



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**EMPACADO AL VACIO DEL LOMO DE ATÚN
ALETA AZUL (*Thunnus sp.*) COMO
ALTERNATIVA PARA AUMENTAR LA VIDA
ÚTIL EN EL ALMACENAMIENTO
CONGELADO A -20 °C**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela, por la Bachiller Romaím De Berardinis como requisito para optar al título de Licenciado en Biología

Tutora M.Sc. Myrna Medina

CARACAS, VENEZUELA

Febrero, 2011

CONTENIDO	Página
AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	II
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
- El atún (<i>Thunnus sp.</i>)	4
- Atributos de calidad del atún fresco	4
- Composición del atún	5
- Estabilidad del atún en el almacenamiento	9
- Conservación del atún fresco	11
- La congelación como método de conservación	11
- El empaclado del atún como método de conservación	14
- El empaclado al vacío	15
MATERIALES Y MÉTODOS	19
1. MATERIA PRIMA	19
2. PROCESAMIENTO DE LOS LOMOS DE ATÚN	19
3. DETERMINACIONES	21
3.1 ANÁLISIS FÍSICOS	22
3.2 ANÁLISIS QUÍMICOS	22

3.2.1 Análisis Proximal	22
3.2.2 Rancidez Oxidativa	23
3.2.3 Bases Volátiles Totales (BVT)	24
3.2.4 Proteínas Solubles	24
3.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	24
3.4 EVALUACIÓN SENSORIAL	25
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
- CARACTERIZACIÓN DEL MÚSCULO DE ATÚN FRESCO	
(<i>Thunnus sp.</i>)	27
- Composición Proximal	27
- Estabilidad Microbiológica.....	29
- ESTABILIDAD EN EL ALMACENAMIENTO	32
- ANÁLISIS FÍSICOS	32
- Color	32
- pH	35
- ANÁLISIS QUÍMICOS	37
- Bases Volátiles Totales	37
- Proteínas Solubles	40
- Rancidez Oxidativa	44
- EVALUACIÓN SENSORIAL	48

CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
APÉNDICES	62

ÍNDICE DE CUADROS**Página**

1. Composición proximal del atún según varios autores	7
2. Características de permeabilidad del material polimérico Polietileno/Nylon/Polietileno (PE/PA/PE) de las bolsas coextruidas utilizadas para empacar el atún fresco	20
3. Dimensiones promedios de los trozos de lomo de atún fresco (<i>Thunnus sp.</i>), empacados y almacenados en congelación a -20 °C	27
4. Composición proximal del atún fresco (<i>Thunnus sp.</i>)	28
5. Recuento microbiológico en los trozos de lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>), empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C	30
6. Color (L, a y b) en los trozos de lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>), empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C	34
7. pH en los trozos de lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>) empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C	35
8. Bases volátiles totales (BVT) (mg N/100 g) en los trozos de lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>), empacados según el tratamiento	

y almacenados a -20 °C	38
9. Proteínas solubles en solución salina (PS) (%) en los trozos de lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>), empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C	42
10. Rancidez oxidativa (mg Malonaldehído/g) en los trozos de lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>), empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C	46
11. Evaluación sensorial de los trozos de lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>), empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C	50

ÍNDICE DE FIGURAS	Página
1. Lomo de atún (a) cortado en trozos (b) y empacados al vacío (c)	19
2. Procesamiento del atún fresco para el estudio de la estabilidad en el almacenamiento congelado y empacado	20
3. Número de muestras y réplicas por muestra de atún para cada determinación	21
4. pH en los trozos de lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>), empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C	37
5. Bases volátiles totales (BVT) (mg N/100 g) en los trozos De lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>), empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C	40
6. Proteínas solubles en solución salina (PS) (%) en los trozos De lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>), empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C	43
7. Rancidez oxidativa (mg Malonaldehído/g) en los trozos de lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>), empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C	47

AGRADECIMIENTOS

En la vida hay que agradecer las bendiciones que se nos regalan, en este momento es importante mencionar a aquellos que de alguna manera me ayudaron a llevar a cabo esta meta y gran logro académico, mi Trabajo Especial de Grado.

Gracias a mi Dios y a mis padres Alfonso y Zoraida, que sin ellos de mi lado y apoyándome no habría alcanzado la meta propuesta. Doy gracias también a toda mi familia, mis hermanos, abuelos y tíos, que siempre han sido un oasis en el cual me he detenido a descansar y cargar energías, y que además siempre estaban ahí, dándome ese empujón necesario en los momentos en los que me sentía no poder más. A mis sinceros amigos, Joxmer, María Andreína, Patrizia, y Ediberth, que me brindaron ayuda espiritual, material e intelectual, también a mis queridos amigos del bachillerato que continuaron a mi lado en la Universidad, Michael, Romina, Carlos, Sara y Diana, quienes me dieron momentos de alegría, respiro y apoyo durante la carrera. Además, gracias a tantos otros amigos con quienes compartí mi vida universitaria, mis compañeros de laboratorios y salidas de campo, mi llegada y convivencia en el ICTA, mis amigos de Farmacia y aquellos que decidieron tomar otros caminos, ustedes están en mi corazón, son inolvidables.

Gracias a mis profesores, en especial a mi tutora Myrna Medina, quien me abrió las puertas justo en el momento en el que me preguntaba cuál sería el siguiente paso, mis jurados Marinela Barrero y Alexia Torres, que aportaron significativamente al desarrollo de este trabajo y además a mi formación profesional y humana. También quiero agradecer a mi profesora de laboratorio Ana Paredes quien me enseñó a desenvolverme en la práctica profesional, a Bernadette Da Fonte y Beira Rojas, que me brindaron gran ayuda.

Finalmente agradecer a mi sobrino Alfonso David por iluminar y alegrar mi vida en el momento preciso, para ti será mi medalla el día de mi grado.

Y a todos los que no nombré y que me incentivaron a alcanzar esta meta, gracias.

RESUMEN

En Venezuela el producto de la pesca del atún (*Thunnus sp.*) está dirigido principalmente como materia prima para la industria conservera, a la cual se destina el 35 % de la producción nacional de hojalata. Sin embargo, el proceso de globalización ha introducido en Venezuela la modalidad del consumo de pescado crudo, entre ellos el atún, destacándose los atunes aleta azul y ojo grande, los cuales son utilizados principalmente para elaborar sashimi, el cual es un plato de origen japonés que consiste en consumir pescados y mariscos crudos. La conservación del pescado crudo destinado a la preparación de sashimi consiste en mantenerlo refrigerado de 0 a 5 °C o congelado a -40 °C para conservar los atributos que definen la calidad del pescado fresco. Esto último ha impulsado a la industria a desarrollar procesos y tecnologías que permitan conservar los atributos que definen la calidad del atún fresco por un período de tiempo que favorezca su comercialización. De ahí proviene el interés de conservar el atún fresco, empacado al vacío y congelado a -20 °C, usando un laminado polimérico con propiedades de barrera como la impermeabilidad al oxígeno para evitar o minimizar la rancidez de los ácidos grasos y la oxidación de la mioglobina; la impermeabilidad al vapor de agua para evitar o minimizar las pérdidas de humedad y compuestos volátiles aromáticos; y la opacidad a la luz. Además deberá poseer resistencia mecánica a -20 °C. Por todo esto se estableció como objetivo evaluar la estabilidad física y química de trozos de atún aleta azul (*Thunnus sp.*) empacados al vacío y a presión atmosférica, congelados y almacenados a -20 °C. Se encontró que el empacado al vacío del atún fresco y su posterior congelación a -20 °C ofrece mayor protección a los trozos de lomo de atún y conservó sus atributos de calidad durante los 90 días de almacenamiento a -20 °C. En promedio, este tratamiento mostró los valores más bajos de BVT, TBA, PS, así como los indicadores microbiológicos y el tejido muscular mantuvo su color rojo característico durante el almacenamiento; seguido por el tratamiento de empacado postproceso de congelación, el cual ofrece la desventaja de la manipulación del producto congelado.

INTRODUCCIÓN

En el 2007 la captura mundial de las especies comerciales de atún fue de casi 4 millones de Toneladas. Un 69 % del total de las capturas se lleva a cabo en el Océano Pacífico; 21,7 % en el Océano Índico y 9,5 % entre el Océano Atlántico y el Mar Mediterráneo (FAO, 2007).

En Venezuela, la producción de atún proviene del Mar Caribe y del Océano Pacífico Oriental, donde el país mantiene la tercera flota cerquera operativa. El total de producción arribó en el 2003 a 144.011 Toneladas (FAO, 2005). Por otra parte, el ICCAT (2008) indica específicamente que la producción nacional en el Caribe Atlántico para el 2008 fue de 4.774 Toneladas, que corresponde únicamente a las especies *Thunnus albacares*, *T. alalunga*, *T. obesus*, *T. atlanticus*, *Sarda sarda* y *Katsuwonus pelamis*. En cuanto a la producción pesquera nacional distribuida por estados, en el año 2006 se registraron aproximadamente 59.200 Toneladas de atún (*Thunnus sp.*) de clasificación industrial en el Estado Sucre, siendo este estado el más importante (INSOPESCA, 2006). Para el 2008 la distribución fue de 99,98% para el Estado Sucre y 0,02% para el Estado Falcón, en donde la producción disminuyó a 57.413 Toneladas (INSOPESCA, 2008).

La actividad pesquera de Venezuela se centra principalmente en la producción de dos especies marinas, el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y la sardina (*Sardinella aurita*). Ambas especies representan aproximadamente el 54 % de las capturas nacionales, siendo el primer rubro objeto de la pesca industrial de altura y el segundo artesanal (FAO, 2005). La producción nacional de atún principalmente está dirigida a la industria conservera, y en segundo lugar, para la comercialización como producto fresco. De hecho, el 35 % de la producción nacional de hojalata es destinada a la industria procesadora de productos pesqueros (Maldonado, 2005).

La pesca de atún presenta varios atractivos: el volumen elevado de captura, conservación relativamente fácil por congelación y la conserva (esterilización

comercial), ambos procesos ampliamente utilizados internacionalmente (González, 1998).

Con todas las ventajas que ofrece al mercado la disponibilidad de atún envasado o congelado, la mayoría de los consumidores prefieren el pescado en estado fresco, para su posterior cocción, aunado a la tendencia actual al consumo de alimentos con mínima transformación y libre de aditivos. Además, el proceso de globalización ha introducido la modalidad del consumo de pescado crudo, generándose una rápida aceptación del producto, evidenciado por la proliferación de centros de comida rápida y restaurantes especializados en este tipo de alimento. Ello ha impulsado a la industria a utilizar tecnologías que permitan brindarle al consumidor alimentos frescos de calidad.

En países asiáticos el principal objetivo es comercializar el atún como producto fresco; por ejemplo, los atunes aleta azul y ojo grande, son utilizados principalmente para elaborar sashimi, producto elaborado a partir de atún fresco, conservado por refrigeración o congelación a -40° C, muy apreciado por el mercado japonés y exportado con éxito a Norteamérica y Europa (Catarci, 2003).

Por lo antes expuesto ha surgido el interés de conservar el atún fresco, empacado al vacío y congelado a -20° C, siendo esta la temperatura de mayor uso comercial en el país; y usando un laminado polimérico con propiedades de barrera como la impermeabilidad al oxígeno para evitar o minimizar la rancidez de los ácidos grasos y la oxidación de la mioglobina; la impermeabilidad al vapor de agua para evitar o minimizar las pérdidas de humedad y de los compuestos volátiles aromáticos; deberá ofrecer opacidad a la luz y además poseer resistencia mecánica a -20° C.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la estabilidad física y química de trozos de lomo de atún aleta azul (*Thunnus sp.*), empacados al vacío y a presión atmosférica, congelados y almacenados a -20 °C.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la estabilidad física (color y pH) de los trozos de lomo de atún empacados al vacío y a presión atmosférica, congelados y almacenados a -20 °C.
- Evaluar la estabilidad química (rancidez oxidativa, bases volátiles totales y proteínas solubles) de los trozos de lomo de atún empacados al vacío y a presión atmosférica, congelados y almacenados a -20 °C.
- Evaluar la estabilidad microbiológica (aerobios mesófilos, aerobios psicrófilos, coliformes totales y coliformes fecales) de los trozos de lomo de atún empacados al vacío y a presión atmosférica, congelados y almacenados a -20 °C.
- Evaluar sensorialmente los trozos de lomo de atún empacados al vacío y a presión atmosférica, congelados y almacenados a -20 °C a los 60 y 90 días de almacenamiento.
- Establecer el tiempo de almacenamiento a -20 °C de los trozos de lomo de atún congelados empacados al vacío y a presión atmosférica, durante el cual se mantienen los atributos de los trozos frescos.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

▪ EL ATÚN (*Thunnus sp.*)

El atún (*Thunnus sp.*) es un pez de estructura ósea que alcanza hasta 2,5 m de longitud y 300 Kg de peso. Pertenece a la familia *Scombridae* y comprende una gran variedad de especies, las cuales son importantes en la dieta del consumidor. Es un pez pelágico, es decir, se encuentra en las capas superficiales y media del mar, en zonas templadas y calientes de todos los océanos (Ludorff y Meyer, 1978). Los túnidos, como también se les conoce, aleta amarilla (*Thunnus albacares*) (ICCAT, 2006a), barrilete (*Katsuwonus pelamis*) (ICCAT, 2006b), ojo grande (*Thunnus obesus*) (ICCAT, 2006c), atún blanco (*Thunnus alalunga*) (ICCAT, 2004) son especies migratorias de amplia distribución, importancia económica y fuente significativa de alimentos (FAO, 2005).

▪ ATRIBUTOS DE CALIDAD DEL ATUN FRESCO

La calidad de un producto viene definida por los atributos específicos que la componen, los cuales son determinados por el consumidor y percibidos a través de los sentidos (atributos sensoriales). Estos atributos marcan la diferencia entre un alimento aceptado para su consumo y uno con características no deseables (Kramer y Twigg, 1970).

Los atributos sensoriales importantes para el pescado crudo son los que se refieren a su aspecto y a la frescura, es decir, color, olor, sabor, textura y jugosidad.

- **El color** rojo del tejido muscular del atún fresco es consecuencia de la alta concentración de mioglobina en el músculo (40 % aproximadamente) que en contacto con el oxígeno causará un cambio de color marrón, atribuible a la conversión de la oximioglobina a metamioglobina (Bito, 1976). El pescado habrá

perdido su nivel de calidad global cuando el tejido muscular no presente un color típico, y será rechazado por el consumidor (Barreiro y Sandoval, 2006).

- **El olor y sabor** del músculo del pescado crudo apenas pueden percibirse, es decir, el atún fresco no presenta olor, aunque su sabor puede asimilarse ligeramente al de la sangre por ser un pescado de músculo rojo.

- **La textura y la jugosidad** están relacionadas entre si porque incluyen la dureza o blandura a la hora de masticar y cortar el tejido muscular crudo. Dependerá de la cantidad de tejido conectivo que contenga el músculo, la cantidad de grasa, el rigor mortis y de factores biológicos del pescado. La rigidez cadavérica, a temperatura ambiente, comienza cerca de media hora después de la muerte del pez durante un lapso cercano a 3 horas. En el atún, la rigidez cadavérica va precedida de una abundante secreción de mucus superficial, el pH baja de 7 - 7,3 a 5,4 - 5,6, causando la desnaturalización de las proteínas musculares y con ello la liberación del agua miofibrilar. La textura jugosa deseada se ve modificada a un tejido fibroso y seco (Cheftel y Cheftel, 1992; Huss, 1998; Barreiro y Sandoval, 2006).

A medida que pasa el tiempo luego de la captura, el pescado pierde frescura y se refleja en diversos cambios físicos; principalmente su olor cambia, la superficie de la piel pierde brillo y la mucosidad que la recubre se hace opaca, el tejido muscular se ablanda, la pupila ocular adquiere apariencia turbia y se observa una coloración rojiza a lo largo de la columna vertebral (Kirk y col., 2004). Para mantener y distribuir el pescado de excelente calidad y frescura, tanto el productor como el distribuidor o vendedor deben conocer las causas de deterioro del mismo y cómo minimizarlas.

▪ **COMPOSICION DEL ATÚN**

En términos generales, Ludorff y Meyer (1978) indican que el músculo de pescado se compone de agua, proteína y grasa. La cantidad de carbohidratos es

tan pequeña, que puede despreciarse. El contenido de proteína se mantiene relativamente constante entre las especies, mientras que la fracción de grasa experimenta oscilaciones, lo que ha llevado a establecer la distinción entre pescados magros o blancos (aquellos con un porcentaje menor al 1 % de grasa), pescados semigrasos (entre 2 % y 7 % de grasa) y pescados grasos (con más del 7% de grasa). Además, para una misma especie hay oscilaciones de la fracción lipídica con respecto a la edad, el sexo, el momento biológico o etapa reproductiva, la alimentación, la temperatura del agua y la estación del año. Entre los pescados grasos está la familia de los escómbridos a la que pertenece el atún (Varona y col., 1986; Cheftel y Cheftel, 1992; Huss, 1998; Izquierdo y col., 2000).

Un estudio de Pérez-Villarreal y Pozo (1990) en *Thunnus alalunga* mostró que la composición proximal de esta especie de atún es dependiente del tamaño del individuo, el tipo de tejido muscular y las variaciones estacionales. Para ello evaluó tres tipos de tejido muscular (blanco, oscuro y ventral) encontrando que, para el mismo período estacional de medición, el porcentaje de humedad varía en 69,02; 71,67 y 60,77, el porcentaje de proteína varía en 19,60; 17,51 y 19,23, el porcentaje de grasa varía en 3,02; 3,53 y 9,09, y el porcentaje de ceniza varía en 1,36; 1,44 y 1,14, para cada tipo de tejido respectivamente.

En la Cuadro 1 se presenta la composición proximal del atún fresco según varios autores. El porcentaje de humedad oscila entre 70,5 y 77,2, el contenido de proteína entre 17,12 y 26,3, el porcentaje de grasa varía de 0,70 a 11,3, mientras el porcentaje de ceniza se mantiene alrededor de la unidad. Izquierdo y col. (2001) presentan la información de *Thunnus thynnus* con 1,78 % de grasa, a diferencia del indicado en un estudio de Medina y col. (1995) para esa especie con un contenido de grasa de 0,95 %, es decir, aproximadamente la mitad. Estos autores evaluaron el músculo blanco de seis especies de atún (*Thunnus obesus*, *T. thynnus*, *Sarda sarda*, *Auxis thazard*, *Katsuwonus pelamis* y *T. albacares*) observando que el contenido de lípidos, entre las especies, se mantenía alrededor de 0,57 y 0,95 % con la excepción de *Sarda sarda* que presentó el valor más alto de 1,94 %, el cual es similar al indicado por Izquierdo y col. (2001) para *Thunnus*

thynnus. Además para *Thunnus albacares* indican un porcentaje de lípidos de 0,57 %, similar al contenido mencionado por Castro-González y col. (2007) para esta especie (0,76 %). Rodríguez (2009) presenta el mayor porcentaje de lípidos para *Thunnus sp.* (11,31 %), comparado con Huss (1998), INN (2001) y Mena (2009) con 4,10 %, 0,70 % y 3,07 %, para la misma especie, respectivamente.

Cuadro 1. Composición proximal del atún según varios autores.

Autor	Especie	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)
Huss (1998)	<i>Thunnus sp.</i>	71,00	25,00	4,10	-
INN (2001)	<i>Thunnus sp.</i>	71,90	26,10	0,70	1,30
Izquierdo y col. (2001)	<i>Thunnus thynnus</i>	71,45	23,45	1,78	1,14
Márquez y col. (2006)	NM	70,47	26,26	1,05	1,97
González y col. (2007)	<i>Thunnus albacares</i>	75,24	22,37	0,76	0,90
Mena (2009)	<i>Thunnus sp.</i>	77,17	17,14	3,07	1,73
Rodríguez (2009)	<i>Thunnus sp.</i>	72,08	17,12	11,31	1,40

NM: No menciona la especie estudiada

El componente más importante para la alimentación humana que contiene el músculo de pescado es la fracción de proteínas, cuyo valor biológico es alto ya que aportan todos los aminoácidos esenciales en buena proporción. Además, el músculo de pescado contiene otros componentes nitrogenados (nitrógeno no proteico) los cuales están incluidos en la determinación de proteína por medio del método de nitrógeno total. Estos compuestos son importantes para el sabor y como productos de descomposición (Ludorff y Meyer, 1978; Valls, 2003; Erkan y col., 2007).

El tejido muscular de los pescados grasos, como el atún, es rico en lípidos, los cuales se encuentran bajo la forma de glóbulos de grasa extracelulares (Cheftel y Cheftel, 1992). Huss (1998) los denomina depósitos grasos para el

almacenamiento de energía los cuales están compuestos por triglicéridos, fosfolípidos y vitaminas liposolubles. Estos están localizados en su mayoría en el tejido subcutáneo, en la pared abdominal, en el colágeno entre las fibras musculares, en los músculos que mueven las aletas y en la cabeza.

Los ácidos grasos que integran a los triglicéridos de la fracción lipídica del pescado son de cadena larga, 14-22 átomos de Carbono, con un alto grado de insaturaciones, cuatro, cinco o seis dobles enlaces por molécula de ácido graso esterificado (Stansby y Hall, 1967; citado en Huss, 1998; Ludorff y Meyer, 1978). Los ácidos grasos ω -3 (docosahexanoico o DHA, eicosapentanoico o EPA, y linolénico) representan del 10 al 20 % de los ácidos grasos totales de la fracción lipídica del atún (Cervera y col., 1993; citados por Izquierdo y col., 2001), mientras que el ácido linoléico (ω -6) representa el 2 % (Huss, 1998). Estos ácidos grasos actúan en la regulación del metabolismo del colesterol en los humanos y por ello están relacionados con la prevención del colesterol alto en la sangre y enfermedades cardiovasculares (FAO, 1997). Mientras que entre los ácidos grasos saturados prevalece el ácido palmítico con un 13 a 19 %; siguen el ácido mirístico con un 4 al 8 %, y el ácido esteárico con el 3 al 5 %.

En el tejido muscular de los peces magros los fosfolípidos representan aproximadamente el 0,5 al 1 % (Ludorff y Meyer, 1978). Mientras que en las especies de túnidos evaluadas por Medina y col. (1995), excepto *Sarda sarda* presentaron altos niveles de fosfolípidos, entre 26,41 y 58,80 g/100g lípidos.

Las vitaminas liposolubles A y D, las vitaminas hidrosolubles del grupo B y los minerales, son micronutrientes importantes que están presentes en el músculo del pescado y que contribuyen a mantener en buenas condiciones la piel, la vista y el sistema nervioso del consumidor. Adicionalmente el pescado se considera una fuente valiosa de calcio y fósforo, elementos imprescindibles para la constitución de los huesos y dientes de los consumidores. En peces de agua salada como el atún, el alto contenido de hierro (de 10 a 15ppm), cobre (0,5 a 2ppm), yodo (superior a 0,12ppm), zinc (2 a 8 ppm) (Lang, 1959; citado en Ludorff y Meyer,

1978); la presencia de magnesio y el bajo contenido de sodio, lo hace apropiado para consumidores con regímenes alimenticios hiposódicos y para prevenir una deficiente actividad tiroidea (Izquierdo y col., 2000). Todos estos minerales son importantes por ser imprescindibles para la constitución de hormonas y compuestos intermediarios en los procesos metabólicos. A pesar de los beneficios, los minerales se comportan como agentes prooxidativos de la mioglobina en el músculo rojo del atún fresco, presentándose como un problema incluso a bajas temperaturas de almacenamiento.

▪ ESTABILIDAD DEL ATÚN EN EL ALMACENAMIENTO

La estabilidad oxidativa del músculo esquelético depende de la composición, concentración y reactividad de tres factores: la oxidación de los sustratos, los catalizadores de la oxidación, y la presencia de antioxidantes. En los tejidos vivos, el control de la oxidación es fundamental para evitar la degradación de los lípidos de las membranas, de las proteínas y los ácidos nucleicos. Hay numerosos sistemas en el músculo esquelético que mantienen el balance entre estos factores que controlan las reacciones de oxidación en el pez vivo. Sin embargo, una vez capturado el pez e iniciadas determinadas operaciones de procesamiento se rompe ese equilibrio, perdiéndose el control sobre la oxidación, degradándose los componentes del músculo responsables del desarrollo de sabores no deseados (Decker y Xu, 1998).

Los principales componentes del tejido muscular del atún susceptible a oxidación son: Los ácidos grasos poliinsaturados y la mioglobina.

a) Los ácidos grasos poliinsaturados

La proporción de estos ácidos grasos es una limitante para la conservación en el tiempo del atún porque frecuentemente experimentan reacciones de oxidación en presencia del oxígeno del ambiente. Esto se debe a que los dobles enlaces o insaturaciones de los ácidos grasos reaccionan con el oxígeno atmosférico en

presencia de la energía luminosa del ambiente y del hierro presente en la mioglobina, lo que se conoce como rancidez oxidativa, cuyo producto final son un conjunto de aminoácidos, cetonas y aldehídos, responsables del color y sabor desagradables, característicos de la rancidez (Ludorff y Meyer, 1978).

Medina y col. (1995) han publicado varios trabajos de investigación en los cuales describen la composición de los lípidos en el atún y su alteración durante el almacenamiento congelado o tratamiento térmico. La mayoría de los trabajos se han centrado en la composición de los lípidos simples como los triglicéridos, y los datos relacionados a los lípidos complejos como los fosfolípidos son limitados. Por ejemplo, Gallardo y col. (1989) encontraron una ligera pérdida de los triglicéridos luego de la cocción del tejido muscular de *Thunnus alalunga*. Adicionalmente, mencionan que el almacenamiento congelado a menudo conduce a la deshidratación del tejido muscular del pescado favoreciendo la oxidación de los ácidos grasos insaturados presentes, si el tejido muscular a congelar no se protege de la deshidratación y la presencia del oxígeno. Por otra parte, esta oxidación es más rápida si la temperatura está próxima al punto de congelación, ya que aumenta la concentración de sustratos en el músculo. Por ello se recomienda almacenar a los pescados grasos como el atún a -30°C (Chow y col., 1987; Cheftel y Cheftel, 1992; Robertson, 1993).

b) La mioglobina

El proceso de oxidación del tejido muscular del atún incluye también a la mioglobina porque esta proteína presenta la capacidad para interactuar con el oxígeno gracias a que en su estructura existe un componente no polipeptídico denominado grupo hemo, el cual consta de una parte orgánica y un átomo de hierro en forma de ion ferroso. La presencia de este pigmento agrega el color rojo en el tejido muscular del atún. Si el tejido muscular está en contacto con el oxígeno del ambiente, se modifica el color por la autooxidación de la oximioglobina a metamioglobina, donde el grupo hemo ferroso se transforma en hemo férrico, y el color rojo cambia a marrón, incluso si el pescado se conserva congelado. Esto

causa una drástica caída del valor comercial, ya que el color rojo es considerado un atributo importante de la calidad del atún (Chow y col., 1987).

Bitó (1965; citado por Chow y col., 1987) encontró que el tejido de atún se oscurecía si se almacenaba a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 6 meses y que la formación de metamioglobina era mayor en torno al punto de congelación que a temperaturas superiores. En este sentido, Hashimoto y Watabe (1983; citados por Chow y col., 1987) demostraron que la formación de metamioglobina en el tejido muscular del atún fresco fue significativamente más lenta durante el almacenamiento congelado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ que a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

▪ **CONSERVACION DEL ATÚN FRESCO**

En el atún, la pérdida de atributos de calidad debido a procesos complejos de deterioro como lo son: cambios de textura, oxidación de la mioglobina, el desarrollo de la rancidez oxidativa, el crecimiento de microorganismos y la actividad enzimática presente en músculos e intestinos, es de suma importancia en la comercialización y consumo, dado al carácter perecedero de este recurso alimentario (Inciarte y Moreno, 1991). Por esta condición, se han empleado diversos métodos de conservación para prolongar su vida útil, tales como el uso de hielo como medio refrigerante inmediatamente después de la captura, la congelación, el secado-salado, el ahumado, envasado, entre otros.

- La congelación como método de conservación

La conservación del pescado por congelación no es una idea nueva; la primera patente británica para la congelación de pescado data de 1842. La congelación comercial de pescado comenzó en América en la década de 1860. No se conocía mucho sobre el modo de preparar productos de buena calidad ni la forma de almacenarlos durante cierto tiempo y, en consecuencia, se comercializó pescado congelado de calidad inadecuada. El pescado congelado adquirió por ello mala

reputación. A partir de la segunda guerra mundial (1939 – 1945) se consiguió producir pescado congelado aceptable (Burgess y col., 1978).

Una opción para conservar el atún fresco es recurrir a la congelación, con lo cual una proporción importante del agua libre en el tejido es transformada en hielo (más del 80 %) y mantenida en ese estado durante el almacenamiento congelado, de manera que se reduzcan lo más posible las modificaciones físicas, químicas y microbiológicas que, en caso contrario, deteriorarían el producto (Bailey y Gac, 1990). La congelación tiene como finalidad obtener un producto que pueda almacenarse durante algunos meses y una vez descongelado conserve las mejores condiciones sensoriales y nutricionales que lo caracterizan (Burgess y col., 1978).

Hoy en día se dispone de modernos buques pesqueros, en los cuales se realiza el faenado completo del pescado, como es evisceración, remoción de espinas y fileteado. Adicionalmente se realiza el lavado de los filetes, envasado y se les somete al proceso de congelación, de tal forma que se obtenga un producto terminado en alta mar (Barreiro y Sandoval, 2006). Potter y Hotchkiss (1995) indican que en el caso del atún, los ejemplares recién capturados a bordo del barco factoría se suelen introducir, sin eviscerar, en tanques de salmuera helada a $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, de forma que el pescado se congela parcialmente y semanas más tarde, al llegar a la planta de procesamiento, los atunes se descongelan y se evisceran. Para este caso específico, Gallo (2001) indica inmersión en salmuera a $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$, o por aire forzado a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ y que el centro térmico del atún debe alcanzar $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ para su almacenamiento posterior a $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta su comercialización como pescado fresco o a la industria conservera. Un estudio de Prince y col. (1992) indica que este tipo de procesamiento del atún inmediatamente después de la captura puede mejorar la apariencia del tejido muscular en almacenamiento congelado por 9 meses, lo cual fue evidenciado en la evaluación sensorial del atún.

Sin embargo, se han observado reacciones físicas y químicas en productos almacenados en congelación que conducen a una pérdida de calidad que es gradual, acumulativa e irreversible, y se evidencian principalmente en sus características sensoriales (textura, sabor, color y olor) de manera que al cabo de cierto tiempo el producto deja de ser válido para el consumo. Las alteraciones en el pescado almacenado en congelación por largos períodos de tiempo son consecuencia de una reacción en cadena que genera cambios de humedad y se inicia con la formación de cristales de hielo, lo que ocasiona la ruptura de células musculares. Estas rupturas son pequeñas cuando la congelación es rápida y la temperatura de almacenamiento muy baja, pero resultan apreciables en los casos de congelación lentas y con temperaturas de almacenamiento relativamente altas. En este caso, se forman en los tejidos grandes cristales de hielo, lo cual tiene la acción deshidratante por ósmosis sobre las células y, esto genera un incremento de la concentración de sales en los líquidos residuales a la par que avanza el proceso de congelación. Además, la ruptura de las células favorece el contacto entre sustratos y enzimas, lo que explica la liberación de ácidos grasos, estos últimos, al fijarse sobre las proteínas, contribuyen a hacerlas hidrófobas y a desnaturalizarlas. A las alteraciones se suma la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados y la actividad enzimática (Cheftel y Cheftel, 1992 y Haard, 1992; citado por Valls, 2003).

En el caso de las especies grasas, como el atún, el factor limitante del tiempo de conservación en congelación, es la oxidación de sus lípidos. Al respecto, Gallo (2001) indica que el tejido muscular del atún se torna de color amarillo, con sabor y olor a rancio durante el almacenamiento congelado por más de 6 meses. Esto se debe a la acción de la enzima lipasa que hidroliza los triglicéridos y fosfolípidos liberando ácidos grasos, los cuales se combinan con el oxígeno generando peróxidos que ocasionan la autooxidación. Este proceso origina compuestos secundarios como el carbonilo, el cual reacciona con aminas formando un compuesto aminocarbonilo que da origen al color amarillento.

Para aprovechar los beneficios del almacenamiento en congelación es indispensable determinar previamente el tipo de empaque y de empacado, la velocidad óptima del proceso de congelación, la temperatura óptima de almacenamiento en congelación y la velocidad de descongelación. Sin embargo, lo prioritario es la calidad de la materia prima a congelar, para asegurarse que el producto que se ofrecerá finalmente al consumidor sea el adecuado.

- El empacado del atún como método de conservación

La deshidratación del producto es un factor que debe considerarse cuando se congelan alimentos sin empacar. Este proceso ocurre por evaporación o sublimación del agua libre del alimento durante la congelación a causa del contacto directo del producto con el aire frío y seco que se crea en el ambiente del congelador, causando quemaduras en la superficie del alimento, las cuales producen cambios irreversibles en el color, la textura, el sabor y el valor nutritivo en el pescado (Cheftel y Cheftel, 1992; Desrosier, 1997). El empacado adecuado de los alimentos antes de su congelación tiene por objetivo ofrecer una barrera a la pérdida de humedad y aislar el producto de la superficie fría del congelador.

La velocidad de deshidratación superficial de un producto empacado y congelado y, por consiguiente, la pérdida de peso asociada, dependen de diversos factores, tales como la naturaleza del alimento, su composición y geometría, el tipo de empaque que se utilice, la velocidad superficial del aire sobre éste, la disposición del producto empacado en el almacén frío y la humedad relativa, las temperaturas en el ambiente refrigerado y evaporador del sistema de refrigeración (Barreiro y Sandoval, 2006).

El atún fresco que se conserva por congelación, además de protegerse de las pérdidas de humedad y compuestos volátiles aromáticos, debe estar protegido del contacto con el oxígeno y de la energía luminosa para evitar la rancidez de los ácidos grasos. Además, debe evitarse o minimizarse la interacción de los componentes del pescado con el material protector (Brody, 1970; Robertson, 1993).

En la actualidad los empaques más utilizados para los alimentos conservados por bajas temperaturas son los elaborados con papel o cartón plastificados, laminados de aluminio y plástico (Barreiro y Sandoval, 2006). Un buen empaque impermeable al vapor de agua resguarda el pescado congelado de la desecación y oxidación por aire.

Las características de los materiales de empaque destinados a contener pescado fresco a ser congelado deben ser: resistir el aumento de volumen del alimento que causa la congelación y mantener su resistencia mecánica a la temperatura de congelación, no impartir olores o sabores adversos al producto, ser impermeables al aceite y a la humedad, ocupar poco espacio y ser prácticos en su aplicación en lo que respecta al costo (Cheftel y Cheftel, 1992; Robertson, 1993; Desrosier, 1997). Brody (1970) indica que el pescado y los productos del mar se comercializan en empaques flexibles, el más común es el polietileno (PE). Por ejemplo, el camarón se empaqueta en polietileno de baja densidad (PEBD) (García, 1988; Cheftel y Cheftel, 1992; Barreiro y Sandoval, 2002). El PEBD es definido como una película permeable con una tasa de transmisión de oxígeno de $500 \text{ cm}^3/100 \text{ pulg}^2 \text{ día}$ a 0% HR y 23°C y una tasa de transmisión de agua de $1,4 \text{ g}/100 \text{ pulg}^2 \text{ día}$ a 90% HR y 38°C (Sacharow, 1976; Robertson, 1993). En este sentido los materiales plásticos flexibles tienen cierto grado de permeabilidad al oxígeno, al vapor de agua y a otros gases y, por consiguiente, para su selección adecuada a la función de protección deben considerarse estas propiedades (Robertson, 1993).

- El empackado al vacío

Para empackar al vacío, el producto es colocado dentro de un empacke con baja permeabilidad al oxígeno y se lleva a una cámara de vacío para eliminar el oxígeno dentro del empacke, posteriormente el empacke es sellado por calor (Singh, 2002; citado en López, 2006). El uso de este tipo de empackado ha sido aplicado en la comercialización del pescado fresco y congelado. Ashie y col.

(1996; citado en López, 2006) mencionan el empaçado al vacío de trucha, pargo, arenque, bacalao, sardina y caballa.

El empaçado al vacío ha sido utilizado para prevenir la alteración por rancidez oxidativa. Al respecto, López (2006) utilizó el índice del ácido tiobarbitúrico (TBA) para evaluar el comportamiento de porciones de bagre yaque (*Leiarius marmoratus*) empaçados en polietileno de baja densidad (permeable al oxígeno), al vacío y a presión atmosférica. Lo almacenó a -12°C y -25°C , durante 6 meses y observó que las porciones empaçadas al vacío, congeladas a -25°C , presentaron el menor índice de oxidación estadísticamente significativo ($p < 0,05$). Explica que al excluir el oxígeno se minimizan las reacciones de oxidación de los ácidos grasos insaturados evitando así que se reduzca su contenido en el músculo del pescado. A pesar de las variaciones observadas por el autor estas no afectaron significativamente las características sensoriales de olor, textura y sabor, hasta el cuarto mes de almacenamiento, siendo las muestras calificadas como buenas.

Marcano (1973) encontró cambios de color en algunas muestras de filetes de Carite (*Scomberomorus maculatus*) congelados a -10°C y a -27°C . Observó el oscurecimiento del músculo y el desarrollo de color amarillo-verde. Sugirió que estos cambios ocurrieron por la oxidación de los lípidos. En este estudio los filetes fueron empaçados a vacío y a presión atmosférica en bolsas elaboradas con un coextruido de polietileno-celofán, durante 10 meses. Recomendó la temperatura de -27°C para el período de almacenamiento estudiado porque hubo reducción de los procesos enzimáticos en el músculo, los cuales fueron determinados por la actividad de la Inoribohidrolasa (que conduce a la formación de Hipoxantina) y la IMPfosfohidrolasa.

El empaçado al vacío también ha sido utilizado para evitar cambios en la pigmentación del tejido muscular en pescado. Al respecto, Bito (1969) evaluó el efecto del oxígeno en la decoloración del tejido del atún, el cual se congeló a -10°C y -20°C y luego se empaçado con papel aluminio, película de celofán-polietileno y película de polietileno. Encontró que la superficie de las muestras de atún

empacadas al vacío en película de polietileno y en película de celofán-polietileno se decoloraron a una tasa más baja que las muestras empacadas al vacío en papel de aluminio. Sin embargo, las tasas de decoloración del tejido interior fueron las mismas, porque la transmisión del oxígeno hacia esta zona es limitada. Es en la superficie de las muestras, en contacto con el material de empaque, donde ocurre la oxidación del tejido muscular, y por lo tanto, se observó una tasa de decoloración diferente según el material de empaquetado y sus características de permeabilidad.

Las ventajas de la aplicación del vacío consiste en que la vida de almacenamiento del pescado fresco puede extenderse; es decir, cuanto menos permeable sea la película envolvente al oxígeno y otros gases, mayor será la vida útil del producto ya que la oxidación estará considerablemente reducida. Se emplean muchas veces envoltorios de plástico de costura térmica, que a ser posible impedirán el paso de la luz y contarán con vacío en su interior (Cheftel y Cheftel, 1992; Decker y Xu, 1998). Los principales materiales utilizados para tal fin son embalajes plásticos (láminas, películas, revestimientos) conformados por polímeros, como lo son polietileno, cloruro de polivinilo o PVC, cloruro de polivinilideno o PVDC, poliestireno o PS y politetrafluoroetileno. Una combinación de materiales de empaque fue utilizada por Valls y col. (2004), quienes trabajaron con filetes de sardina (*Sardinella aurita* V) empacados en bandejas de poliestireno con papel encerado entre los filetes, todo envuelto con "Envoplast®" (PVC) y congelados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, luego ese producto congelado lo empacaron al vacío en bolsas de polietileno y las almacenaron a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un período de seis meses. Encontraron que en los meses de almacenamiento hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a los parámetros: pH, color (L, a, b), humedad, solubilidad de proteínas en soluciones salinas, líquido exprimible, aerobios psicrófilos, aerobios facultativos psicrófilos y evaluación sensorial. Concluyeron que se manifestaron cambios en los atributos sensoriales de los filetes a partir de 3-4 meses. Sin embargo, a los 6 meses, los filetes todavía eran aceptables y

presentaban buena apariencia en cuanto a color, textura, olor y sabor, indicando una muy buena estabilidad de este tipo de producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. MATERIA PRIMA

A partir de un lote de 20 Kg se adquirieron 7 Kg de atún congelado (*Thunnus sp.*) en abril del 2010 en el Mercado de Quinta Crespo. La muestra estuvo conformada por 3 lomos de tamaño homogéneo entre 30 y 40 cm de longitud cada uno. Se colocaron en una cava con suficiente hielo y se transportaron al laboratorio de productos pesqueros del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela.

2. PROCESAMIENTO DE LOS LOMOS DE ATÚN

Una vez en el laboratorio, los lomos se lavaron con agua potable de la red local y se cortaron 100 trozos de peso y tamaño similar (Figura 1). Se empacaron a vacío y a presión atmosférica en bolsas coextruidas de Polietileno/Nylon/Polietileno (Cuadro 2) en una empacadora VacMaster SVP 20, se congelaron a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en un congelador de placas So-Low Ultra-low Freezer Modelo U40-13, y se almacenaron a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 90 días en un congelador horizontal marca General Electric (Figura 2).

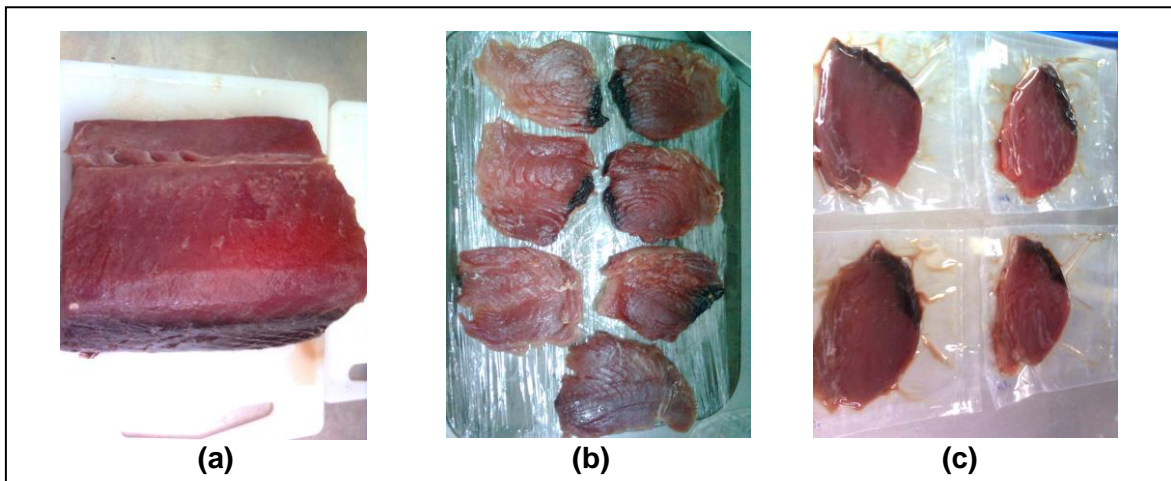


Figura 1. Lomo de atún (a) cortado en trozos (b) y empacados al vacío (c).

Cuadro 2. Características de permeabilidad del material polimérico Polietileno/Nylon/Polietileno (PE/PA/PE) de las bolsas coextruidas utilizadas para empacar el atún fresco. Tomado de: CPT (2001)

Material	Transmisión de O ₂ (cm ³ /100 pulg ² día) *	Transmisión de vapor de agua (cm ³ /100 pulg ² día) **
Polietileno/Nylon/Polietileno (PE/PA/PE)	3,2	0,5

* = a 73.4° F (23 °C) y 0% RH.

** = a 100° F (38 °C) y 90% RH).

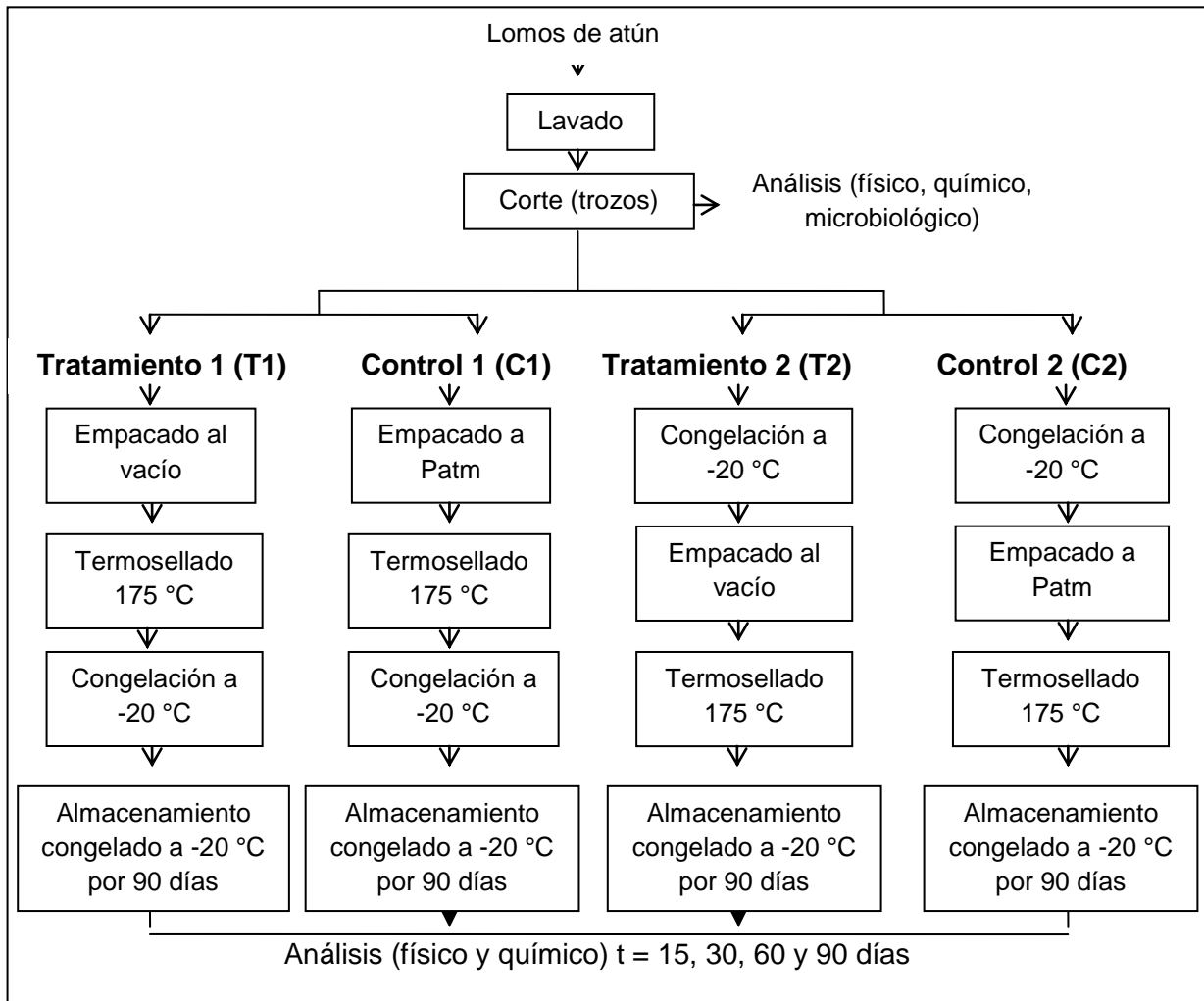


Figura 2. Procesamiento del atún fresco para el estudio de la estabilidad en el almacenamiento congelado y empacado.

3. DETERMINACIONES

Las determinaciones físicas y químicas se realizaron a las muestras de atún congelado recién adquirido ($t = 0$) y a las muestras procesadas empacadas congeladas (T1) y congeladas empacadas (T2) a los $t = 15, 30, 60$ y 90 días de almacenamiento. Las determinaciones microbiológicas se realizaron a los $t = 0$ y $t = 90$ días. La evaluación sensorial se realizó a los $t = 60$ y $t = 90$ días.

Las muestras se seleccionaron al azar, tomando 3 muestras de cada tratamiento, de un total de 25 muestras por tratamiento, para proceder a descongelarlas bajo inmersión en agua potable de la red local a temperatura ambiente. Además para verificar la función del cierre hermético y la integridad del empaque.

El contenido de cada empaque fue homogeneizado durante un minuto en un procesador de alimentos marca Osterizer. A partir de cada homogeneizado se realizaron todas las determinaciones por triplicado (Figura 3).

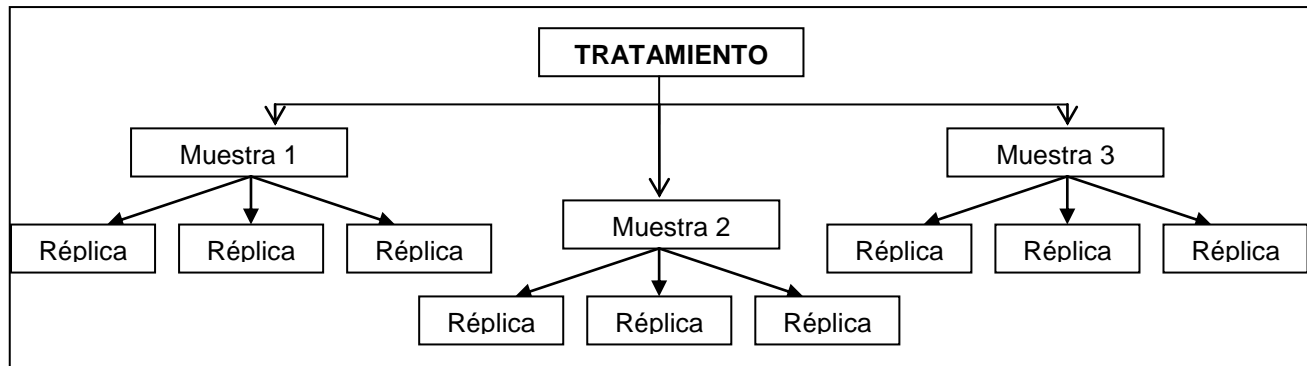


Figura 3. Número de muestras y réplicas por muestra de atún para cada determinación.

Posteriormente se determinó la media y desviación estándar de los resultados. Al final del estudio se utilizaron pruebas de Hipótesis de Comparación de Medias para determinar si hubo o no diferencias significativas ($p < 0,05$) en el tiempo y entre tratamientos.

3.1 ANÁLISIS FÍSICOS

Color: utilizando el sistema Hunter basado en la teoría de los colores opuestos, la cual indica que hay una señal intermedia entre los receptores de luz de la retina y el nervio óptico, que transmite las señales de color al cerebro (DeMan, 1980; citado en Bello y Rivas, 1992). Determina los parámetros a (- verde, + rojo), b (- azul, + amarillo) y L (luminosidad con valores de 0 a 100, siendo 0 negro perfecto y 100 un blanco perfecto). Se realizó en porciones de lomo cortado en cubos de 1x1cm y por diez réplicas, mediante el uso de un colorímetro marca Macbeth eye[®] modelo 2445, calibrado con una placa patrón de referencia. Observador de 10 CIELAB, Iluminante D65.

pH: según Norma Venezolana COVENIN Número 1315 (1979). Se homogeneizaron 10 g de muestra fresca en 90 mL de agua destilada. Se filtró la suspensión y se determinó el pH usando un potenciómetro marca “HANNA” modelo HI 8417.

3.2 ANÁLISIS QUÍMICOS

3.2.1 Análisis Proximal

Humedad: según AOAC (2005) N° 950.46. Se deshidrató la muestra previamente homogeneizada en estufa a Presión Atmosférica, a 100 °C durante 4 horas y luego a intervalos sucesivos de una hora hasta obtener peso constante. Los resultados se expresan en porcentaje de Humedad (%).

Proteína cruda: método micro-Kjeldahl, según método AOAC (2005) N° 940.25. Factor de conversión: 6,25. Los resultados se expresan en porcentaje de Proteína en base húmeda (%)

Grasa cruda: método AOAC (2005) N° 991.36. Se procedió mediante el método de extracción continua utilizando hexano como solvente, en un equipo de extracción (Soxhlet) automatizado marca Velp Científica. Los resultados se expresan en porcentaje de Grasa en base húmeda (%)

Cenizas: según AOAC (2005) N° 938.08. Se realizó mediante incineración en mufla a 500-550 °C. Los resultados se expresan en porcentaje de Ceniza (%)

3.2.2 Rancidez oxidativa: método del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) por Tarladgis y col. (1960) modificado por Rhee (1978). Se pesaron 10 g de muestra y se homogeneizaron con 50 mL de agua destilada más 5 mL de una solución de EDTA-propilgalato al 0,5 %. Posteriormente esta mezcla fue transferida a un balón Macrokjeldahl con 47,5 mL de agua destilada más 2,5 mL de HCl. Se destiló recolectando 50 mL del destilado, el cual se aforó a 100 mL con agua destilada. A partir de ahí se tomaron 5 mL y se mezclaron con 5 mL de 2-TBA (0,02 M de 2-TBA en ácido acético al 95%). Se llevó a baño de maría por 35 minutos, se dejó enfriar y se midió la absorbancia a 538 nm en un espectrofotómetro marca Shimadzu modelo UV-2501 PC. La concentración se obtuvo de una curva de calibración con Malonaldehído (Apéndice 1). Los resultados se expresaron en mg de Malonaldehído por g de muestra.

3.2.3 Bases volátiles totales (BVT): método de Pearson (1976). Se estima el nitrógeno volátil total, por macro destilación durante 15 min, utilizando oxido de magnesio como catalizador. Los resultados se expresan en mg N/100 g de muestra.

3.2.4 Proteínas solubles: Según metodología de Barrero y col. (2007) y Montecchina y col. (1997), homogeneizando 8 g de músculo, por 1 minuto, en 160 mL de solución fría de Buffer 0,6 M KCl y 0,003 M NaHCO₃, pH 7; luego se centrifuga en frío a 5000 r.p.m. durante 20 minutos y se extrae el sobrenadante que contiene las proteínas solubles en solución salina. Al sobrenadante se le determinó el contenido de nitrógeno total por el método de micro-Kjeldahl, según AOAC (2005) N° 940.25, utilizando el factor de conversión 6,25.

3. 3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Las determinaciones de microorganismos indicadores se realizaron según APHA (2001).

Aerobios mesófilos y psicrófilos: Se homogeneizaron 10 g de muestra con 90 mL de agua peptonada al 0,1 %, a partir del cual se realizaron diluciones seriadas. Se sembró por profundidad y por duplicado en Agar Plate Count (PCA) 1 mL de cada dilución. Se incubaron por 24-48 horas a 35-37 °C para aerobios mesófilos y 7-10 días a 7 °C para aerobios psicrófilos. Los resultados se expresaron como UFC/g de muestra.

Coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*: Se homogeneizaron 25 g de muestra con 225 mL de agua peptonada al 0,1 % a partir del cual se

realizaron diluciones seriadas. Se inocularon, por triplicado, volúmenes de 1 mL de cada dilución en tubos de Caldo Lauril Sulfato Triptosa. Se incubaron a 35-37 °C por 24-48 horas. Los tubos positivos se transfirieron con un asa a tubos con Caldo Bilis Verde Brillante y se incubaron a 35-37 °C por 24-48 horas para determinar NMP de coliformes totales y a tubos con Caldo EC, los cuales fueron incubados a 44,5 °C por 24-48 horas para determinar NMP de coliformes fecales. Los tubos positivos de EC se transfirieron con un asa a placas de Agar Levine y se incubaron a 35-37 °C por 24 horas para el aislamiento de *E. coli*, donde las colonias características se transfirieron a cuñas de agar Standard Plate Count (SPC) incubándose a 35-37 °C por 24 horas para realizar las pruebas bioquímicas (Indol, Rojo de Metilo, Vogues Proskauer y Simmons Citrato) para la identificación de *E. coli*. Los resultados se expresaron como NMP/g de muestra.

3.4 EVALUACIÓN SENSORIAL

Se realizó la evaluación sensorial en las muestras congeladas y almacenadas en congelación durante 60 y 90 días. Se descongelaron a temperatura ambiente y se cortaron en cubos de aproximadamente 1 x 1 cm. De esta manera se presentaron a un panel semientrenado de 16 personas que consumieran pescado regularmente, para evaluar el color, olor y la apariencia. Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos, en forma creciente (1-9) de aceptación (Apéndice 2).

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos fueron tabulados en Excel y analizados con el programa STATGRAPHICS PLUS 5.1 mediante una prueba de ANOVA de dos vías, con un nivel de significancia de 5%. Los tratamientos fueron T1 = muestras empacadas frescas y posterior congelación y T2 = congelación de las muestras y posterior empacado. Cada uno de los tratamientos con su respectivo control empacado a presión atmosférica (C1 y C2). La variable dependiente fue el tiempo

de almacenamiento y las variables independientes fueron los tratamientos T1 y T2. En aquellos resultados donde se observaron diferencias significativas se realizaron pruebas a posteriori utilizando la comparación del rango múltiple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

• CARACTERIZACIÓN DEL MÚSCULO DE ATÚN FRESCO (*Thunnus sp.*)

En el Cuadro 3 se presentan las dimensiones promedio de los trozos del lomo de atún. Se cortaron con dimensiones y pesos similares para aplicar los tratamientos T1 y T2. Durante la operación de empaclado, a la hora de hacer el vacío, la muestra fresca era mas manejable que la congelada, incluso la bolsa coextruida se adhería fácilmente al tejido fresco, precisamente por el grado de blandura que presentaba en comparación a la rigidez de la muestra congelada. En promedio, los trozos pesaron 125,30 g, midieron 14,5 cm x 11,38 cm y 1,72 cm de espesor.

Cuadro 3. Dimensiones promedios de los trozos de lomo atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados y almacenados en congelación a -20 °C.

PARÁMETROS	VALOR ± DS
Largo x Ancho (cm)	14,50 ± 1,55 x 11,38 ± 1,20
Espesor (cm)	1,72 ± 2,13
Peso (g)	125,30 ± 17,78

N = 100, se muestra la media ± desviación estándar.

- Composición Proximal

En el Cuadro 4 se presenta la media y la desviación estándar de los parámetros de la composición proximal del atún fresco (*Thunnus sp.*). El porcentaje de humedad fue de 82,55 ± 0,86 %, superando los obtenidos por Huss (1998), INN (2001), Izquierdo y col. (2001) para *Thunnus thynnus*, Márquez y col. (2006), González y col. (2007) para *Thunnus albacares*, Mena (2009) y Rodríguez (2009) de 71 %, 71,90 %, 71,45 %, 70,47 %, 75,24 %, 77,17 % y 72,08 %, respectivamente. Por su parte, los contenidos de proteína (16,35 %) y grasa cruda (0,13 %) son inferiores a los mencionados por dichos autores (Cuadro 1),

aunque el contenido de proteína se aproxima a los obtenidos por Mena (2009) y Rodríguez (2009) de 17,14 % y 17,12 % respectivamente, siendo en el primer caso muestras adquiridas en el mismo mercado de origen. El contenido de cenizas fue de 0,97 %, es decir, se aproxima a la unidad coincidiendo con los resultados señalados por González y col. (2007) de 0,90 % y muy similares a los indicados por los demás autores (Cuadro 1).

Cuadro 4. Composición proximal del lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*).

	% ± DS
Humedad	82,55 ± 0,86
Proteína	16,35 ± 0,92
Grasa	0,13 ± 0,05
Ceniza	0,97 ± 0,10
TOTAL	100 ± 1,93

N = 3, se muestra la media ± desviación estándar.

La determinación de la composición proximal en el pescado es importante porque sus componentes varían considerablemente entre las diferentes especies y entre individuos de una misma especie, dependiendo de la edad, sexo, cambios sexuales relacionados con el desove, tamaño, alimentación, medio ambiente y época del año. Huss (1998) y Márquez y col. (2006) indican que el pescado de más edad es generalmente más rico en grasa y, por lo tanto contiene una menor proporción de agua. En determinadas épocas del año, los peces están más delgados y el tejido tiene un contenido mayor de agua con menos proporción de proteínas y grasa. Generalmente este estado aparece después del desove. Ordóñez y col. (1998; citados por Márquez y col., 2006) señalan que de acuerdo con la estación, se observan cambios cíclicos en la composición de todas las especies de pescado. Estos cambios son más acusados en algunas especies pelágicas que tienen un alto contenido de grasa, como por ejemplo el arenque, la caballa y el atún. Estas variaciones son importantes porque la proporción de

componentes en el músculo del atún, sobre todo en el caso de los lípidos, va a influir en su conservación durante el almacenamiento congelado.

- Estabilidad microbiológica

En el Cuadro 5 se presenta el recuento de microorganismos aerobios mesófilos, psicrófilos, coliformes totales y fecales, determinados en el atún fresco ($t = 0$) y al final del estudio ($t = 90$ días). En el atún fresco se observa que en el caso de los aerobios mesófilos y psicrófilos se encontró un recuento en el orden de 10^3 UFC/g, coincidiendo con los resultados obtenidos por Márquez y col (2006) en el músculo de atún fresco; y en sardinas frescas por Delgado y col. (2000) y González (2001) después de 1 a 2 días de la captura. Los autores indican que con estos niveles el pescado se encontraba en excelente grado de frescura. El ICMSF (1986) indica como límite máximo de mesófilos y psicrófilos permitidos en pescado fresco y congelado, 10^7 UFC/g, el cual representa un valor superior al determinado.

Para evaluar las condiciones sanitarias en las que se encontraba el atún fresco se determinaron las bacterias del grupo coliformes, indicadores de contaminación fecal, porque su hábitat es el intestino del hombre y de los animales de sangre caliente, por lo cual, las bacterias coliformes no son comunes en pescados y mariscos recién capturados y su presencia indica prácticas de higiene deficientes en los barcos de pesca y en los distribuidores de pescado fresco (Metin y col. 2002, Barreiro y Sandoval, 2006). El recuento inicial de coliformes totales en el músculo de atún fresco fue de 93 NMP/g mientras que la presencia de coliformes fecales fue < 3 NMP/g. Ambos recuentos son inferiores a lo encontrado por Márquez y col. (2006) también en atún fresco para coliformes (10^2 NMP/g) y al límite máximo establecido en el ICMSF (1986) para coliformes totales y fecales de 500 NMP/g.

Cuadro 5. Recuento microbiológico en los trozos de lomo de atún (*Thunnus sp.*) empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C.

ALMACENAMIENTO TRATAMIENTO	t = 0 días	t = 90 días			
		C1	T1	C2	T2
Aerobios mesófilos (UFC/g)	13,85 x 10 ^{3b} (212,13)	53,00 X 10 ^{3a} (5656,85)	10,35 x 10 ^{3b} (777,82)	38,93 x 10 ^{3b} (5409,37)	5,00 x 10 ^{3c} (424,26)
Aerobios psicrófilos (UFC/g)	70,98 x 10 ^{3a} (144,96)	43,18 x 10 ^{3b} (3005, 20)	9,30 x 10 ^{3c} (424,26)	35,03 x 10 ^{3b} (5762,92)	3,90 x 10 ^{3c} (989,95)
Coliformes totales (NMP/g)	93,00 ^a (0,00)	2400,00 ^b (0,00)	23,00 ^c (0,00)	240,00 ^d (0,00)	240,00 ^d (0,00)
Coliformes fecales (NMP/g)	< 3 ^a (0,00)	< 3 ^a (0,00)	< 3 ^a (0,00)	< 3 ^a (0,00)	< 3 ^a (0,00)

N = 2, se muestra la media y entre paréntesis la desviación estándar.

C1 = empacadas a Patm y congeladas. T1 = empacadas a vacío y congeladas. C2 = congeladas y empacadas a Patm. T2 = congeladas y empacadas a vacío.

Superíndice con letras diferentes en una misma fila implica que hay diferencias significativas entre tratamientos, p<0,05.

A los 90 días de almacenamiento congelado se observó en el tratamiento T2 (5 x 10³ UFC/g) una reducción significativa de los aerobios mesófilos (50 %), comparado con el tratamiento T1 (10,35 x 10³ UFC/g) y una ligera disminución con respecto al recuento inicial en el atún fresco. Mientras que en los controles se obtuvo un aumento significativo en el recuento de estos microorganismos, el control C1, cuatro veces más (53,00 x 10³ UFC/g) y el control C2, tres veces más (38,93 x 10³ UFC/g) con respecto al atún fresco. Los aerobios psicrófilos disminuyeron significativamente con ambos tratamientos, T1 (9,30 x 10³ UFC/g) y T2 (3,90 x 10³ UFC/g), y también con ambos controles, C1 (43,18 x 10³ UFC/g) y C2 (35,03 x 10³ UFC/g).

Las temperaturas mínimas de crecimientos son de 5 a 20 °C y de 0 a 5 °C, para mesófilos y psicrófilos respectivamente (Hayes, 1993) y sus necesidades dependen del oxígeno, por lo tanto, los tratamientos que excluyen el oxígeno por

efecto de vacío (T1 y T2) presentaron los menores recuentos de aerobios mesófilos y psicrófilos. A una temperatura inferior (-20 °C) a las temperaturas mínimas de crecimiento para estos organismos, se observó un incremento de los aerobios mesófilos en las muestras empacadas a presión atmosférica (C1 y C2), obviamente por la presencia de oxígeno, mientras que los microorganismos psicrófilos disminuyeron.

Hubo una reducción significativa de los coliformes totales en el tratamiento T1 (23 NMP/g) con respecto al tratamiento T2 (240 NMP/g) y la muestra inicial de atún fresco. Obviamente hay un efecto de la manipulación al congelar primero y empacar después (T2). Mientras hubo un aumento significativo de estos microorganismos en ambos controles, C1 (2400 NMP/g) y C2 (240 NMP/g), con respecto al atún fresco, por la presencia de oxígeno, no hubo diferencias significativas entre el tratamiento T2 y su control C2, pero si se observaron diferencias entre el tratamiento T1 y su control C1. La congelación previa al empacado (T2 y C2) inactiva a la mayoría de los microorganismos por lo tanto, durante el almacenamiento, no surgen variaciones. Solo en el caso de C1 el recuento determinado está sobre el límite máximo (500 NMP/g) establecido en el ICMSF (1986) para coliformes. En el caso de los coliformes fecales no hubo variaciones entre la materia prima inicial y durante el almacenamiento congelado. A los 90 días de almacenamiento se observa que los recuentos de coliformes son bajos comparados con el encontrado por Márquez y col. (2006) de 10^2 NMP/g.

El análisis microbiológico proporcionó información acerca de la calidad del pescado antes de su congelación, observándose que los indicadores disminuyeron a lo largo del período de almacenamiento gracias a la ausencia del oxígeno. Los resultados microbiológicos indican que hubo una manipulación adecuada del atún fresco tanto en el mercado de origen, como durante el procesamiento, siendo ambas condiciones fundamentales para que los tratamientos de empacado al vacío, congelación y almacenamiento congelado sean eficientes. En términos generales es considerado que la extensión de la vida útil del pescado empacado al vacío depende de la especie del pescado, de la carga microbiológica inicial

(manipulación) y de la temperatura de almacenamiento (Suárez y col., 2009). A los 90 días de almacenamiento congelado los recuentos de los microorganismos aerobios mesófilos, psicrófilos y coliformes fecales permanecieron inferiores al límite máximo establecido por el ICMSF (1986) y en el caso de los coliformes totales solo el control C1 superó el límite máximo permitido. Por lo tanto, el almacenamiento congelado por 90 días empleando empacado al vacío conservó los atributos microbiológicos del atún fresco, y con el tratamiento de congelación y posterior empacado al vacío se logró mejores índices microbiológicos, salvo por los coliformes totales, indicando la necesidad de cuidar la manipulación del producto congelado, y del material de empaque durante la operación de empacado postcongelación.

- **ESTABILIDAD EN EL ALMACENAMIENTO**

- **ANÁLISIS FÍSICOS**

- **Color**

En el Cuadro 6 se presentan los resultados de la evaluación del color en los trozos de lomo de atún congelados, empacados al vacío, durante el almacenamiento a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. El parámetro L (luminosidad) presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) durante el tiempo de almacenamiento. Disminuye en el tiempo para todos los tratamientos. A los 90 días las muestras de atún son significativamente menos luminosas que las muestras de atún fresco, y no hay diferencias significativas entre los tratamientos, es decir, la luminosidad disminuyó durante los 90 días de almacenamiento, independientemente de si se empacó al vacío o a presión atmosférica, o si se empacó antes de congelar o después de congelada la muestra. La luminosidad disminuyó significativamente a los 15 días de almacenamiento, siendo las muestras congeladas y empacadas a vacío o a presión atmosférica las de menor luminosidad igualándose a las otras muestras a los 90 días. En general hubo manteniéndose con ligeras fluctuaciones durante los

90 días de almacenamiento ligeras fluctuaciones durante los 90 días de almacenamiento.

Los parámetros a y b (rojo y amarillo) aumentan significativamente de forma progresiva durante los 90 días de almacenamiento congelado y alcanzan el mismo valor cuantitativo, independientemente del tratamiento. En promedio no se observaron variaciones para a y b en las muestras previamente congeladas y luego empacadas al vacío o a presión atmosférica (C2 y T2). El parámetro a (rojo) presentó un menor valor para el tratamiento C1 comparado con el tratamiento T1 mientras que el parámetro b (amarillo) mostró un comportamiento inverso para estos tratamientos. Esto indica que al realizar previamente el empacado al vacío del atún fresco y luego congelarlo se mantiene el color rojo del tejido muscular del atún, ya que no hay oxígeno disponible para la oxidación de la mioglobina y de los ácidos grasos del músculo. Además, la temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ disminuye la velocidad de difusión del oxígeno. Sin embargo, la oxigenación de los ácidos grasos insaturados sería la causa del incremento en el color amarillo durante el almacenamiento congelado (Marcano, 1973; Ludorff y Meyer, 1978; Cheftel y Cheftel, 1992; Gallo, 2001; López, 2006).

Las muestras del control C1 fueron las más luminosas ($L = 20,22$) y las más amarillas ($b = 17,94$); y las muestras del control C2 fueron las menos luminosas ($L = 18,51$) y menos amarillas ($b = 17,23$). Aparentemente el congelar previamente al empacado del atún fresco generó la oxidación primaria de la mioglobina a oximioglobina por el contacto con el aire del congelador. Esto influyó en su posterior conversión a metamioglobina durante el almacenamiento empacado a presión atmosférica donde el oxígeno se mantuvo presente y por lo tanto las muestras del control C2 se observaron más oscuras.

Cuadro 6. Color (L, a y b) en los trozos de lomo de atún (*Thunnus sp.*) empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C.

TRATAMIENTO	Atún fresco t = 0 días			ALMACENAMIENTO												MEDIA (Anova)		
				t = 15 días			t = 30 días			t = 60 días			t = 90 días					
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
C1	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)
T1	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)
C2	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)
T2	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 (Anova)	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 ^d (1,53)			

N = 10, se muestra la media y entre paréntesis la desviación estándar.

C1 = empacadas a Patm y congeladas. T1 = empacadas a vacío y congeladas. C2 = congeladas y empacadas a Patm. T2 = congeladas y empacadas a vacío.

Última fila con superíndice diferentes en un mismo parámetro implica que hay diferencias significativas en el tiempo, $p < 0,05$.

Última columna con superíndice diferentes en un mismo parámetro implica que hay diferencias significativas entre tratamientos, $p < 0,05$.

- pH

En el Cuadro 7 se presentan las determinaciones del pH en los trozos de lomo del atún fresco y durante el almacenamiento para cada tratamiento. En la mayoría de las especies de peces, una vez fallecidos, disminuye la concentración de oxígeno en el interior celular, iniciándose procesos catabólicos enzimáticos, como la hidrólisis del glucógeno, formando ácido láctico, lo que reduce el pH desde aproximadamente 7,0 a un pH de 6,0 – 6,8 (González, 1998; Huss, 1998). Esto coincide con el pH determinado en los trozos de lomo de atún fresco (6,02) y es cercano al encontrado por Márquez y col. (2006) de 5,83 en atún fresco.

Cuadro 7. pH en los trozos de lomo de atún (*Thunnus sp.*) empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C.

TRATAMIENTO	t = 0 días	ALMACENAMIENTO				MEDIA (Anova)
		t = 15 días	t = 30 días	t = 60 días	t = 90 días	
C1	6,02 ± 0,01	5,16 ± 0,01	6,16 ± 0,01	6,02 ± 0,01	6,02 ± 0,02	5,87 ± 0,01 ^b
T1	6,02 ± 0,01	5,83 ± 0,00	6,16 ± 0,00	5,91 ± 0,02	6,00 ± 0,00	5,98 ± 0,01 ^b
C2	6,02 ± 0,01	5,85 ± 0,01	6,20 ± 0,01	5,99 ± 0,01	6,10 ± 0,01	6,03 ± 0,01 ^b
T2	6,02 ± 0,01	5,85 ± 0,01	6,14 ± 0,01	5,95 ± 0,01	5,98 ± 0,00	5,99 ± 0,01 ^b
MEDIA (Anova)	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	

N = 3, se muestra la media ± desviación estándar.

C1 = empacadas a Patm y congeladas. T1 = empacadas a vacío y congeladas. C2 = congeladas y empacadas a Patm. T2 = congeladas y empacadas a vacío.

Última fila con superíndice diferentes implica que existen diferencias significativas en el tiempo, p<0,05.

Última columna con superíndice diferentes implica que existen diferencias significativas entre tratamientos, p<0,05).

No hubo diferencias significativas en el pH durante el tiempo ni entre tratamientos y disminuyó ligeramente a los 15 días de almacenamiento (5,16 -

5,85) entre los tratamientos. Esa disminución es más evidente en el control C1, luego se igualan todos los tratamientos alrededor de pH 6 (Figura 4).

Por esto es de esperar que en función del tiempo de estudio las mediciones del pH en el tejido muscular del atún muestren cada vez valores más bajos. Esta tendencia se manifiesta, para todos los tratamientos, en el primer período de almacenamiento (0 a 15 días) alcanzando el valor de 5,16 en el caso del tratamiento C1, y luego aumenta y se mantiene en el tiempo para todos los tratamientos. Esto se debe al inicio de reacciones enzimáticas y microbiológicas en el tejido muscular que conducen a la producción de sustancias básicas, tales como amoníaco y TMA, las cuales van neutralizando el ácido láctico formado y revertiendo los valores de pH hacia la neutralidad (Cheftel y Cheftel, 1992). En pescado congelado disminuye este efecto, inclusive en determinadas condiciones no se detecta. Sin embargo, es factible la manifestación de este fenómeno, por ejemplo, en el estudio de Valls y col. (2004) en filetes de sardina empacados al vacío y congelados a -18°C , los valores de pH mostraron un aumento en relación al cuarto mes del almacenamiento (5,98) con respecto a la muestra fresca (5,90) y se observó el mayor valor al mes de almacenamiento (6,24), indicando que a pesar de la baja temperatura empleada (-18°C) se producen sustancias básicas en el músculo del pescado.

Los mayores valores de pH se obtuvieron a los 30 días de almacenamiento para todos los tratamientos (6,14 – 6,20), coincidiendo con lo encontrado por Valls y col. (2004) en filetes de sardina. Algunos autores (Huss, 1998; Ruiz-Capillas y Moral 2005) han establecido el nivel de aceptación del pescado alrededor de un pH de 7. Si aplicará este límite, la calidad del atún es aceptable durante todo el almacenamiento.

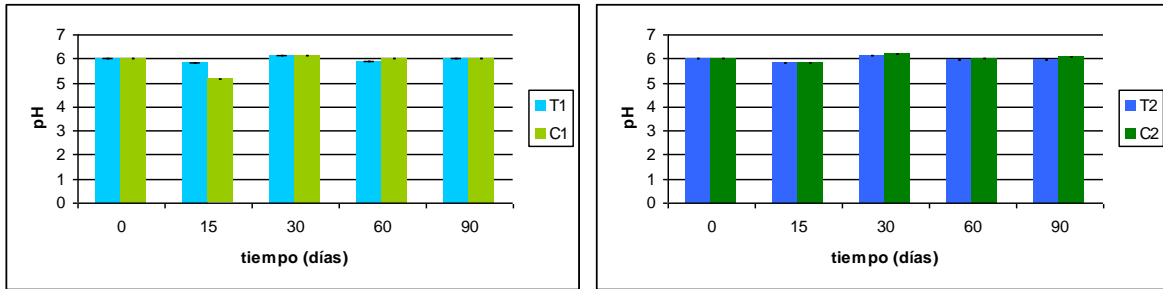


Figura 4. pH en los trozos de lomo de atún (*Thunnus sp.*) empacados según el tratamiento y almacenados a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (C1 = empacadas a Patm y congeladas. T1 = empacadas a vacío y congeladas. C2 = congeladas y empacadas a Patm. T2 = congeladas y empacadas a vacío).

- ANALISIS QUÍMICOS

- Bases Volátiles Totales (BVT)

Una vez capturado el pez inician los procesos de degradación de los componentes del músculo y ocurren una serie de cambios como resultado de esta actividad. Estos procesos dan lugar a la acumulación gradual de sustancias en el músculo, las cuales han sido denominadas como bases volátiles totales (BVT). La determinación de las BVT es uno de los métodos más ampliamente usados en la evaluación de la calidad de los productos pesqueros. Es un término general que incluye la medición de trimetilamina (producida por deterioro bacteriano), dimetilamina (producida por enzimas autolíticas durante el almacenamiento congelado), amoníaco (producido por desaminación de aminoácidos y catabolitos de nucleótidos) y otros compuestos nitrogenados básicos volátiles asociados con el deterioro de los productos pesqueros (Ordóñez y col., 1998; citados por Márquez y col. 2006). Las BVT reflejan sólo los últimos estadios del deterioro (Huss, 1998) y se emplean con frecuencia como índice de descomposición (Kirk y col., 2004; Márquez y col., 2006).

En el Cuadro 8 se presentan los resultados de la evaluación de las BVT en los lomos de atún fresco y congelados bajo dos condiciones de empacado. El valor de BVT promedio en los trozos de atún fresco fue de 21,85 mg N/100 g, inferior a los

obtenidos por Ruiz-Capillas y Moral (2005) para *Thunnus obesus* (25-30 mg N/100 g) y Márquez y col. (2006) en atún fresco (24,47 mg N/100 g). Estos autores indican que el límite superior legal permitido por la FAO (Huss, 1998) para este índice es de 30-35 mg N/100g para pescados grasos como el atún, el arenque y la caballa. Arashisar y col. (2004) encontraron niveles de BVT de 35 mg/100 g de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y consideraron que esta cifra es aceptable para esta especie. Landeros y López (2005) hallaron valores de BVT entre 5 y 10 mg/100 g de Salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) e indicaron que este bajo valor encontrado demostró el buen estado de frescura de la materia prima. Por lo tanto, de acuerdo a lo consultado, el atún fresco adquirido para esta experiencia se encontraba en buen estado de frescura.

Cuadro 8. Bases volátiles totales (BVT) (mg N/100 g) en los trozos de lomo de atún (*Thunnus sp.*) empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C.

TRATAMIENTO	t = 0 días	ALMACENAMIENTO				MEDIA (Anova)
		t = 15 días	t = 30 días	t = 60 días	t = 90 días	
C1	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
T1	21,85 ± 0,01	22,24 ± 0,29	22,66 ± 0,29	21,01 ± 0,15	22,36 ± 0,01	22,02 ± 0,14 ^b
C2	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
T2	21,85 ± 0,01	24,51 ± 0,18	24,93 ± 0,18	22,87 ± 0,15	22,23 ± 0,51	23,28 ± 0,14 ^c
MEDIA (Anova)	21,85 ± 0,01 ^a	23,85 ± 0,22 ^c	24,27 ± 0,22 ^c	23,32 ± 0,22 ^b	23,52 ± 0,22 ^c	

N = 3, se muestra la media ± desviación estándar.

C1 = empacadas a Patm y congeladas. T1 = empacadas a vacío y congeladas. C2 = congeladas y empacadas a Patm. T2 = congeladas y empacadas a vacío.

Última fila con superíndice diferentes implica que hay diferencias significativas en el tiempo, $p < 0,05$.

Última columna con superíndice diferentes implica que hay diferencias significativas entre tratamientos, $p < 0,05$.

La producción de BVT durante el almacenamiento congelado tuvo una diferencia significativamente menor a los 60 días (23,32 mg N/100 g) comparado con los almacenamientos a 15, 30 y 90 días (23,85; 24,27 y 23,52 mg N/100 g, respectivamente). Las BVT aumentaron durante el almacenamiento congelado para todos los tratamientos, exceptuando el T1, con el cual se mantuvo alrededor de 22 mg N/100 g y cuantitativamente es el de menor valor de todos los tratamientos (22,02 mg N/100 g). Es decir, el empacado al vacío previo a la congelación (T1), condujo significativamente a una menor producción de BVT, comparado con el tratamiento T2 (23,28 mg N/100 g), el cual se congeló previamente al empacado al vacío. Para ambos controles (C1 y C2) el valor fue igual (alrededor de 24 mg N/100 g) y es el mayor de todos, ya que en ninguno de ellos se aplicó vacío. Esto quiere decir que la presencia de oxígeno en el producto empacado, independientemente de si se empaca primero y se congela después o viceversa, favorece la formación de BVT, aún a temperatura de congelación que disminuye la difusión de este gas.

Se observa que el aumento progresivo de las BVT en las muestras se correlaciona directamente con los resultados de pH obtenidos, es decir, a medida que aumenta la producción de BVT en el tiempo, el pH incrementa hacia la neutralidad. Esta ligera producción de BVT es lo que explicaría que el pH del atún fresco congelado y empacado al vacío se mantenga alrededor de 6.

A los 15 días se observa que para el tratamiento T1 el porcentaje de BVT es aproximadamente igual al del trozo de lomo de del atún fresco, e inferior para el tratamiento T2 y el control C2 (Figura 5). Por lo tanto, el congelar primero el atún y empacarlo después favorece la descomposición de los componentes nitrogenados no proteicos que son cuantificados como BVT. El empacar primero protege el músculo del atún del efecto negativo de la congelación directa sobre el tejido y sus componentes. En todos los casos, los valores de BVT no superaron el límite de 30-35 mg N/100 g (Ruiz-Capillas y Moral, 2005; Márquez y col., 2006), es decir, aunque hubo diferencias significativas en las BVT durante el almacenamiento, no hubo pérdidas de frescura en términos de la cuantificación de este parámetro. El

vacío, al excluir el oxígeno, minimiza las reacciones que producen compuestos nitrogenados básicos volátiles asociados con el deterioro de los productos pesqueros y el material de empaque ofrece una barrera protectora que reduce el efecto de deshidratación en la superficie del tejido muscular.

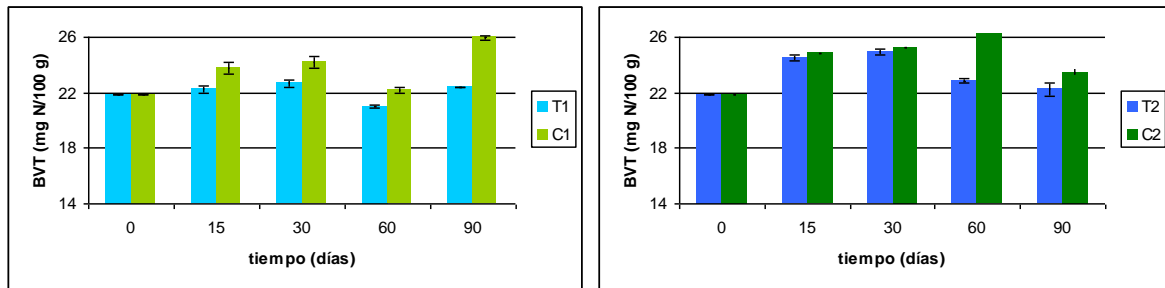


Figura 5. Bases volátiles totales (BVT) (mg N/100 g) en los trozos de lomos de atún (*Thunnus sp.*) empacados según el tratamiento y almacenados a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (C1 = empacadas a Patm y congeladas. T1 = empacadas a vacío y congeladas. C2 = congeladas y empacadas a Patm. T2 = congeladas y empacadas a vacío).

- Proteínas Solubles

El 97 % de las proteínas del tejido muscular está constituido por proteínas solubles en solución salina y éstas a su vez contienen un 65 – 70 % de proteínas miofibrilares (miosina y actina), responsables de la retención del agua en el tejido muscular, y susceptibles a la desnaturalización durante la congelación y el almacenamiento congelado (Cheftel y Cheftel, 1992). De ocurrir la desnaturalización, la principal consecuencia es un descenso en su capacidad de retención de agua, y si bien la pérdida del valor nutritivo es baja, la disminución de peso puede ser importante y la textura puede modificarse en seca y fibrosa (Cheftel y col., 1989). La desnaturalización de las proteínas ha sido definida como un cambio en su estructura que lleva a la pérdida de sus propiedades funcionales, entre ellas la solubilidad. Se ha señalado que durante las etapas iniciales de la congelación, la actina y la miosina, aparentemente, forman una fracción insoluble

(Jiang y Lee, 1985; citado por Mena, 2009) por lo cual se espera que precipiten. Por ello, la determinación de proteínas solubles en solución salina es un indicador de las variaciones que sufren las mismas durante el almacenamiento congelado (López, 2006). Si el proceso de congelación o el almacenamiento congelado, modifica la conformación nativa de las proteínas del tejido muscular, disminuye la fracción de proteínas solubles, pero si el proceso conduce a la pérdida de la integridad, la fracción de proteínas solubles incrementa por la presencia en la solución de péptidos.

En el Cuadro 9 se observan los porcentajes de proteínas solubles en solución salina para cada tratamiento durante el tiempo de almacenamiento. Para el atún fresco el porcentaje fue de 9,87 % de proteínas solubles, superior al encontrado en atún fresco (*Thunnus sp.*) por Mena (2009) de 6,99 % y en el músculo de sardina por Barrero y col. (2007) de 7,79 %; pero fue inferior al determinado en atún (*Thunnus sp.*) por Rodríguez (2009) de 16,75 %. Estas diferencias pueden deberse a diversos factores intrínsecos (sexo, tamaño, edad y nutrición del individuo), factores extrínsecos (zona y época de captura), y las condiciones de extracción utilizadas en los análisis de proteínas solubles en solución salina.

No hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, el contenido de proteínas solubles se mantiene entre 9,22 % y 10,35 %. Considerando que el atún fresco tiene un porcentaje de proteína soluble aproximadamente igual a 10 %, entonces los tratamientos C1 y T2 son los que mantienen la concentración de proteínas solubles aproximadamente igual a este valor. Es decir, el empacado del trozo de lomo de atún, independientemente que se haga a presión atmosférica antes de congelar o al vacío después de congelado no modificó la fracción de proteínas solubles con respecto al producto fresco. La diferencia con los otros dos tratamientos desde el punto de vista estadístico no son importantes.

Cuadro 9. Proteínas solubles en solución salina (PS) (%) en los trozos de lomo de atún (*Thunnus sp.*) empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C.

TRATAMIENTO	t = 0 días	ALMACENAMIENTO				MEDIA (Anova)
		t = 15 días	t = 30 días	t = 60 días	t = 90 días	
C1	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
T1	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
C2	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
T2	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 (Anova)	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	

N = 3, se muestra la media ± desviación estándar.

C1 = empacadas a Patm y congeladas. T1 = empacadas a vacío y congeladas. C2 = congeladas y empacadas a Patm. T2 = congeladas y empacadas a vacío.

Última fila con superíndice diferentes implica que hay diferencias significativas en el tiempo, $p < 0,05$.

Última columna con superíndice diferentes implica que hay diferencias significativas entre tratamientos, $p < 0,05$).

Durante el almacenamiento congelado se observó un aumento estadísticamente significativo de las proteínas solubles de 9,87 % en el atún fresco a 10,62 % a los 90 días, y nuevamente los tratamientos que conservan el valor de proteínas solubles aproximadamente igual al del atún fresco son los tratamientos C1 y T2 hasta los 60 días. Con los tratamientos T1 y C2 el contenido de proteínas solubles tiende a disminuir ligeramente, siendo en promedio los menores valores a los 15 y 30 días (9,44; 8,36 y 8,46; 9,45) de almacenamiento.

En la Figura 6 se representan los valores de la fracción de proteína soluble. La tendencia de este índice es a disminuir progresivamente en los 30 días de almacenamiento para el caso de T1, de 9,87 % a 8,46 %, mientras que en el control C1 se mantiene estable por 15 días para luego aumentar. Con el tratamiento T2 la fracción de proteínas solubles es prácticamente constante, de

9,87 % a 9,86 %, durante los primeros 30 días de almacenamiento, mientras que el control C2 fluctúa.

Por lo tanto el almacenamiento a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el proceso de congelar previamente el atún y luego empacarlo al vacío, minimiza la disminución de la fracción de las proteínas solubles en solución salina, es decir, evita la desnaturalización de las proteínas solubles, que si se realiza primero el empacado al vacío y luego se congela.

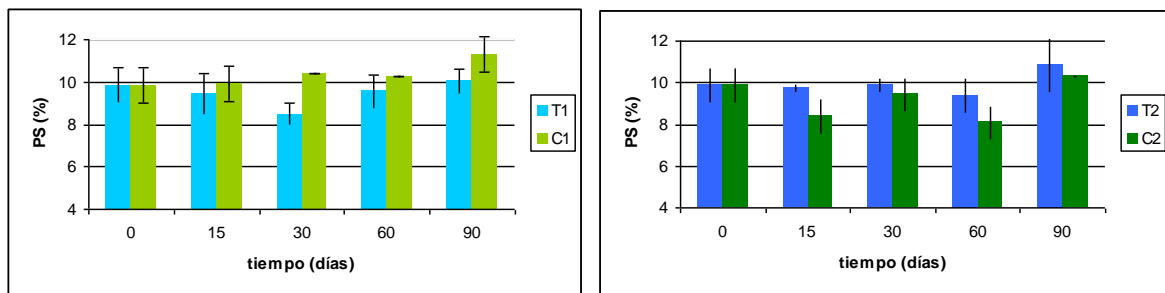


Figura 6. Proteínas solubles (PS) en solución salina (%) en los trozos de lomo de atún (*Thunnus sp.*) empacados según el tratamiento y almacenados a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (C1 = empacadas a Patm y congeladas. T1 = empacadas a vacío y congeladas. C2 = congeladas y empacadas a Patm. T2 = congeladas y empacadas a vacío)

Hubo poca desnaturalización y agregación de las proteínas miofibrilares presentes en el músculo del atún. Por lo tanto desde el punto de vista de la fracción de proteínas solubles en solución salina, el tratamiento T2 es el que mantiene esta fracción cercana a la del producto fresco durante 30 días de almacenamiento.

Entre los factores que modifican la solubilidad de las proteínas musculares se encuentran la temperatura, el pH del músculo, la temperatura empleada en la congelación y en el almacenamiento congelado ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) y el oxígeno. El pH durante el almacenamiento se mantuvo en 6,02; el empaque al vacío, excluyó el

oxígeno y ofreció barrera de protección frente a la deshidratación del tejido por sublimación y al contacto directo con el aire seco y frío del congelador. Benjakul y col. (2003) señalaron que entre las interacciones responsables de modificar la fracción de proteínas solubles está la formación de puentes disulfuro intermoleculares, así como la formación de formaldehído, ambos favorecen la agregación de proteínas, precipitando.

En promedio, el porcentaje de proteínas solubles hallados a los 30 días de almacenamiento (9,54 %) es superior a los encontrados por Mena (2009) en trozos de atún (*Thunnus sp.*) congelados a -10 °C (6,16 %) y por Rodríguez (2009) en trozos glaseados y congelados a -10 °C de atún (8,75 %) durante el mismo tiempo de almacenamiento congelado. Badii y Howell (2002) indican que la cuantificación de proteínas solubles disminuye con el tiempo de congelación debido a la desnaturalización de las mismas y en su estudio con filetes de bacalao encontró un mayor descenso de las proteínas solubles en las muestras almacenadas a -10 °C en comparación con las almacenadas a -30 °C.

- Rancidez Oxidativa

La rancidez oxidativa es el deterioro más común de los lípidos y se refiere a la oxidación de los ácidos grasos insaturados. Este proceso promueve cambios fisicoquímicos que causan cambios en el olor, sabor y otros atributos de calidad en el músculo del pescado, que afectan la calidad nutricional y la textura del mismo como resultado de la reacción de las proteínas con los ácidos grasos. La oxidación de lípidos es un factor limitante en el almacenamiento en congelación, particularmente en los pescados grasos como es el caso del atún. La medición del Malonaldehído (Ma), por la vía de la prueba 2-ácido tiobarburico (TBA), es usado comúnmente para medir la rancidez oxidativa en el músculo de pescado. Se han propuesto valores de TBA que indican buena calidad de los pescados congelados, refrigerados o almacenados en el hielo, alrededor de 5 mg Ma/Kg, mientras que

pueden ser aceptados para consumo valores hasta de 8 mg Ma/Kg (Schormuller, 1969; citado por Mbarki y col., 2009; Suárez y col., 2009).

Se determinó el contenido de Malonaldehído/g (Ma/g) en el atún fresco y procesado, el cual se empleó como índice de rancidez oxidativa. Los resultados se observan en el Cuadro 10.

El atún fresco presentó un contenido de malonaldehído de 131,49 mg Ma/g, aproximadamente diez veces menor que el encontrado por Rodríguez (2009) en muestras frescas de *Thunnus sp.* (1549,7 mg Ma/g). Al final del almacenamiento, el mayor contenido de Malonaldehído/g corresponde al control C2 (2635,54 mg Ma/g), valor que duplica el contenido en las muestras congeladas y empacadas al vacío (T2 = 1142,07 mg Ma/g). Se observó que el empacado al vacío del trozo de lomo de atún fresco y su posterior congelación protege significativamente de la rancidez oxidativa a los 90 días de almacenamiento (T1 = 642,65 mg Ma/g), comparado con su control empacado a presión atmosférica (C1 = 849,74 mg Ma/g).

A los 30 y 60 días de almacenamiento el contenido de malonaldehído para los tratamientos se mantiene (385,88 mg Ma/g y 386,44 mg Ma/g, respectivamente), de hecho no hay diferencias estadísticamente significativas. Rodríguez (2009) determinó un contenido mayor de malonaldehído en *Thunnus sp.* (3422,03 mg Ma/g) a los 30 días de almacenamiento congelado a -10 °C.

Se observaron diferencias significativas entre el tratamiento C2 y el resto de los tratamientos, siendo el control C2 el que presentó en promedio el mayor contenido de malonaldehído (795,86 mg Ma/g). Aparentemente, realizar la congelación previamente al empacado influye en la oxidación de los lípidos presentes en el tejido muscular del atún, lo que se evidencia en una mayor cuantificación de malonaldehído. Probablemente el proceso de oxidación lipídica ya se había iniciado y se favorece por contacto directo del tejido muscular del pescado con el oxígeno y aire seco del congelador. Estas reacciones luego se vieron favorecidas por la presencia del oxígeno en el empacado a presión atmosférica durante el

almacenamiento congelado. Sin embargo, Erickson (1998; citado por Molina y col., 2001) indica que a temperaturas de congelación inferiores a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, las reacciones asociadas a la oxidación de lípidos disminuyen por lo que la estabilidad oxidativa no posee alta dependencia de la disponibilidad de oxígeno. Por lo tanto, son importantes las condiciones de la materia prima a procesar.

Cuadro 10. Rancidez oxidativa (mg Malonaldehído/g) en los trozos de atún (*Thunnus sp.*) empacados según el tratamiento y almacenados a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

TRATAMIENTO	t = 0 días	ALMACENAMIENTO				MEDIA (Anova)
		t = 15 días	t = 30 días	t = 60 días	t = 90 días	
C1	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
T1	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
C2	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
T2	131,49 ± 0,66	218,43 ± 0,31	332,30 ± 0,29	283,26 ± 0,59	1142,07 ± 14,39	421,51 ± 3,43 ^a
MEDIA (Anova)	131,49 ± 0,66 ^a	268,74 ± 1,15 ^b	385,88 ± 1,15 ^c	386,44 ± 1,15 ^c	1317,5 ± 1,15 ^d	

N = 3, se muestra la media ± desviación estándar.

C1 = empacadas a Patm y congeladas. T1 = empacadas a vacío y congeladas. C2 = congeladas y empacadas a Patm. T2 = congeladas y empacadas a vacío.

Última fila con superíndice diferentes implica que hay diferencias significativas en el tiempo, $p < 0,05$.

Última columna con superíndice diferentes implica que hay diferencias significativas entre tratamientos, $p < 0,05$.

El contenido de Malonaldehído incrementa progresivamente durante el almacenamiento congelado (Figura 7), observándose un aumento significativo a los 15 días (268,74 mg Ma/g) y un contenido diez veces mayor a los 90 días de almacenamiento (1317,5 mg Ma/g) comparado con la muestra de atún fresco (131,49 mg Ma/g). Se esperaba que el atún pudiera ser susceptible a la rancidez por la presencia de ácidos grasos poliinsaturados, del tipo omega ($\omega - 3$ y $\omega - 6$), además de la presencia de sustancias prooxidantes (hemo-productos) en la mioglobina del músculo.

Numerosos estudios muestran aumentos progresivos en los niveles de TBA en pescados almacenados según diversas condiciones. Molina y col. (2001) para el bagre (*Pseudoplatystoma coruscans*) en almacenamiento a $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, Rodríguez (2009) para el atún (*Thunnus sp.*) en almacenamiento a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, Suárez y col. (2009) para la cachama (*Piaractus brachypomus*) en almacenamiento a $3\text{ }^{\circ}\text{C}$, Mbarki y col. (2009) para la caballa (*Scomber japonicus*) en almacenamiento a $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Todos estos autores indican que el empacado al vacío y la congelación minimizan la oxidación lipídica y por lo tanto se obtienen valores bajos de TBA. Esta afirmación coincide con los resultados de este estudio, donde los tratamientos empacados a vacío (T1 y T2) mostraron los valores promedios más bajos de TBA ($345,87\text{ mg Ma/g}$ y $421,51\text{ mg Ma/g}$), sin diferencias estadísticamente significativas entre sí.

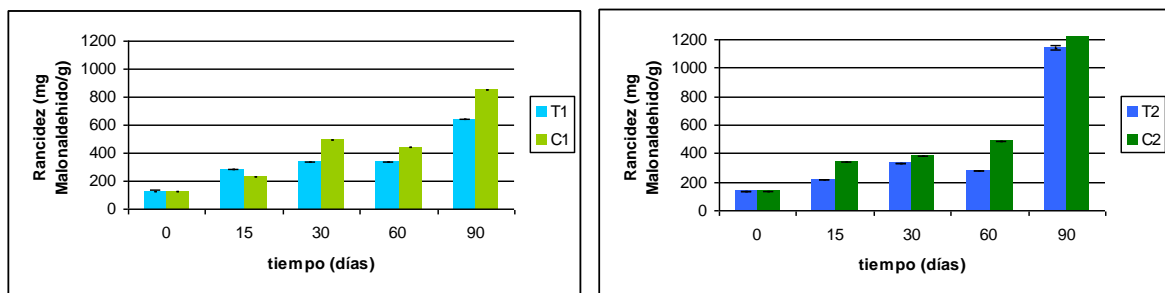


Figura 7. Rancidez oxidativa (mg Malonaldehído/g) en los trozos de atún (*Thunnus sp.*) empacados según el tratamiento y almacenados a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (C1 = empacadas a Patm y congeladas. T1 = empacadas a vacío y congeladas. C2 = congeladas y empacadas a Patm. T2 = congeladas y empacadas a vacío).

Por otra parte, Huss (1998) menciona que el índice de TBA no necesariamente refleja con exactitud la oxidación lipídica, ya que el Malonaldehído puede interactuar con otros componentes como las proteínas, los ácidos nucleicos, aminoácidos, e inclusive con otros aldehídos, siendo su presencia más significativa en avanzados grados de oxidación. Durante el almacenamiento congelado puede ocurrir la hidrólisis de lípidos en el músculo de pescado, con la

consecuente acumulación de ácidos grasos libres. A su vez, se lleva a cabo la insolubilización de la actomiosina en solución salina, debido a la formación y estabilización del complejo proteína – ácido graso. Por otro lado, existen evidencias de que ciertos compuestos como el Malonaldehído y los radicales libres, productos de la oxidación, reaccionan con las proteínas disminuyendo su solubilidad. Esto podría explicar que, en nuestro estudio, la determinación de proteínas solubles muestre una relación inversa a la determinación de TBA, hasta los 60 días de almacenamiento.

Los peróxidos lipídicos de los alimentos pueden descomponerse generando aldehídos y cetonas, especialmente Malonaldehído. Estos compuestos carbonilo reaccionan con los grupos amino de las proteínas vía la reacción carbonil-amida. La reacción de los lípidos peroxidados con las proteínas suele tener efectos negativos sobre el valor nutritivo de estas. La fijación por enlaces no covalentes de los compuestos carbonilo a las proteínas les confiere aromas anómalos. (Fennema, 2000). La oxidación lipídica está estrechamente relacionada con el porcentaje de proteínas solubles, es decir, al aumentar el valor de TBA, se registra mayor oxidación lipídica, lo que conlleva a una mayor desnaturalización proteica, que se evidencia en la disminución de las proteínas solubles (de 0 a 30 días de almacenamiento).

- EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial tiene múltiples aplicaciones en alimentos. Es utilizada para el desarrollo o el mejoramiento de productos, para efectuar cambios en el proceso o para determinar la correlación entre la evaluación sensorial e índices físicos o químicos evaluados. Este último fue el objetivo en esta investigación. Únicamente se aplicó la evaluación sensorial a los 60 y 90 días de almacenamiento ya que era el momento en el que se esperaba observar variaciones importantes en los atributos sensoriales del atún.

La evaluación sensorial realizada en los trozos de lomo atún (*Thunnus sp.*) se presenta en el Cuadro 11. Durante el almacenamiento hubo diferencias estadísticamente significativas para los atributos color y apariencia de las muestras evaluadas. Para los atributos evaluados no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, es decir, no hubo diferencia entre las muestras empacadas frescas y luego congeladas, y las muestras previamente congeladas y luego empacadas. No se percibió influencia del tratamiento sobre las muestras evaluadas pero si hubo variaciones en el tiempo de almacenamiento.

Los panelistas no percibieron diferencias en el olor de las muestras durante el tiempo ni entre tratamientos. Sin embargo, a los 90 días de almacenamiento, tres panelistas comentaron que la muestra C1 presentaba un fuerte olor a amoníaco o “a pescado”. Contrastando estas observaciones con los análisis químicos y microbiológicos se observa que los tratamientos C1 y C2 presentaron los valores más altos de BVT (23,60 mg N/100 g y 24,54 mg N/100 g), TBA (428,79 mg Ma/g y 795,86 mg Ma/g), aerobios mesófilos ($53,00 \times 10^3$ UFC/g y $38,93 \times 10^3$ UFC/g), aerobios psicrófilos ($43,18 \times 10^3$ UFC/g y $35,03 \times 10^3$ UFC/g) y coliformes totales (2400 NMP/g y 240 NMP/g). C2 mostró valores químicos más altos que C1 y los panelistas no indicaron ninguna observación al respecto. Por otra parte, aunque los valores de BVT no superaron el límite máximo permitido en 90 días de almacenamiento, tres panelistas rechazaron el producto. En este caso es donde la evaluación sensorial cobra importancia, porque a pesar de los resultados analíticos, en última instancia es el consumidor el que define la calidad del producto según sus atributos sensoriales en un determinado momento.

Cuadro 11. Evaluación sensorial de los trozos de lomo de atún (*Thunnus sp.*) empacados según el tratamiento y almacenados a -20 °C.

TRATAMIENTO	ALMACENAMIENTO						MEDIA (Anova)		
	t = 60 días			t = 90 días			COLOR	OLOR	APARIENCIA
	COLOR	OLOR	APARIENCIA	COLOR	OLOR	APARIENCIA			
C1	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)
T1	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)
C2	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)
T2	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 (Anova)	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)			

N = 16, se muestra la media y entre paréntesis la desviación estándar.

C1 = empacadas a Patm y congeladas. T1 = empacadas a vacío y congeladas. C2 = congeladas y empacadas a Patm. T2 = congeladas y empacadas a vacío.

Última fila con superíndice diferentes en un mismo atributo implica que hay diferencias significativas en el tiempo, $p < 0,05$.

Última columna con superíndice diferentes en un mismo atributo implica que hay diferencias significativas entre tratamientos, $p < 0,05$.

Estadísticamente el color y la apariencia mostraron diferencias significativas en el tiempo de almacenamiento congelado. Esto implica que las variaciones en el color y apariencia global durante el almacenamiento, son percibidos por los panelistas. Esta percepción coincide con el análisis físico de color realizado, donde, el parámetro L (luminosidad) y +b (amarillo) muestran diferencias significativas entre 60 y 90 días de almacenamiento. Entre tratamientos no se

observaron diferencias estadísticamente significativas, aunque dos panelistas comentaron que las muestras del tratamiento T1 se observaron más rojas que las demás. Esto último coincidió con lo determinado físicamente donde el mayor valor de color en +a (rojo) se presentó en el tratamiento T1.

En general, la evaluación sensorial a los 90 días indicó un grado global de aceptación para todas las muestras. Los panelistas revelan una percepción de frescura para todos los tratamientos con una apariencia aceptable. A pesar de esto, se deben tomar en cuenta los comentarios de algunos panelistas, los cuales nos podrían indicar que probablemente la muestra C1 pueda ser rechazada a nivel comercial, en cuyo caso, el empacado a presión atmosférica es recomendado para periodos de almacenamiento no mayores a 60 días.

CONCLUSIONES

- Los valores bajos determinados en los análisis físicos y químicos de los trozos de lomo de atún procesados con empacado al vacío permitieron evidenciar la estabilidad física y química del lomo de atún en el almacenamiento congelado a -20 °C, comparados con los tratamientos empacados a presión atmosférica. El empacado al vacío del atún fresco y su posterior congelación a -20 °C ofrece mayor protección a los trozos de lomo de atún. Este tratamiento presentó en promedio los valores más bajos de BVT, TBA, PS, así como los indicadores microbiológicos y el tejido muscular mantuvo su color rojo característico durante los 90 días de almacenamiento congelado a -20 °C; seguido por el tratamiento de empacado postproceso de congelación, el cual ofrece la desventaja de la manipulación del producto congelado y de ser el trozo muy rígido y poco manejable en el proceso de empacado al vacío.

- La comparación de los resultados analíticos y sensoriales permitió establecer el tiempo de almacenamiento a -20 °C de los trozos de lomo de atún procesados, durante el cual se mantienen sus atributos de frescura durante 90 días de almacenamiento. Al final del estudio la evaluación sensorial indicó una percepción de frescura global para todos los tratamientos con una apariencia aceptable. El empacado a vacío en película coextruida de PE/PA/PE cuya permeabilidad al Oxígeno es $3,2 \text{ cm}^3/100 \text{ pulg}^2 \text{ día}$ se manifestó como una opción para conservar el pescado congelado a -20 °C durante 90 días.

- Los parámetros color, BVT y TBA, evaluados en este estudio, fueron considerados como principales indicadores de calidad durante el almacenamiento de las muestras; además, la evaluación sensorial fue de suma importancia porque los panelistas indicaron si eran percibidas las diferencias entre las muestras, definiendo así la calidad del producto según sus atributos sensoriales a los 60 y 90 días de almacenamiento, evaluando los trozos de lomo de atún como ligera y moderadamente buenos en la escala hedónica.

RECOMENDACIONES

Con base en los objetivos alcanzados en este trabajo, se recomienda lo siguiente:

- Almacenar el atún fresco utilizando el empackado al vacío y la congelación a -20 °C como métodos de conservación para mantener los atributos de calidad cuando se requiera preservar el pescado por tiempo prolongado (90 días).
- Realizar en este estudio un perfil de ácidos grasos en el atún fresco y durante el almacenamiento en las muestras procesadas, a fin de evaluar la estabilidad de los ácidos grasos poliinsaturados de importancia en el atún.
- Incluir la determinación del porcentaje de líquido exprimible en las muestras procesadas a fin de evaluar el efecto de la congelación y descongelación sobre la integridad del tejido muscular del atún.
- Incluir en este estudio para la evaluación sensorial un análisis de textura, así como la percepción por un panel entrenado de la presencia de olor a amoníaco, en las muestras procesadas a los 60 y 90 días de almacenamiento.
- Realizar nuevamente este estudio ejecutando mediciones físicas y químicas a intervalos de 30 días durante un período de tiempo mayor a 90 días en almacenamiento congelado a -20 °C.
- Aplicar este estudio a otras especies de pescado, en diferentes condiciones de empackado (presión atmosférica, vacío, atmósfera modificada) y diferentes temperaturas de almacenamiento congelado, con la finalidad de determinar el tiempo de vida útil.
- Evaluar lotes de pescado que sean de diferentes procedencias y a diferentes épocas del año, para así obtener mayor información sobre la especie de pescado que se estudie y de cómo varían los diferentes parámetros según su origen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemist Inc.). 2005. Official Methods of Analysis. 18th Ed. Current through revision 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.
- Arashisar, S.; O. Hisar; M. Kaya y T. Yanik. 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. Int. Journal of Food Microbiology 97: 209– 214.
- Badii, F y N. Howell. 2002. Changes in the texture and structure of cod and haddock fillets during frozen storage. Food Hydrocolloids 16: 313 – 319.
- Bailey, C. y A. Gac. 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.
- Barreiro, M.; J. A. y A. J. Sandoval B. 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. Kodaira. 2007. Influence of washing and frozen storage on the myofibrillar protein fraction in sardine minces flesh. Rev. Científica Facultad de Ciencias Veterinarias. División de Investigación. Universidad del Zulia. Venezuela. 405 – 411.
- Bello, R.A. y W.G. Rivas. 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; Ch. Thongkaew y M. Tanaka. 2003. Comparative study on physicochemical changes of muscle proteins from some tropical fish during frozen storage. Food Res. Intern. 36: 787-795.

-
- Bito, M. 1969. Studies on the retention of meat color of frozen tuna. IV. Effect of plastics film packaging and ice-glazing on the rate of discoloration. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 35 (2): 218 – 226.
 - 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 J. Waterman. 1978. El pescado y las industrias derivadas de la pesca. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Capítulo 3, 7 y 13. 64-325 p.
 - Castro-González, M.; V. Ojeda; B. Montaña; C. Ledesma y R. Pérez-Gil. 2007. Evaluación de los ácidos grasos n-3 de 18 especies de pescados marinos mexicanos como alimentos funcionales. ALAN. 57(1): 85 – 93.
 - Catarci, C. 2003. El mercado mundial del atún. INFOPECA International 15. <http://www.globefish.org/dynamisk.php?id=2012>. [Consulta: 29 octubre 2009].
 - Cheftel, J. C.; J. L. Cuq y D. Lorient. 1989. Proteínas Alimentarias. Bioquímica-Propiedades Funcionales, Valor Nutricional, Modificaciones químicas. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza. España. 163-164 p.
 - Cheftel, J. C y H. Cheftel. 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.
 - Chow, C.J; Y. Ochiai; S. Watabe y K. Hashimoto. 1987. Autoxidation of Bluefin Tuna Myoglobin Associated with Freezing and Thawing. J. Food. Sci. 52(3): 589 – 591.
 - COVENIN 1315. 1979. Alimentos, determinación de pH, acidez iónica. Comisión venezolana de normas industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela. 3 p.
 - CPT (Coextruded Plastic Technologies, Inc). 2001. Product Specifications: Plastobarr XTRA. [En línea]. <http://www.cptplastics.com> [Consulta: 03 mayo 2010].

-
- Decker, E.A. y Z. Xu. 1998. Minimizing rancidity in muscle foods. *Food Technology* 52(10): 54-59
 - Delgado, A.; J. Valls y E. Tomé. 2000. Evaluación de aminas 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.
 - Erkan, N.; Ö. Özden y M. Inuğur. 2007. The effects of modified atmosphere and vacuum packaging on quality of chub mackerel. *Int. J. Food Sci. and Tech.* 42: 1297-1304.
 - FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1997. *Grasas y aceites en la nutrición humana*. Consulta FAO/OMS de expertos. Roma. Italia. [En línea]. <http://www.fao.org/docrep/V4700S/V4700S00.htm> [Consulta: 30 septiembre 2009].
 - FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2005. Resumen informativo de la pesca por países: Republica Bolivariana de Venezuela. FID/CP/VEN. Roma. Italia. [En línea]. <http://www.fao.org/fi/oldsite/FCP/es/VEN/profile.htm> [Consulta: 30 septiembre 2009].
 - 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].
 - Fennema, O. 2000. *Química de los Alimentos*. 2ª Edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1280 p.
 - Gallardo J.M; S.P. Aubourg y R. Perez-Martin. 1989. Lipid Classes and Their Fatty Acids at Different Loci of Albacore (*Thunnus alalunga*): Effects of Precooking. *J. Agric. Food Chem.* 37: 1050 – 1054
 - 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. 1998. Composición química y bioquímica del atún. Cambios en su procesamiento. Seminario de Post-grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. UCV. Caracas. Venezuela. 20-95 p.
 - González, D. 2001. 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.
 - Hayes, P. R. 1993. Microbiología e higiene de los alimentos. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. Capítulo 1 y 3. 17-96 p.
 - Huss, H.H. 1998. El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de Calidad. FAO. Documento Técnico de Pesca N°348. 15-98 p.
 - ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas). 2004. Field Manual. Capítulo 2.1.4
 - ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas). 2006a. Field Manual. Capítulo 2.1.1
 - ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas). 2006b. Field Manual. Capítulo 2.1.3
 - ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas). 2006c. Field Manual. Capítulo 2.1.2
 - ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas). 2008. Estadística de capturas nominales de túnidos y especies afines del Atlántico por arte y región. [En línea]. <http://www.iccat.int/es/accesingdb.htm> [Consulta: 30 septiembre 2010].
 - 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.

- Inciarte, F. y F. Moreno. 1991. Efecto de la temperatura y el tiempo sobre la calidad del pescado consumido en Maracaibo. Rev. Científica FCV-LUZ. I (2): 32-40.

- INN (Instituto Nacional de Nutrición). 2001. Tabla de composición de alimentos para uso práctico. 1ª reimpresión. Publicación N°54. Serie Cuadernos azules. Caracas. Venezuela.

- INSOPESCA (Instituto Socialista de la Pesca y Acuicultura). 2006. Estadísticas pesqueras. Producción Pesquera y Acuícola por Estado.

- INSOPESCA (Instituto Socialista de la Pesca y Acuicultura). 2008. Estadísticas pesqueras. Producción Pesquera y Acuícola por Estado.

- Izquierdo, P.; G. Torres; Y. Barboza; E. Márquez y M. Allara. 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; M. Allara; J. Barros; P. Delgado y J. Añez. 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., R. Sawyer y H. Egan. 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.

- Kramer, A. y B.A. Twigg. 1970. Quality control for the food industry. 3era edición. The Avi Publishing Company, Inc. Estados Unidos. Volumen 1. Capítulo 2. 10-18 p.

- Landeros, J. y X. López. 2005. Estudio de la estabilidad del color, propiedades químicas y físicas del músculo de salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) almacenado congelado a - 20 °C durante un año. Trabajo Especial de Grado de Ingeniería de Alimentos. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 1-51 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.

- Ludorff, W y V. Meyer. 1978. El pescado y los productos de la pesca. 2da edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 11-30 p.

- Maldonado, Y. 2005. Sidor, La hojalata como material de empaque. Dirección Comercial de Sidor.

- 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.; A. Cabello; L. Bettina Villalobos; G. Guevara; B.E. Figuera García y O.M. Vallenilla González. 2006. Cambios físicos-químicos y microbiológicos observados durante el proceso tecnológico de la conserva de atún. Zootecnia Tropical 24 (1): 17 – 29.

- Mbarki, R.; N. Miloud; S. Selmi; S. Dhib y S. Sadok. 2009. Effect of vacuum packaging and low-dose irradiation on the microbial, chemical and sensory characteristics of chub mackerel (*Scomber japonicus*). Food Microbiology 26: 821–826.

- Medina, I., S.P. Aubourg y R. Perez-Martin. 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.

- Metin, S.; N. Erkan; T. Baygar y O. Ozden. 2002. Modified atmosphere packaging of fish salad. Fisheries Science. 68: 204–209

- Molina, M.; O. Garro y M. Judis. 2001. Calidad alimenticia y estabilidad oxidativa de *Pseudoplatystoma coruscans*. Cien. Tecnol. Aliment. 3 (2): 89 – 95.

- Montecchia, C.; S. Roura; H. Roldan; O. Pérez-Borla y M. Crupkin. 1997. Biochemical and Physicochemical Properties of Actomyosin from Frozen Pre-and Post- spawned Hake. Journal of Food Sci. 191-195.

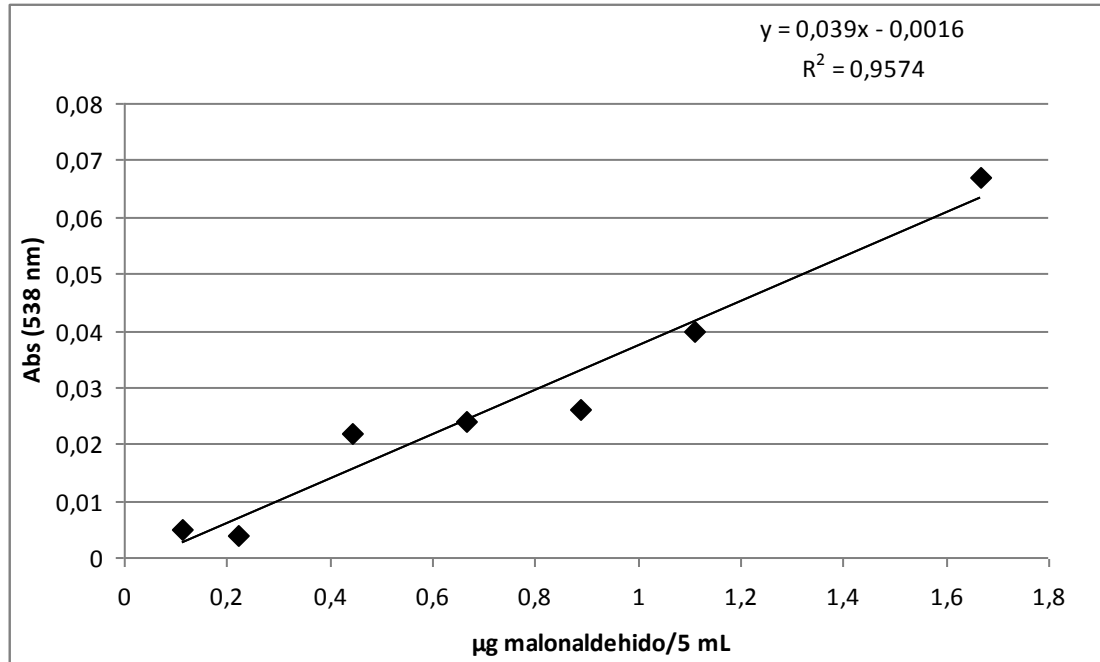
-
- Pearson, D. 1976. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Editorial Acribia. España. 179-197 p.
 - Pérez-Villarreal, B y R. Pozo. 1990. Chemical Composition and Ice Spoilage of Albacore (*Thunnus alalunga*). J. of Food Sci. 55 (3): 678 – 682.
 - Prince, R.J; E.F. Melvin y J.W. Bell. 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 J.H. Hotchkiss. 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.
 - 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.
 - Rodríguez, D. 2007. Evaluación física y química de filetes de bagre rayado (*Pseudoplatystoma sp.*) salados en salmuera empacados al vacío y almacenados en refrigeración. Trabajo Especial de Grado de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UCV. Caracas. Venezuela.
 - Ruiz-Capillas, C. y A. Moral. 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.
 - Suárez, H.; S. Pardo; M. Cortéz; S. Ricaurte y B. Rojano. 2009. Evaluación de nueva tecnología para mitigar las espinas intramusculares en filetes de cachama *Piaractus brachypomus* (Pisces: Characidae). Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 62(1): 4989-4997.

-
- Tarladgis, B.; B. Watts y M. Younatha. 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid food. J. Am. Oil. Chem. Soc. 37 (1): 44 – 48.

 - 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.

 - Valls, J; A. Paredes; D. González y A. González. 2004. Evaluación física, química, microbiológica y sensorial de filetes de sardina (*Sardinella aurita* v.) empacados al vacío y congelados a -18°C. Rev. Cient. FCV-LUZ. 14 (2):115-123.

 - Varona, J.; O. Moreiras; B. Ruiz-Roso y F. Grande. 1986. Pescado graso, colesterol y enfermedades cardiovasculares. Fundación Española de la Nutrición. Publicaciones: Serie Divulgación N° 6. Madrid. España. 3-21 p.

Apéndice 1. Curva patrón de Malonaldehído.

Apéndice 2. 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 (atún). Por favor haga su evaluación de acuerdo a la escala que se le presenta a continuación tomando en cuenta el color, olor y apariencia.

1. Me disgusta extremadamente
2. Me disgusta mucho
3. Me disgusta moderadamente
4. Me disgusta ligeramente
5. Me es indiferente
6. Me gusta ligeramente
7. Me gusta moderadamente
8. Me gusta mucho
9. Me gusta extremadamente

MUESTRAS	COLOR	OLOR	APARIENCIA
601	_____	_____	_____
671	_____	_____	_____
622	_____	_____	_____
675	_____	_____	_____

COMENTARIOS:

GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN