “f” del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 23 de marzo de 2016

Mg. Jorge Enrique Castro Gracey
Presidente

M.Sc. Jaime Eduardo Basilio Atencio
Miembro

Blgo. Pesq. Carlos Alvarez Janampa
Miembro

Ing. Alfredo Abelardo Garmona Ruíz
Asesor



UNAS

VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE
CIENTÍFICO
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 346 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería en Industrias Alimentarias

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
CONSERVACIÓN DE FILETES DE TOA (Hemisorubim platyrhynchos) EN SALMUERA CONCENTRADA, EMPACADA AL VACIO Y EVALUACIÓN DE SU ALMACENAMIENTO	LUIS ENRIQUE GRANDEZ LOPEZ	18 % Dieciocho	0 % Cero

Tingo María, 31 de octubre de 2025.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO

ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**CONSERVACIÓN DE FILETES DE TOA (*Hemisorubim platyrhynchos*) EN
SALMUERA CONCENTRADA, EMPACADA AL VACIO Y EVALUACIÓN DE SU
ALMACENAMIENTO**

Autor	:	Bach. Luis Enrique Grandez López
Asesor (es)	:	Dr. Alfredo Abelardo Carmona Ruiz
Área de Investigación	:	Ciencias de Alimentos
Grupo de investigación	:	Ingeniería de Alimentos - IA
Línea de investigación	:	Ingeniería de Alimentos
Lugar de ejecución	:	UNAS
Duración	:	Agosto 2012 – diciembre 2015
Financiamiento	:	S/. 6589,00

Tingo María – Perú, 2016

DEDICATORIA

A Dios por darme la Fe y fortaleza para perseverar y culminar mi carrera.

A mis padres GONZALO y FRANCISCA por su apoyo moral y económico para hacer realidad mi profesión.

A mi compañera MARIELA

A mi hijito KADIR que con sus travesuras y ocurrencias me hacen pensar en un futuro hermoso y promisorio.

A mis hermanos JUAN, FRANCISCA, JORGE, CECILIA Y MARY.

AGRADECIMIENTO

Al Ing° Alfredo Abelardo Carmona Ruíz, asesor del presente trabajo y principal colaborador para la experimentación, desarrollo y culminación de la Tesis.

Al Ing° Jorge Enrique Castro Gracey, presidente del Jurado Calificador por sus aportes y sugerencias para mejorar la presente Tesis.

Al Ing° Jaime Eduardo Basilio Atencio, Miembro de Jurado Calificador, por haber contribuido a través de sus observaciones a mejorar la presente Tesis.

Al Blgo. Carlos Álvarez, Miembro de Jurado Calificador, por haber contribuido a través de sus observaciones a mejorar la presente Tesis.

A todos mis profesores del Pregrado por haber contribuido con mi formación profesional y haberme proporcionado los conocimientos necesarios para poder ejecutar mi Tesis.

A mis amigos y compañeros de la Facultad por la hermosa convivencia durante mis años de estudio.

ÍNDICE

	Pag.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. La Toa (<i>Hemisorubim platyrhynchos</i>).....	4
2.3. El pescado	4
2.3.1. Valor nutritivo de la carne de pescado.....	4
2.3.2. Cambios bioquímicos postmorten en relación con la frescura del pescado.....	4
2.3.3. Etapas por la que atraviesa el pescado postmorten	5
2.3.4. Factores que influyen en la aparición de rigor mortis.....	6
2.3.5. Aspecto físico y organoléptico de algunas especies	7
2.4. El salado	8
2.4.1. El corte del pescado para un buen salado.....	9
2.4.2. Formas de salado de pescado	9
2.5. Conservación del pescado fresco	10
2.5.1. Método de conservación por congelación.....	10
2.5.2. Método de conservación mediante el empacado del pescado	11
2.5.3. Método de conservación mediante el empacado haciendo vacío.....	12
III. MATERIALES Y METODOS.....	13
3.1. Lugar de ejecución	13
3.2. Materiales.....	13
3.2.1. Materia prima	13
3.3. Métodos de análisis	13
3.3.1. Pruebas físicas	14
3.3.2. Análisis fisicoquímicos	14
3.3.3. Evaluación microbiológica.....	16
3.3.4. Evaluación organoléptica	16
3.4. Metodología Experimental.....	17
3.4.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima	17
3.4.2. Estudio de la concentración de sal en la salmuera	17

3.4.3. Estudio del empackado y temperatura de conservación	18
3.4.4. Determinación del flujograma optimo	18
3.5. Diseño experimental.....	18
3.5.1. Diseño experimental para la concentración de salmuera	19
3.5.2. Diseño experimental para el tipo de empackado y para la temperatura de almacenamiento	19
3.6. Análisis estadístico.....	21
3.6.1. Para la concentración de sal	21
3.6.2. Para el tipo de empackado y almacenamiento	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1. Características del filete de toa fresco.....	22
4.2. Estudio de la concentración de sal en la salmuera	23
4.2.1. Olor del filete de toa.....	23
4.2.2. Sabor/suculencia del filete de toa.....	25
4.2.3. Textura del filete de toa.....	26
4.3. Estudio de la forma de empackado y de la temperatura de almacenamiento.....	28
4.3.1. Seguridad microbiológica	28
4.3.2. Seguridad en el almacenamiento.....	30
4.3.3. Pruebas organolépticas.....	39
4.4. Proceso productivo definitivo de la conservación de filetes de toa	40
4.4.1. Procesamiento definitivo.....	40
4.4.2. Balance de materia y rendimiento.....	43
4.4.3. Caracterización del producto final	45
V. CONCLUSIONES.....	47
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	49
I. REFERENCIAS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pag.
1. Diferencias entre el pescado fresco y el pescado alterado.....	8
2. Parámetros medios de las porciones de filete de toa fresca empacado y almacenado a 4 ° C.....	22
3. Componentes químico proximal del filete de toa recién pescada.	23
4. Pruebas de Tukey HSD para el olor por concentraciones de sal al 95%.....	24
5. Pruebas de Tukey HSD para el sabor por concentración de sal al 95%.....	25
6. Pruebas de Tukey HSD de textura por concentraciones de sal al 95%.	27
7. Recuento microbiológico en los filetes de toa antes y después de 90 días de almacenamiento con los tratamientos.	28
8. Color (L, a y b) en los filetes toa sometido a los tratamientos en estudio.....	31
9. Evaluación del pH en los filetes de toa a 0 días y sometidos a los tratamientos durante el almacenamiento.	33
10. Valores de BVT (mg N/100 g) en los filetes de toa fresca por tratamientos, durante el almacenado.	34
11. Proteínas solubles (PS) en solución salina en los filetes de toa según los tratamientos y almacenamiento.	36
12. Cantidad de Malonaldehído en los filetes de toa según los tratamiento y tiempo de almacenado.	38
13. Evaluación sensorial de los filetes de toa según los tratamientos y tiempos de almacenamiento.	39
14. Balance de materia y rendimiento en la conservación de filete de toa salada, empacada al vacío y e temperatura de refrigeración.	45
15. Composición proximal del filete de toa fresco y salado empacado al vacío, almacenado 90 días a 4 °C.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pag.
1. Flujograma tentativo para el procesamiento de la Toa en salmuera.....	17
2. Diseño experimental para la determinación de la concentración optima de la salmuera.....	19
3. Diseño experimental del filete salado con dos tipos de empackado y dos temperaturas de almacenamiento.	20
4. ANVA gráfico para el olor de los filetes de toa.	24
5. Prueba de Tukey HSD para el olor de los filetes de toa	25
6. ANVA gráfico para el sabor/suculencia de filete de toa	26
7. Medias en la prueba de Tukey HSD del sabor del filete de toa	26
8. ANVA gráfico para la textura del filete de toa.....	27
9. Media y la Prueba de Tukey HSD de la textura del filete de toa	27
10. El pH en los filetes de toa según los tratamientos del experimento.	33
11. BVT en mg N/100g en los filetes de toa sometido a los tratamientos diseñados experimentalmente.....	35
12. Porcentaje de PS en solución salina en los filetes de toa con los tratamientos y los tiempos de almacenamiento.	37
13. Cantidades de Malonaldehido en los filetes de toa según los tratamientos y tiempos de almacenamiento.	38
14. Flujograma definitivo para conservar filetes de toa salada empackada al vacío a temperatura de refrigeración.....	41
15. Balance de materia y rendimiento para la conservación de filete de toa salada empackada al vacío y en refrigeración	44

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue evaluar la conservación de filetes de toa salada en una solución de salmuera al 30, 35 y 40% empacado al vacío y condiciones normales, almacenados a temperatura ambiente de 25 °C, y refrigeración a 4 °C para conservar y prolongar la vida útil de este pescado que tiene alta demanda en la selva del Perú. Las muestras provienen del mercado de Tingo María; estos fueron fileteados y sometidos en las pruebas definitivas a un salado en salmuera con una solución de cloruro de sodio a las concentraciones de 30, 35 y 40% de NaCl, se evaluó la estabilidad física y química de filetes de toa empacados al vacío y a presión atmosférica que fueron almacenados a temperatura ambiente y refrigeración. La evaluación sensorial reportó mejor puntaje a la concentración de 35%. La estabilidad física y química fueron buenos presentando bajos valores de cambio. La estabilidad de almacenamiento fue evaluada mediante el color, pH, estabilidad microbiológica y pruebas sensoriales. Durante el almacenamiento el pH desciende ligeramente en el periodo de evaluación, se determinó que el color no es estable en el tiempo, el análisis microbiológico demostró que la sal crea condiciones extremas para la supervivencia de los microorganismos durante el almacenamiento, finalmente el análisis sensorial demostró que hubo diferencias estadísticas hasta los 60 días, sin embargo, después de 90 días todos los tratamientos no mostraron diferencias.

Palabras clave: filetes de pescado, preservación de alimentos, *Hemisorubim platyrhynchos*, deshidratación osmótica

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the preservation of salted toa fillets in a 30%, 35%, and 40% brine solution, vacuum-packed under normal conditions, stored at room temperature (25 °C), and refrigerated at 4 °C, to preserve and extend the shelf life of this fish, which is in high demand in the Peruvian Amazon. The samples were obtained from the Tingo María market; they were filleted and subjected in the final tests to brining with a sodium chloride solution at concentrations of 30%, 35%, and 40% NaCl. The physical and chemical stability of vacuum-packed toa fillets at atmospheric pressure, stored at room temperature and refrigerated, was evaluated. Sensory evaluation showed the best score at the 35% concentration. Physical and chemical stability were good, exhibiting low change values. Storage stability was evaluated through color, pH, microbiological stability, and sensory tests. During storage, the pH decreased slightly during the evaluation period. It was determined that the color was not stable over time. Microbiological analysis showed that salt creates extreme conditions for the survival of microorganisms during storage. Finally, sensory analysis showed that there were statistical differences up to 60 days; however, after 90 days, all treatments showed no differences.

Keywords: Fish steaks, food preservation, *Hemisorubim platyrhynchos*, osmotic dehydration

I. INTRODUCCIÓN

En nuestra amazonia existe una gran variedad de peces, que constituyen una fuente natural de recursos hidrobiológicos que son aprovechados por los pescadores, especialmente en las épocas de abundancia cuando estas especies se trasladan a lugares ríos arriba para depositar sus huevos en el afán natural de perpetuarse en la naturaleza, pero existen épocas del año que son muy escasos, estos hechos origina una mala distribución alimentaria de estos recursos, lo cual se trata de corregir mediante la conservación muy tradicional que utiliza el poblador selvático que es el seco salado.

Una de estas especies que tienen que ver con este problema es la toa (*Hemisorubim platyrhincos*), que es una variedad dulceacuícola con elevado valor nutritivo y al alcance de los consumidores mayoritarios en los mercados por su bajo precio y es potencialmente aprovechable, siendo distribuidos en épocas de escasas como producto seco salado.

Una de las tecnologías más antiguas de conservación de pescado es el seco salado y se establece como una alternativa relevante en la preservación de este recurso hidrobiológico con algunas modificaciones que haremos en el proceso.

El proceso de industrialización del pescado seco salado se usa como una opción para conservar la calidad e incrementar la vida útil de las distintas especies de pescado que hay en el mercado. Pero el factor limitante en la calidad del pescado salado es la oxidación de las grasas por el oxígeno presente del medio circundante que trae como consecuencia el pardeamiento de la carne dando una mala calidad al producto, siendo una opción para incrementar la calidad del pescado la práctica de la inmersión en salmuera saturada y su posterior almacenamiento a temperatura de refrigeración.

Este procedimiento orientado a conservar el pescado en cloruro de sodio está compuesto por un grupo de métodos fisicoquímicos donde la salmuera saturada ingresa al tejido del pescado, provocando que pierda humedad el pescado por la diferencia de concentraciones. Sin tener en cuenta la acción conservante, la primera variación significativa percibida al ser consumido el pescado seco salado, es el cambio de su consistencia, la que se compensa al mejorar el sabor debido al curado. Si el pescado se sumerge en soluciones saladas a concentraciones más elevadas el músculo pierde agua y ensaya una disminución de la humedad y por lo tanto en el peso, aparte de padecer que las proteínas se desnaturalicen.

En otro orden de cosas, al hacer el vacío en el sellado de bolsas para almacenar los pescados salados se evita la oxidación de las grasas al mismo tiempo retardamos el deterioro del pescado por la acción microbiana. El tiempo de vida útil del pescado depende de la especie,

cantidad de grasa, carga microbiana preliminar, tipo de empaque y siendo particularmente de importancia, el almacenado que depende de la vida útil del pescado.

En la preservación existe un método muy utilizada para los recursos hidrobiológicos que es la utilización de temperatura bajas en el almacenamiento, actuando en la actividad enzimática y en la acción microbiana que es más notoria según el tiempo de vida útil del pescado la que se encuentra estrechamente vinculado con la temperatura de almacenamiento, determinándose que cuando se disminuye la temperatura de almacenamiento aumenta el tiempo de vida útil es de esta manera que muchas investigaciones han señalado la acción conservante que se obtiene sobre el pescado al disminuir la temperatura de almacenamiento. Ante lo manifestado los objetivos del presente trabajo fueron:

- Conservar filetes de toa salado a diferentes condiciones de temperatura y de vacío evaluando su almacenamiento.
- Caracterizar los filetes de toa
- Evaluar características fisicoquímicas como color, pH, oxidación de los lípidos (rancidez), bases nitrogenadas volátiles totales (BVT) y proteínas solubles en los filetes de toa salados a diferentes condiciones de temperatura y de vacío.
- Evaluar si microbiológica tiene estabilidad ante los diferentes tipos de microorganismos presente en los filetes de toa salados a diferentes condiciones de temperatura y de vacío.
- Evaluar sensorialmente los filetes de toa salado durante 90 días de almacenamiento a diferentes condiciones de temperatura y de vacío.
- Determinar las operaciones definitivas de los filetes de pescado, estableciendo sus parámetros óptimos y su balance de materia con rendimientos, caracterizando el producto final.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Suárez *et al.* (2008), estudiaron la Calidad fisicoquímica y atributos sensoriales de filetes sajados biopreservados de cachama, empacados al vacío bajo refrigeración, la evaluación se hizo mediante tres métodos, compuesto crudo de toxinas proteicas producidas por bacterias, ácido láctico e inspección almacenados a 3°C/30 días.

Al transcurrir del tiempo de almacenamiento los datos de pH disminuyeron llegando a valores de 6,20 al finalizar el periodo y el dato inicial de TBA en los filetes fue de 0,93 mg de malonaldehído/kg, a los 10 días de almacenamiento se consiguieron los datos más elevados de TBA. Para este tiempo el valor más elevado alcanzado para el método con ácido láctico y el más bajo para el método control. Los resultados de análisis sensorial para filetes sajados en estado fresco y cocinado, presentaron las mejores puntuaciones de aceptabilidad para el tratamiento con extracto crudo de bacteriocinas.

Barboza de M. *et al.* (1999), en su trabajo estudio la evaluación microbiológica y características químicas del pescado salado consumido en la ciudad de Maracaibo, Venezuela. Se observó que de las seis especies analizadas (Ronco, Bagre, Bocachico, Cazón, Lisa y Corvina) con respecto al análisis químico, lisa fue la especie con mayor porcentaje de proteína y grasa (40,52 y 5,95 %) y la evaluación microbiológica del bagre no resulto apto para el consumo humano debido a que lo niveles de *Staphylococcus aureus* estuvieron por encima de los valores permisibles (4,48 log₁₀ ufc/g) permitido por la norma COVENIN.

Molina *et al.* (2001), estudio la calidad alimentaria y estabilidad oxidativa de *Pseudoplatystoma corruscans*. El surubi manchado (*Pseudoplatystoma corruscans*) es el pez de agua dulce más comercializado en el noreste argentino, las muestras se envasaron en películas de alta y baja permeabilidad al oxígeno y se almacenaron a -16°C y 5°C, se realizaron determinaciones fisicoquímicas, UFC, valor de peróxido y TBARS, cada 7 días en las muestras refrigeradas y cada 14 días en las congeladas. El recuento inicial de microorganismos fue de 1,25x10⁵. Al cabo de 2 semanas las muestras refrigeradas ya no fueron aptas microbiológicamente para el consumo (1x10⁷) para retardar el crecimiento microbiano y retardar la oxidación lipídica deben emplearse temperaturas de congelación y envases de baja permeabilidad al oxígeno.

2.2. La Toa (*Hemisorubim platyrhynchos*)

Según IIAP (1991), la toa tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Nombre científico: *Hemisorubim platyrhynchos*.

Familia: Pimelodidae.

Nombre común: Toa, jiripoca.

Los machos pueden llegar alcanzar los 52,5 cm de longitud total y 1,470 g de peso, come peces y organismos bentónicos, dieta iliófaga, pero también insectívora, piscívora y vegetariana.

Es un pez de agua dulce y de clima subtropical (20°C a 22°C). Esta especie es muy diversificada tanto en formas como tamaños. Frecuentan aguas profundas, turbias y de corriente moderada preferentemente muy vegetadas.

Se encuentran en Sudamérica: cuencas de los ríos Amazonas, Maroni, Orinoco y Paraná.

2.3. El pescado

2.3.1. Valor nutritivo de la carne de pescado

Conell (1988), menciona que la proteína del pescado tiene menor valor biológico que la leche materna y mayor que la leche de vaca y carne de animales de sangre caliente. En orden a la alimentación humana, la carne de pescado carece de casi todo tejido conjuntivo, es pobre en hidratos de carbono y contiene una proteína fácilmente digestiva.

Cuenta también con aminoácidos esenciales que el hombre debe recibir con los alimentos porque su organismo es incapaz de elaborar a partir de la proteína vegetal. En base a esto, resulta ser el pescado especialmente valioso para los jóvenes que no han terminado de crecer y para personas que realizan actividades de tipo intelectual. (Conell, 1988).

2.3.2. Cambios bioquímicos postmortem en relación con la frescura del pescado

Después de la captura y muerte del pescado este sufre inmediatamente un deterioro, cuya velocidad de degradación es más alta que los otros tipos de carne.

Este proceso de degradación es llevado a cabo en una primera etapa por enzimas propias del músculo del pescado y posteriormente, por enzimas producidas por los microorganismos que ingresan al músculo. La velocidad de deterioro varía según las especies, dependiendo de diversos factores tales como: tamaño, estado biológico, alimentación, método de captura y temperatura (Norman, 1978).

Los cambios bioquímicos que experimenta el pescado dan lugar a diferentes etapas de deterioro, que se denominan “grados de frescura”, en la cual se presentan una serie de características fisicoquímicas y sensoriales que son importante tener en cuenta para la aceptación de la calidad del pescado cuando se utiliza como materia prima en la elaboración de productos de consumo humano. (Conell, 1988).

Conell (1988) dice que el proceso de degradación tiene reacciones múltiples en la cual suceden los principales cambios por la falta de oxígeno que debería ser llevado por la sangre a las células del organismo. Dentro de estos cambios tenemos:

Activación del glicólisis anaeróbico y la alteración del equilibrio del sistema Adenosin Difosfato (ADP), Adenosin Trifosfato (ATP) por el consumo y la desaparición de la fosfocreatinina (fuente de fósforo inorgánico) de alta energía necesaria para la síntesis del ATP y consumo de glucógeno.

Autólisis, que se realiza a nivel de las enzimas proteolíticas (catapsinas), formando un sustrato ideal para la actividad de los microorganismos que invaden el músculo llevándolo hasta la etapa de putrefacción.

Conell (1988), afirma que, en la autocatálisis, se produce una autodigestión del músculo en la cual los compuestos nitrogenados por acción de las enzimas proteolíticas liberados de los lisosomas degradan las proteínas a péptidos y aminoácidos libres el cual constituye un medio adecuado para el crecimiento microbiano que ingresa del medio externo.

2.3.3. Etapas por la que atraviesa el pescado postmorten

FAO (2007) dice que inmediatamente producida la muerte del pez comienza su degradación, en la cual se pueden definir 4 etapas con sus características respectivas. El tiempo de permanencia de cada etapa depende de la especie, tamaño, alimentación, condiciones de captura, manipuleo y preservación a bordo, etc.

En las etapas de prerigor y rigor mortis el recurso es muy fresco. Y en la etapa de postrigor se considera menos fresco. En cuanto a la acción enzimática del músculo se presenta en el prerigor y rigor-mortis y la acción bacteriana en el postrigor y continúa hasta la putrefacción. (FAO, 2007)

Prerigor

FAO (2007), manifiesta que está comprendida entre la muerte del pescado hasta que se inicia la rigidez, sus características son: el pescado se torna flácido, pero reacciona a estímulos, el oxígeno residual es consumido creándose un ambiente anaerobio y empieza el

glicólisis anaeróbico (que es el proceso donde se provee la energía necesaria para que ocurra el endurecimiento del músculo).

En el glicólisis anaeróbico la reserva de fosfato de creatina se consume, ya no puede ser sintetizado el ATP y hay formación de ácido láctico. El pH del músculo inicialmente decrece por efecto del consumo de ATP y liberación de H⁺ (para luego subir debido al aumento de BVN). La disminución del pH del músculo es de acuerdo a la cantidad de glucógeno almacenado en el músculo al momento de su muerte. (FAO, 2007).

Rigor mortis

FAO (2007), dice que esta etapa comprende desde que el pH desciende al mínimo por la producción de ácido láctico y el efecto del consumo de ATP con la liberación de H⁺. La concentración de ATP ha disminuido los 2/3 de la inicial. Se caracteriza por que el pescado se torna rígido y duro por contracción de las proteínas miofibrilares, formándose la actomiosina, desapareciendo el ATP y comenzando a acumularse el IMP, que en momentos cuando llega a su máximo valor, ocurre el rigor con máxima intensidad.

Postrigor

FAO (2007). Manifiesta que se inicia cuando el músculo se ablanda nuevamente sin responder al estímulo, se caracteriza por que empieza la autodigestión por acción de las enzimas proteolíticas que degradan los compuestos nitrogenados (autolisis). Las proteínas pasan a formar péptidos y aminoácidos, concentrándose los aminoácidos libres lo cual facilita el crecimiento microbiano, también se acumula la hipotoxina e inosina.

Las especies pelágicas tienen un alto contenido de histidina en el músculo que al descarboxilarse formara histamina.

Putrefacción

Se caracteriza por que los aminoácidos producidos son medios óptimos para la reproducción y desarrollo de los microorganismos, cuyas enzimas degradan los compuestos animados, produciendo amoniaco, mercaptanos, indol, trimetilamina, etc., que da el olor y sabor desagradables del pescado al estado de completa descomposición (FAO, 2007).

2.3.4. Factores que influyen en la aparición de rigor mortis

FAO (2007), afirma que la prolongación del pre rigor depende de condiciones fisiológicas antes y después de la muerte del pescado. El tiempo para que el pescado ingrese y pase el rigor mortis depende principalmente de los siguientes factores:

- Especie
- Condición física
- Grado de exhaustacion (agotamiento)

- Tamaño
- Manipulación
- Temperatura

La temperatura es el factor más importante que gobierna el tiempo en el cual el pescado ingresa al rigor y permanece en este; este factor es controlable. A mayor tiempo y temperatura ambiente en el cual el pescado permanezca, más rápido ingresara y pasara el rigor.

2.3.5. Aspecto físico y organoléptico de algunas especies

Conell (1988), manifiesta que bioquímicamente las permutas que advierte el pescado, ocasionan las distintas fases de deterioro, que se nombra grados de frescura, donde se presentan una sucesión de particularidades fisicoquímicas y sensoriales, que son muy trascendentales tener en cuenta, para la aprobación de la eficacia del pescado, cuando se manipula como componente inicial en la producción de productos para conserva o consumirlo directamente. En la Tabla 1 se aprecia las diferencias del pescado fresco y pescado alterado.

Las transformaciones se pueden detectar si se realiza de una forma eficaz y rápida por el sentido de la vista. Para valorar los atributos de textura se hace mediante el sentido del tacto evaluando la consistencia, dureza, elasticidad, jugosidad aspecto farináceo y fibroso y la sequedad; La metodología más reproducible es la degustación debido a que se tiene en consideración las sustancias del producto, reflejándose de la forma más grata, las permutaciones sucedidos en el sabor. La escala de olores existentes entre el producto muy fresco y muy alterado pueden diferenciarse con cierta practica fácil y rápidamente, condescendiendo valorar el nivel de frescura de una manera muy exacta. De manera parecida, los olores raros que surgen en el almacenamiento en condiciones de refrigeración, enranciamiento, etc.) (Connell, 1988).

Cuando en el pescado se produce la alteración en condiciones de refrigeración, las características organolépticas transitan a través de estadios definidos claramente que un juez debe tener la destreza de reconocerlos, posiblemente para recoger aquel que ha traspuesto incuestionables límites (FAO, 2007).

Tabla 1. Diferencias entre el pescado fresco y el pescado alterado

Características	Pescado fresco	Pescado alterado
Superficie	lustroso mucílago Claro transparente	Opaco, mucílago turbio marrón.
Olor	Fresco a mar	Pútrido
Ojos	Cornea brillante Transparente	Hundidos cornea opaca.
Textura	Consistencia firme bajo la presión de los dedos.	Consistencia blanda bajo la presión de los dedos queda impreso huella de los dedos
Agallas	Rojas y brillantes	Pardo y oscura decoladas.
Columna vertebral	Carne difícil de desgarrar	Carne fácilmente desprendible.

Fuente: FAO, 2007

El pescado sufre cambios muy dramáticos siendo el más notorio el rigor mortis. Inminentemente posterior a la muerte el músculo del pescado está completamente relajado, la textura flexible y elástica ordinariamente permanece durante un tiempo en horas y subsiguientemente el músculo se constriñe. Cuando se pone duro y rígido, el cuerpo en su totalidad se torna inflexible entonces manifestamos que el pescado queda en rigor mortis. El estado del rigor mortis origina que el músculo se relaje de nuevo y recobre la elasticidad, pero que no es la misma previa al rigor. El equilibrio entre la iniciación y la resolución del rigor varía según la especie y es influenciada por la temperatura, manipulación, el tamaño y las circunstancias físicas del pescado (FAO, 2007).

El rigor mortis en la carne del pescado es señal de frescura por esta razón es de importancia establecer la forma de alargar esta circunstancia (Rivas Plata, 1980).

2.4. El salado

Rodríguez *et al.* (2009), manifiesta que la salazón es posiblemente uno de los métodos más antiguos de conservación siendo una alternativa significativa en la conservación de los recursos hidrobiológicos como el pescado. Conservar el pescado en cloruro de sodio es un procedimiento dirigido por un conjunto de técnicas fisicoquímicas a través de las cuales la sal en cantidades elevadas ingresa en los músculos del pescado y el agua sale por la diferencia

de concentraciones. Esta técnica está establecida por dos componentes:

La cantidad de sal que es diluida constituyendo la salmuera (retrasado si la sal se diluye muy lánguidamente debido a la dimensión de partícula).

La velocidad que la sal se introduce al tejido del pescado y el agua es eliminada.

El almacenamiento de pescados salados empacado al vacío evita la oxidación de las grasas, al mismo tiempo retardan la acción de deterioro microbiano en el pescado. Estando en manos de la especie, el contenido de lípidos, la carga microbiana inicial, la naturaleza de la bolsa de empacado y lo que es de especial importancia, el almacenamiento y la temperatura del que necesitará la vida útil del pescado expresado en función al tiempo (Rodríguez *et al.* 2009).

2.4.1. El corte del pescado para un buen salado

Rodríguez *et al.* (2009) afirma que después de eviscerar, quitar las agallas y lavar muy bien el pescado, este se tiene que cortar, el corte del pescado se realiza de acuerdo al tamaño. Cuando el tamaño del pez se encuentra entre 3 cm y 3.5 cm se realiza un corte tipo mariposa con o sin cabeza, en peces de mayor tamaño, se corta el filete con grosor de hasta 2cm. Después del proceso del corte, se puede agregar la sala o hacer otros cortes longitudinales para mejor la penetración de la sal.

2.4.2. Formas de salado de pescado

Existen tres formas de salar el pescado:

Salado en pila seca

Este es uno de los métodos más usados el de la pila seca que se combina con el secado, evita que el pescado se descomponga fácilmente por la humedad y el calor. Para salar 10 kilos de pescado fresco se usan 4 kilos a 5 kilos de sal, si el pescado es muy grueso o con mucha grasa.

Después del desangrado el pescado se escurre y se le agrega sal en cada uno de los cortes cubriendo la totalidad por lado y lado (Rodríguez *et al.* 2009).

Salado en pila húmeda

Rodríguez *et al.* (2009) dice que este proceso es similar al de pila seca, se utilizan tanques plásticos con tapa, la diferencia está en que el recipiente no tiene salida de agua y prácticamente el pescado queda sumergido en el agua que luego es extraída por la sal y una vez terminado el proceso se deja secar.

Salado en salmuera concentrado

El pescado es sometido en tanques plásticas a una salmuera de 30% de concentración por un tiempo aproximado de 48 horas, luego se deja secar el pescado por un tiempo de 12 h a 24 h. las concentraciones de salmueras pueden variar (Rodríguez *et al.* 2009)

Entendiéndose como filete a las lonjas de carne de pescado (con un espesor inferior a 2 cm.) que se separa del cuerpo del pescado fresco mediante cortes paralelas a la espina dorsal, una vez quitadas las aletas y las espinas principales. (Rodríguez *et al.* 2009)

2.5. Conservación del pescado fresco

El pescado si lo consumimos fresco, los beneficios se incrementan, siendo en este estado que la concentración de proteínas y grasas es mayor. Sin embargo, el pescado es muy delicado al estado fresco, ya que puede dañarse fácilmente. Uno de las formas es adquirir el pescado por la mañana o justo antes de volver a casa, para que, de esta manera, este poco tiempo carente de refrigeración conservando su calidad es así que adquirido el pescado deberá ser congelado de forma adecuada. El pescado suele admitir una temperatura de entre cero y dos grados centígrados y con un máximo de tres días (Inciarte y Moreno, 1991).

2.5.1. Método de conservación por congelación

Cuando se congela pescado es necesario conocer cuánto tiempo dura el pescado congelado, tanto si lo ha adquirido congelado o si lo ha congelado la persona que lo va a consumir, siendo de mucha importancia mantener la temperatura constante. Es así que es necesario ponerlo en el congelador cuanto antes. Una vez allí puede conservarlo durante un periodo ilimitado. Eso sí, se tiene en cuenta que, con el paso del tiempo, tanto el sabor como la textura van disminuyendo. Lo más recomendable es guardarlo durante unos 3 meses (Bailey y Gac, 1990).

El pescado se deteriora por el desarrollo de bacterias y por la alteración de sus proteínas y grasas. La propagación bacteriana se impide a temperaturas convenientes de congelación y se detiene los procesos de transformación no deseada. La congelación se usa para conservar pescados y mariscos por tiempos prolongados y salvaguardar su calidad, tanto sanitaria como nutritiva y sensorial, incluso posteriormente de su descongelación (Burgess, 1978).

La calidad de los pescados congelados estriba de diversos componentes:

Calidad inicial del pescado

Tenemos que seleccionar pescados muy frescos y hacer un control de todas las acciones antes de la congelación (Burgess, 1978).

Velocidad y temperatura de congelación

El pescado es de mejor calidad cuanto menor es el tiempo acontecido entre su captura y su congelación. El mejor sistema es la ultracongelación que consiste en alcanzar en el centro del alimento una temperatura de menos 5°C antes de las 2 horas. Luego se mantiene el pescado a temperaturas de menos 20°C hasta su congelamiento completo y finalmente se mantiene a menos 25°C. Si luego se someten a una descongelación correcta, las características del pescado congelado son casi las mismas que las del fresco (Bailey y Gac, 1990).

Envasado

Impide la pérdida de agua y el enranciamiento de la grasa gracias a que evita el contacto directo del pescado con el aire. Se suele recurrir a material impermeable o al glaseado. El glaseado consiste en sumergir en agua fría durante un instante al pescado recién congelado para que se forme a su alrededor una capa de hielo que le proteja durante su almacenamiento (Prince, 1992).

Almacenamiento

El pescado requiere una temperatura de conservación tan baja como sea posible y evitar oscilaciones. Tanto en los servicios de alimentación como en casa debe conservarse como mínimo a 18° C bajo cero (Gallo, 2001)

2.5.2. Método de conservación mediante el empacado del pescado

Un método de preservación incuestionable para toda clase de alimentos es el empacado al vacío, sobre todo, necesario para el pescado al estado fresco. Esta técnica consiste en extraer el oxígeno que circunda al producto para contenerlo de manera hermética en un envase flexible, con lo que conseguimos que la oxidación de los tejidos se retrase y sus características sensoriales se prolonguen por más tiempo. En la coyuntura del pescado esto es importante, porque requieren condiciones de higiene y seguridad alimentaria. Estamos compartimos tres ventajas de mucha trascendencia relacionado al envasado al vacío (Cheftel y Cheftel, 1992; Desrosier, 1997).

Una de las preocupaciones más notorias de los involucrados en la manipulación del pescado en condiciones de frescura es la seguridad del alimento. Si a nuestra mente viene toda la secuencia que realizan estos productos, vemos que su beneficiado y traslado

son operaciones importantes en los que se han de tomar las precauciones necesarias manteniendo un cuidado riguroso mientras se realice todo este proceso contribuyendo a evitar intoxicaciones por alimentos. Es así que el empaçado contribuye a conseguir la seguridad del alimento, simplemente porque gracias a la bolsa se protege a las carnes y pescados del contacto directo del manipulador u otras superficies que estén con suciedad o con contaminantes (García, 1988; Cheftel y Cheftel, 1992; Barreiro y Sandoval, 2002).

2.5.3. Método de conservación mediante el empaçado haciendo vacío

El empaçado al vacío brinda garantías tanto a los consumidores como a los ofertantes que participan en la distribución y comercialización de productos frescos como los pescados, para ello necesitamos para tener un envasado al vacío perfecto de un equipo de calidad. Los envasadores al vacío son en la actualidad fundamentales para cualquier negocio relacionado con la gastronomía (Singh, 2002; citado en López, 2006).

Si trabajas cotidianamente con pescados en tu emprendimiento es necesario conocer las ventajas que tiene el envasado al vacío, que consiste en que el envasado al vacío alarga la vida útil de pescados que ya fue explicado con anterioridad; Según Barreiro y Sandoval (2006) el envasado al vacío favorece la seguridad alimentaria; (García, 1988; Cheftel y Cheftel, 1992; Barreiro y Sandoval, 2002); el envasado al vacío ayuda a organizar el stock (Sacharow, 1976; Robertson, 1993); y otras ventajas de envasar al vacío pescados es la reducción de pérdidas, seguridad alimentaria y organización. Con estos tres aspectos, la manipulación alcanzará un mayor éxito. Sin embargo a estos puntos principales se suman a otras ventajas secundarias para ofrecer un servicio adecuado a tus clientes siendo estas la de mantener la forma de los alimentos flexibles; la de no perder sus jugos naturales; evitar la quemadura por congelación ya al congelar pescados en una bolsa, no entran en contacto directo con el hielo, por lo que evitamos la quemadura por congelación; ayudan con el mantenimiento de sus cualidades de color, sabor, olor y textura ya que se preservan favorablemente cuando están envasados y se consumen como el primer día (Valls, 2004).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en los Laboratorios de Microbiología de Alimentos, Análisis de Alimentos e Ingeniería de alimentos, además en la Planta Piloto de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias en la Universidad Nacional Agraria de la Selva en la ciudad de Tingo María, Provincia de Leoncio Prado en la Región Huánuco

3.2. Materiales

3.2.1. Materia prima

En la investigación se utilizó especímenes de toa (*Hemisorubín platyrhinchos*) provenientes de los pescadores de la ciudad de Pucallpa ubicada a 6 horas de la ciudad de Tingo María.

Materiales de laboratorio

Tubos de vidrio con tapa, Matraces (100 mL) Kimax USA, Schott Duran Germany, probetas (50 mL) Brand Germany, pipeta (5 mL) Pyrex USA, balones Kjeldhal, matraz Erlenmeyer, vasos de precipitación (50, 100 mL) Pírex USA, tubos de ensayo. Pírex USA, placas de vidrio, cubetas de poliestireno (1cm x 1cm x 4.5cm), papel filtro N° 40

Reactivos

Ácido clorhídrico 0,1N, óxido de magnesio, ácido sulfúrico 0.5 N, rojo de metilo al 2%, hexano, hidróxido de sodio al 0.1 N, etanol para análisis.

Equipos

Balanza analítica (OHAUS Analytical plus. Serie N° 1113032314), cocina eléctrica de plataforma, equipo extractor Soxhlet, estufa, equipo de destilación, cuenta colonias, Quebec, empacadora al vacío Multivac. Tip. A3000/16. Germany, espectrofotómetro (Genesis Termo Spectronic N° SG8100405), agitador magnético

3.3. Métodos de análisis

Los análisis físicoquímicos se hicieron a los filetes de toa recién acopiados (t=0) y en las muestras saladas embolsadas congeladas en dos tratamientos (T1 y T2) a los tiempos de 30, 60 y 90 días de depósito. Los análisis microbiológicos se hicieron a los 0 días y a los 90 días. La evaluación sensorial se realizó a los t=60 y t=90 días.

Se tomó 1 muestra de cada tratamiento, de un total de 36 muestras de 12 tratamientos con 3 repeticiones, se los descongeló al sumergirlos en agua embotellada en condiciones ambientales, esta operación sirvió para inspeccionar la función de hermeticidad del sellado y el mantenimiento intacto del empaque.

Los filetes de toa de cada tratamiento empacado fue homogeneizado durante 60 segundos en una licuadora marca Osterizer. A partir de cada muestra se hicieron todos los análisis por triplicado.

Seguidamente se calculó la media y la desviación estándar de los resultados obtenidos, haciendo finalmente el análisis utilizando la evaluación de Hipótesis comparando las medias para establecer las diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en función a los tratamientos y al tiempo.

3.3.1. Pruebas físicas

Color

Se hizo mediante las coordenadas de Hunter del colorímetro que se fundamente en la teoría de la coloración opuesta (Demian, 1980; citado en Bello y Rivas, 1992), que consiste en la determinación de los parámetros **a** que va - verde a + rojo; **b** que va de - azul a + amarillo y **L** que es la luminosidad siendo 0 negro perfecto y 100 un blanco perfecto. Se realizó en trozos de filete en cubos de 1 x 1 centímetros con 6 repeticiones, utilizando el medidor de color marca MACBETH EYE® modelo 2445, ajustado en una lámina patrón referencial. Observador de 10 CIELAB, Iluminante D65.

pH

Se tomaron 10 gramos de filete fresco homogeneizado diluido en 90 mL de agua destilada, filtrándose la suspensión para determinar el pH usando un pHmetro marca "HANNA" modelo HI 8417, Tal como indica la Norma Venezolana COVENIN Número 1315 (1979).

3.3.2. Análisis fisicoquímicos

Humedad

La muestra previamente homogeneizada se somete en una estufa a 100 °C por un tiempo de 4 horas, evaluado en tiempos secuenciales de una hora hasta tener peso constante fue deshidratada a presión Atmosférica esto según la AOAC (2005) N° 950.46. Los valores obtenidos expresan la humedad en porcentaje (%).

Proteína cruda

Se utilizó el método AOAC (2005) N° 940.25 que es el de la micro-Kjeldahl, donde después de los análisis y en los datos obtenidos se utiliza el factor de conversión de 6,25 que nos da la cantidad de proteína en base húmeda en porcentaje (%).

Grasa cruda

Se hizo por arrastre mediante el solvente hexano utilizando el equipo Soxhlet de extracción automatizada marca VELP SCIENTIFICA método que corresponde a la AOAC (2005) N° 991.36. El porcentaje de grasa en base húmeda (%) encontrado son los resultados.

Cenizas.

Se hizo por incineración en mufla de 500 a 550 °C que corresponde al método de la AOAC (2005) N° 938.08, expresándose los resultados como la cantidad de ceniza en porcentaje (%).

Rancidez oxidativa

Se tomaron 10 gramos de muestra, homogeneizándose con 50 mL de agua destilada, agregándose 5 mL de solución de EDTA-propilgalato al 0,5%. Luego el producto de esta mezcla se pasó a un balón Macro Kjeldahl conteniendo 47,5 mL de agua destilada con 2,5 mL de HCl. Fue destilado obteniéndose 50 mL del destilado que fue aforado a 100 mL con agua destilada, luego se cogieron 5 mL y se mezcló con 5 mL de 0,02 M de 2- TBA en ácido acético al 95%, posteriormente se sometió a baño maría durante 35 minutos, dejándose enfriar y midiéndose la absorbancia a 538 nm en un espectrofotómetro marca Shimadzu modelo UV-2501 PC este método corresponde al del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) por TARLADGIS (1960) modificado por RHEE (1978). Obteniéndose la concentración de una curva de calibración con Malonaldehído (Anexo 2). Expresándose los resultados en mg de Malonaldehído por gramo de muestra.

Bases volátiles totales (BVT)

Se determina el nitrógeno volátil total, mediante macro destilación en un tiempo de 15 min, empleando óxido de magnesio como catalizador, este método corresponde al de PEARSON (1976). Expresándose los resultados como mg N por 100 g de muestra.

Proteínas solubles

Se realiza homogeneizando 8 gramos de filete, en 160 mL de solución fría de Buffer 0,6 M de KCl y 0,003M de NaHCO₃, pH 7 en 1 minuto, luego centrifugamos en frío a 5000 r.p.m. durante 20 minutos y extraemos el sobrenadante donde están las proteínas solubles en solución salina. Determinándose el contenido de nitrógeno total del sobrenadante

por el método de micro-Kjeldahl, según AOAC (2005) N° 940.25, utilizando el factor de conversión 6,25 y según la metodología de BARRERO (2007) y MONTECCHINA (1997).

3.3.3. Evaluación microbiológica

Los microorganismos indicadores se determinaron realizando el método descrito por APHA (2001).

Conteo de aerobios mesófilos y psicrófilos

Con la muestra y el agua peptonada al 0,1 %, se hizo una dispersión de 10 mL en 90 ML proporcionalmente de cada componente haciéndose diluciones en serie, se sembró en Agar Plate Count (PCA). A 24 a 48 horas con 35 a 37°C se hizo la incubación para aerobios mesófilos y de 7 a 10 días a 7°C para aerobios psicrófilos, los resultados se expresaron como UFC/g.

Coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*

En 225 mL de agua peptonada al 0,1 % se agregó 5 g de muestra, a partir de esta se hizo diluciones en serie. Por triplicado, volúmenes de 1 mL de cada dilución se sembraron en tubos de Caldo Lauril Sulfato Triptosa. A 35 hasta 37°C se sembraron incubándose por 24 a 48 horas, de los tubos positivos se transfirieron con un asa a tubos con Caldo Bilis Verde Brillante para establecer NMP de coliformes totales y en muestras de tubos con Caldo EC, fueron incubados a 44,5°C por 24 a 48 horas para determinar NMP de coliformes fecales. Los tubos positivos de EC se pasaron con un asa a placas de Agar Levine y se incubaron de 35 a 37°C por 24 horas para el aislamiento de *E. coli*, las colonias que poseen las características se pasan a cuñas de agar Standard Plate Count (SPC) incubándose de 35 a 37°C por 24 horas para hacer los test bioquímicos (Indol, Rojo de Metilo, Vogues Proskauer y Simmons Citrato) para identificar *E. coli*. Los resultados se indican NMP por gramo de muestra.

3.3.4. Evaluación organoléptica

Se hizo las pruebas organolépticas en los tratamientos almacenados a temperatura ambiente y congelación en un tiempo de 60 y 90 días, descongelándose a la temperatura ambiente, cortándose en cubos de aproximadamente 1 x 1 cm haciendo la degustación por 16 jueces semientrenados que tiene hábitos de consumir pescado, evaluándose el color, olor y la apariencia, con una escala de 9 puntos, de manera ascendente de 1 a 9 hacia la aceptación (Anexo 3).

3.4. Metodología Experimental

La metodología experimental se desarrolló en base a tres etapas bien definidas.

3.4.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima

Se realizó lo descrito en los métodos de análisis.

3.4.2. Estudio de la concentración de sal en la salmuera

De acuerdo al flujograma tentativo de la figura 1, en esta etapa del trabajo solo llegamos hasta el saldo donde estudiamos tres niveles de cloruro de sodio: 30, 35 y 40%.

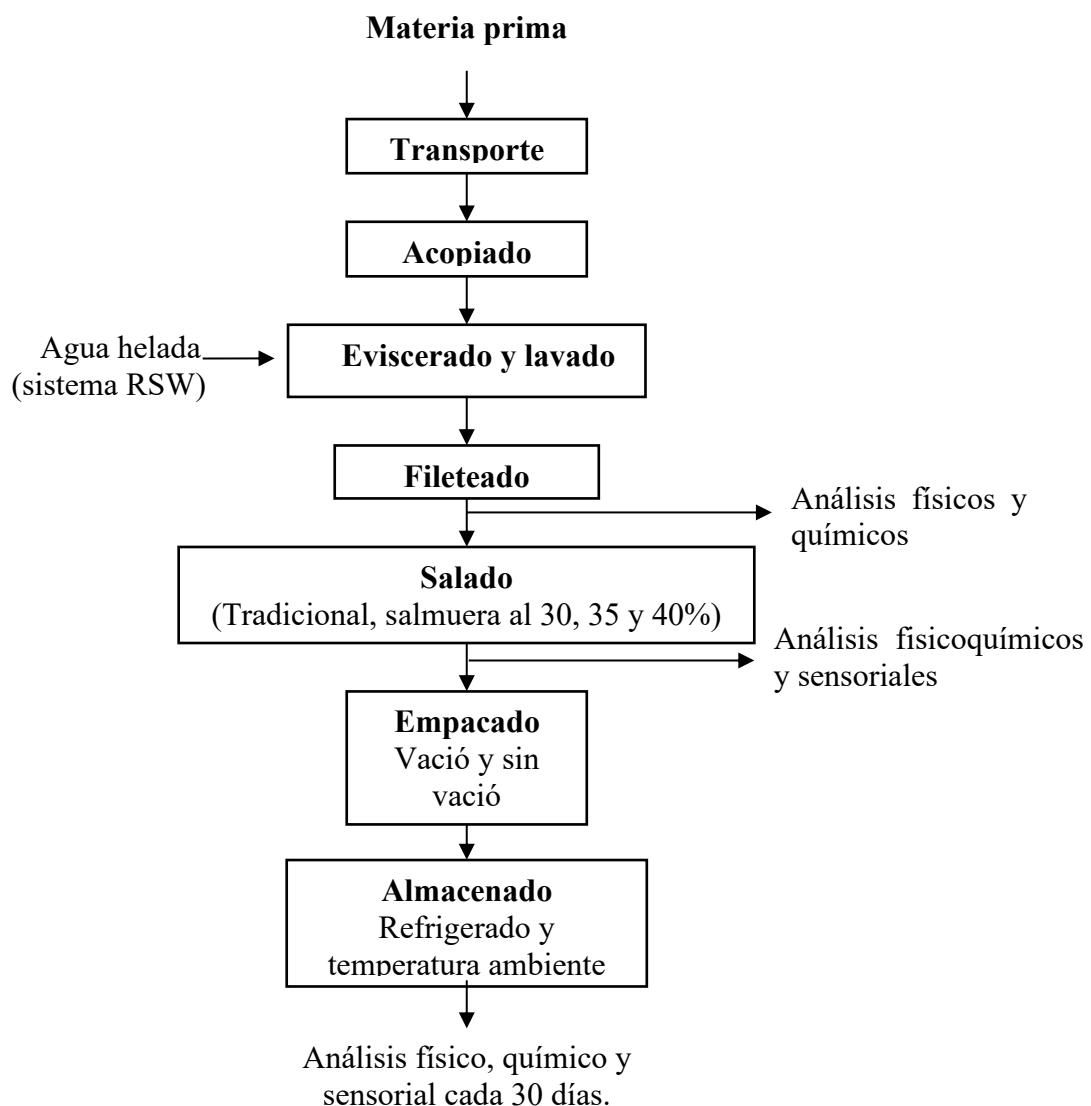


Figura 1. Flujograma tentativo para el procesamiento de la Toa en salmuera.

3.4.3. Estudio del empaçado y temperatura de conservación

En la Figura 1 se tiene los niveles que se estudiaron en cuanto al empaçado y a la temperatura de almacenamiento, donde observamos que existen dos variables más por estudiar.

Recepción

El pescado fresco se le evisceró y se lavó con abundante agua en forma manual.

Fileteado

Los pescados se filetearon en porciones de aproximadamente 32 cm de longitud y 350 gramos.

Salado

En salmuera, los filetes se sumergirán en una solución de cloruro de sodio al 30, 35 y 40 % por 9 días.

Empacado

Se dividirán en lotes y se les acondicionará en los siguientes tratamientos:

- Empacado sin vacío y almacenado a temperatura ambiente (27°C)
- Empacado sin vacío y almacenado a 4°C.
- Empacado al vacío y almacenado a temperatura ambiente (27°C).
- Empacado al vacío y almacenado a 4°C.

Almacenamiento

Los filetes ya una vez empaçado con vacío y sin vacío fueron almacenados a temperatura ambiente (27°C) y a refrigeración (4°C) durante 3 meses.

3.4.4. Determinación del flujograma óptimo

Evaluada la parte experimental según las variables se realizó el flujograma definitivo con su respectivo balance de materia y rendimientos por operación y por proceso.

3.5. Diseño experimental

El diseño experimental tuvo dos fases: el primero para estudiar la concentración de la salmuera y la segunda para estudiar las condiciones de empaçado y la temperatura de almacenamiento.

3.5.1. Diseño experimental para la concentración de salmuera

En la Figura 2 se tiene el diseño experimental para encontrar la salmuera con la concentración óptima para el salado del pescado después de 9 días en que los filetes fueron inmersos en la salmuera y refrigerados.

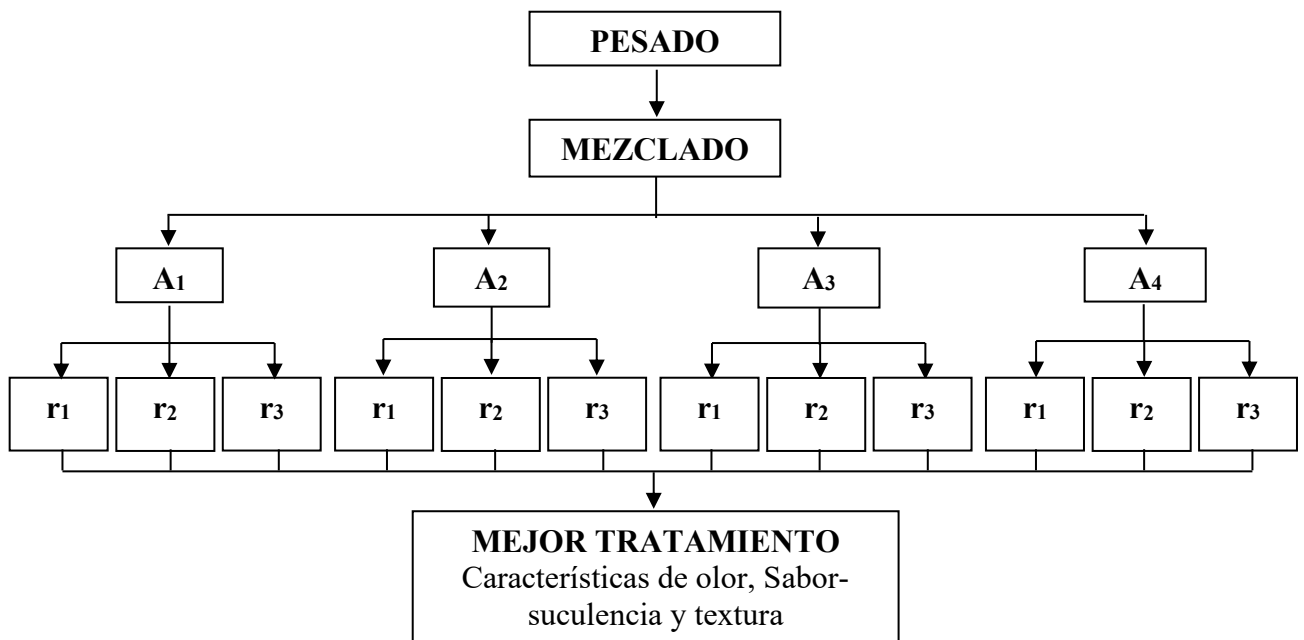


Figura 2. Diseño experimental para la determinación de la concentración óptima de la salmuera

En la figura se tiene:

A: Concentración de sal.

A1: Método tradicional.

A2: 30% de sal (NaCl).

A3: 36% de sal (NaCl).

A4: 42% de sal (NaCl).

r: repeticiones: r1: primera repetición; r2: segunda repetición y r3: tercera repetición.

3.5.2. Diseño experimental para el tipo de empaçado y para la temperatura de almacenamiento

En la Figura 3 se tiene el diseño experimental para el tipo de empaçado y para la temperatura de almacenamiento.

En la figura se tiene:

E: tipo de empaçado.

S1: sin vacío.

S2: con vacío.

T: temperatura de almacenamiento.

T1: temperatura ambiente.

T2: Temperatura de refrigeración a 4°C.

θ : Tiempo de almacenamiento.

θ_1 : 30 días.

θ_2 : 60 días.

θ_3 : 90 días.

r: repeticiones: r1: primera repetición; r2: segunda repetición y r3: tercera repetición.

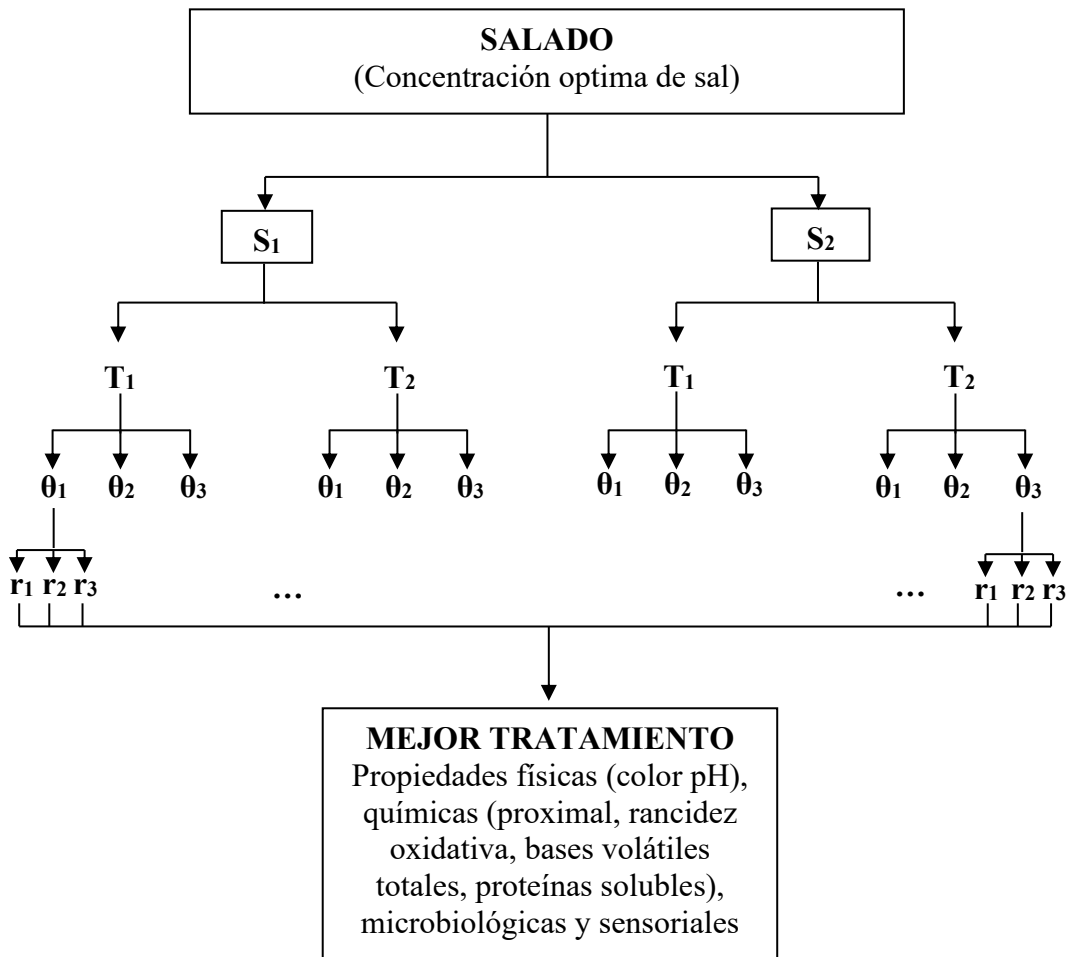


Figura 3. Diseño experimental del filete salado con dos tipos de empaqueo y dos temperaturas de almacenamiento.

3.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó por medio del programa STATGRAPHICS CENTURION VI.

3.6.1. Para la concentración de sal

El modelo estadístico utilizado para evaluar los diferentes niveles de sal en la salmuera fue el Diseño Completo al Azar (DCA), considerando tratamientos con tres repeticiones. Se estableció como variable independiente las condiciones de la salmuera y como variable dependiente los resultados del análisis sensorial.

3.6.2. Para el tipo de empaque y almacenamiento

Para este diseño experimental se utilizó un ANVA diseño bloque completo al azar (DBCA) con un ANVA multivariable con tres repeticiones, donde la Variable independiente son las condiciones de almacenamiento y la variable dependiente son los resultados de análisis fisicoquímico, sensorial y microbiológico.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características del filete de toa fresco

En la Tabla 2 se tienen los parámetros promedio de las porciones de filete de toa. Se acondicionaron con valores similares en cada uno de los tratamientos T1 y T2. En el momento del empacado, al hacer el vacío, los filetes frescos eran más manipulables que las congeladas, inclusive las bolsas de polietileno se adherían con facilidad al filete fresco, esto debido al nivel de blandura que ostentaban en comparación a los filetes congelados que eran rígidos. Los trozos pesaron 124,92 gramos, con medidas 15,12 cm de largo por 10,96 cm de ancho y con un grosor de 1,75 cm.

Tabla 2. Parámetros medios de las porciones de filete de toa fresca empacado y almacenado a 4 ° C.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR ± DS
Largo	cm	15,12 ± 1,60
Ancho	cm	10,96 ± 1,28
Grosor	cm	1,75 ± 2,13
Peso	g	124,92 ± 17,78

Fuente: Propia

En la Tabla 3 se muestra el promedio y la desviación estándar de los componentes del análisis químico proximal del filete de toa reciente. La humedad encontrada fue de 80,55 ± 0,86%, mayor que los encontrados por Huss (1998) 71%, Inn (2001) 71,90%, Izquierdo (2001) 71,45% en *Thunnus thynnus*, Márquez (2006) 70,47%, González (2007) 75,24% para *Thunnus albacares*, Mena (2009) 77,17% y Rodríguez (2009) 72,08%. Vemos que la cantidad de proteína (16,35 %) es menor y grasa cruda (2,13 %) es mayor en la mayoría de los casos a los mencionados por dichos autores, aunque la cantidad de proteína es próxima a los determinados por Mena (2009) 17,14% y Rodríguez (2009) 17,12%, siendo en el primer caso muestras acopiadas en el mismo lugar de origen.

La cantidad de cenizas es 0,97%, aproximándose a la unidad resultado que coinciden con los reportados por González (2007) de 0,90% y parecidos a los reportados por los autores antes mencionados.

Tabla 3. Componentes químico proximal del filete de toa recién pescada.

Componente proximal	% ± DS
Agua libre	80,55 ±0,86
Proteínas	16,35 ±0,92
Lípidos	2,13 ±0,05
Cenizas	0,97 ±0,10
TOTAL	100,00 ± 1,93

Fuente: Propia

El análisis químico proximal del pescado es de importancia su determinación debido a que sus componentes varían significativamente entre las distintas especies e incluso entre individuos de la misma especie, lo que va a depender de los aspectos fisiológicos, forma de alimentación, medio ambiente y épocas del año. Huss (1998) y Márquez (2006) mencionan que el pescado con más tiempo de vida es por lo común más rico en grasa, en tal sentido, contiene una cantidad menor de agua. En épocas del año específicas, los peces son más flacos y hay en sus tejidos más agua con menor cantidad de proteínas y grasa. En general esta situación aparece luego del desove. Ordóñez (1998; citados por Márquez, 2006) indican que, en función con las estaciones, se observan modificaciones cíclicas en los componentes químico proximal de las especies de pez. Estas modificaciones son notorias en especies pelágicas que contienen mucha grasa. Estos cambios son de trascendencia porque la cantidad proporcional de componentes en el filete de toa, en especial como las grasas, va a repercutir en la preservación con el tiempo del almacenamiento congelado.

4.2. Estudio de la concentración de sal en la salmuera

En el Anexo 1 se tiene la forma como se evaluó el aroma, el bouquet/suculencia y la suavidad del filete de toa después de haber sido tratada con salmueras al 30%, 35% y 40% empacadas al vacío y en refrigeración, la evaluación lo realizaron 13 panelistas semientrenados y la degustación se hizo luego de que los filetes fueron puestos en agua hasta que los niveles de sal queden al gusto, los filetes se cocinaron al vapor.

4.2.1. Olor del filete de toa

En el Anexo 2 se tiene la evaluación del olor de los filetes de Toa tratados en salmueras a diferentes niveles de concentración de NaCl, empacados al vacío y almacenado

en refrigeración durante 9 días, los cuales fueron desalados en agua hasta tener sal al gusto para ser cocinados al vapor.

Estos datos permitieron realizar el ANVA del Anexo 7, donde se observa que para los tratamientos el P valor es menor de 0,05, demostrando su diferencia estadística es decir que ningún tratamiento es igual, existiendo un óptimo.

Para poder establecer el óptimo de los tratamientos en relación al olor se hizo la prueba de Tukey HSD de múltiples rangos al 95% observándose que la mejor calificación corresponde a 35% de NaCl en la salmuera tal como se aprecia en la Tabla 4.

Tabla 4. Pruebas de Tukey HSD para el olor por concentraciones de sal al 95%

Tratamientos	Casos	Media LS
40	3	3,82 ^a
30	3	3,95 ^a
35	3	5,74 ^b

Fuente: Propia

En las Figuras 4 y 5 se aprecia con claridad que el mejor tratamiento en cuanto al olor es el de salmuera con 35% de NaCl con un valor promedio de 5,74333 que corresponde a la calificación de olor característico.

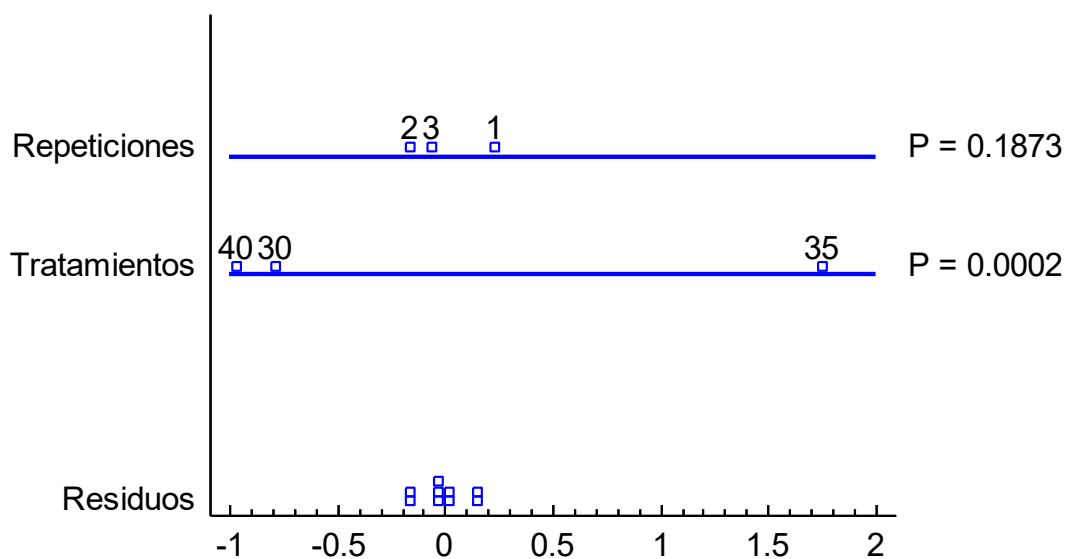


Figura 4. ANVA gráfico para el olor de los filetes de toa.

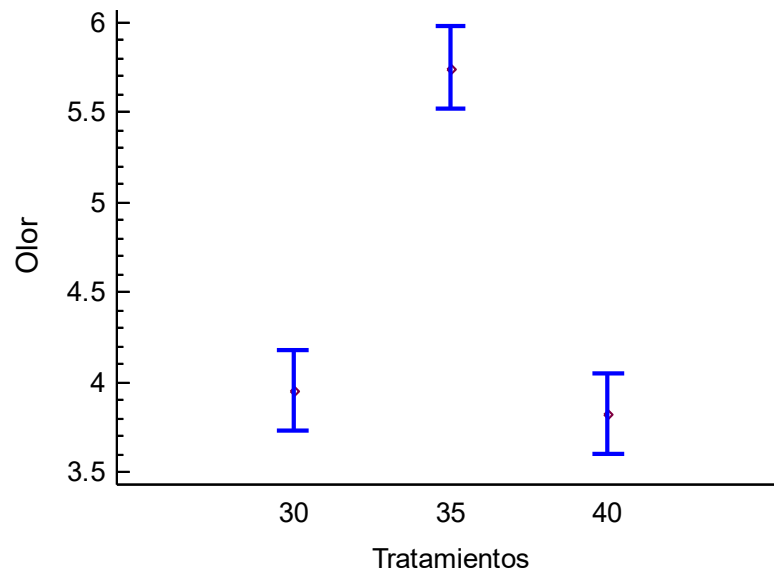


Figura 5. Prueba de Tukey HSD para el olor de los filetes de toa

4.2.2. Sabor/suculencia del filete de toa

En el Anexo 3 se tiene la evaluación del sabor/suculencia que nos permitió realizar el ANVA del Anexo 8 donde se aprecia que los tratamientos son diferentes ya que el P valor es menor que 0,005.

En la Tabla 5 se tiene la prueba de diferencia de Tukey HSD de múltiples rangos al 95%, donde se aprecia que el tratamiento óptimo corresponde al filete de toa que fue sometido al tratamiento en salmuera al 35% de NaCl con un valor de 5,62 que corresponde según el Anexo 1 a un calificativo del sabor característico con regular intensidad, succulento.

Tabla 5. Pruebas de Tukey HSD para el sabor por concentración de sal al 95%.

Tratamientos	Casos	Media LS
40	3	4,00 ^a
30	3	4,26 ^a
35	3	5,62 ^b

Fuente: Propia

En las Figuras 6 y 7 se ve con mucha claridad esta tendencia donde para repeticiones se observa que el P valor es mayor que 0,05 y para los tratamientos es menor, se observa además que el mejor tratamiento es el que corresponde a 35% de NaCl en la salmuera.

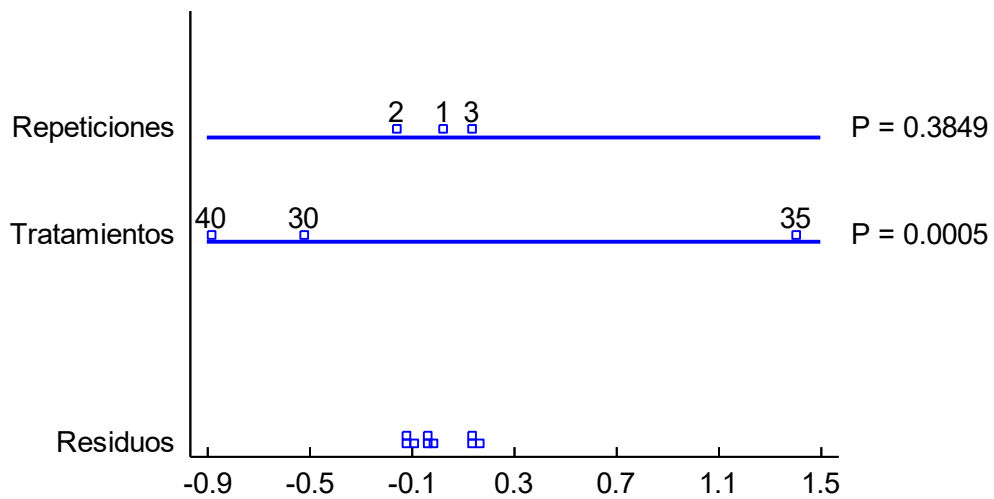


Figura 6. ANVA gráfico para el sabor/suculencia de filete de toa

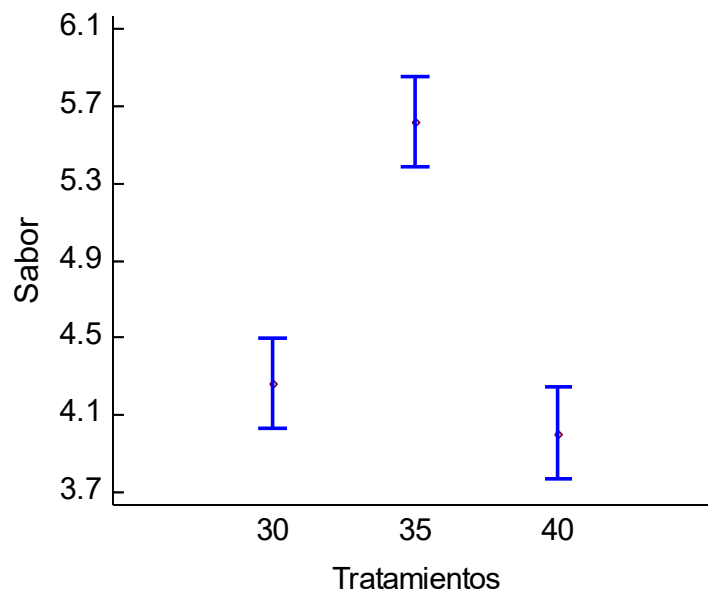


Figura 7. Medias en la prueba de Tukey HSD del sabor del filete de toa

4.2.3. Textura del filete de toa

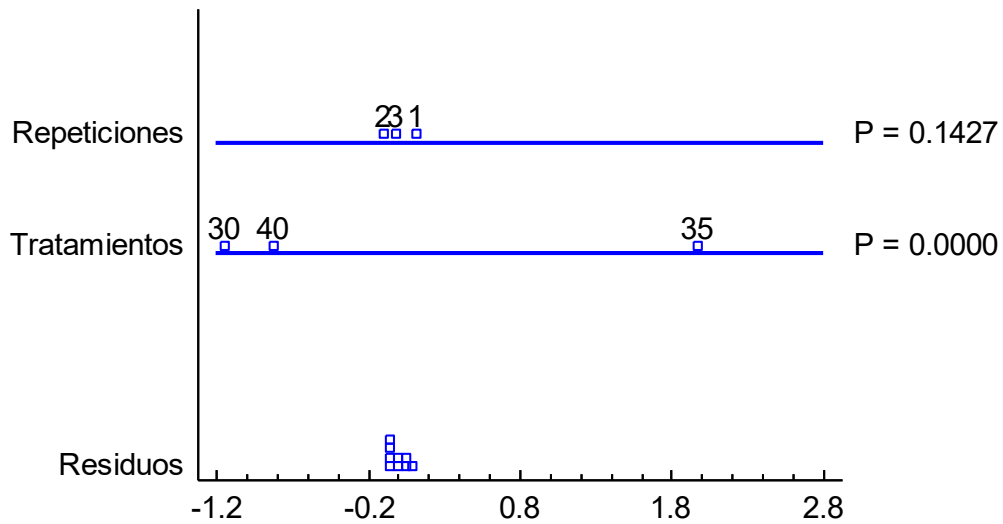
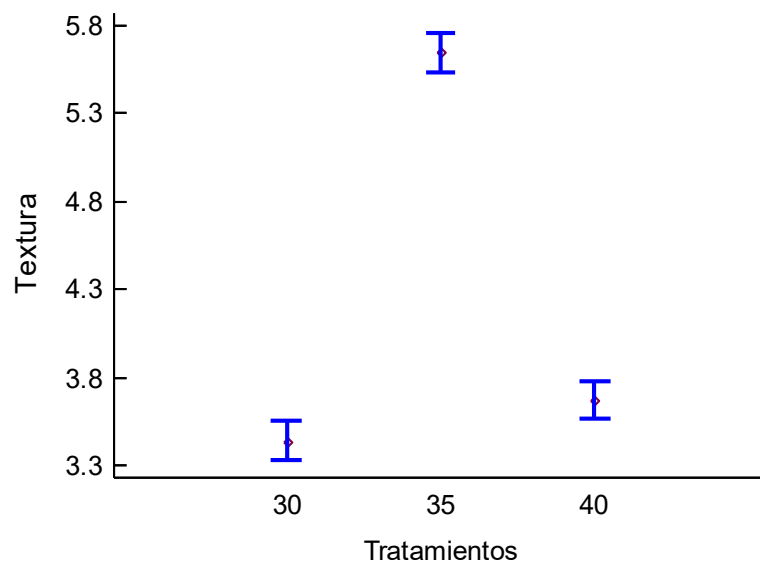
En el Anexo 4 se proporciona los valores obtenidos de la evaluación, mediante el cual se permitió realizar el Anexo 9 del ANVA de la textura del filete de toa, donde se aprecia que existe diferencia estadística en los tratamientos habiendo un tratamiento mejor.

En la Tabla 6 se aprecia que el mejor tratamiento es el filete que fue tratado con la salmuera al 35% de NaCl, con un calificativo de 5,64 que corresponde según el Anexo 1 a textura poco firme y elástica.

Tabla 6. Pruebas de Tukey HSD de textura por concentraciones de sal al 95%.

Tratamientos	Casos	Media LS
30	3	3,44 ^a
40	3	3,66 ^a
35	3	5,64 ^b

Fuente: Propia

**Figura 8.** ANVA gráfico para la textura del filete de toa.**Figura 9.** Media y la Prueba de Tukey HSD de la textura del filete de toa

En las Figuras 8 y 9 se visualiza que el mejor tratamiento es el filete tratado con salmuera de 35% de NaCl por tener el mejor promedio.

De los tres atributos analizados estadísticamente se puede afirmar que el mejor tratamiento es el filete de toa que fue tratado con salmuera al 35% de sal empacado al vacío y refrigerado durante 9 días, por tal razón a partir de estas pruebas se trabajara con filetes inmersos en una salmuera al 35 % por nueve días a temperatura ambiente, luego se dividieron en lotes y se les aplicaron los tratamientos que indicamos en la Figura 3 del diseño experimental.

4.3. Estudio de la forma de empacado y de la temperatura de almacenamiento

4.3.1. Seguridad microbiológica

En la Tabla 7 se tiene el análisis de aerobios mesófilos, psicrófilos, coliformes totales y fecales, encontrados en el filete de toa fresca a 0 días y al final del estudio a 90 días para el recuento. El listón de toa fresca se ve que para los m. o. mesófilos y psicrófilos tiene un conteo de 10^3 UFC/g, concordando con los resultados determinados por Márquez (2006) en atún fresco; así como en sardinas frescas que determinó Delgado (2000) y González (2001) luego de transcurrido de 1 a 2 días de la pesca, los autores hacen notar que el pescado con estas cantidades estaba en muy buen grado de frescura.

Tabla 7. Recuento microbiológico en los filetes de toa antes y después de 90 días de almacenamiento con los tratamientos.

Determinaciones	Almacenamiento				
	0 días	90 días			
		S1T1	S1T2	S2T1	S2T2
Aerobios mesófilos (UFC/g)	13,85x10 ^{3a} ±212,13	3000,00 ^b ±150,00	150,00 ^c ±75,00	0,00 ^d ±0,00	0,00 ^d ±0,00
Aerobios psicrófilos (UFC/g)	70,98x10 ^{3a} ±144,96	1000,00 ^b ±50,00	100,00 ^c ±5,00	30,00 ^d ±1,50	10,00 ^e ±0,50
Conformes totales (NMP/g)	93,00 ^a ±0,00	44,00 ^b ±0,00	23,00 ^c ±0,00	24,00 ^c ±0,00	21,00 ^c ±0,00
Conformes fecales (NMP/g)	< 3 ^a ±0,00	< 3 ^a ±0,00	< 3 ^a ±0,00	< 3 ^a ±0,00	< 3 ^a ±0,00

Fuente: Propia

El valor superior de mesófilos y psicrófilos considerados en pescado reciente y congelado es de 10^7 UFC/g, recomendados por el ICMSF (1986) que representa a un valor superior al determinado.

Se encontraron las bacterias del grupo coliformes, que indican contaminación fecal para determinar las condiciones salubres en las que estaba la toa fresca, porque su hábitat de este microorganismo es el interior de honres y de animales de circulación sanguínea caliente, por lo tanto, las coliformes no frecuentan en pescados y mariscos recién aprehendidos, su presencia señala malas praxis de higiene en las embarcaciones de captura y en los manipuladores de este producto (Metin, 2002, Barreiro y Sandoval, 2006). La existencia de coliformes fecales fue menor 3 NMP/g, que difiere del primer conteo de coliformes totales en el atún recién pescado que fue 93 NMP/g observándose que los dos conteos son menores a lo determinado por Márquez (2006), así mismo en atún recién pescado para coliformes fue 10^2 NMP/g) y al valor superior establecido por el ICMSF (1986) de 500 NMP/g en coliformes totales y fecales.

Se observó en los tratamientos S_2T_1 y S_2T_2 una ausencia de los aerobios mesófilos transcurrido los 90 días, cotejado con el recuento inicial del filete de toa fresco.

En los tratamientos S_1T_1 y S_1T_2 se tiene una disminución muy significativa en el recuento de estos microorganismos, el S_1T_1 , cuatro veces menos (3000 UFC/g) y el S_1T_2 , 86 veces menos (150 UFC/g) en relación al filete de toa fresca. Los aerobios psicrófilos bajan significativamente en los tratamientos, S_1T_1 (1000 UFC/g) y S_1T_2 (100 UFC/g), y también con, S_2T_1 (30 UFC/g) y S_2T_2 (10 UFC/g).

Para mesófilos las condiciones térmicas mínimas de crecimientos son de 5 a 20 °C y para psicrófilos de 0 a 5 °C (Hayes, 1993) dependiendo del oxígeno su existencia y desarrollo, ante esto los tratamientos donde se eliminaron el oxígeno por acción del vacío reportaron conteos menores de mesófilos y psicrófilos. A 4°C de refrigeración, se ve una inhibición de los mesófilos en los tratamientos S_1T_1 y S_1T_2 al vacío y a la atmosfera, visiblemente por el frio, como también los microorganismos psicrófilos disminuyeron significativamente.

Se redujo el desarrollo de los coliformes totales en los tratamientos S_1T_1 (24 NMP/g), S_1T_2 (23 NMP/g), S_2T_1 (24 NMP/g) y S_2T_2 (21 NMP/g) con respecto al tratamiento de la muestra inicial de filete de toa. Estadísticamente no hubo diferencias significativas entre los tratamientos 2,3 y 4. La refrigeración y el vacío desactivan a la pluralidad de los microorganismos, es así que, durante el almacenado, no aparecen cambios. Pero para el tratamiento S_1T_1 el recuento encontrado está por encima del valor máximo de 500 NMP/g,

determinados por el ICMSF (1986) para coliformes. Para los coliformes fecales los cambios en la materia prima inicial no existe y en las condiciones de los tratamientos. Se observa al transcurrir los 90 días que los conteos de coliformes son inferiores en relación con 10^2 NMP/g determinado por Márquez (2006).

Por anticipado de los tratamientos las pruebas microbiológicas proporcionaron información relacionado con la calidad del pescado, viéndose que los indicadores bajaron en todo el período de almacenamiento debido a la no existencia de oxígeno. Microbiológicamente los datos indican que se hizo un manejo adecuado del filete de toa fresca tanto en el mercado de acopio, como también en el procesamiento, demostrando que las dos condiciones eran importantes para que las muestras empacadas y refrigeradas según los tratamientos sean eficientes. La prolongación de la vida útil del pescado salado empacado al vacío es considerada globalmente que tiene que ver con la especie del pescado, con la cantidad inicial microbiana producto de la manipulación y de la temperatura de almacenado (Suárez, 2009). Almacenado durante 90 días en congelación los conteos de los microorganismos mesófilos, psicrófilos y coliformes fecales persistieron por debajo del valor superior determinado en el ICMSF (1986) y en relación a los coliformes totales el tratamiento S1T1 fue el único que superó el límite máximo que se permite. Ante lo analizado, los tratamientos almacenados durante 90 días preservaron los atributos microbiológicos de la toa fresca en forma de filete.

4.3.2. Seguridad en el almacenamiento

Pruebas físicas

Color. Los datos de las pruebas del color en los filetes de toa de los tratamientos en el almacenamiento se tiene en la Tabla 8. L es el parámetro que indica la luminosidad observándose estadísticamente diferencias ($p < 0,05$) en el periodo de almacenado. Para todos los tratamientos baja de valor en el tiempo. Almacenados durante 90 días los tratamientos de filetes de toa son menos luminosas notoriamente comparada con los tratamientos de toa fresca, y no existiendo diferencias estadísticas entre los tratamientos, en otras palabras, la luminosidad bajo en el periodo de los 90 días de almacenado, libremente de si trabajo al vacío y a condiciones atmosférica normales o si al empacar antes o después de refrigerar la muestra. La luminosidad baja muy notoriamente a los 9 días de almacenado habiendo fluctuaciones ligeras al transcurrir los 90 días de almacenado.

Tabla 8. Color (L, a y b) en los filetes toa sometido a los tratamientos en estudio.

Tratamiento	Toa fresca			Almacenamiento												Media (ANVA)		
	0 días			15 días			30 días			60 días			90 días			L	a	b
	L	a	b	L	a	b	L	A	b	L	a	b	L	a	b			
S ₁ T ₁	30,33 (2,74)	7,63 (0,99)	11,83 (1,04)	18,40 (2,13)	16,15 (1,44)	16,64 (1,19)	17,52 (3,20)	16,62 (1,46)	19,62 (2,12)	16,62 (2,52)	22,25 (2,48)	18,46 (0,77)	18,23 (2,36)	22,57 (2,92)	23,17 (1,25)	20,22 ^a (0,56)	17,04 ^b (0,49)	17,94 ^c (0,36)
S ₁ T ₂	30,33 (2,74)	7,63 (0,99)	11,83 (1,04)	15,63 (2,63)	19,11 (2,19)	15,60 (1,34)	17,45 (3,97)	19,30 (1,94)	17,50 (2,07)	15,94 (2,62)	20,99 (1,29)	18,00 (1,46)	15,89 (2,35)	23,83 (1,56)	21,58 (1,65)	19,05 ^a (0,56)	18,17 ^b (0,49)	16,90 ^c (0,36)
S ₂ T ₁	30,33 (2,74)	7,63 (0,99)	11,83 (1,04)	13,93 (3,64)	15,97 (1,11)	14,63 (2,00)	16,33 (1,94)	18,29 (1,20)	19,50 (1,44)	15,51 (2,83)	21,21 (1,24)	18,14 (1,99)	16,45 (1,65)	22,49 (2,01)	22,03 (1,24)	18,51 ^a (0,56)	17,12 ^b (0,49)	17,23 ^c (0,36)
S ₂ T ₂	30,33 (2,74)	7,63 (0,99)	11,83 (1,04)	14,42 (2,51)	17,75 (1,87)	14,44 (1,67)	16,46 (2,58)	17,89 (2,13)	18,60 (1,53)	16,86 (2,39)	21,09 (1,64)	18,42 (1,24)	18,07 (2,78)	22,17 (1,90)	22,67 (1,50)	19,23 ^a (0,56)	17,31 ^b (0,49)	17,19 ^c (0,36)
Media (ANVA)	30,33 ^a (2,74)	7,63 ^a (0,99)	11,83 ^a (1,04)	15,60 ^b (2,65)	17,25 ^b (1,77)	15,33 ^b (1,53)	16,94 ^b (2,65)	18,03 ^b (1,77)	18,81 ^c (1,53)	16,23 ^b (2,65)	21,39 ^c (1,77)	18,26 ^c (1,53)	17,16 ^c (2,65)	22,77 ^c (1,77)	22,36 ^a (1,53)			

Fuente: Propia

Rojo es el parámetro a y amarillo el parámetro b, los que aumentan de forma progresiva y significativa hasta llegar a los 90 días de almacenado refrigerado, alcanzando el mismo valor independientemente del tratamiento en forma cualitativa. El rojo (a) presenta un valor menor en el tratamiento S₁T₁ contrastado con el tratamiento S₁T₂, así mismo el amarillo (b) muestra un comportamiento inverso en los tratamientos, indicando que al hacer preliminarmente el empacado al vacío del filete de toa fresco refrigerándolo, es posible mantener el color rojo del musculo de la toa, por la ausencia de oxígeno disponible que influya en la mioglobina oxidándola, así como también en las grasas superiores del músculo. También, a 4°C la tasa de difusividad del oxígeno baja, pero la acción del oxígeno en los ácidos grasos insaturados sería el motivo del aumento en la coloración amarilla en el almacenado a refrigeración (Ludorff y Meyer, 1978; Cheftel y Cheftel, 1992; Gallo, 2001; López, 2006).

Las mayores luminosas con L igual a 20,22 y las más amarillas con b igual a 17,94 fue el tratamiento S₁T₁; y las menos luminosas con L igual a 18,51 y menos amarillas con b igual a 17,23 fue el tratamiento S₂T₁.

pH. Los valores del pH en los filetes de toa fresca y en el almacenamiento por cada tratamiento se tiene en la Tabla 9, observándose que el pH determinado en los trozos del filete toa fresco de 6,02 cercano al encontrado por MÁRQUEZ (2006) de 5,83 en atún fresco, lo cual se debe a que en gran número de especies de pescado, baja los niveles de oxígeno en la célula, dando lugar a la hidrólisis del glucógeno, generando ácido láctico, y por consiguiente la reducción del pH de 7,0 a un pH de 6,0 a 6,8 aproximadamente tal como lo reporta (González, 1998), coincidiendo con nuestros resultados.

El pH durante el tiempo de almacenado y entre tratamientos no tuvieron diferencia estadística y pero cabe señalar que bajo escasamente a los 15 días de almacenado de 5,16 a 5,85 entre cada tratamiento, la aminoración que se nota más en el tratamiento S₁T₁, observándose que todos los tratamientos se uniformizan a un pH de 6 (Figura 10).

Los valores del pH en el musculo de la toa muestran cada vez datos más bajos lo que es de prever porque están en función del tiempo de estudio. Este comportamiento se hace notorio, para los prototipos durante el período inicial de almacenamiento comprendido de 0 a 9 días, llegando al valor de 5,16 en el caso del tratamiento S₁T₁, y luego incrementa manteniéndose en el tiempo en todos los tratamientos, ocasionado por la iniciación de bioprocesos enzimáticos y microbiológicos producidas en el músculo que generan sustancias alcalinas como el amoníaco y TMA, los que neutralizan el ácido láctico originando que el pH se neutralice (Cheftel y Cheftel, 1992). Disminuye este efecto cuando congelamos el pescado incluso en condiciones determinadas no se percibe. Pero es viable la manifestación de este

fenómeno en estudio realizados por Valls (2004) en sardina envasadas al vacío congelados a -18 °C, donde el pH mostró un incremento en relación a los 120 días de almacenamiento que llego a 5,98, con respecto a la muestra fresca de 5,90 observándose el mayor valor a los 30 días de almacenamiento con pH de 6,24, viendo que estando a -18°C se generan sustancias básicas en el filete.

Tabla 9. Evaluación del pH en los filetes de toa a 0 días y sometidos a los tratamientos durante el almacenamiento.

Tratamiento	Almacenamiento					Media (ANVA)
	0 días	9 días	30 días	60 días	90 días	
S ₁ T ₁	6,02±0,01	5,16±0,01	6,16±0,01	6,02±0,01	6,02±0,02	5,87±0,01 ^a
S ₁ T ₂	6,02±0,01	5,83±0,00	6,16±0,00	5,91±0,02	6,00±0,00	5,98±0,01 ^a
S ₂ T ₁	6,02±0,01	5,85±0,01	6,20±0,01	5,99±0,01	6,10±0,01	6,03±0,01 ^a
S ₂ T ₂	6,02±0,01	5,85±0,01	6,14±0,01	5,95±0,01	5,98±0,00	5,99±0,01 ^a
Media (ANVA)	6,02±0,01 ^a	5,67±0,01 ^a	6,17±0,01 ^a	5,97±0,01 ^a	6,01±0,01 ^a	

Fuente: Propia

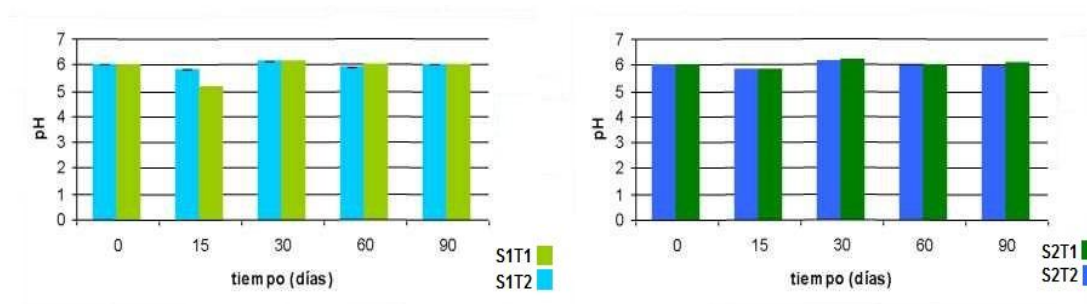


Figura 10. El pH en los filetes de toa según los tratamientos del experimento.

A los 30 días de almacenamiento para todos los tratamientos se tuvieron valores de pH de 6,14 a 6,20 que son los valores mayores, concordando con los de Valls (2004) en carcasa de sardina. Es así que Huss (1998); Ruiz-Capillas y Moral (2005) han determinado el valor de aceptabilidad del pescado a un pH de 7, que al aplicar este valor, la calidad de la toa tiene aceptabilidad en el tiempo de almacenado.

Pruebas químicas

Bases Volátiles Totales (BVT). En la Tabla 10 se presentan los resultados de la evaluación de las BVT en los filetes de toa fresco y con los tratamientos. El BVT promedio en los filetes de atún fresco fue de 21,85 mg N/100 g, inferior a los obtenidos por Ruiz-Capillas y Moral (2005) para *Thunnus obesus* (25 a 30 mg N/100 g) y Márquez (2006) en filete de atún (24,47 mg N/100 g). El límite establecido por la FAO (Huss, 1998) para el BVT es de 30 a 35 mg N/100g para el atún, el arenque y la caballa que son grasosos. Arashisar (2004) determinó niveles de BVT de 35 mg N/100g en *Oncorhynchus mykiss* (trucha) y consideró que este valor es aceptable. Landeros y López (2005) encontraron datos de BVT de 5 a 10 mg N/100g en *Oncorhynchus kisutch* (Salmón coho) y recomendaron que este valor bajo encontrado demuestra el buen estado de frescura del pescado. Es así que, de acuerdo a lo revisado, el filete de toa fresca adquirido para este experimento estaba en un estado de frescura óptima.

Tabla 10. Valores de BVT (mg N/100 g) en los filetes de toa fresca por tratamientos, durante el almacenado.

Tratamiento	Almacenamiento					Media (ANVA)
	0 días	15 días	30 días	60 días	90 días	
S ₁ T ₁	21,85±0,01	23,78±0,45	24,21±0,44	22,19±0,20	25,97±0,18	23,60±0,14 ^a
S ₁ T ₂	21,85±0,01	22,24±0,29	22,66±0,29	21,01±0,15	22,36±0,01	22,02±0,14 ⁱⁱ
S ₂ T ₁	21,85±0,01	24,85±0,03	25,27±0,03	27,21±0,19	23,50±0,24	24,54±0,14 ^a
S ₂ T ₂	21,85±0,01	24,51±0,18	24,93±0,18	22,87±0,15	22,23±0,51	23,28±0,14 ^o
Media (ANVA)	21,85±0,01	23,85±0,22 ^c	24,27±0,22 ^c	23,32±0,22 ^b	23,52±0,22	
	a				c	

Fuente: Propia.

Durante el almacenamiento a temperatura de refrigeración la generación de BVT tuvo estadísticamente una significativa diferencia menor a los 60 días con 23,32 mg N/100 g que comparado a los 15 días con 23,85 mg N/100g, a los 30 días con 24,27 mg N/100g y a los 90 días con 23,52 mg N/100g. Se incrementaron durante el almacenamiento refrigerado las BVT para los tratamientos, sin considerar el S₁T₂, el que tiene aproximadamente 22 mg N/100g y constantemente es el de menos contenido con 22,02 mg N/100g. Para los tratamientos S₁T₁ y S₂T₁ con vacío y sin vacío a temperatura ambiente el contenido fue similar con alrededor de 24 mg N/100g, siendo el más alto de todos, debido a que en ninguno de ellos se aplicó la

refrigeración, significando que la temperatura ambiente, es favorable en la formación de BVT, estando aún empacado al vacío la que dificulta la difusividad de este gas.

El incremento gradual de BVT se observa en los tratamientos correlacionándose en forma directa con los datos de pH encontrados, es así que conforme se incrementa la producción de BVT con el tiempo, el pH aumenta orientándose a ser neutro. La leve generación de BVT fundamenta que el pH del atún fresco empacado al vacío en congelación tenga un pH de 6.

En el tratamiento S₁T₂ transcurrido los 9 días se observa que el contenido de BVT casi iguala al del filete de toa fresca siendo inferior para los tratamientos S₂T₂ y S₂T₁ (Figura 11). En tal sentido, al no empacar al vacío estando a la temperatura ambiental se ayuda la separación de los compuestos no proteicos con nitrógeno los que son valorados como BVT.

El músculo de la toa se protege de la acción negativa al refrigerarse en forma directa en el tejido y sus compuestos cuando se lo empaca. Las cantidades de BVT en todos los tratamientos no encimaron el límite de 30 a 35 mg N/100g (Ruiz-Capillas y Moral, 2005), es así, a pesar que existió diferencias estadísticas en las BVT durante el tiempo de almacenado, no existió disminución de la frescura en relación a la valoración del BVT. Al excluirse el oxígeno por el vacío, se minimiza las reacciones que generan componentes nitrogenados volátiles mayores a la neutralidad asociados con el mal estado de los pescados, siendo el empaque el que ofrece una capa protectora que disminuye la pérdida de humedad en el exterior del tejido muscular.

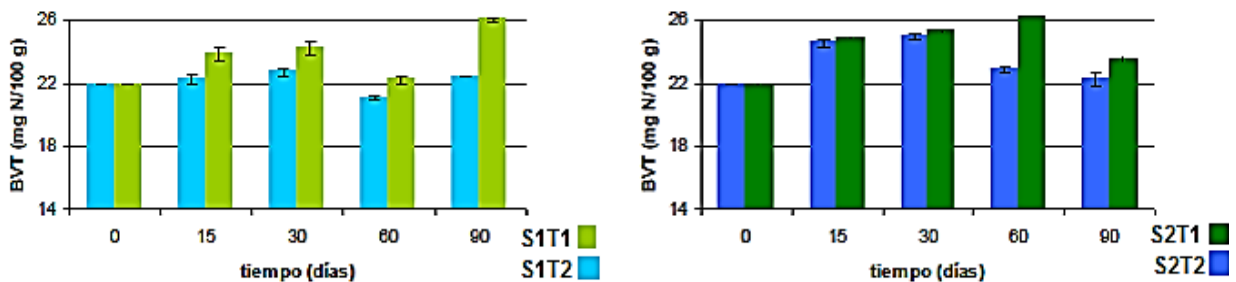


Figura 11. BVT en mg N/100g en los filetes de toa sometido a los tratamientos diseñados experimentalmente.

Proteínas Solubles. En la Tabla 11 se tiene los valores de proteínas que se solubilizaron en salmuera concentrada teniendo en cuenta el tiempo de almacenamiento es así que se tiene las proteínas solubles del filete de toa fresca con 9,87%, por encima al de 6,99% del atún fresco (*Thunnus sp.*) reportado por Mena (2009) y en la sardina de 7,79% encontrado por Barrero (2007) pero es menor a 16,75% encontrado en atún (*Thunnus sp.*) reportado por

Rodríguez (2009). La diversidad de valores posiblemente se debe a los distintos factores propios del pescado como tamaño, edad, nutrición y sexo, los factores exteriores como zona y época de captura como las condiciones de toma de muestras usadas en las determinaciones de proteínas solubles en solución salina tienen que ver con la diversidad de cantidades.

Tabla 11. Proteínas solubles (PS) en solución salina en los filetes de toa según los tratamientos y almacenamiento.

Tratamiento	Almacenamiento					Media (ANVA)
	0 días	15 días	30 días	60 días	90 días	
S ₁ T ₁	9,87±0,84	9,92±0,86	10,40±0,00	10,27±0,00	11,28±0,83	10,35±0,38 ^a
S ₁ T ₂	9,87±0,84	9,44±0,99	8,46±0,52	9,54±0,78	10,03±0,60	9,47±0,38 ^a
S ₂ T ₁	9,87±0,84	8,36±0,85	9,45±0,82	8,07±0,82	10,33±0,03	9,22±0,38 ^a
S ₂ T ₂	9,87±0,84	9,73±0,22	9,86 ± 0,36	9,38 ± 0,88	10,85 ± 1,29	9,94±0,38 ^a
Media (ANVA)	9,87 ± 0,84 ^a	9,36 ± 0,62 ^b	9,54 ± 0,62 ^c	9,32 ± 0,62 ^b	10,62±0,62 ^d	

Fuente: Propia

Estadísticamente las diferencias entre los tratamientos no existe, la cantidad de proteínas que se solubilizan están entre valores de 9,22% a 10,35%, es así que 10% de proteína soluble aproximadamente posee el atún fresco, por lo tanto los tratamientos S₁T₁ y S₂T₂ tienen la cantidad de proteínas solubilizadas similares a este valor aproximadamente, notándose que el pescado toa envasado en bolsas independientemente que se ejecute a la atmósfera antes de ser refrigerado o al vacío no cambia la cantidad de proteínas solubilizadas en relación al pescado fresco, es así que en los otros tratamientos desde la óptica estadística no es de importancia la diferencia.

Se observa un incremento con diferencia estadística de las proteínas solubles en el tiempo de almacenado congelado con 9,87% en el filete de toa fresco y a los 90 días con 10,62%, los prototipos que se estabilizan con el valor de proteínas solubilizadas próximos al del pescado toa recién capturado son los prototipos S₁T₁ y S₂T₂ a los 60 días, mientras que en los prototipos S₁T₂ y S₂T₁ la cantidad de proteínas solubilizadas disminuyen levemente, teniendo las cantidades promedios menores a los 15 días (9,44; 8,36) y 30 días (8,46; 9,45) de almacenamiento.

Las cantidades porcentuales de proteína soluble se tiene en la Figura 12, donde observamos que hay una tendencia a bajar progresivamente a los 30 días de almacenado

para el caso de S₁T₂, de 9,87% a 8,46%, mientras que en el S₁T₁ hay estabilidad durante 15 días para incrementarse luego.

En el prototipo S₂T₂ el porcentaje de proteínas solubilizadas es casi homogénea de 9,87% a 9,86%, hasta los 30 días de almacenado, pero en el S₂T₁ cambia es así, que en el almacenamiento a 4°C (refrigeración), es mínimo la caída del porcentaje de proteínas solubilizada en salmuera, por lo tanto, se evita que las proteínas solubles se desnaturalicen.

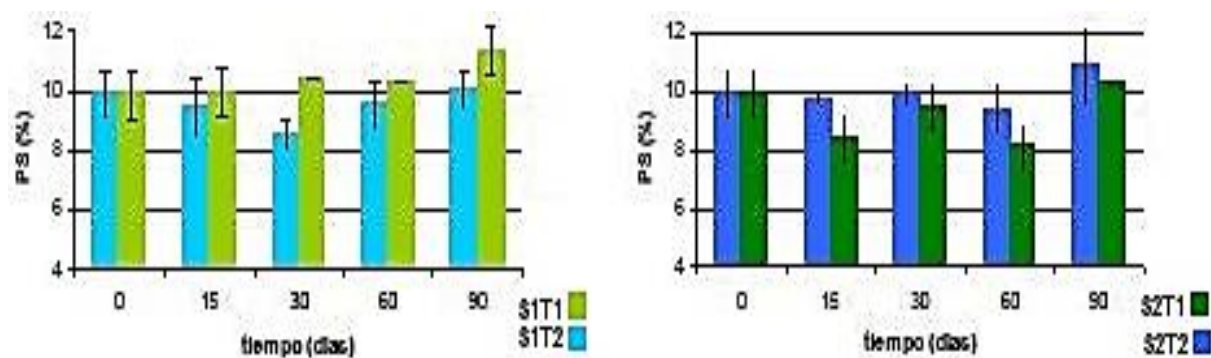


Figura 12. Porcentaje de PS en solución salina en los filetes de toa con los tratamientos y los tiempos de almacenamiento.

Las proteínas miofibrilares presentes en el músculo de la toa tienen poca desnaturalización y agregación es así que, enfocado en el porcentaje de proteínas solubilizadas en salmuera, el prototipo S₂T₂ es el que conserva este valor cercano a la del pescado toa fresco hasta el día 30 de almacenado, teniendo en cuenta que las variables que cambian la disolución de las proteínas del músculo de toa son la sal, los cambios de temperatura, el pH del pescado, la temperatura de refrigeración, el almacenado a 4°C y la presencia del aire.

Rancidez Oxidativa. Los resultados de la Tabla 12, muestran la cantidad de mg de Malonaldehído en un gramo de muestra (Ma/g) en el pescado toa fresca y con tratamientos, el que se constituye como índice de rancidez oxidativa de esta manera que tiene un contenido de Malonaldehído de 131,49 mg Ma/g, que es inferior a lo encontrado por Rodríguez (2009) en muestras frescas de *Thunnus sp.* reportando 1549,7 mg Ma/g.

El contenido más elevado de mg Ma/g al finalizar el almacenamiento corresponde al tratamiento S₂T₁ con 2635,54 mg, cantidad que es el doble a la cantidad en la muestra S₂T₂ con 1142,07 mg. El embolsado al vacío del filete de toa recién capturado y refrigeración cuida al producto del ranciamiento por oxidación a los 90 días de almacenamiento es así que S₁T₂ tiene 642,65 mg Ma/g que comparado con S₁T₁ este tiene 849,74 mg Ma/g.

La cantidad de malonaldehído para los tratamientos se mantiene de 385,88 mg Ma/g a los 30 días y 386,44 mg Ma/g, a los 60 días, vemos que no hay diferencias

estadísticas significativas. Es así, que Rodríguez (2009) encontró una cantidad más elevado de malonaldehído en *Thunnus sp.* con 3422,03 mg transcurrido el día 30 de almacenado a -10°C , observándose además estadísticamente discrepancias en el tratamiento S₂T₁ con los demás tratamientos, habiendo este tratamiento presentado el promedio con la más elevada cantidad de malonaldehído con 795,86 mg.

Tabla 12. Cantidad de Malonaldehído en los filetes de toa según los tratamiento y tiempo de almacenado.

Tratamiento	Almacenamiento					Media (ANVA)
	0 días	15 días	30 días	60 días	90 días	
S ₁ T ₁	131,49±0,66	235,12±0,02	490,58±0,01	437,00±0,11	849,74 ± 0,03	428,79±3,43 ^a
S ₁ T ₂	131,49±0,66	283,77±1,09	334,53±0,29	336,92±0,38	642,65 ± 0,14	345,87±3,43 ^a
S ₂ T ₁	131,49±0,66	337,63±0,42	386,10±0,01	488,56±0,20	2635,54±0,07	795,86±3,43 ^b
S ₂ T ₂	131,49±0,66	218,43±0,31	332,30±0,29	283,26±0,59	1142,07±14,3	421,51±3,43 ^a
Media	131,49±0,66 ^a	268,74±1,15	385,88±1,15	386,44±1,15	1317,5 ± 1,15 ^d	
(ANVA)		b	c	c		

Fuente: Propia

Se incrementa positivamente durante el almacenamiento congelado (Figura 13), la cantidad de Malonaldehído, observándose un incremento significativo a los 15 días con 268,74 mg y una cantidad muy elevada a los 90 días de almacenado con 1317,5 mg contrastado con el filete de toa recién capturado con 131,49 mg vemos que este valor no se incrementó a pesar que se esperaba que la toa pudiera ser propensa a la rancidez por la presencia de grasas superiores poliinsaturados, en la forma de omega 3 y 6, también por la presencia de compuestos precursores de la oxidación en la mioglobina del pescado.

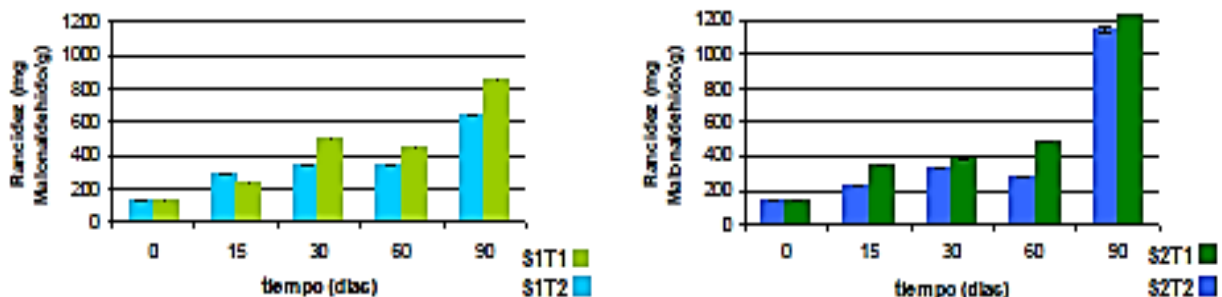


Figura 13. Cantidades de Malonaldehído en los filetes de toa según los tratamientos y tiempos de almacenamiento.

Todos estos autores conocedores de este tema mencionan que el embolsado al vacío y la congelación disminuyen significativamente la oxidación de los lípidos y en tal razón se tienen cantidades bajas de TBA es así que esta versión se asemeja a los valores de esta investigación, donde los prototipos embolsados al vacío S₂T₁ y S₂T₂ reportan las cantidades medias con inferioridad de TBA, no existiendo diferencias estadísticas entre sí.

4.3.3. Pruebas organolépticas

Para establecer la correlación de la evaluación sensorial con los índices físicos o químicos valorados se hizo la evaluación sensorial que fue la finalidad en esta investigación indicando que únicamente se hizo las pruebas organolépticas a los días 60 y 90 de almacenado ya que era el tiempo en el que se tenía que observar cambios significativos en las características organolépticas del filete de toa.

Tabla 13. Evaluación sensorial de los filetes de toa según los tratamientos y tiempos de almacenamiento.

Tratamiento	Almacenamiento						Media (ANVA)		
	t = 60 días			t = 90 días			Color	Olor	Apar.
	Color	Olor	Apar.	Color	Olor	Apar.			
S ₁ T ₁	6,44 (1,79)	5,75 (1,69)	6,75 (2,14)	6,83 (1,90)	5,75 (1,96)	7,00 (1,58)	6,64 ^a (1,76)	5,75 ^a (1,67)	6,88 ^a (1,71)
S ₁ T ₂	5,38 (2,16)	4,94 (1,95)	5,44 (2,28)	6,83 (1,59)	6,08 (1,31)	7,17 (1,57)	6,11 ^a (1,76)	5,51 ^a (1,67)	6,31 ^a (1,71)
S ₂ T ₁	5,31 (2,06)	5,56 (1,55)	4,88 (2,09)	6,67 (1,56)	6,33 (1,50)	6,92 (1,32)	5,99 ^a (1,76)	5,95 ^a (1,67)	5,90 ^a (1,71)
S ₂ T ₂	6,25 (1,57)	5,94 (1,39)	6,06 (1,65)	7,25 (1,42)	6,67 (1,97)	7,33 (1,03)	6,75 ^a (1,76)	6,31 ^a (1,67)	6,70 ^a (1,71)
Media (ANVA)	5,85 ^a (1,76)	5,55 ^a (1,67)	5,78 ^a (1,71)	6,90 ^b (1,76)	6,21 ^a (1,67)	7,11 ^b (1,71)			

Fuente: Propia.

Las pruebas organolépticas realizada en los filetes de toa se indican en la Tabla 13, donde apreciamos que en el almacenamiento existió diferencias estadísticas para las características de color y apariencia de los tratamientos estudiados, observándose que no existió diferencias estadísticas significativas en los tratamientos, entendiéndose que no hubo diferencia

entre el pescado fresco y luego con los tratamientos, por otro lado, no se visualizó influencia de los tratamientos evaluadas, pero si existió cambios en los tiempos de almacenado.

El color y la apariencia no tuvieron estadísticamente diferencias durante el almacenado a congelación, entendiéndose que los cambios en el color y apariencia general durante el almacenado no son percibidos por los jueces evaluadores, esta evaluación no coincide con la evaluación física de color efectuado en el colorímetro donde, existen diferencias significativas entre los días 60 y 90 de almacenado. En los tratamientos no se observaron estadísticamente diferencias, aunque algunos panelistas comentaron que el prototipo S₁T₂ fue rojo más intenso, coincidiendo con lo ejecutado físicamente en el colorímetro donde el valor de color rojo más intenso fue en el prototipo S₁T₂.

Globalmente, la prueba organoléptica al día 90 indica un nivel general de aceptabilidad para todos los tratamientos. Los jueces demuestran una apariencia de fresco para todos los prototipos con una aceptabilidad en la presentación. Es necesario, que se tenga en cuenta las opiniones de algunos panelistas, quienes nos pueden señalar que posiblemente la muestra S₁T₁ sea rechazada a nivel comercial.

4.4. Proceso productivo definitivo de la conservación de filetes de toa

Concluido los experimentos para establecer la mejor concentración de NaCl en la salmuera donde se sumergirán los filetes por 9 días en refrigeración y establecido la mejor condición de empackado y la mejor temperatura de almacenamiento se estableció el procesamiento definitivo y el balance de materia con rendimiento.

4.4.1. Procesamiento definitivo

En la figura 14 se tiene el flujograma definitivo para conservar filetes de toa salados en salmuera al 35%, empackado al vacío y a temperatura de refrigeración, que describiremos a continuación.

Recepcionado

Se recepcionó pescado fresco crudo o congelado, consistió en realizar una inspección de la calidad del pescado toa, a partir de la evaluación de las características organolépticas (aspecto, olor, textura, etc.), materias extrañas, características físicas como el tamaño del pescado y homogeneidad de las especies.

Refrigerado

El pescado se llevó a las instalaciones de refrigeración en el menor tiempo posible; las instalaciones debieron mantener el pescado a una temperatura comprendida entre 0°C y 4°C.

El pescado fue almacenado en bandejas poco profundas y se rodea de cantidades suficientes de hielo picado o de una mezcla de hielo y agua antes de su elaboración, de manera que se eviten daños a causa del apilamiento o llenado excesivos de las cajas. Cuando fue necesario, se repuso el hielo que cubría el pescado o se modificó la temperatura del local.

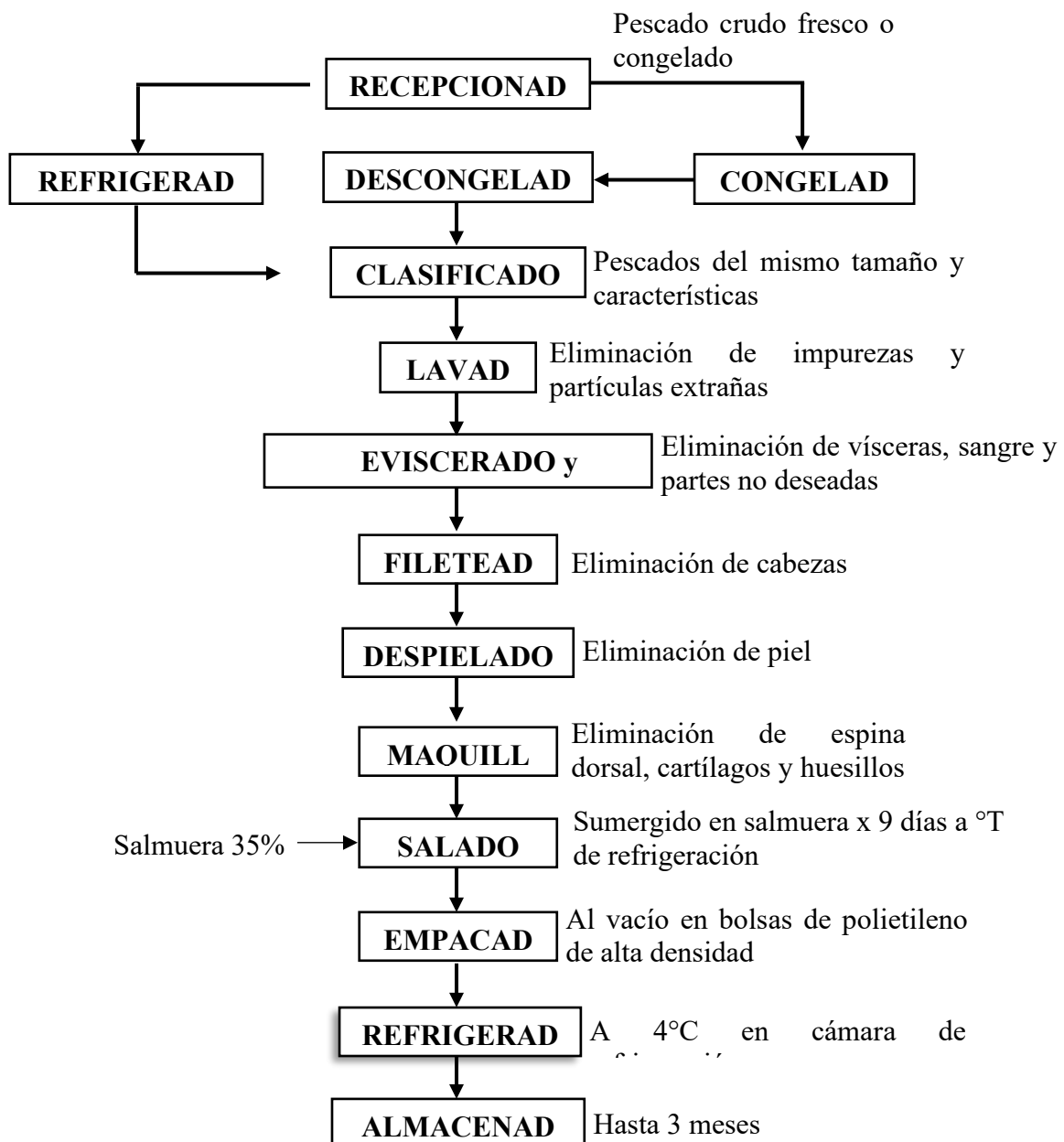


Figura 14. Flujograma definitivo para conservar filetes de toa salada empacada al vacío a temperatura de refrigeración.

Congelado

Cuando el pescado no fue procesado de forma inmediata, el producto debió ser congelado con el fin de conservarlo la mayor cantidad de tiempo posible a una temperatura de -18°C o a temperaturas inferiores, con oscilaciones mínimas.

Descongelado

El proceso de descongelar el producto se realiza cuando éste no fue procesado en forma inmediata en cuanto llega, sino que fue congelado. Para ello fue necesario aumentar su temperatura a aproximadamente 10°C , con el fin de facilitar su manejo; el método consistió en sumergir el pescado en agua potable a temperatura ambiente.

Eviscerado y lavado

El eviscerado consistió en retirar el tubo intestinal y los órganos internos, para lo cual se dispuso de un suministro suficiente de agua limpia o agua potable que se utilizó para lavar la toa entera antes de realizar el corte para el eviscerado, con el fin de eliminar materias extrañas y reducir la carga bacteriana. Una vez eviscerado, el pescado fue lavado con el fin de eliminar la sangre y las vísceras de la cavidad ventral y de su superficie, con el fin de eliminar aletas y partes sueltas.

Fileteado

Consistió en retirar la cabeza, agalla y aletas del pescado, para el presente caso de estudio, se realiza de forma manual. Durante esta operación se realiza un lavado con agua potable, con el fin de eliminar cualquier rastro de sangre, partes no deseadas o vísceras. El equipo y los utensilios utilizados en el fileteado también fueron lavados cuidadosamente para reducir al mínimo la acumulación de baba, sangre y despojos.

Despielado

Consistió en retirar la piel de la toa con la ayuda de un cuchillo, realizándose en forma manual.

Maquillado

Fue una operación que consistió en retirar la espina dorsal y huesillos que siguen adheridas al filete y limpiar otros residuos. Al igual que el fileteado y descuerado, el maquillaje se realizó de forma manual.

Salado

Los filetes se sumergieron en salmuera al 35% por un tiempo de nueve días a temperatura de refrigeración.

Empacado

Se empacó al vacío en bolsas de polietileno de alta densidad en porciones de aproximadamente 14,50 cm x 11 cm con un espesor de 1,75 cm y 125,20 gramos de masa, luego se acondicionaron en cajas de cartón, las cuales están revestidas internamente con icopor con el fin de aislar el producto del medio y conservar su temperatura.

Refrigeración

Fue una operación que consistió en reducir y mantener la temperatura de los filetes empacados al vacío a 4°C (valor menor a la del medio ambiente). La reducción de temperatura se realizó extrayendo energía del cuerpo, generalmente reduciendo su energía térmica, lo que contribuyó a reducir la temperatura de este cuerpo y mantenerla durante el periodo de almacenamiento.

Almacenado

Se pudo almacenar hasta un tiempo de 90 días

4.4.2. Balance de materia y rendimiento

En la Figura 15 y Tabla 14 se tiene el balance de materia y rendimiento apreciándose que existe un rendimiento de 43,25% en el proceso partiendo del recepcionado con 110.80 kg de pescado toa, se observa además los rendimientos por operación y proceso, donde se puede ver claramente que el rendimiento es menor que el 50% esto debido a que esta especie de pescado tiene una cabeza que ocupa casi 1/3 del total del cuerpo tiene aletas, piel y espina dorsal y huesos que juntos suman un total de 58,68 kg que hacen un porcentaje de 58,68% considerando los 100 kg de pescado que quedan de la selección al eliminar los pescados que no califican. Estos subproductos se pueden utilizar para el consumo directo en chilcano o para obtener colágeno como precursor de la elaboración de gelatina.

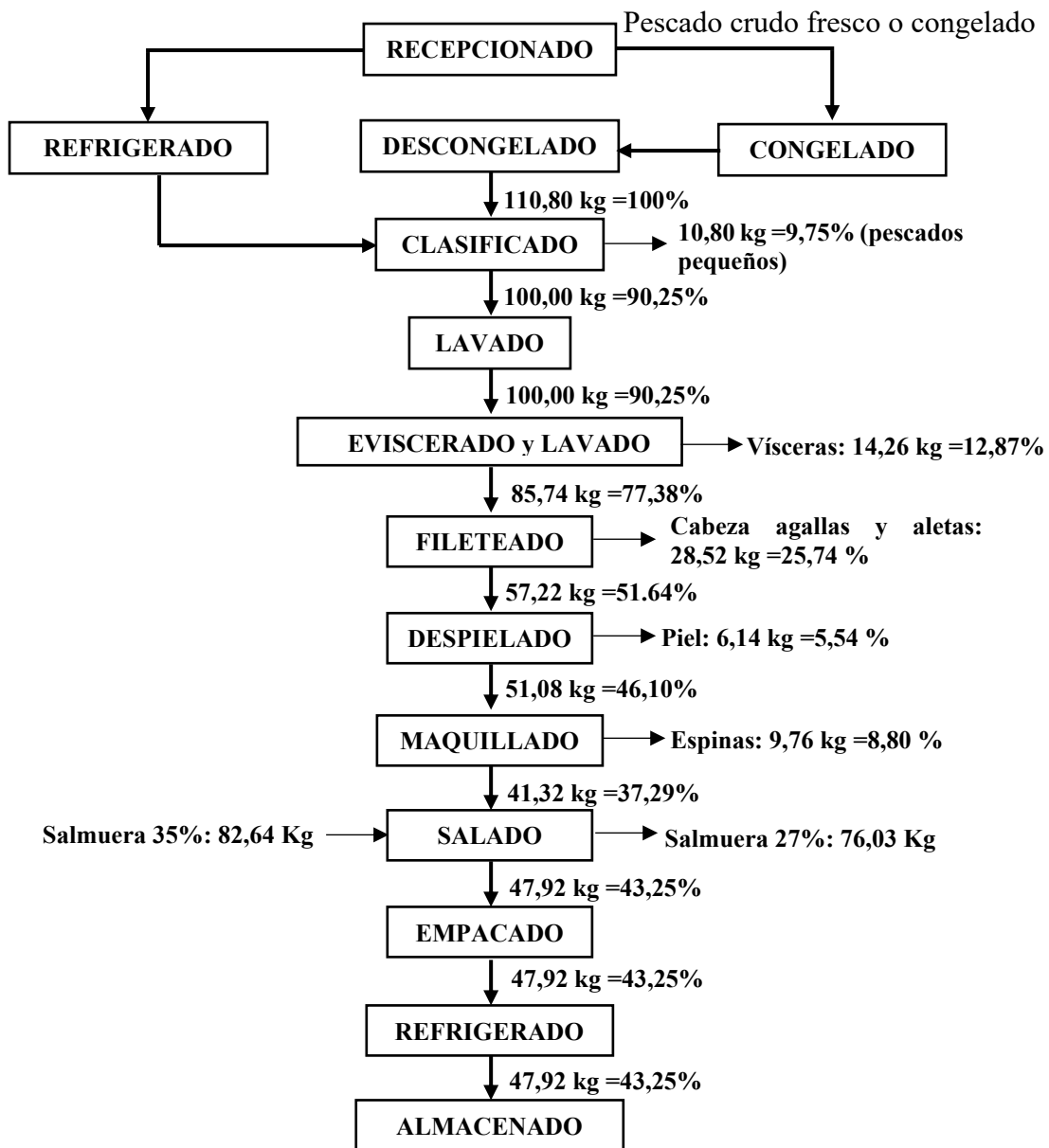


Figura 15. Balance de materia y rendimiento para la conservación de filete de toa salada empacada al vacío y en refrigeración

Tabla 14. Balance de materia y rendimiento en la conservación de filete de toa salada, empacada al vacío y e temperatura de refrigeración.

Operaciones o Productos	Entra	Pierde	Continua	Rendimiento %	
	Kg	Kg	Kg	Operación	Proceso
Recepcionado	110,80		110,80	100,00	100,00
Descongelado	110,80		110,80	100,00	100,00
Clasificado	110,80	10,80	100,00	90,25	90,25
Lavado	100,00		100,00	100,00	90,25
Eviscerado y lavado	100,00	14,26	85,74	85,74	77,38
Fileteado	85,74	28,52	57,22	66,73	51,64
Despielado	57,22	6,14	51,08	89,27	46,10
Maquillado	51,08	9,76	41,32	80,89	37,29
Salado	41,32		47,92	100,00	43,25
Empacado	47,92		47,92	100,00	43,25
Refrigerado	47,92		47,92	100,00	43,25
Almacenado	47,92		47,92	100,00	43,25

Fuente: Propia

4.4.3. Caracterización del producto final

En la Tabla 15 se tiene la caracterización del filete de toa salado empacado al vacío, almacenado 90 días a 4°C, comparado con el filete fresco de toa, donde observamos que pierde humedad desde 80,55% hasta 58,04%, esto debido a que por diferencia de concentración y ósmosis gana NaCl hasta un contenido de 20,02%.

En cuanto al contenido de proteína pareciera que hubiera un incremento, pero esto se debe a que cuando se hace la determinación en fresco cierta cantidad de proteína se pierde debido a la solubilidad de esta, lo que no sucede con el filete salado donde la proteína precipita y no se pierde; En las grasas la variación es mínima y en cenizas casi no hay variación.

Tabla 15. Composición proximal del filete de toa fresco y salado empacado al vacío, almacenado 90 días a 4 °C.

Componente proximal	Filete de toa fresca (% ± DS)	Filete de toa salada empacado al vacío y almacenado 90 días a 4°C
Humedad	80,55 ±0,86	58,04 ±0,62
Proteína	16,35 ±0,92	17,59 ±0,88
Grasa	2,13 ±0,05	3,37 ±0,16
Ceniza	0,97 ±0,10	0,98 ±0,10
Contenido de NaCl	0,00 ±0,00	20,02 ±1,00
TOTAL	100,00 ± 1,93	100,00 ±2,76

Fuente: Propia

V. CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el análisis e interpretación de los resultados en esta investigación, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Se determinó la factibilidad de conservar filetes de toa salado en salmuera a 35% a temperatura de refrigeración y empacado al vacío hasta 90 días de almacenamiento.

- Se caracterizó los filetes de toa llegando a tener las siguientes características: los trozos pesaron 124,92 gramos, midieron 15,12 cm x 10,96 cm y 1,75 cm de grosor, con $80,55 \pm 0,86\%$ de humedad; $16,35 \pm 0,92\%$ de proteína; $2,13 \pm 0,05\%$ de grasa y $0,97 \pm 0,10\%$ de ceniza.

- La evaluación sensorial del olor sabor y textura del filete de toa salado en salmuera durante 9 días se estableció que la concentración óptima fue de 35%; así también, las cantidades de componentes establecidos en los análisis fisicoquímicos de los filetes de toa salados embolsado al vacío nos evidencian la seguridad física y química del musculo de toa almacenado a 4°C, contrastados con los tratamientos empacados a en condiciones ambientales normales. El empacado al vacío del filete de toa salado y refrigerado a 4°C da mayor protección a los filetes de toa, presentando en los valores más inferiores de BVT, TBA, PS, así como los valores microbiológicos permisibles que garantizan ser aptos para el consumo humano, además el filete tuvo color rojo característico de aceptabilidad en los 90 días de almacenado refrigerado a 4°C.

- En la evaluación sensorial los jueces establecieron la calidad del producto a los 60 y 90 días de almacenado, evaluando los filetes de toa como productos muy buenos, permitiendo comparar los resultados analíticos y sensoriales estableciéndose el tiempo de almacenamiento a 4°C de los filetes de toa procesados, durante el cual se mantienen sus atributos de frescura durante 90 días de almacenamiento, la evaluación sensorial mostro una percepción de frescura global para todos los tratamientos.

- Las operaciones definitivas de los filetes de pescado salado empacado al vacío y almacenado a temperatura de 4°C fue: recepcionado (pescado fresco crudo o congelado); refrigerado (cuando el pescado se procesara sin mucha espera a 4°C); congelado (Cuando el pescado no fue procesado de forma inmediata, a una temperatura de -18°C); descongelado (cuando éste no fue procesado en forma inmediata a temperatura de 10°C); eviscerado y lavado (retira el tubo intestinal y los órganos internos); fileteado (retira la cabeza, agalla y aletas); Despielado (retira la piel); maquillado (retira la espina dorsal, huesillos y limpiar otros residuos); salado (sumergen en salmuera al 35% por 9 días a 4°C); empacado (al vacío en bolsas de polietileno de alta densidad en porciones de aproximadamente 14,50 cm x 11 cm con un espesor de 1,75 cm y 125,20 gramos de masa); refrigeración (a 4°C); almacenado (hasta 90

días). En el mejor tratamiento se obtuvo un rendimiento de 43,25% caracterizándose el producto final con: humedad $58,04 \pm 0,62$; proteína $17,59 \pm 0,88$; grasa $3,37 \pm 0,16$; ceniza $0,98 \pm 0,10$; contenido de NaCl $20,02 \pm 1,00$.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

La presente investigación permite establecer las siguientes recomendaciones:

- Almacenar el filete de toa salado en salmuera de 35% empleando el empacado al vacío a 4°C, como forma de conservación para que los atributos de calidad se mantengan cuando se requiera conservar el pescado por 3 meses.

- Realizar un perfil de ácidos grasos en la toa fresca, salada y durante el almacenamiento en los tratamientos, con la finalidad de evaluar los ácidos grasos poliinsaturados de importancia en la toa.

- Incluir la determinación del porcentaje de líquido eliminado en los tratamientos con la finalidad de evaluar el efecto de la congelación y descongelación sobre el tejido muscular de la toa.

- Hacer en la evaluación sensorial un análisis de textura, así como la evaluación por un panel entrenado la presencia de olor a amoníaco, en los tratamientos a los 60 y 90 días de almacenamiento.

- Realizar este estudio ejecutando mediciones físicas y químicas cada 30 días durante un tiempo mayor a 90 días de almacenamiento a 4°C y congelado a (-) 20°C.

- Hacer nuevos estudios con otras especies de pescado, en diferentes condiciones de empacado (presión atmosférica, vacío, atmósfera modificada) con distintas temperaturas de almacenamiento en frío, para determinar la vida útil.

- Investigar pack de pescado de distintos lugares de procedencia y en diferentes meses del año que permita encontrar resultados del tipo de pescado que investigamos y cómo influye el lugar de procedencia en sus características.

VII. REFERENCIAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemist Inc.). 2005. Official Methods of Analysis. 18th Ed. Current through revisión 3, 2010. William Horwitz y George W. Latimer (Ed). Washington D.C. 1298 p.
- APHA (American Public Health Association). 2001. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Ed. Marvin y Speck. Washington. D.C. 1115 p.
- Bailey, C. y Gac, A. 1990. Alimentos congelados: procesado y distribución. Instituto Internacional del Frío. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. Capítulo 2, 3, 4, 5 y 6. 3- 137 p.
- Barboza de M. E; Izquierdo G. 1999. Estudio de la evaluación microbiológica y características químicas del pescado salado consumido en la ciudad de Maracaibo, Venezuela. Unidad de investigación en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad de Zulia. Volumen IX, N° 2. Venezuela
- Barreiro, M. y Sandoval B. A. J. 2006. Operaciones de Conservación de Alimentos por Bajas Temperaturas. EQUINOCCIO. Ediciones Universidad Simón Bolívar. Caracas. Venezuela. Capítulo I, II y V. 13-129 p.
- Barrero, M.; y Castillo Y. M. 2007. Influence of washing and frozen storage on the myofibrillar protein fraction in sardine minees flesh. Rev. Científica Facultad de Ciencias Veterinarias. División de Investigación. Universidad del Zulia. Venezuela. 405 - 411.
- Bello, R.A. y Rivas, W.G. 1992. Evaluación y aprovechamiento de la Cachama cultivada, como fuente de alimento. Programa Cooperativo Gubernamental/FAO-Italia Proyecto Aquila II GCP/RLA/102/ITA. Documento de Campo No 2. 103p.
- Benjakul, S. W.; Visessanguan; C. H.; Thongkaew y Tanaka, M. 2003. Comparative study on physicochemical changes of muscle proteins from some tropical fish during frozen storage. Food Res. Intern. 36: 787-795.
- Bito, M. 1976. Retention of meat color of frozen tuna. Bulletin of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory [Tokai-ku-Suisan-Kenkyusho-Kenkyu-Hokoku], 84: 51 - 113.
- Brody, A. 1970. Frozen Foods. En: Flexible Packaging of Foods. The Chemical Rubber Co. Cleveland, Ohio. 67-97 p.
- Burgess, G.; C. Cutting; J. Lovem y Waterman, J. 1978. El pescado y las industrias derivadas de la pesca. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Capítulo 3, 7 y 13. 64-325 p.
- Cheftel, J. C y Cheftel, H. 1992. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. 2ª Reimpresión. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. España. Volumen I. Capítulo II Sección

II-2. 65-289 p.

- Conell, J. J. 1988. Control de la Calidad del Pescado. Editorial Acribia S. A. Zaragoza, España.
- COVENIN. 1979. Norma Venezolana N°1315. Alimentos. Determinación de pH, acidez iónica. Ministerio de Fomento, Caracas, Venezuela.
- Decker, E. A. y Xu, Z. 1998. Minimizing rancidity in muscle foods. *Food Technology* 52(10): 54-59
- Delgado, A.; Valls, J. y Tomé, E. 2000. Evaluación de aminos biógenas, microbiológica y sensorial de sardina (*Sardinella aurita*) durante su almacenamiento en hielo. *Rev. Científica FCV-LUZ*. X (6): 494 - 502p.
- Desrosier, N.W. 1997. Conservación de los Alimentos. 1ª edición, 22ª reimpresión. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México. Capítulo 4. 91-122 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2007. Capturas nominales mundiales del atún. [En línea], <http://www.fao.org/fishery/statistics/tuna-catches/es> [Consulta: 30 septiembre 2009],
- FAO. 2007. El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad. Dinamarca.
- Fennema, O. 2000. Química de los Alimentos. 2ª Edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1280 p.
- Gallo, M. 2001. Tecnología de Procesamiento de los Productos Hidrobiológicos Congelados. En: Curso-CYTED "Avances en Tecnología de Producto Pesqueros" Red Iberoamericana en Tecnología de Alimentos Pesqueros (RITAP). Caracas, Venezuela del 28 de mayo al 08 de junio de 2001. 3-15 p.
- García, A. 1988. Películas flexibles de empaque y sus aplicaciones en productos pesqueros. Seminario de Post-grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. UCV. Caracas. Venezuela. 10-16 p.
- González, D. 2007. Evaluación física, química y organoléptica de sardina (*Sardinella aurita*) tipo "Round" durante su almacenamiento en congelación. Trabajo Especial de Post-grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. UCV. Caracas. Venezuela. 15-35 p.
- Huss, H. H. 1998. El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de Calidad. FAO. Documento Técnico de Pesca N°348. 15-98 p.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). 1986. Microorganisms In Foods 2. Sampling for microbiological analysis: Principles and specific applications. 2nd Ed. Blackwell Scientific Publications. University of Toronto Press, Toronto. 181-193 p.

- IIAP (Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana). 1991. Estado actual de la explotación de los principales peces ornamentales de la amazonia peruana. VOL. N° 3. Iquitos, Perú
- Inciarte, F. y Moreno, F. 1991. Efecto de la temperatura y el tiempo sobre la calidad del pescado consumido en Maracaibo. Rev. Científica FCV-LUZ. I (2): 32-40. Maracaibo, Venezuela
- INN (Instituto Nacional de Nutrición). 2001. Tabla de composición de alimentos para uso práctico. 1ª reimpresión. Publicación N°54. Serie Cuadernos azules. Caracas. Venezuela.
- Izquierdo, P.; G. Torres; Y.; Barboza, E.; Márquez y Aliara, M. 2000. Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. ALAN. 50(2): 187-194.
- Izquierdo, P. G.; Torres, Y.; Aliara, M.; Barros, J.; Delgado, P. y Añez, J. 2001. Efecto de tres métodos de cocción en la composición proximal y el perfil de ácidos grasos del atún (*Thunnus thynnus*). Rev. Científica FCV-LUZ. XI (4): 367 - 372.
- Kirk, R. S.; Sawyer, R. y Egan, H. 2004. Composición y análisis de alimentos de Pearson. 2da edición. 6ta reimpresión. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México. Capítulo 13. 555-575 p.
- López, M. 2006. Estudio de la estabilidad en porciones de bagre yaque (*Leiarius marmoratus*) durante el almacenamiento congelado utilizando tres tipos de empaque. Tesis de postgrado. Curso Interfacultades de Postgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. UCV. Caracas,. Venezuela.
- Marcano, A. 1973. Evaluación sensorial y objetiva de la calidad del Carite (*Scomberomorus maculatus*) congelado, empacado con y sin vacío. Tesis de Licenciatura. UCV. Caracas. Venezuela. 10-25 p.
- Márquez, F. Y.; Cabello, A.; Villalobos, L. B.; Guevara, G.; Figuera, G. B. E. y González, O. M. V. 2006. Cambios físicos-químicos y microbiológicos observados durante el proceso tecnológico de la conserva de atún. Zootecnia Tropical 24 (1): 17-29.
- Medina, I.; Aubourg, S. P. y Perez-Martin, R. 1995. Composition of phospholipids of white muscle of six tuna species. Lipids 30(12): 1127-1135.
- Mena, S. 2009. Degradación de las Proteínas en el lomo de atún (*Thunnus sp.*) empacado con películas comestibles y almacenado a -10 °C. Trabajo Especial de Grado de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UCV. Caracas. Venezuela.
- Molina, M.; O. Garro y Judis, M. 2001. Calidad alimenticia y estabilidad oxidativa de

- Pseudoplatystoma coruscans*. Ciencia y Tecnología de Alimentos. 3 (2): 89 - 95.
- Montecchia, C.; Roura, S.; Roldan, H.; Pérez-Borla, S. y Crupkin, M. 1997. Biochemical and Physicochemical Properties of Actomyosin from Frozen Pre-and Post- spawned Hake. Journal of Food Sci. 191-195.
- Norman, P. 1978. La Ciencia de los Alimentos. 2da. Ed. Editorial México C.F, México. Pág. 470.
- Pearson, D. 1976. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Editorial Acribia. España. 179-197 p.
- Prince, R. J.; Melvin, E. F. y Bell, J.W. 1992. Postmortem changes in blast, brine and brine-coil frozen albacore. J. of Aquatic Food Product Tech. 1 (2): 67 - 84.
- Potter, N.N. y Hotchkiss, J.H. 1995. Ciencia de los alimentos. 5ª edición. Editorial Acribia S.A. España. Capítulo 6, 15 y 18. 101-394 p.
- Rhee, K. 1978. Minimization of further lipid peroxidation in the distillation 2-thiobarbituric acid test of fish and meat. J. of Food Sci. 43: 1776.
- Rivas- Plata. 1980. Estudio comparativo de los métodos organoléptico y químico en la evaluación de la frescura de caballa (*Scomber japonicus peruanus*), jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) y pejerrey (*Odontesthes regis regia*), enteros e eviscerados almacenados en refrigeración. Tesis para optar el Título de Ingeniero Pesquero. Universidad Nacional Agraria de la Molina. Lima, Perú.
- Robertson, G.L. 1993. Food Packaging. Marcel Dekker, Inc. New York. USA. Capítulo 2, 12 y 15. 9-431 p.
- Rodríguez, J. 2009. Evaluación de la técnica del glaseado incorporando hidrocoloides como alternativa en el empaque de lomo de atún (*Thunnus sp.*) congelado. Trabajo Especial de Grado de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UCV. Caracas. Venezuela.
- Ruiz-Capillas, C. y Moral, A. 2005. Sensory and biochemical aspects of quality of whole bigeye tuna (*Thunnus obesus*) during bulk storage in controlled atmospheres. Food Chem. 89: 347-354.
- Sacharow, S. 1976. Handbook of Package Materials. AVI Publishing company, Inc.
- Singh, P. 2004. Introducción a la ingeniería de los alimentos. 2da edición. Acribia. Zaragoza, España
- Suárez, H.; Pardo, S.; Cortéz, M.; Ricaurte, S. y Rojano, B. 2009. Evaluación de nueva tecnología para mitigar las espinas intramusculares en filetes de cachama (*Pisces caracidae*). Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 62(1): 4989-4997.
- Valls, J. 2003. Efecto de los procesos tecnológicos tradicionales en la calidad nutricional de

productos pesqueros. Capítulo 8. En: Efecto del procesamiento sobre la calidad nutricional de los alimentos. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo (CYTED). Subprograma XI. Tratamiento y conservación de alimentos. (M. Guerra, Comp.). Red XI.G. “Evaluación nutricional y toxicológica de alimentos procesados”. 1ª edición. Caracas. Venezuela. 187-192 p.

ANEXOS

Anexo 1. Escala hedónica para la evaluación sensorial del filete de toa salada cocinada.

PUNTUACIÓN	OLOR	SABOR-SUCULENCIA	TEXTURA
7	Muy característico	Característico, muy succulento	Firme y elástica
6	Característico	Característico regular intenso, succulento	Poco firme y elástica
5	Poco característico	Característico, menos intenso, succulento	Menos elástica
4	Neutral	Neutral, un poco dulce	Seca
3	Poco intenso a pescado, afrutado	Un poco metálico, astringente	Ligeramente pastosa
2	A pescado intenso	Un poco agrio, ácido o rancio	Regularmente pastosa
1	Olor intenso a pescado ácido, agrio	Amargo, agrio, rancio	Muy pastosa
0	Ácido láctico, amoniacal, rancio	Amoniacal, a sulfuro	Flecosa

Anexo 2. Evaluación del olor del filete de toa con tres niveles de porcentaje de sal empacado al vacío a temperatura de refrigeración

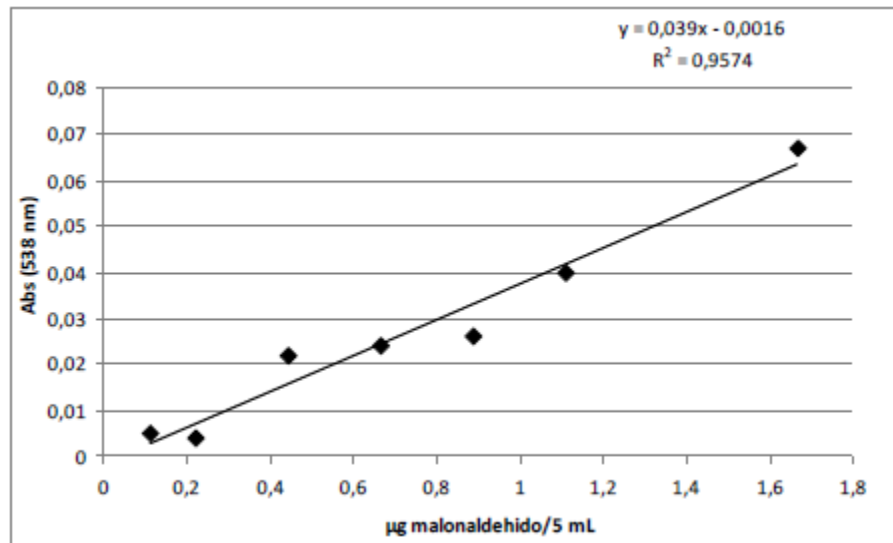
Jueces	Tratamientos y repeticiones									x
	T1			T2			T3			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	4	3	5	6	6	5	4	3	5	4.000
2	4	4	3	5	5	6	4	4	4	4.000
3	5	5	4	7	6	6	5	3	3	3.667
4	3	4	4	7	7	6	4	4	3	3.667
5	4	4	3	6	6	5	3	4	3	3.333
6	5	4	4	5	5	6	4	3	5	4.000
7	5	5	3	6	6	5	4	4	5	4.333
8	4	4	3	5	5	6	3	3	5	3.667
9	5	5	3	7	4	6	5	4	4	4.333
10	4	3	3	6	7	6	4	4	4	4.000
11	3	3	5	6	6	4	4	3	4	3.667
12	4	5	5	5	5	7	5	3	3	3.667
13	3	3	4	6	5	6	3	4	3	3.333
x	4.077	4.000	3.769	5.923	5.615	5.692	4.000	3.538	3.923	3.821

Anexo 3. Evaluación del sabor/suculencia del filete de toa con tres niveles de porcentaje de sal empacado al vacío a temperatura de refrigeración

Jueces	Tratamientos y repeticiones									x
	T1			T2			T3			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	4	5	5	6	6	7	4	3	4	3.667
2	4	4	4	5	6	6	4	4	4	4.000
3	5	5	4	7	6	6	5	4	3	4.000
4	3	4	4	5	5	6	4	4	4	4.000
5	4	4	5	6	6	5	5	4	3	4.000
6	5	4	4	5	5	6	4	3	5	4.000
7	5	5	4	6	6	5	4	4	4	4.000
8	4	4	4	5	5	6	3	5	5	4.333
9	5	5	4	5	4	6	5	4	4	4.333
10	4	4	4	6	5	6	4	4	4	4.000
11	4	4	5	6	6	6	4	4	4	4.000
12	4	5	5	5	5	5	5	3	3	3.667
13	3	3	4	6	5	6	3	4	5	4.000
x	4.154	4.308	4.308	5.615	5.385	5.846	4.154	3.846	4.000	4.000

Anexo 4. Evaluación de la textura del filete de toa con tres niveles de porcentaje de sal empacado al vacío a temperatura de refrigeración

Jueces	Tratamiento y repeticiones									x
	T1			T2			T3			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	4	3	3	6	5	5	4	3	4	3.667
2	4	4	3	5	5	6	4	4	4	4.000
3	3	3	4	6	6	6	4	3	3	3.333
4	3	4	4	6	6	6	4	4	3	3.667
5	4	4	3	6	6	7	3	4	3	3.333
6	3	4	4	5	5	6	4	3	4	3.667
7	3	3	3	6	6	5	4	4	4	4.000
8	4	4	3	5	5	6	3	3	4	3.333
9	3	3	3	6	7	5	4	4	4	4.000
10	4	3	3	6	6	5	4	4	4	4.000
11	3	3	5	6	6	6	4	3	4	3.667
12	4	3	3	5	5	5	5	3	3	3.667
13	3	3	4	6	5	5	3	4	3	3.333
x	3.462	3.385	3.462	5.692	5.615	5.615	3.846	3.538	3.615	3.667

Anexo 5. Curva patrón de Malonaldehido.

Anexo 6. Planilla de evaluación sensorial con escala hedónica de 9 puntos realizada a los 60 y 90 días de almacenamiento congelado (Se utilizaron códigos diferentes para cada tiempo de almacenamiento evaluado).

FECHA: _____ NOMBRE: _____

INSTRUCCIONES: A continuación se presentan cuatro muestras de pescado crudo (toa). Por favor haga su evaluación de acuerdo a la escala que se le presenta a continuación tomando en cuenta el color, olor y apariencia.

Me disgusta extremadamente (1)

Me disgusta mucho (2)

Me disgusta moderadamente (3)

Me disgusta ligeramente (4)

Me es indiferente (5)

Me gusta ligeramente (6)

Me gusta moderadamente (7)

Me gusta mucho (8)

Me gusta extremadamente (9)

Muestras	Color	Olor	Apariencia
601			
622			
672			
675			

COMENTARIOS:.....

Anexo 7. Análisis de Varianza para Olor del filete de toa.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F calculado	P Valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	6,93523	2	3,46761	142,26	0,0002
B:Repeticiones	0,12780	2	0,06390	2,6200	0,1873
RESIDUOS	0,09749	4	0,02437		
TOTAL	7,16053	8			
(CORREGIDO)					

Todas las F calculados se basan en el cuadrado medio del error residual

Anexo 8. Análisis de Varianza para Sabor de filete de toa

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F calculado	P valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	4,5211	2	2,2605	85,98	0,0005
B:Repeticiones	0,0643	2	0,0321	1,22	0,3849
RESIDUOS	0,1051	4	0,0262		
TOTAL	4,6906	8			
(CORREGIDO)					

Todas las F calculadas se basan en el cuadrado medio del error residual

Anexo 9. Análisis de Varianza para Textura del filete de Toa

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F calculado	P valor
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	8,8099	2	4,4049	786,66	0,0000
B:Repeticiones	0,0368	2	0,0184	3,29	0,1427
RESIDUOS	0,0223	4	0,0055		
TOTAL	8,8692	8			
(CORREGIDO)					

Todas las F calculadas se basan en el cuadrado medio del error residual