



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE
VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**EVALUACION DE LA ESTABILIDAD DEL LOMO DE ATUN (*Thunnus sp.*) EMPACADO
AL VACIO Y EN ATMOSFERA MODIFICADA Y ALMACENADO BAJO
REFRIGERACION A 4 °C**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela, por la bachiller Cortez, Ediberth como requisito parcial para optar al titulo de Licenciada en Biología.

TUTOR: M. Sc. Medina, Myrna

CARACAS, VENEZUELA

MAYO - 2012

RESUMEN

En Venezuela el atún está dirigido a su comercialización como materia prima para la industria conservera, sin embargo, el proceso de globalización ha introducido la modalidad del consumo de atún fresco y crudo. Por lo cual ha surgido el interés en aumentar la vida útil del atún fresco en refrigeración empacándolo en atmósfera modificada (AM). El empacado en AM ya se ha aplicado en otros productos pesqueros lográndose incrementos en el tiempo de almacenamiento de 4 a 10 días a temperaturas de comercialización que no excedan los 3 °C y aplicando buenas prácticas higiénicas (Sarantopoulos y Soler, 1988), con lo cual se disminuiría las pérdidas del producto y se favorecerían un mayor tiempo de comercialización. El objetivo del presente estudio es conservar los atributos sensoriales (color, olor y sabor) y microbiológicos, para lo cual la concentración de los gases dependerá del contenido de lípidos del pescado. Para especies de alto contenido de lípidos (> 7 %) se recomienda utilizar mezclas con 60 % CO₂ y 40 % N₂ y para pescados magros (< 1 %) una combinación de 20 % O₂ y 80 % CO₂. Mapax[®] recomienda para pescados grasos como el atún una proporción 70 % CO₂ y 30 % N₂, con un tiempo de vida útil de 5-9 días a 3 °C. Durante esta experiencia se procesó una primera muestra de 10 kg de lomo de atún fresco. Un tercio de la muestra se empacó a vacío (EV), un tercio en AM (70% CO₂ y 30% N₂) y un tercio a presión atmosférica (Patm, control). Todas se almacenaron a 4 °C por un mes. El lomo de atún se caracterizó: humedad 80,61 % ± 0,84, proteína cruda 16,59 % ± 0,18, grasa cruda 1,31 % ± 0,04, cenizas 1,43 % ± 0,06, pH: 6,03 ± 0,01; a_w: 1,000 ± 0,00. Los recuentos de aerobios mesófilos y de psicrófilos están en el orden de 10³ UFC/g, dentro de los límites permitidos en pescado fresco y refrigerado (ICMSF, 1978). A los 7 días de almacenamiento a 4 °C, se mantuvo la estabilidad microbiológica y la a_w. El pH disminuyó ligeramente en Patm y AM (5,73 y 5,69), mientras que aumentó en el EV (6,32). A los 30 días se mantuvo la a_w, la estabilidad microbiológica, independientemente del empacado. Sin embargo, se observó

presencia de hongos y levaduras en todas las muestras. Aumentaron los siguientes parámetros: pH en los tres tipos de empaçado (7,18; 6,46 y 6,57); las bases volátiles totales (BVT), lo que explicaría el incremento del pH; la fracción de proteínas solubles y la rancidez oxidativa. El color rojo se mantuvo en las muestras a Patm. Incrementó en luminosidad y brillantez en las muestras EV y en aquellas en AM la mioglobina (Mb) cambió a marrón (MetMb) por la oxidación de la Mb en Metmioglobina (MetMb) (disminución del parámetro "a", relación rojo/verde), es decir, si bien el lomo de atún se mantuvo estable físico-químicamente y microbiológicamente durante los 30 días de almacenamiento hubo pérdida de la intensidad del color rojo de la mioglobina en las muestras en AM, atributo de calidad fundamental en este producto.

Palabras Claves: empaçado; vacío; atmósfera modificada; atún (*Thunnus sp.*)

CONTENIDO	Página
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
RESUMEN.....	IV
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
ANTECEDENTES.....	4
- La refrigeración como método de conservación.....	4
- Empacado del atún como método de conservación.....	5
- Tipos de empackado para productos pesqueros.....	10
- El empackado al vacío.....	10
- Empacado en atmósfera controlada.....	12
- Principales envases y empaques usados en atmósferas modificadas.....	19
- Composición atún.....	20
- Atributos de calidad del atún fresco.....	23
MATERIALES Y METODOS.....	25
1. MATERIA PRIMA.....	25
2. PROCESAMIENTO DE LOS LOMOS DE ATUN.....	25
2.1 DETERMINACION DE LA RELACION VOLUMEN DE GAS/VOLUMEN DE MUESTRA A EMPACAR EN ATMÓSFERA MODIFICADA Y LAS DIMENSIONES DE CADA TROZO DE LOMO DE ATÚN.....	27
3. DETERMINACIONES.....	30

3.1 ANALISIS FISICO.....	30
3.2 ANALISIS QUIMICO.....	30
3.2.1 Análisis proximal.....	30
3.2.2 Rancidez oxidativa (TBA).....	31
3.2.3 Bases volátiles totales (BVT).....	31
3.2.4 Proteínas solubles.....	32
3.3 ANALISIS MICROBIOLOGICO.....	32
3.4 EVALUACION SENSORIAL.....	33
3.5 ANALISIS ESTADISTICO.....	33
RESULTADOS Y DISCUSION.....	34
- composición proximal.....	34
- estabilidad microbiológica.....	36
-	
ANALISIS FISICOS.....	43
- Color.....	43
- pH.....	45
- Textura.....	50
- a_w	51
- humedad.....	54
ANALISIS QUMICOS.....	58
- Bases Volátiles Totales.....	58
- Proteínas solubles.....	60
- Rancidez Oxidativa.....	63
EVALUACION SENSORIAL.....	66

CONCLUSIONES..... 67

RECOMENDACIONES..... 68

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 69

ANEXOS..... 77

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

1. Envases más utilizados en el envasado en atmósfera protectora de productos alimenticios. (1) Bolsa tipo “almohada”; (2) bolsa tipo “sobre” o “saco”; y (3) barqueta.....	19
2. Ejemplos de estructuras multicapa empleadas en las tecnologías de envasado en atmósfera protectora (PVdC, policloruro de vinilideno; EVOH, etileno-alcohol vinílico).....	20
3. Segmentos que componen el atún.....	23
4. Procesamiento de lomos de atún fresco para el estudio de la estabilidad en el almacenamiento refrigerado y empacado.....	26
5. Cerradora o termoselladora. (1) Introducción del alimento en la cámara de vacío; (2) sellado de la lámina superior tras la evacuación del aire y la inyección de los gases protectores; y (3) apertura de la cámara para la salida del envase terminado.....	27
6. Empacado de los trozos de lomo de atún del lote 1.....	29
7. Color de los trozos de lomo de atún del lote 2.....	48

ÍNDICE DE CUADROS**PÁGINA**

1. Composición proximal del atún según varios autores.....	22
2. Características de permeabilidad del material polimérico Polietileno/Nylon/Polietileno (PE/PA/PE) de las bolsas coextruidas utilizadas para empacar el atún fresco a vacío y presión atmosférica.....	27
3. Dimensiones promedios de los trozos de lomo de atún fresco (<i>Thunnus sp.</i>) empacados y almacenados en refrigeración a 4 ° C.....	28
4. Composición proximal del lomo de atún fresco (<i>Thunnus sp.</i>).....	35
5. Recuento microbiológico en los trozos de lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>) fresco y a los 7 días de empacado al vacío, presión atmosférica y atmósfera modificada. Lote 1.....	38
6. Recuento microbiológico en los trozos de lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>) fresco y a los 7 días de empacado al vacío, presión atmosférica y atmósfera modificada. Lote 2.....	39
7. Recuento Mohos y levaduras en los trozos de lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>) a los 30 días de empacado al vacío, presión atmosférica y atmósfera modificada.....	40
8. Recuento Mohos y levaduras del Hisopado de los materiales utilizados en el procesamiento de los trozos de lomo de atún (<i>Thunnus sp.</i>) a los 30 días de empacado al vacío, presión atmosférica y atmósfera modificada...	41
9. Color (L, a, b) en trozos de lomo de atún fresco (<i>Thunnus sp.</i>) empacados según el tratamiento y almacenados en refrigeración a 4 °C.....	46
10. pH en los trozos de lomo de atún fresco (<i>Thunnus sp.</i>) empacados según el tratamiento y almacenados en refrigeración a 4 °C.....	49
11. Textura en los trozos de lomo de atún fresco (<i>Thunnus sp.</i>) empacados según el tratamiento y almacenados en refrigeración a 4 °C para el lote 1.....	53
12. Textura en los trozos de lomo de atún fresco (<i>Thunnus sp.</i>) empacados según el tratamiento y almacenados en refrigeración a 4 °C para el lote 2.....	54
13. Actividad de agua (a_w) en los trozos de lomo de atún fresco (<i>Thunnus sp.</i>) empacados según el tratamiento y almacenados en refrigeración a 4 °C.....	56

14. Humedad en los trozos de lomo de atún fresco (<i>Thunnus sp.</i>) empacados según el tratamiento y almacenados en refrigeración a 4 °C para el lote 2.....	58
15. Bases Volátiles Totales (BVT) (mg N/100 g) en los trozos de lomo de atún fresco (<i>Thunnus sp.</i>) durante el tiempo de almacenamiento.....	59
16. Proteínas Solubles en solución salina en los trozos de lomo de atún fresco (<i>Thunnus sp.</i>) empacados según el tratamiento y almacenados en refrigeración a 4 °C.....	61
17. Rancidez oxidativa (mg Malonandehído/kg) en los trozos de atún fresco (<i>Thunnus sp.</i>) a los 7 y 30 días de empacado y refrigerado a 4 ° C.....	64
18. Evaluación sensorial en trozos de lomo de atún fresco (<i>Thunnus sp.</i>) (lote 2).....	66

I. INTRODUCCION

Cuando se captura un pez destinado a consumo humano, hay una pérdida en los atributos deseables de calidad. Ésta se debe a cambios en la textura, la degradación de los componentes del sabor, al desarrollo de microorganismos responsables de la putrefacción y a la actividad enzimática que presentan las células. Es por ello, que controlar estos factores es de suma importancia en la comercialización y consumo de pescado, dado el carácter perecedero de este recurso alimentario (Inciarte y Moreno, 1991).

Para conservar los atributos deseables de calidad en productos pesqueros frescos, se ha recurrido al almacenamiento en refrigeración. En estas condiciones el pescado tiene una vida relativamente corta (12 días), y sin riesgo de alteración de la calidad higiénica si está empacado apropiadamente. Dentro de las alternativas de empaques en los últimos años se ha destacado el empacado en atmósfera modificada, que consiste en modificar la composición gaseosa de la atmósfera que rodea al producto empacado, otra alternativa es el empacado al vacío el cual consiste en eliminar el oxígeno dentro del empaque (Oetterer, 1999, citado por Heidmann y Oetterer, 2003, González, 1998).

El atún es un pescado muy popular en la alimentación de gran parte del mundo. En países como España se consume fresco, congelado y en conserva. En Venezuela principalmente se dedica a la industria conservera y en menor proporción para el consumo fresco. En Estados Unidos su consumo es en conserva, aun cuando ha aumentado el interés en la comida Japonesa (sashimi) y la popularidad del consumo de atún a la parrilla en los restaurantes, ha incrementado el interés en el consumo del atún fresco y congelado (López-Gálvez, 1995 y De Berardinis, 2011). Esto ha generado la necesidad de buscar alternativas para incrementar el tiempo de vida útil del atún refrigerado, para disminuir la velocidad de las reacciones bioquímicas y el

incremento de la población de microorganismos propios y contaminantes, ambos elementos favorecidos por el O₂ del aire y la temperatura, además es de resaltar que el tejido muscular del atún es rosado o rojo por la gran cantidad de hemoglobina (hasta 380 mg en 100 g de músculo) y mioglobina (hasta más de 530 mg en 100 g de músculo) que otras especies de pescado (IIF, 1990).

En virtud de lo anteriormente expuesto se plantearon los siguientes objetivos:

II. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la estabilidad física, química y microbiológica en trozos de lomo de atún aleta azul (*Thunnus sp.*) empacados al vacío y atmósfera modificada, y almacenados en refrigeración a 4 °C.

III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la composición proximal de la materia prima.
- Evaluar la estabilidad física (color, textura, pH, a_w) en trozos de lomo de atún empacados al vacío y en atmósfera modificada, almacenados a 4 °C.
- Evaluar la estabilidad química (rancidez oxidativa, bases volátiles totales y proteínas solubles) en trozos de lomo de atún empacados al vacío y en atmósfera modificada, almacenados a 4 °C.
- Evaluar la estabilidad microbiológica (aerobios mesófilos, aerobios psicrófilos, coliformes totales y coliformes fecales) en los trozos de lomo de atún empacados al vacío y en atmósfera modifica, almacenados a 4 °C.
- Evaluar sensorialmente los trozos de lomo de atún empacados al vacío y en atmósfera modificada, almacenados a 4 °C

IV. ANTECEDENTES

1. La refrigeración como método de conservación

La calidad del pescado comienza a cambiar desde el momento en que son capturados por ello, se han desarrollado diversos métodos para lograr su conservación una vez capturados y a través del tiempo. Entre los métodos de conservación más sencillos esta la refrigeración que prolonga la vida útil del pescado (IIF, 1990).

El músculo de pescado procedente de zonas tropicales es más estable a temperaturas de refrigeración que la de peces de climas templados como es el caso del atún. Esto probablemente sucede por la baja incidencia de microorganismos psicrotróficos en los trópicos (Suárez y col, 2009).

Una de las formas más eficientes de retardar la pérdida de frescura y el deterioro del pescado es indudablemente enfriándolo a temperaturas inferiores a 5 °C, de esta manera se inhiben la acción de las bacterias patógenas y se retardan las deteriorativas al igual que las reacciones auto líticas.

Según Bello, 1983, citado por González, 1998, señala que los productos de origen pesquero constituyen parte de aquellos alimentos perecederos, debido a que su vida de almacenamiento está limitada a escasas semanas, aún utilizando los mejores sistemas de refrigeración; por lo cual su manejo, comercialización y consumo están sujetos a esta limitación. Fundamentalmente debido al rápido crecimiento de microorganismos gran negativos, como *Pseudomonas*, *Shewanella putrefaciens* y *Aeromonas* bajo condiciones de aerobiosis. Por esta razón se hace imprescindible sistemas de refrigeración eficientes que aseguren temperaturas cercanas al 0 °C para poder transportar y almacenar estos productos, desde el lugar de su captura hasta su

consumo en un período de tiempo no mayor de 3 semanas sin que aparezcan signos de deterioro los cuales limiten su aceptación por el consumidor.

Se sabe que tanto la actividad enzimática como la microbiana están significativamente influenciadas por la temperatura, por lo tanto se considera que la temperatura es el factor más importante que influye sobre la calidad y duración de los alimentos en el almacenamiento.

Se debe tener en cuenta que la conservación de pescado por refrigeración o enfriamiento en el mejor de los casos es solo temporal, debido a que en el músculo se comienzan a dar reacciones típicas como son la autólisis y oxidación de las grasas.

2. El empaçado del atún como método de conservación

La protección de los alimentos al intercambio de humedad, para su preservación es una práctica utilizada desde hace mucho tiempo. En Inglaterra (siglo XVI), recubrían los alimentos con una capa de grasa. En 1910, se introdujeron las primeras películas de polímeros (polietileno, poliestireno, polivinil cloruro) en reemplazo del papel parafinado.

El atún fresco destinado a consumo humano es altamente perecedero, por lo cual para su comercialización se recurre al almacenamiento refrigerado (0-5 °C). En estas condiciones puede consumirse entre 10 y 12 días (Inciarte y Moreno, 1991; Cheftel y Cheftel, 1992; Robertson, 1993).

En el almacenamiento refrigerado el atún debe ser empaçado para evitar pérdidas de humedad durante el período de almacenamiento, pérdida que alteraría su textura y apariencia.

La concentración en mioglobina varía según las especies de animales (de 0,5 a 7 mg/g de músculo), la edad el tipo de músculo y algunos otros parámetros; así, la concentración de mioglobina aumenta con el ejercicio y con la altitud. El color está determinado por la estructura

que toma mioglobina. En presencia de oxígeno (atmósfera normal) la mioglobina se transforma en oximioglobina que alcanza algunos milímetros de espesor. Sin embargo, el músculo expuesto a la luz y temperatura ambiente, pierde su color rojo vivo en 1 o 3 días, por autoxidación de la mioglobina en metamioglobina. La velocidad de esta reacción varía con la naturaleza del músculo y la temperatura. La desnaturalización de la globina por el calor o a pH bajos favorece la autoxidación y por lo tanto la aparición de un color oscuro (Cheftel y col., 1992).

El color es un parámetro importante en la calidad de los productos pesqueros, y en especial en aquellas especies donde predomine el color rojo como es el caso del atún. Según Sarantópoulos y Soler, 1988, este color se debe principalmente a la concentración y proporción relativa de los pigmentos hemo del músculo, los cuales se diferencian en el estado químico y en el color. La mioglobina, una de las principales proteínas en el sarcoplasma, es el principal pigmento en la carne representando el 90 a 95% del total de proteínas hemo, del 5 a 10% es hemoglobina (Xiong y col., 1999). Sarantópoulos y Soler, 1988, explican que la desoximioglobina (Mb) es el pigmento natural del músculo, posee un átomo de hierro bajo la forma de hierro ferroso (Fe^{++}) que es el hemo oxidado. Este derivado rojo púrpura está presente cuando la presión parcial en oxígeno es baja. La mioglobina oxigenada u oximioglobina (O_2Mb) es de color rojo brillante, se obtiene por una reacción de oxigenación espontánea y reversible cuya constante de disociación es del orden de $2,1 \times 10^{-6}$ (Govindarajan, 1973, citado por los autores), lo que indica que la O_2Mb es más estable que la Mb, por lo cual la reacción de oxigenación es deseable no solo debido al color rojo brillante de la carne sino también porque aumenta la estabilidad del pigmento en cuanto a la oxidación. Según Ledward, 1970, citado por McMillin y col., 1999, la O_2Mb se forma al enlazarse el oxígeno con el Fe^{++} cuando la carne fresca se expone a ambientes con 6-7 mmHg o mas de O_2 desarrollándose el color rojo sangre característico de la carne fresca. Sarantópoulos y Soler, 1998, señalan que la O_2Mb es estable a altas presiones parciales de oxígeno (> 25 mmHg)

y a presiones menores se convierte en Mb, citan a Kropf y col., 1985, quienes indican que es menos estable excepto a presiones muy reducidas de 1,4 mmHg o menor aun. Esta pequeña estabilidad de la Mb normalmente resulta en la oxidación de Fe^{++} a Fe^{+++} , porque según McMillin y col., 1999, se agotan las condiciones redox naturales de la carne aportadas por los citocromos y las cadenas laterales de los aminoácidos aromáticos, llevando a la formación de MetMb, un pigmento de color marrón, indeseable y según Sarantópoulos y Soler, 1998 también porque el Fe^{+++} actúa como un catalizador en la oxidación de los lípidos insaturados. La velocidad máxima de formación de MetMb fue constatada por Ledward, 1970, citado por los autores, a presiones parciales de oxígeno del orden 6 ± 3 mm Hg y $7,5 \pm 3$ mm Hg a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente en el músculo semitendinoso. Por lo tanto para prevenir o retardar la autooxidación de la Mb, la presión parcial del oxígeno debe ser mantenida a niveles muy bajos o muy altos.

La presencia del átomo de Fe inestable en el complejo hemo de la Mb hace a la carne muy susceptible a la decoloración durante el procesamiento y almacenamiento. Dependiendo de la presión parcial del oxígeno en la atmósfera que rodea la carne, la Mb puede estar como deoximioglobina (rojo purpura bajo vacío) u oximioglobina (rojo brillante en ambiente completamente oxigenado). A bajas presiones parcial de oxígeno o cuando se exponen agentes oxidantes la Mb (Fe^{++}) puede ser oxidada para formar el pigmento marrón conocido como MetMb (Fe^{+++}) (Xiong y col., 1999).

Xiong y col., 1999 citan a Kilic y Cassens, 1998, quienes sugieren que el interior del músculo de res puede ser más susceptibles a cambios de color en el almacenamiento.

La constante de velocidad de autooxidación (k) aumenta con la disminución en el pH en el intervalo de pH 5-7 (Matsuura y col., 1962; Brown and Mebine, 1969; Gotoh and Shikama, 1974;

Shikama and Sugawara, 1978, citados por Chow, 1991). Chow, 1991, concluyo en su estudio realizado en atún rojo fresco (*Thunnus thynnus*), atún aleta amarilla (*T. albacares*) y atún patudo (*T. obesus*), cuanto mayor es la estabilidad frente a la desnaturalización de Mb, menor será la tasa de autoxidación.

Murcia y col, 2003, empacaron al vacío y en atmósfera modificada (80/20; CO₂ /N₂) alimentos cocidos (sopa de lentejas, guiso de carne, legumbres y sopa de verduras) listos para su consumo en empaques de Poliéster Cristalino (PETC) y almacenaron en refrigeración a 3 °C. Encontraron mínimas modificaciones en la composición proximal (Humedad, Proteínas, Grasas y Cenizas) así como la estabilidad de los indicadores microbianos durante 29 días en atmósfera modificada, satisfaciendo la demanda del consumidor de alimentos libres de conservantes y el tiempo prolongado de almacén.

En la vida moderna ocupan lugar preponderante los envases y empaques necesarios en el manejo de los alimentos y de los productos en general, con lo que se busca que el producto llegue en perfecto estado al consumidor (Sarmiento, 1979, citado por López 2006).

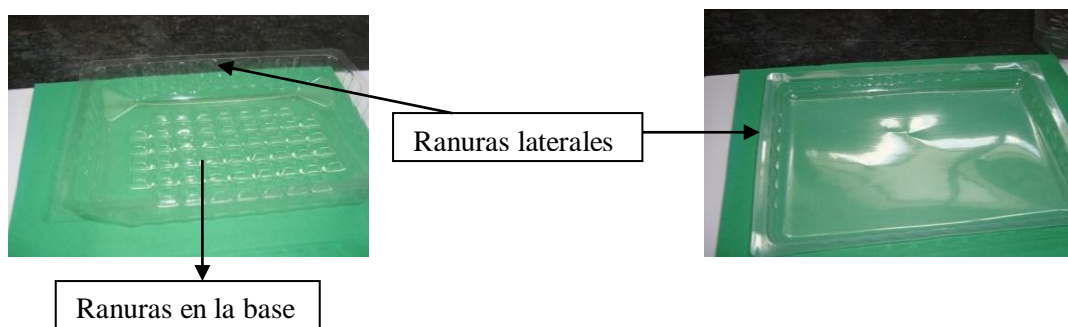
En este sentido debe recordarse que los materiales plásticos flexibles tienen cierto grado de permeabilidad al oxígeno, al vapor de agua y a otros gases y que, por consiguiente, cuando son utilizados debe considerarse este factor (Robertson, 1993).

El pescado y los productos del mar en general se comercializan en envases flexibles. El empaque más extendido es el polietileno de baja densidad (PEBD); es el caso del camarón empacado a presión atmosférica en bolsas de polietileno. Dependiendo de la protección deseada también se puede recurrir al polipropileno (Cheftel y Cheftel, 1992; Barreiro y Sandoval, 2006).

En virtud a la alta demanda de consumo de pescado fresco a nivel mundial, las investigaciones se están dirigiendo a prolongar la vida útil del pescado fresco refrigerado por un tiempo que supere los 12 días. Para ello se debe considerar la composición química del pescado.

En el caso de los pescados destinados a consumo humano se han agrupado en dos categorías: los pescados grasos, cuyo contenido de grasa es superior al 7 % y los pescados magros con un porcentaje menor al 1 % de grasa. Los primeros están expuestos a experimentar reacciones de rancidez oxidativa, debido a que en ellos predomina los ácidos grasos poliinsaturados, además de deterioro microbiológico por el alto contenido de humedad, proteínas y la flora microbiana propia, la cual se reproduce en ambiente refrigerado. Al momento de seleccionar un material de empaque para un pescado graso deberá tenerse en cuenta estas consideraciones y el material deberá ser impermeable al O₂ y al vapor de H₂O. En el caso de los pescados magros ya no hay inconvenientes con la rancidez de las grasas y se recurriría a bolsas de PE (Barreiro y Sandoval, 2006). Específicamente el atún se debe considerar la fracción de lípidos y la presencia de mioglobina.

Sarantópoulos y Soler, 1998, mencionan que el embalaje debe permitir que la mayor parte del alimento esté en contacto con la AM. Por eso, los embalajes semi rígidos (bandejas) normalmente presentan ranuras y salientes en la base y los laterales.



2.1. Tipos de empacados en productos pesqueros

Dentro de las alternativas de empaqueo de productos pesqueros disponibles para incrementar la vida útil en refrigeración, destacan el empaqueo al vacío y el empaqueo en atmósfera modificada.

2.1.1. El empaqueo al vacío

Esta operación de empaqueo consiste fundamentalmente en empaquear el producto en una bolsa de material polimérico, cuyas características principales son: impermeabilidad al vapor de agua y al oxígeno; con lo cual se evitará la pérdida de humedad en el producto y se excluye al O₂ y con ello se reduce el riesgo de que ocurran reacciones oxidativas indeseables. Además el material seleccionado deberá tener la resistencia suficiente para soportar el peso del producto contenido. Cuanto menos permeable sea la película envolvente al oxígeno y otros gases, mayor será la vida útil del producto. Una vez el producto en el empaque se le extrae el aire contenido entre la bolsa y el producto y se sella la abertura de inmediato. Una vez concluida la operación el producto está sellado al vacío. Sin embargo durante el tiempo de almacenamiento es probable que la atmósfera utilizada sea modificada debido a la actividad microbiana de la flora presente en el producto: esta actividad puede originar un incremento del 10 al 20 % en CO₂ (Silliker y Wolfe, 1980, citados por Heidmann y Oetterer; 2003). El efecto conservador del empaqueo al vacío se logra por el ambiente deficiente de oxígeno.

En el caso del pescado, el deterioro es el resultado de los cambios producidos por las reacciones químicas como la oxidación debido a las enzimas propias del mismo, y a la actividad metabólica de los microorganismos. La composición química y la flora microbiana de los productos del mar varían considerablemente entre las especies, las zonas de pesca y estaciones

del año. Es por ello que el uso del empaçado al vacío, ha sido aplicado en la comercialización del pescado fresco y procesado y para prevenir estos efectos (oxidación y actividad metabólica de los microorganismos) en especies como trucha, pargo, arenque, bacalao, sardina y caballa (Ashie y col., 1996, citados en López, 2006).

Byun y col. (2010) investigaron el efecto de barrera dado por material cubierto o laminado con óxidos metálicos sobre la calidad en el almacenamiento y empaçado al vacío del salmón. Trabajaron con 4 diseños estructurales en empaques esterilizables:

- Empaque control: Polipropileno cast (CPP)
- Empaque 1: Polietilentereftalto (PET)/nylon cubierto de Oxido de Silicio (SiO_2)/CPP (SIOX)
- Empaque 2: PET cubierto de Oxido de Aluminio (Al_2O_3)/nylon/CPP (ALOX)
- Empaque 3: PET/Aluminio/CPP

El salmón empaçado al vacío en el empaque alox luego de 8 semanas de almacenamiento redujo el valor inicial de TBA de (43.53 a 37.06) y eran aceptados sensorialmente, mientras que el salmón empaçado al vacío en SIOX presentó mayor valor de TBA y menos aceptabilidad sensorial. Hubo mayor protección a la oxidación en alox. También observaron que la permeabilidad al O_2 aumentó luego del proceso de esterilización en siox de 0.85 paso a 10.55 y continuo aumentando en el almacenamiento de 8 semanas a 10.94, mientras que alox y laminado tuvieron valores inferiores (0,51 y 0,47).

Además de la selección del tipo de película, otros aspectos importantes, son el grosor de la película de la superficie utilizada, el volumen del producto. La variación del volumen del empaque y del espacio libre dentro del empaque influye en la velocidad a la que las concentraciones de gas están cambiando (Handbook, 2007).

Suárez y col, 2008, señalaron que son pocos los trabajos sobre aspectos de calidad y las nuevas tecnologías de empackado al vacío de pescados de zonas tropicales y almacenadas en refrigeración.

Las desventajas del empackado al vacío consisten en que frecuentemente se producen olores que quedan retenidos en la bolsa y a la acumulación de líquidos que imparten mal aspecto al sistema empaque alimento. El olor suele disiparse rápidamente al abrir el empaque pero el líquido acumulado en cantidad considerable da un aspecto poco agradable a la bolsa transparente, lo cual se puede mejorar utilizando almohadillas. Entre los problemas técnicos del empackado a vacío del pescado fresco debe mencionarse la dificultad del termosellado de la abertura en una bolsa húmeda. Incluso aun cuando se solucionen satisfactoriamente tales problemas y el método sea practicable, es preciso tener en consideración que el producto empackado sigue siendo un artículo muy perecedero que se altera de una forma similar a como lo hace el pescado no empackado (Burgess y col., 1978).

2.1.2 Empackado en atmósferas controladas

Los términos atmósfera modificada y atmósfera controlada AM-AC se han utilizado con diferentes significados por diferentes autores. Algunas tecnologías incluyen conceptos tales como el empackado al vacío, cubrimiento con N₂, frutas recubiertas con cera o revestimientos, que de alguna manera va a cambiar o controlar el micro o macro ambiente de todo el producto fresco. El término AC se refiere al acondicionamiento de la atmósfera alrededor del producto la cual cambia gradualmente a lo largo del almacenamiento, debido al metabolismo del producto o de su flora microbiana asociada y permeabilidad a los gases de embalaje (Sarantópoulos y Soler, 1988).

El empackado en atmósfera controlada supone la sustitución del aire por un gas o una mezcla de gases específicos cuya proporción se fija de acuerdo a las necesidades del producto. Por tanto

es deseable que la composición de la atmósfera creada se mantenga constante a lo largo del tiempo. Sin embargo, las reacciones metabólicas de determinados productos consumen algunos gases (oxígeno) y generan otros (dióxido de carbono, etileno) que alteran esta composición inicial. Estas variaciones se detectan mediante dispositivos de control y se compensan con distintos mecanismos de producción/eliminación de gases. En los envases de pequeñas dimensiones, destinados a la venta al detal, no es posible implementar estos sistemas.

La operación de empaqueo en atmósfera modificada involucra, una vez contenido el alimento en un recipiente impermeable al oxígeno, evacuar el aire del sistema envase-alimento seguido por la inyección de la mezcla de gases correspondientes y posteriormente el sellado del recipiente, la combinación de estos gases dentro del empaque debe ser diferente en proporción a la mezcla de gases del aire (78,03 % N₂; 20,99 % O₂; 0,94 % Ar, 0,035 % CO₂ y 0,01 % H₂). Generalmente es una combinación benigna de los siguientes gases: oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno (Parry, 1993; Silliker y Wolfe 1980, citados por Heidmann y Oetterer, 2003; García y col, 2006; Handbook, 2007).

La concentración de los gases dependerá del contenido de lípidos del pescado. Para especies grasas (> 7 %), las cuales almacenan lípidos en células distribuidas en otros tejidos del cuerpo, se recomienda mezclas de gases con 60% CO₂ y 40% N₂ y para pescados magros (< 1 %), las cuales almacenan lípidos solo en el hígado una combinación de 30% O₂, 80% CO₂. La vida útil puede incrementar de 12 a 16 días o de 12 a 22 días, a temperaturas de comercialización las cuales no deben exceder los 3 °C y aplicando buenas condiciones higiénicas (Sarantópoulos y Soler, 1988). Mapax[®] recomienda para pescados grasos (atún) una proporción de 70% CO₂ + 30% N₂, con un tiempo de vida útil de 5-9 días almacenado a 3 °C con AM. Cann, 1984; Pastoriza, 1998, Robertson, 1993; Woyewoda, Bligh, y Shaw, 1984, citados por Torrieri y col., 2006, han

propuesto una mezcla de 40% O₂-30% CO₂-30% N₂ o 40-60% CO₂ y 60% N₂ respectivamente, para los peces con bajo contenido de grasa y de pescado graso.

Oxígeno (O₂): El oxígeno causa la rancidez oxidativa en el pescado graso, estimula el crecimiento de bacterias aeróbicas e inhibe el crecimiento de bacterias estrictamente anaeróbicas. En productos cárnicos participa en la oxigenación de la mioglobina, de los ácidos grasos insaturados y en la oxigenación de algunas vitaminas. Por esta razón en los empaques de atmósferas modificadas, el oxígeno es excluido o reducido a nivel mínimo (Stammen y col., 1990.; Farber, 1991; Philips, 1996; Iglesia, 1998; citados en Arashisar y col., 2004).

Dióxido de carbono (CO₂): tiene efecto inhibitorio sobre el crecimiento de algunos microorganismos. Inhibe el crecimiento durante la fase logarítmica y extiende la fase de latencia (Genigeorgis, 1985; Ohlsson, 1994; Iglesia, 1994; Philips, 1996; citados en Arashisar y col., 2004). Es particularmente efectivo sobre las bacterias Gram negativas, bacterias deteriorativas aerobias como las especies de *Pseudomonas*, las cuales alteran el olor y color de las carnes, pollos y pescados. El efecto inhibitorio aumenta al disminuir en la fracción acuosa y lipídica del alimento. Sarantópoulos y Soler, 1998, el CO₂ es comúnmente usado porque inhibe el crecimiento microbiano. Cuando es aplicado en carnes con baja contaminación microbiana permite el aumento de la vida útil del producto.

Nitrógeno (N₂): es un gas inerte con poca solubilidad en agua y en los lípidos. Es usado en el empaque en atmósfera modificada para sustituir el oxígeno, y disminuir los efectos por la oxidación y prevenir la rancidez oxidativa en algunos alimentos e inhibir el crecimiento de microorganismos aerobios. También absorbe el exceso de dióxido de carbono en alimentos para evitar el colapso del empaque (Stammen y col., 1990.; Farber, 1991; Philips, 1996; Iglesia, 1998; citados por Arashisar y col., 2004).

La mezcla de gases utilizada dependerá de factores como el tipo de alimento (composición química), el material del empaque (permeabilidad) y temperatura del almacenamiento del sistema envase-alimento. Con respecto al alimento, el contenido de humedad, de lípidos y el color (carnes rojas), son factores críticos en la selección de la mezcla de gases. En el caso de los pescados, la relación óptima de gases en el empackado en atmósfera modificada debe ser específica para cada especie ya que difieren en su composición química. Se recomienda altos niveles de CO₂ con niveles reducidos de O₂ en pescados grasos o ahumados para evitar el desarrollo de rancidez oxidativa (Mentin y col., 2002).

El empackado en atmósfera modificada alarga la vida útil del producto contenido puesto que detiene su proceso natural de deterioro. Sin embargo es necesario que el producto sea de calidad definida y disponer de buenas prácticas de fabricación (BPF) para que se conserve la calidad del producto por un tiempo definido.

Las ventajas de la aplicación de la atmósfera modificada mejora la presentación del producto, ya que ofrece una clara visión del mismo, utiliza muy poco o ningún preservativo químico y generalmente se empackan productos frescos. Se tiene que tomar en cuenta que los beneficios del empackado en atmósfera modificadas se pierden una vez que el empacke es abierto o dañado lo cual implica pérdida de la composición de gases establecidos por lo cual ya no se extenderá la vida útil del producto y no se podrá proveer al consumidor de un producto de alta calidad (Brody, 1993 citado por de Pablos 1998).

Sobre la seguridad del empacke en atmósfera modificada para músculo de pescado, Sivertsvik y col., 2002, citados por Suárez y col., 2009, encontraron que el empacke de estos productos bajo atmósfera modificada no incrementan los riesgos de patógenos como *Salmonella sp*, *Staphylococcus sp*, *Clostridium perfringens* y *Enterococcus sp*. En este sentido los productos del pescado son generalmente susceptibles a una rápida descomposición. El deterioro del

músculo del pescado es un complejo proceso en el cual están involucrados mecanismos físicos, químicos y microbiológicos. Además, la actividad microbiana es responsable del inicio del deterioro que disminuye la vida útil del producto.

Los métodos microbiológicos, bioquímicos, y sensoriales han sido utilizados para valorar la calidad de filetes de pescado y sus productos durante su manipulación y almacenamiento.

López-Gálvez y col, 1995, almacenaron trozos de la parte central del cuerpo del atún fresco sin las vísceras a 2 °C, empacados en cuatro atmósferas diferentes, CO₂ / aire (20/80) (v/v), CO₂ / aire (40/60) (v/v), CO₂/O₂ (40/60) (v/v) y Patm (control). Desde el punto de vista microbiológico, la vida útil de los filetes de atún refrigerado se extendió alrededor de 1 semana en atmósfera enriquecida con CO₂. La formación de metamioglobina fue mínima cuando la atmósfera se enriqueció con O₂. Por tanto, la atmósfera más efectiva es con CO₂/O₂ (40/60) (v/v), en la cual la vida útil del atún puede ser duplicada con respecto a la condición microbiana y la apariencia del color.

Sarantópoulos y Soler, 1998 señalan como factor importante para el éxito en la aplicación del empacado en atmósfera modificada o controlada para productos alimenticios que respiran o no como el caso del músculo de pescado, es el control estricto de la temperatura durante todo el ciclo de preparación, distribución y comercialización. En el caso de los productos cárnicos, los efectos de la temperatura y su fluctuación son particularmente importantes, principalmente desde el punto de vista de salud pública, pues pueden favorecer el desarrollo de microorganismos patógenos, eventualmente presente en los alimentos. El control estricto de la temperatura debe ejecutarse desde la etapa de acondicionamiento hasta la venta. Es importante destacar que el acondicionamiento en atmósfera modificada o controlada no sustituye el almacenamiento refrigerado. En realidad ocurre un efecto sinérgico entre la concentración de CO₂ y la

temperatura de inhibición del crecimiento microbiano. Cuanto más baja es la temperatura más eficaz es el CO₂ como inhibidor, presentando su máximo efecto entre 0 °C y 5 °C.

La relación óptima de gases en el empaçado en atmósfera modificada debe ser específica para las especies de pescados o productos pesqueros ya que difieren en su composición química, por ello niveles altos de CO₂ con niveles reducidos de O₂ se utilizan en pescados grasos o ahumados para evitar el desarrollo de la rancidez oxidativa (Mentín y col., 2002).

En este sentido Arashisar y col., 2004 evaluaron distintas proporciones de CO₂ (100% CO₂; 2,5% O₂ + 7,5% N₂ + 90% CO₂ y 30% O₂ + 30% N₂ + 40% CO₂) y los almacenaron a 4 ± 1 °C por un período de 14 días. Encontraron que la oxidación lipídica incrementó a los 6 días de almacenamiento en los filetes empaçados con 30% O₂, mientras que el TBA fue mínimo en los filetes almacenados con 100% CO₂. El recuento de enterobacterias fue significativamente menor en las muestras empaçadas en atmósfera modificada.

Özogul y col. (2004), almacenaron sardinas (*Sardina pilchardus*) empaçadas en atmósfera modificada (60% CO₂: 40% N₂) y empaçadas al vacío por 15 días a 4 °C. La vida útil de la sardina fue de 12 días en el EAM, de 9 días en EV y 3 días a presión atmosférica. La velocidad de crecimiento de las bacterias fue mayor en las sardinas almacenadas a presión atmosférica, seguida por la empaçada a vacío y en atmósfera modificada. La concentración de Histamina superó los 20 mg/100 g de pescado almacenado a presión atmosférica, 13 mg/100 g de pescado empaçado al vacío y 10 mg/100 g de pescado empaçado en atmósfera modificada en menos de 15 días. La mayor concentración de TMA se obtuvo en la sardina almacenada a presión atmosférica, seguida por la sardina almacenada a vacío y la menor concentración en atmósfera modificada. La formación de TVB-N aumentó con el tiempo de almacenamiento para todos los tratamientos. Cuando los aerobios mesófilos habían llegado a 10⁶ UFC / g, el contenido de bases volátiles totales alcanzó 15 mg/100 g de músculo para todas las condiciones de almacenamiento.

Pantazi y col, 2008, empacaron ruedas del pez espada fresco del Mediterráneo (*Xiphia gladius*) en AM (40%, 30%, 30%, CO₂/N₂/O₂), vacío y a Patm y lo almacenaron a 4 °C por un período de 16 días. Entre los 9 y 10 días se observó inhibición en el crecimiento de la microflora aerobia tanto en el pescado empacado al vacío como en AM. De las especies microbianas determinadas, *Pseudomonas* y las bacterias productoras de H₂S dominaban en las muestras de pez espada almacenadas a Patm, mientras fueron inhibidas en el empacado a vacío. También se encontró bacterias ácido lácticas y enterobacterias como miembros de la flora microbiana final del pez espada independientemente de las condiciones de empacado para todo el período de almacenamiento. De los índices químicos, frescura y el ácido tiobarbiturico (TBA) fueron variables en las muestras de pez espada, indicativo de una tendencia específica de rancidez oxidativa. Los valores de trimetilamina (TMA-N) en las muestras de pez espada almacenados en Patm, en EV y EAM sobrepasan el valor límite de 5 mgN/100g de músculo de pescado después de los 7, 8, 9 y 11 días de almacenamiento, respectivamente. En una tendencia similar, el nitrógeno básico total para las muestras de pez espada almacenadas en Patm, EV y EAM sobrepasa el valor límite de 25 mgN/ 100g de músculo de pescado después de los 7, 8, 10 y 12 días de almacenamiento, respectivamente. Los análisis sensoriales (olor y atributos de sabor) indicaron una vida útil de aproximadamente 7 días para el empacado en Patm, 9 días para vacío y 11-12 días en AM.

Wang y col, 2008, empacaron lomos de bacalao fresco en cajas de poliestireno y en atmósfera modificada (50%CO₂/45% N₂/5%O₂) y lo almacenaron en refrigeración a 1,5 °C. Los análisis físicos, químicos y microbiológicos se llevaron a cabo durante 21 días de almacenamiento. El almacenamiento refrigerado en atmósfera modificada aumento la vida útil de 9 a 14 días.

2.1.3 Principales envases y empaques usados en atmósfera modificada.

Los envases o empaques más extendidos en el envasado en atmósfera modificada se fabrican con materiales poliméricos y se destinan a dos presentaciones:

1) Empaques flexibles: a este grupo pertenecen los empaques o bolsas tipo “almohada”, que tienen un cierre longitudinal y dos transversales en los extremos y los tipos “saco o sobre”, con los cuatro lados sellados.

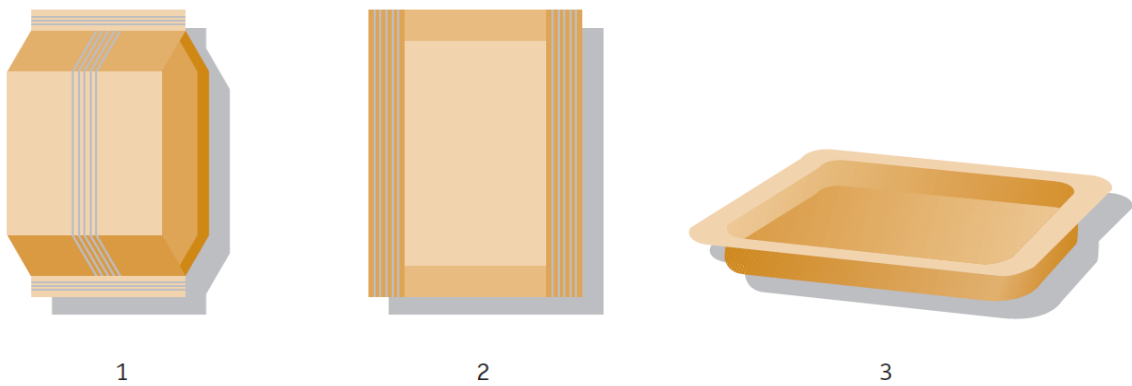


Figura 1. Envases más utilizados en el envasado en atmósfera protectora de productos alimenticios. (1) Bolsa tipo “almohada”; (2) bolsa tipo “sobre” o “saco”; y (3) barqueta. Tomado de García y col, 2006

2) Envases rígidos: en esta segunda categoría los envases están integrados por dos componentes, una bandeja sobre la que se deposita el alimento y una película flexible suministrada en bandeja que sirve para recubrirlo y se unen por Termosellado.

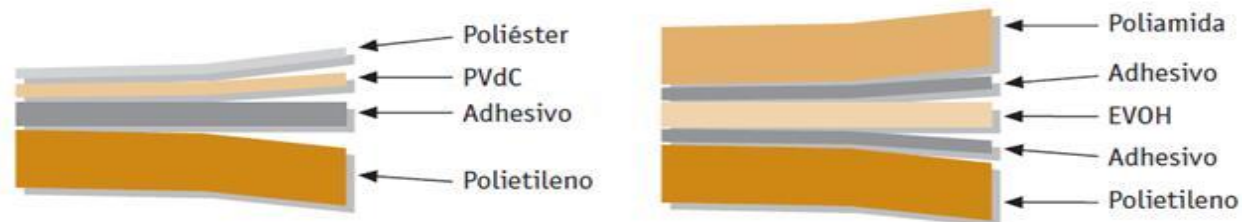


Figura 2. Ejemplos de estructuras multicapa empleadas en las tecnologías de envasado en atmósfera protectora (PVdC, policloruro de vinilideno; EVOH, etileno-alcohol vinílico). Tomado de García y col, 2006.

3. Composición 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 según la edad, el sexo, el momento biológico o etapa reproductiva, la alimentación, la temperatura del agua y la estación del año. Por ello se ha establecido la distinción entre pescados magros y pescados grasos. Entre estos últimos está la familia de los escómbridos a la que pertenece el atún (Cheftel y Cheftel, 1992; Huss, 1998; Izquierdo y col., 2000).

La albacora o atún blanco, *Thunnus alalunga*, se encuentra en aguas tropicales y templadas de todos los océanos y en el mar mediterráneo. Una revisión de la literatura científica y técnica ha puesto de manifiesto una cierta información sobre la composición proximal de las especies de atún (Sidwell, 1981; Vlieg y col, 1983; Balogun y Talabi, 1985, citados por Pérez - Villareal y Pozo, 1990), pero hay una falta de información detallada sobre el efecto del tamaño, la temporada y la composición del tejido.

En los pescados grasos los lípidos de su tejido muscular son poliinsaturados, por tanto fácilmente oxidables y se enrancian en el curso del almacenamiento. El grado de instauración puede determinarse químicamente por el índice de yodo; cuanto más elevado sea, más rápidamente puede desarrollarse enranciamiento. La oxidación de la materia grasa puede dar lugar a la aparición de sustancias coloreadas y un pescado almacenado inadecuadamente puede presentar una coloración anormal (IIF, 1990). Las especies magras son aquellas que almacenan lípidos sólo en el hígado mientras que las especies grasas almacenan lípidos en células distribuidas en otros tejidos del cuerpo.

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. Evaluaron tres tipos de tejido muscular (blanco, oscuro y ventral) encontrando que el porcentaje de humedad, proteína y ceniza varía para cada tipo de tejido.

La composición química del pescado varía considerablemente entre las diferentes especies y también entre individuos de una misma especie dependiendo de la edad, sexo, zona en la que vive y estación del año (Huss, 1998). Las variaciones en la composición química del pez están estrechamente relacionadas con su alimentación. Durante los periodos de intensa alimentación, al principio el contenido de proteínas del músculo aumenta muy levemente y luego el contenido de lípidos muestra un marcado y rápido aumento.

El contenido de lípidos en filetes de pescado magro es bajo y estable, mientras que el contenido de lípidos en filetes de especies grasas varía considerablemente. Sin embargo, la variación en el porcentaje de grasas se refleja en el porcentaje de agua, dado que la grasa y el agua normalmente constituyen el 80 por ciento del filete. El contenido de grasa en el pescado, independientemente de que sea magro o graso, tiene consecuencias sobre las características

tecnológicas *post mortem*. Los cambios que ocurren en el pescado magro fresco pueden ser anticipados mediante el conocimiento de las reacciones bioquímicas en la fracción proteica, mientras que en las especies grasas deben incluirse los cambios en la fracción lipídica. Las implicaciones pueden ser una reducción en el tiempo de almacenamiento debido a la oxidación lipídica, o deberán tomarse precauciones especiales para evitar este problema (Huss, 1998). En el Cuadro 1 se muestra información de la composición proximal del atún fresco según (Márquez y col., 2006).

Cuadro 1. Composición proximal del atún según varios autores.

Autor	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)
Huss (1998)	71,00	25,00	4,10	-
INN (2001)	71,90	26,10	0,70	1,30
Izquierdo y col. (2001)	71,45	23,45	1,78	1,14
Márquez y col. (2006)	70,47	26,26	1,05	1,97
Mena. (2009)	77,17	17,14	3,07	1,73
De Berardinis. (2011)	82,55	16,35	0,13	0,97

La composición media del atún, referida a 100 g de producto fresco, es la recogida en el cuadro 2. En relación con la grasa, hay que destacar que su contenido depende de la zona del cuerpo en la que se deposite: es mínima en las zonas del lomo y de la aleta caudal (6-10%) y es máxima en la zona ventral (28%) (Figura 3).

El género *Thunnus sp*, presenta el cuerpo completamente cubierto por escamas, algunas veces muy pequeñas y rudimentarias, la boca de longitud mediana, parte posterior del maxilar visible estando la boca cerrada, dientes de la mandíbula pequeños y cónicos.

Ronqueo del Atún

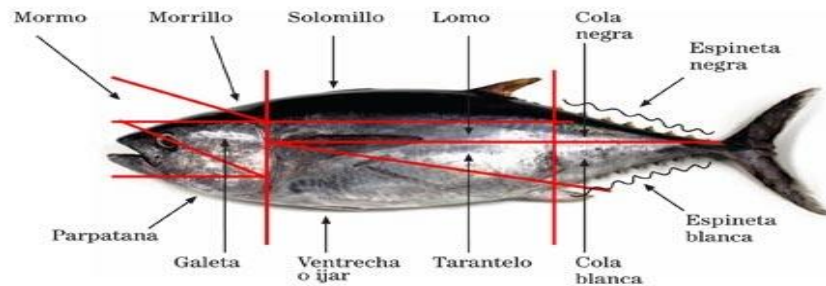


Figura 3. Segmentos que componen el atún.

3.1. Atributos de calidad del atún fresco

La calidad de un producto viene definida por los atributos específicos que la componen, los cuales son definidos 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.

3.1.1. El color rojo o rosado 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 oximioglobina a metamioglobina (Bito, 1976).

3.1.2. La textura y la jugosidad están relacionadas entre sí 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 (Cheftel y Cheftel, 1992; Huss, 1998; Barreiro y Sandoval, 2006).

3.1.3. 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 (De Berardinis, 2011).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

1. MATERIA PRIMA

Para la realización de este trabajo se adquirió en Diciembre de 2011 en el mercado mayorista de Quinta Crespo-Caracas, un primer lote de 10 Kg, conformada por 3 lomos, y en Febrero de 2012 un segundo lote de 5 Kg, conformada por 2 lomos. Los lomos frescos se colocaron en una cava para transportarlas 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 ATUN

En la Figura 4 se muestra el procedimiento a seguir en el procesamiento de los lomos de atún. Una vez en el laboratorio, los lomos se lavaron con agua potable, previamente hervida y dejada enfriar, se cortaron en trozos de tamaño y peso similar, para el lote 1, 16 trozos se empacaron en bolsas coextruidas de Polietileno/Nylon/Polietileno (Cuadro 2), y se sellaron a vacío, 16 trozos a presión atmosférica en una empacadora VacMaster SVP 20, y se empacaron 16 trozos en atmósfera modificada con una proporción de gases de 2/1 y en bandejas compuestas por 5 capas: 1) Poliamida (PA), 2) Adhesivo (HV), 3) Barrera contra gases (EVOH), 4) Adhesivo (HV) y 5) Polietileno (PE). La bandeja conteniendo la muestra se cubrió y selló con una lámina compuesta de Polietileno (PE) y Poliamida (PA) en una empacadora MULTIVAC T 200. Para el lote 2 se empacaron 15 trozos a vacío, 15 trozos a Patm y 15 trozos en atmósfera modificada; bajo las mismas condiciones que el lote 1. Todas las muestras empacadas se almacenaron en refrigeración a 4 °C protegidas de la luz ambiental.

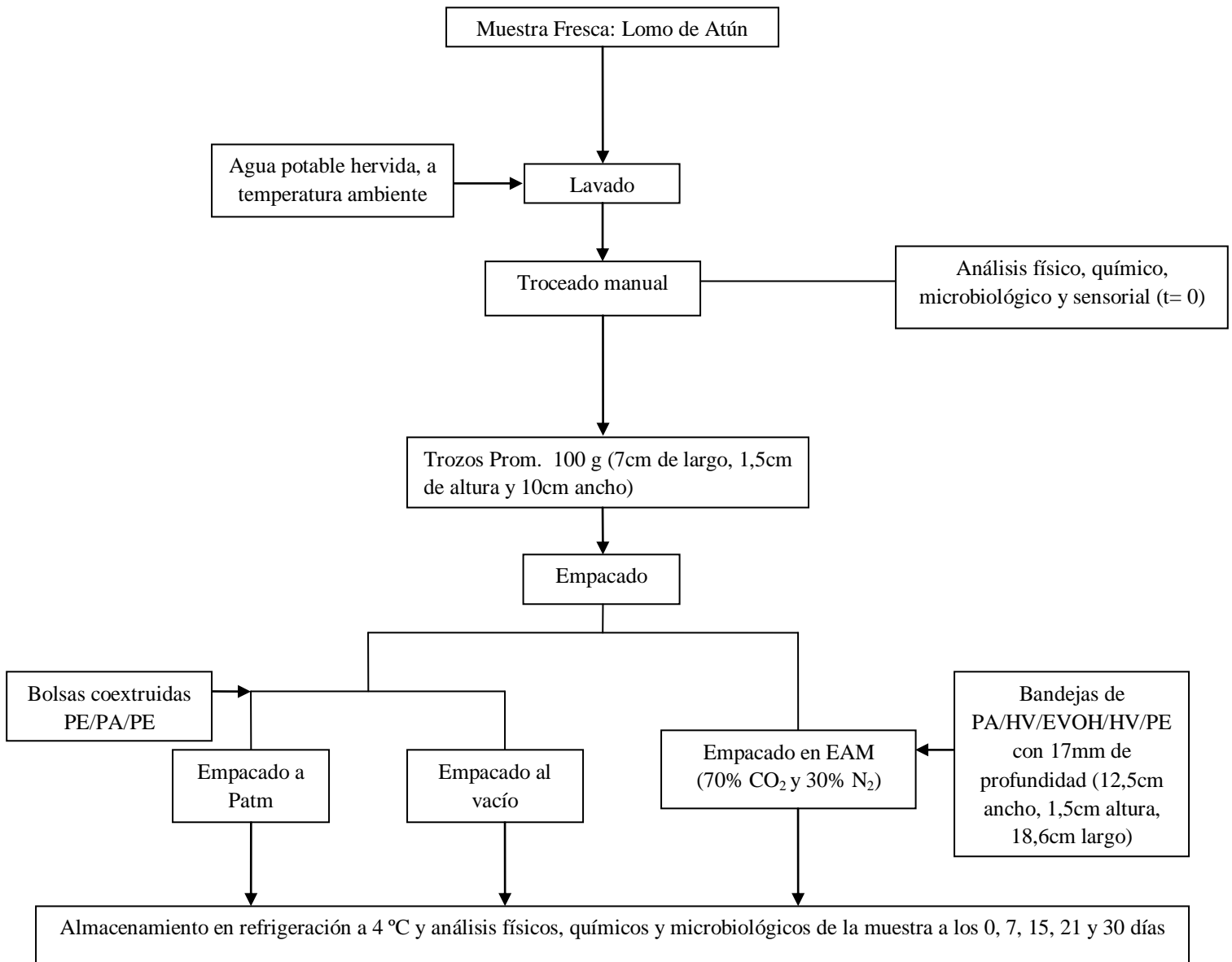


Figura 4. Procesamiento de lomos de atún fresco para el estudio de la estabilidad en el almacenamiento refrigerado y empacado.

Cuadro 2. Características de permeabilidad del material polimérico Polietileno/Nylon/Polietileno (PE/PA/PE) de las bolsas coextruidas utilizadas para empaquetar el atún fresco a vacío y presión atmosférica.

Material	Transmisión de O ₂ (cm ³ /100 pulg ² día) ¹	Transmisión de vapor de agua (cm ³ /100 pulg ² día) ^{1.1}
Polietileno/Nylon/Polietileno (PE/PA/PE)	3,2	0,5

Tomado de: CPT (2001)

¹= a 73.4 °F (23 °C) y 0 %

^{1.1}= a 100 ° F (38 °C) y 90 % RH)

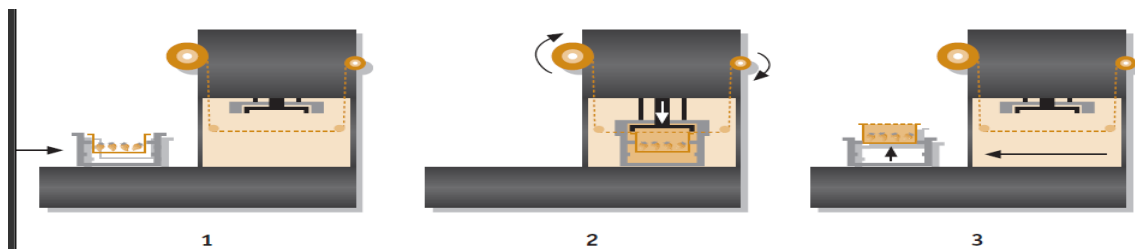


Figura 5. Cerradora o termoselladora. (1) Introducción del alimento en la cámara de vacío; (2) sellado de la lámina superior tras la evacuación del aire y la inyección de los gases protectores; y (3) apertura de la cámara para la salida del envase terminado. Tomado de García y col, 2006.

2.1. Determinación de la relación volumen de gas/volumen de muestra a empaquetar en atmósfera modificada y las dimensiones de cada trozo de lomo de atún.

Los autores Arashisar y col., 2004; García y col., 2006, proponen la relación volumen de gas/volumen de muestra alrededor de 2/1. Para determinar el volumen de la bandeja, se tomaron las siguientes medidas: profundidad máxima de la bandeja: 1,5cm, ancho: 12,5 cm y largo: 18,6 cm. Volumen de la bandeja: Ancho x Largo x profundidad: 12.5cm x 18,6cm x 1,5cm = 348,75cm³.

$$\text{Volumen total}/3= 348,75\text{cm}^3/3 = 116,25\text{cm}^3.$$

Volumen total del gas a empacar $116,25 \text{ cm}^3 \times 2 = 232,5 \text{ cm}^3$.

Volumen del pescado a empacar = $116,25 \text{ cm}^3$, que representaría aproximadamente 116, 25 g.

Se determinó las dimensiones de cada trozo de atún. Tomando como base la altura máxima de la bandeja: $1,5\text{cm} \times A \times B = 116,25 \text{ cm}^3 \Rightarrow A \times B = 116,25\text{cm}^3 / 1,5 \text{ cm} = 77,5\text{cm}^2$

$A \times B = 77,5\text{cm}^2$. Fijamos el ancho en 10cm $\times B = 77,5\text{cm}^2$

$B = 77,5\text{cm}^2 / 10\text{cm} = 7,75\text{cm}$

Las dimensiones de los trozos de atún a utilizar resultaron ser: 10cm de Ancho \times 7,75 cm de Largo \times 1,5cm de Alto.

Cuadro 3. Dimensiones promedios de los trozos de lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados y almacenados en refrigeración a 4 ° C.

PARAMETROS	LOTE 1 VALOR \pm DS	LOTE 2 VALOR \pm DS
Largo x Ancho (cm)	$7 \pm 0,00 \times 10 \pm 0,00$	$7 \pm 0,00 \times 10 \pm 0,00$
Altura (cm)	$1,5 \pm 0,00$	$1,5 \pm 0,00$
Peso (g)	$73 \pm 7,69$	$111,63 \pm 7,85$

N= 48, se muestra la media \pm desviación estándar lote 1

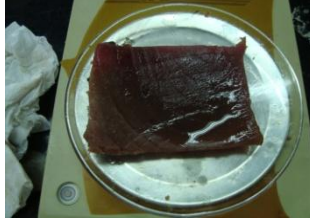
N= 45, se muestra la media \pm desviación estándar lote 2

Se elaboró el manual de funcionamiento de la empacadora MULTIVAC T 200 y se creó la receta, la cual está guardada en el botón con el número 2 ubicado en el tablero de la máquina, dicha receta presenta la siguiente información: presión del gas 890 mb, temperatura de sellado 135 °C y evacuación del aire 10 mb para la condición 70:30, CO₂/ N₂ (Anexo 1).

Figura 6. Empacado de los trozos de lomo de atún del lote 1.



a) Lomo de atún fresco



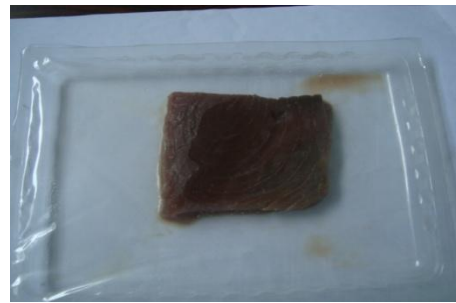
b) cortado en trozos (7cm x 10cm x 1,5cm)



c) empacado al vacío



d) empacado a presión atmosférica



e) empacada en atmósfera modificada (70% CO₂/30% N₂)

Métodos

2. DETERMINACIONES

Las evaluaciones físicas, químicas y microbiológicas, se realizaron a las muestras de atún recién adquiridas y al atún empacado y almacenado bajo refrigeración a 4 °C.

3.1 Análisis Físico

3.1.1. Color: Se realizó en porciones de lomo en forma de cubos (1x1cm) y por diez réplicas, mediante el uso de un colorímetro marca Macbeth eye[®] modelo 2445, calibrado con una placa de referencia. Observador de 10 CIELAB, Iluminante D65. Se determinarán los parámetros a (- verde, + rojo), b (- azul, + amarillo) y L (luminosidad).

3.1.2. Textura: Se realizó en porciones de lomo en forma de cubos (1x1cm) y por diez réplicas. Se midió por doble compresión usando un equipo Textura Analyzer TA.XT2[®] (Stable Micro Systems Haslemere, Surrey, K) equipado con un embolo cilíndrico o plato de compresión de 75 mm de diámetro. Se utilizará una celda de 50 Kg y una velocidad de 1 mm s⁻¹ hasta haber alcanzado una fuerza de compresión del 50%.

3.1.3. pH: Se determino utilizando un potenciómetro marca “HANNA” modelo HI 8417, de un homogenizado del lomo de atún preparado según Norma Venezolana COVENIN (1979) Número 1315.

3.2 Análisis Químico

3.2.1 Análisis Proximal en la Muestra.

3.2.1.1. Humedad: según AOAC (2005) N° 950.46. Se deshidrató una muestra de lomo 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 expresaron en porcentaje de Humedad (%).

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

3.2.1.3. Grasa cruda: se realizó mediante el método de Folch, con mezcla de cloroformo, etanol y agua con una relación 6:3:1, con agitación manual continua por una hora y dejar reposar en nevera de 24-48 horas, sacar de nevera y dejar en reposo a temperatura ambiente y separar la fase clorofórmica evaporando el solvente en campana y se calculo el porcentaje de grasa.

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

3.2.2 Actividad de Agua (Aw): Se determinó en un equipo Decagon modelo CX-I marca Aqua Lab, el cual utiliza la técnica de enfriamiento de un espejo por efecto peltier (Decagon Devices Inc., Pullman, Washington).

3.2.3 Rancidez oxidativa (TBA): Método de Tarladgis y col.,(1960); modificado por Rhee, 1978. Se homogenizo 10 g de muestra y se destilaron con una solución de EDTA+ PG 2,5%. Una alícuota del destilado se colocó en un tubo de ensayo con una solución de 2-TBA. Se preparó un blanco con 5 mL de solución 2-TBA y se calentó por 35 minutos en baño maría, y se midió la absorbancia contra el blanco a 538nm con un espectrofotómetro (Spectro 22RS de LaboMed, Inc.

C.A. E.U.A). La concentración se obtuvo de una curva de calibración de malonandehído (anexo 2).

3.2.4 Bases volátiles totales (BVT): Se determinó por el método señalado por Pearson (1976) de estimación del nitrógeno volátil total por macrodestilación durante 15 minutos, utilizando óxido de magnesio como catalizador. Los resultados se expresan en mg N/100 g de muestra.

3.2.5 Proteínas solubles: Se determinó según la metodología señalada por Montecchia y col. (1997), homogeneizando 8g de músculo, por 1 minuto, en 160 mL de solución fría de 0,6 M KCl y 0,0033 M KH_2PO_4 pH 7; luego se centrifuga en frío a 5000g durante 20 minutos y se extrae el sobrenadante que contiene las proteínas solubles en solución salina. Al sobrenadante se le determinó las proteínas por el método de Bradford.

Método de Bradford: En un tubo de ensayo con tapa se agregó 100 μL del sobrenadante junto con 5 mL del reactivo de Bradford, se dejó reposar a temperatura ambiente por 5 minutos y luego se midió la absorbancia a 595nm. La cantidad de proteínas solubles se obtuvo de una curva de calibración (anexo 3).

3.3. Análisis microbiológico

Las determinaciones de microorganismos indicadores se realizaron según APHA (2001) y por Métodos en placa con películas secas rehidratables (PetriFilm).

3.3.1. Aerobios mesófilos y psicrófilos: Se homogenizaron 10 g de muestra de lomo de atún con 90 mL de agua peptonada al 0,1%, a partir del cual se realizaron diluciones seriadas. Se levantó la película superior y se sembró 1 mL de cada dilución en el centro del círculo que contiene el medio deshidratado, ubicado en la película inferior y se distribuyó el inóculo con una

lámina plástica difusora, con la superficie plana hacia arriba, y se realizó presión suave, solo hasta que la muestra alcanzara los bordes del círculo. 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.

3.3.2. Coliformes totales y coliformes fecales: Se homogenizo 25 g de muestra con 225 mL de agua peptonada al 0,1% a partir del cual se realizarán diluciones seriadas. Se levanto la película superior y se sembró 1 mL de cada dilución en el centro del círculo que contiene el medio deshidratado, ubicado en la película inferior y se distribuyó el inóculo con una lámina plástica difusora, con la superficie plana hacia abajo, y realizó presión suave, solo hasta que la muestra alcanzara los bordes del círculo. Se incubaron por 24-48 horas a 35-37 °C para Coliformes. Los resultados se expresaron como UFC/g de muestra.

3.3.3 Mohos y levaduras: Se homogenizaron 10 g de muestra con 90 mL de agua peptonada al 0,1%, a partir del cual se realizaran diluciones seriadas. Se sembró 1 mL de cada dilución en placas de petri por duplicado con agar PCA. Se invirtieron las placas e incubaron en la oscuridad a un temperatura de 20 a 25 °C durante 3 a 5 días.

3.4 EVALUACION SENSORIAL Se realizó la evaluación sensorial en las muestras fresca y luego. Se cortaron cubos de aproximadamente 1 x 1 cm y se presento a un determinado número de personas que consumen pescado regularmente, para evaluar el color, olor y la apariencia. Se utilizo una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 es me disgusta extremadamente y 9 me gusta extremadamente.

3.5 ANALISIS ESTADISTICO Los resultados obtenidos en cada tratamiento 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%. De observarse diferencias significativas se realizaron pruebas a posteriori utilizando la prueba de Kruskal-Wallis.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

- Composición Proximal

El análisis proximal es un aspecto importante en el control de calidad de cualquier alimento, en especial el pescado debido a que la composición química de los peces varía considerablemente entre las diferentes especies, dependiendo de la edad, sexo, tamaño, medio ambiente y época del año, y ningún proceso de conservación o de transformación lo debe alterar.

Las variaciones en la composición química del pez están estrechamente relacionadas con la alimentación, nado migratorio y cambios sexuales relacionados con el desove. Usualmente el desove, independientemente de que ocurra luego de largas migraciones o no, requiere mayores niveles de energía. Los peces que tienen energía almacenada en la forma de lípidos recurrirán a ella. Las especies que llevan a cabo largas migraciones antes de alcanzar las zonas específicas de desove o ríos, degradarán además de los lípidos las proteínas almacenadas para obtener energía, agotando las reservas tanto de lípidos como de proteínas, originando una reducción de la condición biológica del pez (Huss, 1999).

En el cuadro 4 se presenta la media y la desviación estándar para los parámetros de la composición proximal del atún fresco (*Thunnus sp.*) de dos lotes, 1 y 2, procedentes del mercado mayorista de Quinta Crespo-Caracas. El porcentaje de humedad para el lote 1 fue de $80,61 \pm 0,84\%$ siendo el valor mayor a los obtenidos por Huss (1998), INN (2001), Izquierdo y col., (2001) para *Thunnus thynnus*, Márquez y col. (2006), Gonzáles y col. (2007) para *Thunnus albacares*, Mena (2009) y menor al de De Berardinis (2011) de 71%, 71,90%, 71,45%, 70,47%, 75,24%, 77,17% y 82,55% respectivamente. Los contenidos de proteína (16,59 %) y grasa (1,31 %) son menores a los reportados por estos autores (Cuadro 1), y el contenido de proteína se aproxima a los obtenidos por Mena (2009) y De Berardinis (2011) de 17,14 % y 16,35 %, siendo

estas muestras adquiridas en el mismo mercado local por De Berardinis en el mes de Abril 2010, y para el presente trabajo en Diciembre 2011 y Febrero 2012. El contenido de cenizas fue de 1,43 %, siendo este valor similar a los indicados por los autores del cuadro 1, excepto por De Berardinis cuyo dato es menor.

El lote 2 presento un porcentaje de humedad de $70,94 \pm 0,61$, siendo este valor menor al lote 1 pero similar a los valores reportados por Huss (1998), INN (2001), Izquierdo y col (2001) para *Thunnus thynnus*, Márquez y col. (2006), los contenidos de proteína (21,19%) y grasa (5,55%) son mayores a los reportado por Mena (2009) y De Berardinis (2011). De acuerdo a lo anterior se puede considerar que el lomo de atún del lote 2 como un músculo graso en comparación con el lote 1. El contenido de cenizas fue de 2,32 %, siendo este valor mayor a los indicados por los autores del cuadro 1.

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

Componentes (%)	LOTE 1 (Diciembre 2011)	LOTE 2 (Febrero 2012)
Humedad	80,61 \pm 0,84	70,94 \pm 0,61
Ceniza	1,43 \pm 0,06	2,32 \pm 0,12
Grasa cruda	1,31 \pm 0,04	5,55 \pm 0,75
Proteína	16,59 \pm 0,18	21,19 \pm 0,2
Total	99,94	100,00

N = 3, se muestra la media \pm desviación estándar.

El lote 2 superó al 1 en todos los parámetros menos en la humedad, confirmándose que la composición proximal depende del individuo y de las condiciones ambientales. Por ello es necesario caracterizar la materia prima de todo producto a ser analizado.

- Estabilidad microbiológica

La evaluación microbiológica tiene por objetivo conocer la calidad higiénica del producto adquirido (Huss, 1999).

La presencia de microorganismos en los alimentos no significa necesariamente un peligro para el consumidor o una calidad inferior de estos productos, en realidad si se exceptúa el reducido número de productos esterilizados, cada bocado de alimento contiene levaduras inocuas, mohos, bacterias y otros microorganismos. Los alimentos se hacen potencialmente peligrosos cuando han sido violados los principios de higiene, limpieza y desinfección (ICMSFa, 1978).

Los microorganismos se encuentran en toda la superficie externa del pescado (piel y branquias), y en los intestinos de los peces vivos y en los recién capturados, por lo cual es fundamental conocer y aplicar las buenas prácticas de fabricación (BPF) para minimizar el riesgo de contaminación del músculo del pescado con los microorganismos propios de los intestinos del mismo, durante la operación de evisceración del pez recién capturado. Papadopoulos y col., 2003, citados por Torrieri y col., 2006, encontraron que el robalo (*Dicentrarchus labrax*) eviscerado tenía una vida de anaquel más corta que el no eviscerado, igual a 8 y 13 días respectivamente. Los autores atribuyen esta diferencia a la contaminación cruzada del músculo de pescado durante el proceso de eviscerado o a la significativamente mayor superficie del músculo expuesta a la contaminación microbiana ambiental en el caso del pescado eviscerado. En este sentido, Liston, 1980, citado por Huss, 1999, señala que el título total de microorganismos en piel, branquias e intestinos varía, estableciendo para la piel el rango de 10^2 - 10^7 UFC (unidades formadoras de colonias)/cm² de piel. Huss, 1999, también cita a Shewan, 1962, quien, señala para las branquias 10^3 y para los intestinos 10^9 UFC/g. Estos títulos microbianos según el autor, dependen más del

medio ambiente donde se captura el pez que de la especie misma. Los peces capturados en aguas muy frías y limpias contienen menor número de microorganismos, mientras que el pescado capturado en aguas cálidas como el atún, presenta recuentos superiores. Se ha encontrado título de 10^7 UFC/cm² en muestras de peces capturados en aguas costeras donde hay mayor presencia de desechos orgánicos. La microflora en peces de aguas templadas como el atún, está dominada por bacterias psicrófilas (amantes del frío), cuya temperatura máxima es 20 °C y su óptimo esta en 15 °C. Son bacterias Gram negativas, pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Shewanella* y *Flavobacterium*. También se incluyen las psicrotrófas (tolerantes al frío) capaces de crecer a 0 °C pero su óptimo es alrededor de los 25 °C (Morita, 1975, citado por Huss, 1999), Vibrionáceas (*Vibrio* y *Photobacterium*) y Aeromonadáceas (*Aeromonas* sp.).

En los cuadros 5 y 6 se presentan los recuentos de microorganismos aerobios mesófilos, psicrófilos, coliformes totales y fecales, durante los 30 días de almacenamiento para los lotes 1 y 2. En ambos lotes, el recuento de aerobios mesófilos en el atún fresco (t=0 días) está en el orden de 10^3 UFC/g, coincidiendo con los resultados de González (1998) en el músculo de atún fresco después de 1 a 2 días de capturado y con los De Berardinis (2011) en lomo de atún. El título de aerobios psicrófilos del lote 1 coincidió con los resultados de estos autores.

Cuadro 5. Recuento microbiológico en los trozos de lomo de atún (*Thunnus sp.*) de empaçado al vacío, presión atmosférica y atmósfera modificada almacenados por 30 días Lote1.

Tratamiento	Tiempo de Almacenamiento (días)						
	0	7			30		
		C	T1	T2	C	T1	T2
Aerobios mesófilos (UFC/g)	2,9 x 10 ^{3a} (141,42)	6,0 x 10 ^{3a} (1272,79)	1,17 x 10 ^{3a} (2121,32)	1,1 x 10 ^{3a} (1414,21)	2,35 x 10 ^{6b} (0,00)	4,2 x 10 ^{6b} (7071,06)	1,55 x 10 ^{6b} (7710,67)
Aerobios psicrófilos (UFC/g)	10,35 x 10 ^{3a} (777,81)	5,5 x 10 ^{3a} (1838,47)	27,6 x 10 ^{3a} (424,26)	3,9 x 10 ^{3a} (989,94)	3,1 x 10 ^{6b} (282842,71)	3,4 x 10 ^{6b} (0,00)	5 x 10 ^{6b} (0,00)
Coliformes totales (UFC/g)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)
Coliformes fecales (UFC/g)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)

N = 3, se muestra la media y entre paréntesis la desviación estándar.

C: empaçado a Patm y refrigerado

T1= empaçado a vacío y refrigerado

T2= empaçado en atmósfera modificada.

Cuadro 6. Recuento microbiológico en los trozos de lomo de atún (*Thunnus sp.*) fresco y durante los 30 días de empaçado al vacío, presión atmosférica y atmósfera modificada. Lote2.

Tratamiento	Tiempo de Almacenamiento (días)												
	0	7			15			21			30		
		C	T1	T2	C	T1	T2	C	T1	T2	C	T1	T2
Aerobios mesófilos (UFC/g)	3,32x 10 ^{3a} (70,71)	11,5 x 10 ^{3a} (7071,06)	6,5 x 10 ^{3a} (2121,32)	5,25 x 10 ^{3a} (2474,87)	15,5 x 10 ^{3a} (21213,20)	12,5 x 10 ^{3a} (3535,53)	8,75 x 10 ^{3a} (1060,66)	1,5 x 10 ^{6b} (7710,78)	1,8 x 10 ^{6b} (8388,34)	2,05 x 10 ^{6b} (21213,03)	1,12x 10 ^{6b} (5033,00)	2,25 x 10 ^{6b} (3355,30)	2,35 x 10 ^{6b} (7710,67)
Aerobios psicrófilos (UFC/g)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)
Coliformes totales (UFC/g)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)
Coliformes fecales (UFC/g)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^a (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)	< 1 ^b (0,00)

N = 3, se muestra la media y entre paréntesis la desviación estándar.

C: empaçado a Patm y refrigerado

T1= empaçado a vacío y refrigerado

T2= empaçado en atmósfera modificada.

Y el título de aerobios psicrófilos de la muestra 2 fue <1; por lo cual ambos recuentos en los lotes 1 y 2 son menores a 10^7 UFC/g, límite máximo señalado por ICMSFa, 1978, se puede decir, que ha prevalecido las BPF en la manipulación de ambas muestras de atún. Los recuentos de coliformes totales y fecales para ambos lotes, 1 y 2, fueron < 1 UFC/g, siendo menor al valor establecido (> 500 NMP/g) en el ICMSFb, 1978.

A los 7 días de almacenamiento a 4 °C, independientemente del tipo de empackado, los títulos de aerobios mesófilos para los lotes 1 y 2, se mantuvieron en el orden de 10^3 UFC/g y los aerobios psicrófilos del lote 1 también. En el lote 2, no hubo crecimiento de aerobios psicrófilos, ni de coliformes totales ni fecales. Se mantiene la estabilidad microbiológica a los 30 días de almacenamiento, a 4 °C, de los lomos de atún, independientemente del tipo de empackado, es fundamental tener un producto con calidad higiénica adecuada para que el proceso de conservación sea eficiente.

Los indicadores mesófilos y psicrófilos para el lote 1 se mantuvieron en el orden de 10^3 UFC/g por debajo del límite establecido por el ICMSFa 1978, sin embargo independientemente del tipo de empackado a los 30 días de almacenamiento, presentaron un crecimiento característico de levaduras, observándose presencia de limo y humedad en las muestras, por lo cual se decidió realizar un recuento para mohos y levaduras en esas muestras. Los resultados se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Recuento Mohos y levaduras en los trozos de lomo de atún (*Thunnus sp.*) a los 30 días de empackado al vacío, presión atmosférica y atmósfera modificada.

Tratamiento	Tiempo de Almacenamiento (30 días)	
	Levaduras UFC/mL	Mohos UFC/mL
Empacado a vacío	103	< 1
Empacado a Patm	33	< 1
Empacado Atmósfera modificada	-	< 1

Como los resultados del recuento de mohos y levaduras dieron positivos, se procedió a realizar un hisopado de todos los materiales utilizados en el empaqueo de esa muestra de atún (bandejas o envase contenedor, cuchillo, moldes, tabla para cortar y papel polimérico para el sellado). Cabe acotar que el material había sido higienizado previamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Recuento Mohos y levaduras del Hisopado de los materiales utilizados en el procesamiento de los trozos de lomo de atún (*Thunnus sp.*) a los 30 días de empaqueo al vacío, presión atmosférica y atmósfera modificada.

Material	Tiempo de Almacenamiento (30 días)	
	Levaduras UFC/ML	Mohos UFC/mL
Bandejas	300	11
Cuchillo	<1	49
Moldes	100	21
Tabla para cortar	23	72
Papel polimérico	-	-

Según la empresa Danimex la película polimérico viene estéril, lo cual fue corroborado con el estudio del hisopado. Debido a estos resultados para procesar el lote 2 se procedió a desinfectar todos los materiales con agua clorinada y jabón y se colocaron en una cámara limpia desinfectada con luz ultravioleta y el procesamiento de la muestra se realizó con guantes y tapabocas. López-Gálvez, 1995, procesaron sus muestras en una habitación con entradas frías (2 °C) y cuchillos estériles.

En el lote 2 el título de aerobios mesófilos estuvo en el orden de 10^3 UFC/g manteniéndose estable a los 7 y 15 días y alcanzando un orden de 10^6 independientemente del tipo de empaqueo a los 21 días y se mantuvo estable a los 30 días. Estos resultados coinciden con los de Lyhs y col., 2001, citados, por Suárez y col., 2009, quienes señalaron deterioro de la trucha arcoíris empacada a vacío y refrigerada a 3 °C y 20 días de almacenamiento y a 8 °C y 27 días de

almacenamiento; alcanzaron los mesófilos 10^6 y 10^7 respectivamente. Mientras que Özogul y col., 2004, encontraron un título aceptable de 10^6 UFC/g para mesófilos y psicrófilos en sardinas empacadas a vacío hasta el día 15 de almacenamiento bajo refrigeración a 4 °C. En este sentido López-Gálvez y col., 1995, encontraron que las muestras de atún almacenadas a Patm (control) presentaron mal olor y presencia de limo, después de 9-11 días de almacenamiento a 2 °C, alcanzando recuentos bacterianos de 10^8 UFC/g, siendo este valor superior al obtenido en este estudio, donde el recuento fue de 10^3 UFC/g para las muestras a Patm después de 7-15 días de almacenamiento a 4 °C y no presentaron olor desagradable ni presencia de limo. Sin embargo cuando López-Gálvez empacaron los filetes de atún en atmósferas enriquecidas con 20% CO₂ y 40% CO₂ el crecimiento bacteriano estuvo alrededor de 10^7 UFC/g a partir de 15 y 21 días de almacenamiento, respectivamente, a diferencia de los resultados obtenidos para este estudio del empacado de trozos de lomo de atún en atmósfera enriquecida con 70% CO₂ y 30% N₂ para el cual el crecimiento bacteriano se mantuvo en el orden de 10^6 UFC/g entre los 21 y 30 días de almacenamiento. Por lo cual la inhibición de los aerobios mesófilos se debe a la presencia del CO₂, el cual según Sarantópoulos y Soler, 1998, cuando es aplicado en carnes con baja contaminación microbiana permite el aumento de la vida útil del producto. El efecto inhibitorio del CO₂ se explica porque se disuelve en la fase acuosa del tejido muscular formando ácido carbónico. Los ácidos débiles como el ácido carbónico tienen actividad antimicrobiana en su forma no disociada. El pK del ácido carbónico es 6,35, es decir, a este pH el 50% del ácido carbónico está no disociado y el otro 50% está disociado, por lo cual a este pH la actividad antimicrobiana del ácido carbónico está reducida a un 50% de la especie. En los trozos de lomo de atún del lote 2 empacadas en AM, el pH a los 30 días fue de 5,72 (cuadro10b), por lo cual el porcentaje de especies moleculares en la forma no disociada es superior 50% y la actividad

antimicrobiana debería ser mayor. En el lote 1 el pH en AM a los 30 días esta en 6,57 ligeramente mayor al pK del ácido carbónico que es 6,37 por lo cual la actividad antimicrobiana sería menor.

ANÁLISIS FÍSICOS

- Color

En el cuadro 9a se presentan los resultados de la evaluación del color en los trozos de lomo de atún para el lote 1, empacados a Patm (C), vacío (T1) y atmósfera modificada (T2) y refrigerados a 4 °C durante 30 días de almacenamiento. Se aprecia un aumento significativo ($p < 0,05$) del parámetro "L" independientemente del tratamiento aplicado. El parámetro "a", color rojo, se mantuvo estable tanto para el empaque al vacío como para el empaque a presión atmosférica, mientras que en los trozos de lomos de atún empacados en AM hubo una disminución significativa del color rojo, observándose el desarrollo del color marrón desde la periferia hacia el centro (Figura 7), probablemente porque el contacto de la superficie del lomo con lámina y el fondo de la bandeja impedía contacto con el CO₂, en este sentido Sarantópoulos y Soler, 1998, mencionan que el empaque debe permitir que la mayor parte del alimento esté en contacto con la AM, por eso, los embalajes semi rígidos (bandejas) normalmente presentan ranuras y salientes en la base y los laterales. El parámetro "b" (amarillo) se mantuvo estable a los 30 días de almacenamiento para el control y los lomos empacados a vacío, mientras que para los lomos empacados en AM hubo un incremento significativo de casi el doble. López-Gálves y col. (1995) encontraron que a los 9 días de almacenamiento del atún bajo una atmósfera modificada (40/60, CO₂/N₂), se desarrolló un color verde-marrón rechazado por los panelistas que realizaron la evaluación sensorial, lo cual es un factor limitante en la vida útil del atún.

Para el lote 2, el parámetro "L" tuvo diferencias significativas ($p < 0,05$), aumentando en el almacenamiento. El parámetro "a" (rojo) aumenta significativamente a los 30 días para los tres tipos de empacados. Sin embargo el color observado en los trozos de lomo de atún es el característico de atún cocido (marrón). La disparidad entre la cuantificación de "a" y, el color observado probablemente se deba a cómo se colocó la muestra sobre la celda del colorímetro para su lectura, posiblemente hizo contacto la celda la parte roja con el fondo del empaque expuesta directamente al haz de luz. Mientras que el parámetro "b" (amarillo) solo aumento significativamente en la muestra empacada a vacío.

Se observo que el desarrollo de color marrón es en la superficie, debido a que al hacer un corte transversal se pudo apreciar que en el interior del músculo permanecía el color rojo (Figura 7)

El cambio de color de los trozos de lomo de atún empacados en AM se debe a la presencia del átomo de Fe inestable en el complejo hemo de la Mb, lo cual hace al músculo muy susceptible a la decoloración durante el procesamiento y almacenamiento. Dependiendo de la presión parcial del oxígeno en la atmósfera que rodea al músculo, la Mb puede estar como deoximioglobina (rojo púrpura bajo vacío) u oximioglobina (rojo brillante en ambiente completamente oxigenado). A baja presión parcial de oxígeno o cuando se exponen agentes oxidantes la Mb (Fe^{++}) puede ser oxidada para formar el pigmento marrón conocido como MetMb (Fe^{+++}) (Xiong y col., 1999). También la desnaturalización de la globina por el calor o a pH bajos favorece la autoxidación y por lo tanto la aparición de un color oscuro (Cheftel y Cheftel, 1992).

- pH

En los cuadros 10 a y 10 b se observan las determinaciones del pH en los trozos de lomo de atún tanto para el lote 1 como para el lote 2 refrigerados a 4 °C y almacenados por 30 días para cada tratamiento. El atún fresco del lote 1 presentó un pH de 6,03 coincidiendo con el resultado obtenido por De Berardinis, 2011, (6,02), López-Gálvez, 1995 quienes encontraron en *Thunnus alalunga* un pH de 5,8; mientras que el pH del lote 2 fue de 5,03. Este pH es muy bajo incluso si consideramos que González, 1998 y Huss, 1968 indican que la disminución de la concentración de oxígeno dentro de las células ocasiona que en las mismas se originen nuevos procesos catabólicos, como por ejemplo la descomposición del glucógeno, con la producción de ácido láctico, el cual torna el pH más ácido, desde aproximadamente 7,0 a 6,0-6,8. No obstante, los atributos microbiológicos del lote 2 estaban en buenas condiciones.

En este estudio, para ambos lotes el pH aumenta, a medida que transcurre los días de almacenamiento, siendo el valor más alto a los 30 días en los trozos de lomo de atún empacados a Patm, es decir, en donde el oxígeno está presente y el único elemento conservador es la temperatura de refrigeración de 4 °C, por lo cual el vacío y la AM ejercen un efecto sinérgico en la estabilidad del pH en los 30 días de almacenamiento. En el lote 1 expuesta a los tratamientos empacados a vacío y AM en los cuales el oxígeno del aire está ausente, el incremento del pH fue menor con respecto al control. Sin embargo, en el lote 2 no hay diferencia significativa a los 30 días entre los tratamientos y el control. Como ya se planteó en el tejido muscular muerto se degrada el glucógeno a ácido láctico, sin embargo por la descomposición microbiana de proteínas

Cuadro 9a. Color (L, a, b) \pm desviación estándar en trozos de lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados, refrigerados a 4 °C y almacenados. (Lote 1)

	Tiempo de Almacenamiento (días)			
	0	30		
	Atún fresco	Patm	V	AM
L	23,53 ^a (1,99)	27,21 ^b (1,56)	30,34 ^b (1,78)	38,04 ^c (0,59)
a	8,51 ^a (1,07)	8,07 ^a (0,13)	9,46 ^a (0,85)	1,14 ^b (0,19)
b	8,14 ^a (0,88)	9,28 ^a (1,05)	9,12 ^a (0,63)	14,58 ^b (1,44)

N = 3, se muestra la media y entre paréntesis la desviación estándar.
 Patm = presión atmosférica. V= Vacío. EAM = atmósfera modificada.

Cuadro 9 b. Color (L, a, b) \pm desviación estándar en trozos de lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados, refrigerados a 4 °C y almacenados. (Lote 2).

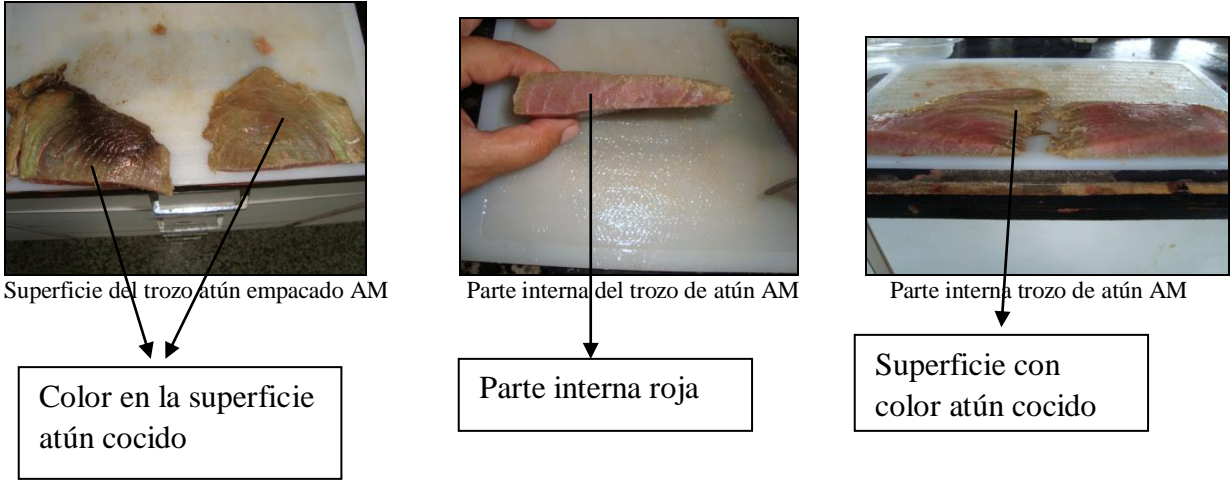
	Tiempo de Almacenamiento (días)									
	0	15			21			30		
	Atún fresco	Patm	V	AM	Patm	V	AM	Patm	V	AM
L	34,56 ^a (0,01)	35,08 ^a (0,48)	31,52 ^b (1,17)	37,71 ^c (1,32)	37,13 ^c (0,56)	35,43 ^a (1,35)	40,58 ^c (2,39)	35,04 ^a (2,56)	34,78 ^a (0,59)	37,96 ^c (0,34)
a	8,46 ^a (0,01)	8,05 ^a (0,69)	8,10 ^a (1,42)	8,11 ^a (0,44)	5,68 ^b (1,09)	4,66 ^b (1,58)	4,44 ^b (0,35)	11,94 ^c (0,77)	10,71 ^c (1,61)	9,46 ^c (0,63)
B	14,38 ^a (0,05)	12,82 ^b (0,43)	15,38 ^c (2,58)	14,65 ^c (0,43)	12,70 ^b (2,68)	15,90 ^c (4,56)	14,04 ^a (2,39)	13,91 ^a (1,22)	16,00 ^c (0,93)	13,92 ^a (2,49)

N = 3, se muestra la media y entre paréntesis la desviación estándar.

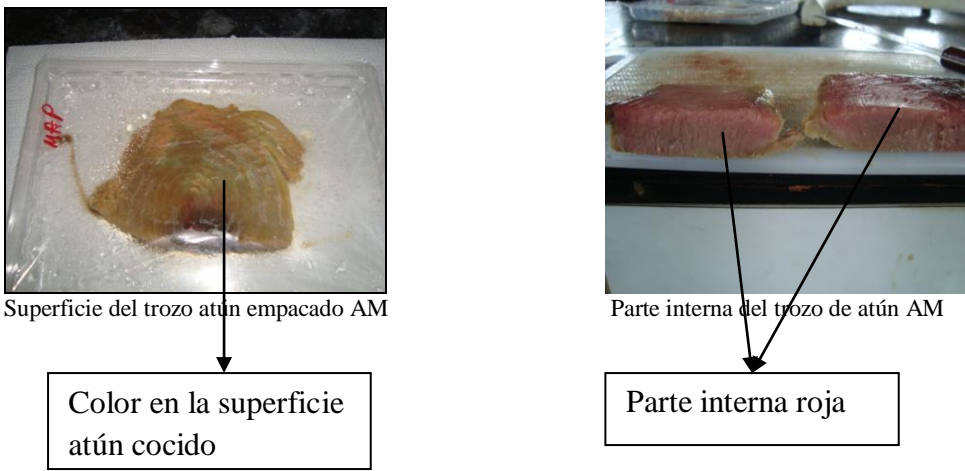
Patm = presión atmosférica. V = vacío. EAM = atmósfera modificada.

Figura 7. Color en los trozos de lomo de atún del lote 2.

Color a los 21 días en los trozos de lomo de atún del lote 2 empacados en atmósfera modificada.



Color a los 30 días en los trozos de lomo de atún del lote 2 empacados en atmósfera modificada.



Cuadro 10 a. pH \pm desviación estándar en los trozos de lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados, refrigerados a 4 °C y almacenados. Lote 1.

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)		
	0	7	30
C	6,03 \pm 0,01 ^a	5,72 \pm 0,02 ^a	7,18 \pm 0,03 ^b
T1	6,03 \pm 0,01 ^a	6,32 \pm 0,03 ^b	6,40 \pm 0,03 ^b
T2	6,03 \pm 0,01 ^a	5,69 \pm 0,03 ^a	6,57 \pm 0,02 ^b

N = 3, se muestra la media \pm la desviación estándar.

C = empacado a Patm y refrigerado

T1 = empacado a vacío y refrigerado

T2 = empacado en atmósfera modificada.

Cuadro 10 b. pH \pm desviación estándar en los trozos de lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados, refrigerados a 4 °C y almacenados. Lote 2.

Tratamiento	Tiempo de Almacenamiento (días)				
	0	7	15	21	30
C	5,03 \pm 0,02 ^a	5,47 \pm 0,02 ^b	5,77 \pm 0,01 ^b	5,48 \pm 0,05 ^b	5,92 \pm 0,04 ^b
T1	5,03 \pm 0,02 ^a	5,21 \pm 0,01 ^b	5,74 \pm 0,04 ^b	5,18 \pm 0,00 ^b	5,87 \pm 0,02 ^b
T2	5,03 \pm 0,02 ^a	5,08 \pm 0,01 ^a	5,55 \pm 0,01 ^b	5,09 \pm 0,00 ^a	5,72 \pm 0,00 ^b

N = 3, se muestra la media \pm desviación estándar.

C = empacado a Patm y refrigerado

T1 = empacado a vacío y refrigerado

T2 = empacado en atmósfera modificada.

y los lípidos que generan amoníaco y TMA el pH tiende a la alcalinidad y neutralidad, aun en las muestras empacadas en AM donde el CO₂ al disolverse en la fracción acuosa del tejido muscular se transforma en ácido carbónico (Cheftel y Cheftel, 1992; Huss, 1998; Sivertsvik, Rosnes, Jeksrud, 2004, citados por Torrieri y col., 2006). Huss, 1998, señala como límite máximo, pH de 7 en el pescado fresco, por lo cual el pH del atún es aceptable independientemente del tipo de empacado durante el almacenamiento.

- Textura

Durante mucho tiempo ha existido la necesidad de una evaluación instrumental de la textura del músculo de pescado, de manera que pueda ser descrita por términos físicos y designada por números objetivos (Huss, 1986). El ablandamiento *post mortem* en el músculo del pescado, es un factor de calidad directamente influenciado por las características del colágeno presente en cada especie, cuya degradación está relacionada con los fenómenos que acontecen durante el almacenamiento en frío. Varias investigaciones han demostrado que la pérdida de la textura en el músculo de pescado es uno de los efectos ocasionados por la degradación del tejido conectivo pericelular y no por el tejido conectivo intersticial (Suárez y col, 2009).

La firmeza del músculo es también un índice de frescura, de forma que el ablandamiento resulta en una disminución de la calidad. Es importante entender los mecanismos que causan este fenómeno para proponer y desarrollar métodos que usados en la piscicultura sean capaces de prevenir este proceso de pérdida de textura con la consecuente pérdida de la calidad del músculo (Huss, 1986).

En los cuadros 11 a y 11 b se presentan los resultados obtenidos de la medición de textura en los lotes 1 y 2 de los trozos de lomo de atún fresco durante los 30 días de almacenamiento. En el lote 1 se observa que la dureza y masticabilidad aumentaron a los 30 días de almacenamiento, mientras la cohesividad y elasticidad se mantuvieron estables en AM, mientras que con vacío y Patm la elasticidad aumentó y el resto de los parámetros permanecieron constantes. En el lote 2 se observó aumento de la masticabilidad a los 30 días y el resto de los parámetros permanecieron estables, y en los períodos de 15 y 21 días hubo fluctuaciones en todos los parámetros en las muestras empacadas en AM. En las muestras empacadas a vacío y Patm hubo disminución de la dureza y el resto de los parámetros permanecieron estables.

- Actividad de agua (a_w)

La actividad de agua (a_w) es un factor de gran importancia ya que este ofrece información de un producto en cuanto al crecimiento microbiano y vida útil (ICMSF, 1980).

En los cuadros 13 a y 13 b, se presentan los resultados obtenidos para la a_w tanto para el lote 1 como para el lote 2. Se observa que para ambos lotes no hay diferencias significativas, estas se mantiene constante durante todo el periodo de almacenamiento.

Cuadro 11 a. Textura \pm desviación estándar en los trozos de lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados, refrigerados a 4 °C y almacenados. Lote 1.

Parámetros	t= 0 días	30 días de almacenamiento		
		C	T1	T2
Dureza	2317,00 \pm 403,42 ^a	1738,21 \pm 92,80 ^a	2028,19 \pm 125,8 ^a	3335,38 \pm 255,78 ^b
Cohesividad	0,34 \pm 0,05 ^a	0,31 \pm 0,02 ^a	0,26 \pm 0,02 ^a	0,35 \pm 0,05 ^a
Elasticidad	2,94 \pm 0,27 ^a	3,83 \pm 0,56 ^b	3,57 \pm 0,30 ^b	3,18 \pm 0,40 ^a
Masticabilidad	2010,70 \pm 520,59 ^a	2127,96 \pm 404,24 ^a	1778,93 \pm 531,57 ^a	3733,41 \pm 560,52 ^b

N = 5, se muestra la media \pm desviación estándar.

C = empacado a Patm y refrigerado

T1 = empacado a vacío y refrigerado

T2 = empacado en atmósfera modificada.

Cuadro 11 b. Textura \pm desviación estándar en los trozos de lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados según el tratamiento, refrigerados a 4 °C y almacenados. Lote 2.

Parámetros	t =0 días	Tiempo de almacenamiento (días)								
		C			T1			T2		
		15	21	30	15	21	30	15	21	30
Dureza	3397,84 ^a (924,52)	972,65 ^b (53,70)	6549,47 ^c (29,13)	2110,80 ^d (487,68)	875,50 ^b (351,28)	6580,47 ^c (8,23)	2704,62 ^d (361,08)	751,66 ^b (124,63)	6583,69 ^c (4,67)	4246,23 ^a (140,18)
Cohesividad	0,32 ^a (0,04)	0,62 ^b (0,04)	1 ^b (0,00)	0,28 ^a (0,00)	0,62 ^b (0,06)	1 ^b (0,00)	0,34 ^a (0,02)	0,56 ^b (0,07)	1 ^b (0,00)	0,40 ^a (0,03)
Elasticidad	3,63 ^a (0,22)	3,64 ^a (0,29)	8,40 ^b (0,07)	3,83 ^a (0,42)	3,76 ^a (0,39)	9,08 ^b (0,49)	3,77 ^a (0,52)	3,14 ^a (0,41)	13,42 ^c (1,69)	4,09 ^a (0,59)
Masticabilidad	2715,34 ^a (1031,95)	2175,48 ^a (144,58)	55138,29 ^b (386,24)	2191,37 ^a (292,15)	1968,19 ^a (683,45)	59761,10 ^b (3273,76)	3530,32 ^a (886,91)	1360,08 ^a (537,96)	8362,93 ^c (11134,97)	6871,57 ^b (514,50)

N = 5, se muestra la media y entre paréntesis la desviación estándar.

C = empacado a Patm y refrigerado

T1 = empacado a vacío y refrigerado

T2 = empacado en atmósfera modificada.

La a_w de las muestras de lomo de atún evaluadas al igual que la mayoría de los alimentos frescos es mayor o igual a 0,99. La mayoría de los microorganismos deteriorativos crecen a a_w de 0,97 o menos, incluyendo hongos y levaduras (Jay, 1996). Por lo cual el atún siendo un producto fresco con una alta a_w es un producto muy perecedero desde el punto de vista microbiológico, sin embargo se mantuvo estable durante el almacenamiento, debido al efecto combinado de la refrigeración y a la ausencia de oxígeno tanto con el vacío como con la atmósfera modificada (70%CO₂/30%N₂). Sin embargo en el lote 1, hubo crecimiento de hongos y levaduras a los 30 días, razón por la cual fue necesario ser más estricto en las condiciones de higienización de los equipos de procesamiento y en el ambiente en el cual se realizó el procesamiento. Sarantópoulos y Soler, (1998) señalan que para alimentos de alta actividad de agua es de fundamental importancia que se conozca la cantidad y los tipos de microorganismos patógenos y deteriorativos que se puedan desarrollar en el producto empacado. Por ejemplo el *Clostridium botulinum* tipo E es capaz de desarrollarse a las temperaturas de refrigeración y es comúnmente encontrado en el pescado. Por eso, debe darse una atención particular al acondicionamiento del pescado con atmósfera modificadas o controladas.

- Humedad

El mantenimiento de la humedad es un factor muy importante en los alimentos pesqueros ya que la pérdida de la misma promueve la lipoxidación en el músculo del pescado. Por otro lado, influye notablemente en la textura de los alimentos, ya que al haber pérdida de agua, hay disminución de la textura en la carne del pescado debido a que esta se torna seca y dura, siendo menos apetecible para el consumidor (Badui, 2006).

Cuadro 13 a. Actividad de agua (a_w) \pm desviación estándar en los trozos de lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados, refrigerados a 4 °C y almacenados. Lote1.

Tratamiento	0	30
C	1,000 \pm 0,00 ^a	0,997 \pm 0,00 ^a
T1	1,000 \pm 0,00 ^a	0,997 \pm 0,01 ^a
T2	1,000 \pm 0,00 ^a	0,998 \pm 0,00 ^a

N = 3, se muestra la media \pm la desviación estándar.

C = empacado a Patm y refrigerado

T1 = empacado a vacío y refrigerado

T2 = empacado en atmósfera modificada.

Cuadro 13 b. Actividad de agua (a_w) \pm desviación estándar en los trozos de lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados, refrigeración a 4 °C y almacenados. Lote2.

Tratamiento	Tiempo de Almacenamiento (días)				
	0	7	15	21	30
C	0,978 \pm 0,01 ^a	0,989 \pm 0,00 ^a	0,984 \pm 0,00 ^a	0,975 \pm 0,02 ^a	0,980 \pm 0,01 ^a
T1	0,978 \pm 0,01 ^a	0,981 \pm 0,01 ^a	0,991 \pm 0,00 ^a	0,983 \pm 0,01 ^a	0,988 \pm 0,00 ^a
T2	0,978 \pm 0,01 ^a	0,992 \pm 0,01 ^a	0,990 \pm 0,01 ^a	0,990 \pm 0,00 ^a	0,969 \pm 0,03 ^a

N = 3, se muestra la media \pm la desviación estándar.

C = empacado a Patm y refrigerado

T1 = empacado a vacío y refrigerado

T2 = empacado en atmósfera modificada.

La temperatura de almacenamiento de los productos debe controlarse regularmente o continuamente, para evitar grandes fluctuaciones que puedan conducir a la desecación rápida. El empaque también es importante cuando se trata de conservar el pescado en refrigeración, su protección eficaz depende del grado de impermeabilidad al vapor de agua a bajas temperaturas y de la efectividad del cierre. Sin embargo, ocurre una ligera pérdida de humedad durante largos

períodos de almacenamiento refrigerado, incluso en las mejores condiciones, como consecuencia de que el agua de la capa superficial del tejido muscular tiende a evaporarse y condensarse en el interior del envase.

En el cuadro 14 se muestran los resultados obtenidos del contenido de humedad del lote 2 durante los 30 días de almacenamiento. No se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos pero si entre el tiempo 0 y los 7 y 30 días de almacenamiento a 4 °C. Sin embargo a los 21 días de almacenadas, todas las muestras independientemente del tratamiento mostraron un ligero aumento de la humedad (71,76- 73,45%). Independientemente de los tratamientos, la humedad, se mantuvo estable durante los 30 días de almacenamiento, coincidiendo con la a_w . Los trozos de lomo de atún con menor humedad a los 30 días fueron los empacados en AM.

Cuadro 14. Humedad \pm desviación estándar en los trozos de lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados, refrigerados a 4 °C y almacenados. Lote 2

Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)				
	0	7	15	21	30
C	70,94 \pm 0,61 ^c	69,33 \pm 2,63 ^a	70,54 \pm 0,31 ^{bc}	71,76 \pm 1,90 ^c	68,94 \pm 1,33 ^{ab}
T1	70,94 \pm 0,61 ^c	63,93 \pm 0,70 ^a	68,95 \pm 0,16 ^{bc}	71,03 \pm 1,72 ^c	68,37 \pm 1,62 ^{ab}
T2	70,94 \pm 0,61 ^c	69,63 \pm 0,11 ^a	70,52 \pm 1,69 ^{bc}	73,45 \pm 1,61 ^c	68,01 \pm 6,65 ^{ab}

N = 3, se muestra la media \pm la desviación estándar.

C = empacado a Patm y refrigerado

T1 = empacado a vacío y refrigerado

T2 = empacado en atmósfera modificada.

- **ANALISIS QUIMICOS**
- **Bases Volátiles Totales (BVT)**

La medición de las bases volátiles totales es indicativo de la ocurrencia de reacciones químicas enzimáticas que tienen como producto final compuestos básicos nitrogenados (amoníaco, trimetilamina, dimetilamina) los cuales son compuestos que aumentan el pH (Burt, 1998). De Sousa, 1990, señala que valores menores a 30 mg N/100g son indicativos de buena calidad del producto del mar y un nivel límite para el consumo de pescado es de 60 mg N/100g. Sin embargo Huss, 1986, señala un rango de 30-35 mg N/100g para los pescados grasos (lípidos > 7) como el atún. El valor establecido por la legislación Brasileira es de 30mg/100g (Teodoro y col., 2007). Estos autores encontraron en sardinas (*Sardinella brasiliensis*) empacadas con 50% y 100% CO₂ valores de BVT > 30mg/100g a partir del vigésimo día de almacenamiento, demostrando la efectividad de la atmósfera modificada.

Las BVT reflejan solo 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 los cuadros 15 a y 15 b se presentan los resultados obtenidos para el contenido de bases volátiles totales (BVT) en los lotes 1 y 2. Se encontró, que para el lote 1, que no hubo diferencia significativa entre 0 y 7 días, pero si a los 30 días de almacenamiento refrigerado. En el lote 2 lo valores de BVT aumentaron a los 7 días, manteniéndose a los 15, para luego aumentar a los 21 días. A los 30 días de almacenamiento, no hubo diferencia significativa en las muestras empacadas a Patm pero si con los tratamientos empacados a vacío y atmósfera modificada, observándose mayor promedio de BVT en atmósfera modificada.

En ambos lotes, los valores de BVT son menores a 30 mgN/100g (Huss, 1986; De Sousa, 1990; Teodoro y col. (2007) a los 30 días de almacenamiento independientemente del tratamiento. En este sentido, Teodoro y col., 2007 encontraron en sardinas (*Sardinella brasiliensis*) empacadas en 50% y 100% CO₂ valores de BVT > 30mg/100g a partir del vigésimo día de almacenamiento y concluyeron que la AM era efectiva para el almacenamiento de estas sardinas bajo esas condiciones. En esta experiencia con 70% CO₂ y 30 días de almacenamiento a 4 °C los valores de BVT están por debajo de los límites establecidos. Özogul y col (2004), encontraron que valores de BVT para sardinas empacadas a vacío y almacenadas a 4 °C fue superior a 35 mgN/100 g de músculo después de 9 días de almacenamiento. Similares resultados fueron obtenidos por Pantazi y col (2008) trabajando con el pez espada (*Xiphias gladius*), donde se observaron valores de 38 mgN/100 g después de 18 días de almacenamiento a 4 ± 0,5 °C y empacado al vacío. Suárez y col (2009) encontraron que los valores de BVT en filetes sajadados de cachama empacados al vacío durante 30 días de almacenamiento a 3 °C aumento de 15,68 mgN/100 g a 39,36 mgN/100g en el día 15, sobrepasando el limite aceptado (30 mgN/100 g). . En este trabajo en los trozos de lomo de atún empacados a vacío durante 30 días de almacenamiento a 4 °C los valores de BVT están por debajo de los límites establecidos.

Cuadro 15 a. Bases Volátiles Totales (BVT) ± desviación estándar (mg N/100 g) en los trozos de lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados, refrigerados a 4 °C y almacenados. Lote 1

Tratamiento	Tiempo de Almacenamiento (días)		
	0	7	30
C	19,87 ± 0,44 ^a	21,28 ± 0,21 ^a	25,03 ± 2,43 ^b
T1	19,87 ± 0,44 ^a	18,54 ± 0,64 ^a	23,36 ± 1,04 ^b
T2	19,87 ± 0,44 ^a	18,29 ± 0,86 ^a	29,42 ± 2,41 ^b

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

C = empacado a Patm y refrigerado

T1 = empacado a vacío y refrigerado

T2 = empacado en atmósfera modificada.

Cuadro 15 b. Bases Volátiles Totales (BVT) \pm desviación estándar (mg N/100 g) en los trozos de lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados, refrigerados a 4 °C y almacenados. Lote 2

Tratamiento	Tiempo de Almacenamiento (días)				
	0	7	15	21	30
C	6,95 \pm 0,98 ^a	8,36 \pm 0,97 ^b	8,77 \pm 0,16 ^b	13,68 \pm 0,56 ^c	14,89 \pm 0,83 ^c
T1	6,95 \pm 0,98 ^a	8,55 \pm 1,62 ^b	8,68 \pm 0,48 ^b	10,22 \pm 0,81 ^c	13,78 \pm 0,19 ^d
T2	6,95 \pm 0,98 ^a	10,25 \pm 0,14 ^b	10,57 \pm 0,47 ^b	12,16 \pm 0,59 ^c	15,41 \pm 0,75 ^d

N = 3, se muestra la media \pm la desviación estándar.

C = empacado a Patm y refrigerado

T1 = empacado a vacío y refrigerado

T2 = empacado en atmósfera modificada.

- Proteínas Solubles

La solubilidad de las proteínas en soluciones salinas (Pss) es uno de los métodos más aceptados para establecer la desnaturalización de proteínas del pescado. De ocurrir esto, 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 Cheftel. 1992).

En los cuadros 16 a y 16 b se observan los porcentajes de proteínas solubles en solución salina tanto para el lote 1 y lote 2. En el lote 1 el contenido de proteínas solubles fue de 5,04%, menor al encontrado por Mena (2009) de 6,99% y De Berardinis (2011) de 9,87%, mientras que para el lote 2 fue de 7,70%. Estas diferencias pueden deberse a factores intrínsecos (sexo, tamaño, edad y nutrición), factores extrínsecos (zona y época de captura), y las condiciones de extracción utilizadas en los análisis de proteínas solubles en solución salinas.

Para el lote 1 hubo aumento significativo ($p < 0,05$) en el porcentaje de proteínas solubles en solución salina extraídas a los 30 días de almacenamiento, independientemente del tratamiento de

conservación, sin embargo, en AM se observa una mayor extracción de proteínas solubles. Por el contrario, en el lote 2 se observa una disminución en el porcentaje de proteínas extraídas, independientemente del tipo de tratamiento, pero al igual que en el lote 1 la AM presentó mayor extracción de proteínas solubles. En el intervalo de pH 5-7 se desnaturaliza la mioglobina (Matsuura et al., 1962; Brown and Mebine, 1969; Gotoh and Shikama, 1974; Shikama and Sugawara, 1978, citados por Chow, 1991).

Cuadro 16 a. Proteínas Solubles en solución salina \pm desviación estándar (mg/mL) en los trozos de lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados, refrigerados a 4 °C y almacenados. Lote 1

Tratamiento	Tiempo de Almacenamiento (días)		
	0	7	30
C	5,04 \pm 0,65 ^a	4,47 \pm 0,23 ^a	6,49 \pm 0,18 ^b
T1	5,04 \pm 0,65 ^a	4,57 \pm 0,12 ^a	6,51 \pm 0,18 ^b
T2	5,04 \pm 0,65 ^a	4,84 \pm 0,12 ^a	7,16 \pm 0,20 ^b

N = 3, se muestra la media \pm la desviación estándar.

C = empacado a Patm y refrigerado

T1 = empacado a vacío y refrigerado

T2 = empacado en atmósfera modificada.

Cuadro 16 b. Proteínas Solubles en solución salina \pm desviación estándar (mg/mL) en los trozos de lomo de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacados, refrigerados a 4 °C y almacenados. Lote 2

Tratamiento	Tiempo de Almacenamiento (días)				
	0	7	15	21	30
C	7,70 \pm 0,67 ^a	5,60 \pm 0,06 ^b	3,95 \pm 0,09 ^c	4,11 \pm 0,06 ^c	5,26 \pm 0,12 ^b
T1	7,70 \pm 0,67 ^a	5,82 \pm 0,06 ^b	4,07 \pm 0,09 ^c	5,37 \pm 1,02 ^b	6,23 \pm 0,13 ^b
T2	7,70 \pm 0,67 ^a	4,69 \pm 0,19 ^b	4,08 \pm 0,16 ^c	6,06 \pm 0,06 ^d	6,60 \pm 0,16 ^d

N = 3, se muestra la media \pm la desviación estándar.

C = empacado a Patm y refrigerado

T1= empacado a vacío y refrigerado

T2= empacado en atmósfera modificada.

La AM puede afectar a la calidad del producto, debido principalmente al CO₂ disuelto en el tejido muscular el cual se asocia con un aumento del ácido carbónico (Sivertsvik, Rosnes, Jeksrud, 2004, citados por Torrieri y col., 2006), el cual disminuye el pH del tejido muscular y a pH bajos la proteína del tejido muscular pierde la capacidad de retención de agua.

- **Rancidez Oxidativa**

Los lípidos son uno de los componentes que afectan considerablemente las características sensoriales del pescado, lo cual se refiere a la oxidación de los ácidos grasos insaturados. Esto origina cambios fisicoquímicos que causan cambios de olor, sabor y atributos de calidad en el músculo del pescado. Schormuller, 1969; citado por Mbarki y col., 2009; y Suárez y col., 2009, propusieron que 5 mg Ma/kg indican buena calidad del pescado refrigerado, congelado o en hielo, y se puede aceptar hasta 8 mg Ma/kg para pescado destinado a consumo humano. Para el estudio realizado al atún fresco en la muestra 1 y 2 a los 30 días de almacenado y refrigerado a 4 °C los valores de TBA permanecieron dentro de los límites de aceptabilidad.

Hay una diferencia notable entre el contenido de malonaldehído entre el lote 1 y 2 (2 a 6,99). Esto debido a que el lote 1 tiene un 1,31% de lípidos mientras que el lote 2 tiene 5,55% de lípidos. Por lo que se infiere que el lote 2 podría desarrollar mayor rancidez y a la vez TMA.

En los cuadros 17 a y 17 b se presentan los resultados obtenidos para el contenido de TBA (mgMa/kg) para el lote 1 y lote 2, en ambos lotes hubo incremento significativo ($p < 0,05$) en el contenido de malonaldehído, salvo en el empacado al vacío de los lomos de atún del lote 2. Es decir, la ausencia de O₂ durante el almacenamiento refrigerado retarda la oxidación de lípidos en el lote 2. En el lote 1, al final del almacenamiento, hubo mayor producción de malonaldehído en el control y en la AM. Igual tendencia se observó en el lote 2.

Los controles de ambos lotes se empacaron y almacenaron en presencia del O₂ del aire, y la muestras de atmósfera modificada para ambos lotes se empacaron en presencia de 70% CO₂ y 30% N₂. La muestra empacada en atmósfera modificada del lote 1 perdió el color rojo y aumento el amarillo a los 30 días de almacenamiento refrigerado con un pH de 6,57; y en la muestra empacada en atmósfera modificada del lote 2 se encontró un aumento del color rojo y estabilidad del amarillo y un pH 5,7. En esta condición se favorece la formación de metamioglobina de color marrón, en donde el Fe⁺⁺ se ha oxidado a Fe⁺⁺⁺ y según Sarántopoulus y Soler, 1988, es un catalizador de la oxidación de lípidos. Esto podría explicar el mayor contenido de malonaldehído en las muestras empacadas en atmósfera modificada con respecto al control.

Cuadro 17 a. Rancidez oxidativa ± desviación estándar (mg Malonaldehído/kg) en los trozos de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacado y refrigerado a 4 ° C. Muestra 1.

Tratamiento	Tiempo de Almacenamiento (días)		
	0	7	30
C	2 ± 0,04 ^a	0,92 ± 0,03 ^b	10,3 ± 0,01 ^c
T1	2 ± 0,04 ^a	0,88 ± 0,06 ^b	4,55 ± 0,38 ^c
T2	2 ± 0,04 ^a	1,89 ± 0,07 ^a	6,13 ± 0,00 ^b

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

C = empacado a Patm y refrigerado

T1 = empacado a vacío y refrigerado

T2 = empacado en atmósfera modificada.

Cuadro 17 b. Rancidez oxidativa \pm desviación estándar (mg Malonaldehído/kg) en los trozos de atún fresco (*Thunnus sp.*) empacado y refrigerado a 4 ° C. Muestra 2.

Tratamiento	Tiempo de Almacenamiento (días)				
	0	7	15	21	30
C	6,99 \pm 0,01 ^a	6,54 \pm 0,00 ^a	7,08 \pm 0,05 ^a	7,59 \pm 0,05 ^b	7,89 \pm 0,14 ^b
T1	6,99 \pm 0,01 ^a	6,01 \pm 0,05 ^b	6,29 \pm 0,11 ^b	6,50 \pm 0,10 ^a	6,95 \pm 0,07 ^a
T2	6,99 \pm 0,01 ^a	7,17 \pm 0,39 ^b	7,47 \pm 0,20 ^b	7,77 \pm 0,20 ^c	8,07 \pm 0,13 ^c

N = 3, se muestra la media \pm la desviación estándar.

C = empacado a Patm y refrigerado

T1= empacado a vacío y refrigerado

T2= empacado en atmósfera modificada.

López-Gálvez y col. (1995), indican que no hubo un patrón consistente de cambio de valores de TBA encontrados en el musculo de atún, los niveles eran casi siempre inferior a 3 mgMa/kg. Por tanto, parece que este patrón no está claramente afectado por la atmósfera modificada.

Por otra parte, Huss, 1999, ha reportado que el índice de TBA no necesariamente refleja con exactitud la oxidación lipídica, ya que el malonandehído puede interactuar con los ácidos nucleicos, proteínas, aminoácidos, e inclusive con otros aldehídos siendo su presencia más significativa en avanzados grados de oxidación.

Pantazi y col. (2008), indican que los valores de TBA obtenidos para el estudio de pez espada fueron variables independientemente de la condición de empacado, los valores estaban por debajo del umbral de 3 mgMa/kg. También han indicado que los lípidos en tejidos de pescado fresco que se mantienen en hielo o refrigerado muestran una tendencia hacia una pequeña rancidez oxidativa.

Suárez y col. (2009), reportaron que el valor inicial de TBA para los filetes de cachama fue de 0,32 mgMa/kg, estos valores incrementaron hasta el final del periodo de almacenamiento 1,52 mgMa/kg, lo cual lo atribuyen a la presencia de oxígeno, que es el que desencadena una serie de reacciones que producen compuestos que proporcionan el olor y sabor rancio, esperaban

encontrar un mayor índice de TBA en las muestras empacadas sin vacío; lo cual observaron y corroboraron con los resultados obtenidos.

- EVALUACION SENSORIAL

La gran mayoría de los factores que inciden en la calidad de los alimentos pueden ser medidos por métodos sensoriales. En tal sentido, la evaluación sensorial constituye una parte importante de cualquier programa de calidad de un producto, dado que el criterio final de aceptación del mismo viene dado por la respuesta humana. En los trabajos de investigación, el análisis sensorial completa los métodos físicos y químicos evaluados.

En la evaluación sensorial realizada a las muestras del lote 1 de trozos de lomos de atún empacados en AM a los 30 días se observó que el color rojo del atún cambio a marrón, característico de atún cocido, también se percibió un olor neutro que no era ácido ni dulce sino mas bien suave y había que acercar la nariz. Para el empacado a presión atmosférica y vacío si presentaron olor a descompuesto pero el color si se conservó rojo. La mioglobina se mantuvo estable en el empacado a vacío y Patm más no en el empacado en AM.

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial del lote 2 de atún fresco (*Thunnus sp.*) se presentan en el cuadro 18, mostrando variación significativa $p < 0,05$ entre todos los atributos sensoriales con respecto al tiempo. En general, la evaluación sensorial del atún fresco indico un grado global de aceptación. En cuanto al color los panelistas indicaron que le era indiferente y la apariencia les gusto ligeramente, en lo que se refiere a textura la gran mayoría la califico de "dura".

Cuadro 18. Evaluación sensorial en los trozos de atún fresco (*Thunnus sp.*) \pm desviación estándar. Lote 2.

Tratamiento	Color	Olor	Apariencia
Atún Fresco	4,93 \pm 1,98 ^a	6,06 \pm 1,87 ^b	6 \pm 2,01 ^b

N= 3, se muestra la media \pm desviación estándar.

VII. CONCLUSIONES

- El lomo de atún empacado en atmósfera modificada 70% CO₂ + 30% N₂, como medio para incrementar la vida útil a 4 ° C en almacenamiento, permitió un incremento en la vida útil de 15 días

- Se mantuvo estable microbiológicamente y los indicadores BVT y TBA se mantuvieron dentro de los valores recomendados para productos pesqueros refrigerados. La extensión de la vida útil fue de 3 días.

- El color no es medida para evaluar la calidad.

- La evaluación sensorial en el atún fresco fue de suma importancia porque los panelistas indicaron las características percibidas por ellos, evaluando los trozos de lomo de atún como ligeramente bueno en la escala hedónica.

VIII. RECOMENDACIONES

- Con la combinación de gases 70% CO₂ y 30% N₂ que es la proporción recomendada por Mapax[®] para pescados grasos hacer una evaluación del color rojo diaria, a partir de los 7 días en la superficie donde está ocurriendo el cambio de color.
- Medir el pH en la superficie donde está ocurriendo el cambio de color.
- Usar bandejas con ranuras en la base para que circule mejor el CO₂ en la superficie del atún.
- Cuidar las condiciones higiénicas sanitarias de los materiales (cuchillos, tablas, bandejas) con los cuales se procesara el atún, así como el uso de guantes y tapabocas por parte del operario y trabajar en un ambiente desinfectado con luz ultravioleta.
- Probar combinaciones de 60% CO₂ y 40% N₂, así como combinaciones en las cuales se incluya el oxígeno para mantener la estabilidad de la mioglobina en baja proporción
- Caracterizar siempre los productos pesqueros principalmente el contenido de lípidos antes de ser procesados en ambientes con atmósferas modificadas.
- Cuidar como se coloca la superficie de exposición a la celda del colorímetro.

IX.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **AGA. Manual. Mapax®**. (sin fecha). La mejor solución para atmósferas modificadas. Pág. 22-23
- **AOAC** (Association of Official Analytical Chemist Inc.). 2005. Official Methods of Analysis. 18th. George Latimer (Ed). Washington D.C.
- **APHA** (American public Health Association). 2001. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Ed. Marvin y Speck. Washintong. D.C. Pág 1115.
- **Arashisar, S; O. Hisar; M. Kaya; Yanik**. 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorynchus mykiss*) fillets. International Journal of Food microbiology, **97**: 209-214.
- **Baduí, S**. Química de los alimentos. 2006. Cuarta edición. Editorial Pearson. Ciudad de México. Pag.: 81-88, 103-105.
- **Bailey, C. y A. Gac**. 1990. Alimentos congelados: procesado y distribución. Instituto Internacional del Frío. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. Capítulos 2, 3, 4, 5 y 6. Pág 3-137.
- **Banks, H; R. Nickelson; G. Finne** 1980. Shelf-life studies on carbon dioxide packaged finfish from the gulf of Mexico. J. Food J Sc. **45 (2)**: 157-162.
- **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 1, 2 y 5.

- **Barrero, M.; Y. Castillo y M. Kodaira.** 2007. Influence of washing and frozen storage on the myofibrillar proteína fraction in sardine mince flesh. *Rev. Científica Facultad de Ciencias Veterinarias. División de Investigación. Universidad del Zulia. Venezuela.* Pág 405 – 411.
- **Bito, M.** 1976. Retention of meat colour 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. Pág. 67-97.
- **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. Pág. 64-325.
- **Burt J.R.** 1998. Fish Smoking and Drying. Elsevier Science Publishers LTD. Pág. 23-25.
- **Byun, Y; Bae, H J; Cooksey, K; Whitseide, S.** 2010. Comparison of the quality storage stability of salmon packaged in various retort pouches. *LWT- Food Science and Technology,* **43:** 551-555.
- **Catarci, C.** 2003. El mercado mundial del atún. *INFOPECA International* 15. <http://www.globefish.org/dynamisk.php?id=2012>. [Consultada el 4 de Marzo 2011].
- **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 2 Sección II-2.
- **Chow, C-j.** 1991. Relationship between the Stability and Autoxidation of Myoglobin. *J. Agric. Foal Chem.* (39): 22-26.
- **COVENIN.** 1979. Alimentos, Determinación de pH, acidez iónica (1315). Comisión venezolana de normas industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.
- **COVENIN.** 1997. Alimentos, Recuento de aerobios. Métodos de placas con películas secas rehidratables (PetriFilm^R) (3338). Comisión venezolana de normas industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.

- **COVENIN.** 1997. Alimentos, Recuento de coliformes y *Escherichia coli*. Métodos de placas con películas secas rehidratables (Petrifilm^R) (3276). Comisión venezolana de normas industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.
- **De Berardinis, R.** 2011. Empacado al vacío 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. Departamento de Tecnología de Alimentos. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias. UCV.
- **Decker, E.A. y Z. Xu.** 1998. Minimizing rancidity in muscle foods. *Food Technology* **52**(10): 54-59.
- **De Pablos, J.** 1998. Empacado en atmósfera modificada principios y usos en frutas y hortalizas y carnes. Seminario de Post-grado. Interfacultad de posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimento. Facultad de Ciencia. UCV.
- **Desrosier, N.W.** 1997. Conservación de los Alimentos. 1ª edición, 22ª reimpresión. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México. Capítulo 4.
- **De Sousa, J.** 1990. Características y control de pescado y otros productos marinos para la industria. Aspectos técnicos y económicos. Pág. 110
- **García I., E; L. Gago y J. L. Fernández. 2006.** Informe de vigilancia tecnológica: Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. Asociación empresarial de Alimentos de la Comunidad de Madrid (ASEACAM). Madrid. Depósito Legal: M-42 918-2006. [En línea]:[http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt3_tecnologias_d e_ensado_en_atmosfera_protectora.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt3_tecnologias_de_ensado_en_atmosfera_protectora.pdf)
- **Giménez, C.** 2009. El Atún: La actividad atunera en el contexto de la pesca mundial y venezolana. Impreso en Venezuela. Capitulo 2. Pág. 59-65

- **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.
- **Handbook of food preservation.** 2007. Edited by M Shaficar Rahman. Capítulo 14.
- **Heidmann, M. y M. Oetterer.** 2003. Use of Modified Atmosphere in Seafood Preservation. Brazilian Archives of Biology and Technology. (46): 569-580.
- **Huss, H. H.** 1998. El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de Calidad. FAO. Documento Técnico de Pesca N° 347.
- **Huss, H. H.** 1999. El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de Calidad. FAO. Documento Técnico de Pesca N° 348.
- **Huss, H. H.** 1999. El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de Calidad. Manual de entrenamiento preparado por la FAO.
- **ICMSF.** 1978. Microbiología de los alimentos 1a. Editorial Acribia 2ª edición Zaragoza, España. Pág. 3-15, 28-32, 96-99.
- **ICMSF.** 1978. Microbiología de los alimentos 2b. Editorial Acribia. 2ª edición Zaragoza, España. Pág. 91-94.
- **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.
- **Instituto internacional del Frío (IIF).** 1990. Alimentos Congelados. Editorial Acribia, S.A. España.
- **Instructivo de servicio MULTIVAC T 200.**
- **INN (Instituto Nacional de Nutrición).** 2001. Tabla de composición de alimentos para uso práctico. 1ª reimpresión. Publicación N°54. Serie Cuadernos azules. Caracas. Venezuela.

- **Izquierdo Córser, P; G. Torres Ferrari; Y. Barboza de Martínez; E. Márquez Salas y M. Allara Cagnasso.** 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.
- **Jay, J.M.** 1996. *Modern Food Microbiology*. Fifth Edition. Chapman & Hall. New York.
- **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. Pág. 555-575.
- **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. Pág. 10-18.
- **López- Gálvez, D; L. De la Hoz; J. Ordoñez.** 1995. Effect of carbon dioxide and oxygen enriched atmospheres on microbiological and chemical changes in refrigerated Tuna (*Thunnus alalunga*) steaks. *J. Agric. Food Chem.* **43**: 483-490.
- **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 Interfacultad de Postgrado 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. Pág. 11-30.

- **Márquez Figueroa, 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.
- **Martin, E.,** 1985. Almacenamiento de productos pesqueros en atmósferas controladas y modificadas. Trabajo especial de grado. Departamento de Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencia. UCV.
- **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.
- **McMillin, K.W., Huang, N.Y., Ho, C.P., Smith, B.S.** 1999. Quaility and shelf-life of meat in case-ready modified atmosphere packaging. En: *Quality attributes of muscle foods*. Edited by Xiong, Y.L.;Ho, C-T y Shahidi, F. Kluwer Academic. New York. Pág. 73-93
- **Medina, I., S.P. Aubourg y R. Perèz-Martìn.** 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. Departamento de Tecnología de Alimentos. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias. UCV.
- **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.

- **Murcia, M; M. Martinez; M. Nicolas; A. Vera.** 2003. Extending the shelf-life and proximate composition stability of ready to eat foods in vacuum or modified atmosphere packaging. *Food Microbiology* **20**: 671-679.
- **Özogul, F; A. Polat; Y. Özogul.** 2004. The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory, and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). *Food Chemistry* **85**: 49-57.
- **Pantazi, D; A. Papavergou; N. Pournis; M.G. Kontominas; I.N. Savvaidis.** 2008. Shelf-life chilled fresh Mediterranean swordfish (*Xiphias gladius*) stored under various packaging conditions: Microbiological, biochemical and sensory attributes. *Food Microbiology* **25**: 136-143.
- **Pearson, D.** 1976. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Editorial Acribia. España. Pág 179-197.
- **Pérez-Villareal y Pozo, R.** 1990. Chemical Composition and Ice Spoilage of Albacore (*Thunnus alalunga*). *Journal of Food Science*. **55** (3): 601-884.
- **Potter, N.N. y J.H. Hotchkiss.** 1995. Ciencia de los alimentos. 5ª edición. Editorial Acribia S.A. España. Capítulos 6, 15 y 18. Pág. 101-394.
- **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 15.
- **Sarantópoulos, C; R. Soler.** 1988. Novas tecnologías de acondicionamiento de alimentos. Governo Estado de Sao Paulo. Capítulo 5.
- **Suárez, H; S. Pardo; M. Cortez; S. Ricaurte y B. Rojano.** 2009. Evaluación de nueva tecnología para mitigar las espinas intramusculares en filetes de cachama *Piaractus brachypomus* (*Piscies: 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.* **31** (1): 44-48.
- **Teodoro, A; E. De Andrade y S. Borges.** 2007. Avaliação da utilização de embalagem m em atmosfera modificada sobre a conservação de sardinhas (*Sardinella brasiliensis*). *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, **27**(1): 158-161.
- **Torrieri, E.; Cavella, S.; Villani, F. y Masi. P.** 2006. Influence of modified atmosphere packaging on the chilled shelf life of gutted farmed bass (*Dicentrarchus labrax*). *J. Food Eng.* **77**: 1078–1086
- **Wang, T; K. Sveinsdottir; E. Martinsdottir.** 2008. Combined application of modified atmosphere packaging and superchilled storage to extend the shelf life of fresh cod (*Gadus morhua*) loins. . *J. Food Sci.* **73** (1): 11-19.
- **Xiong, Y.L.;Ho, C-T y Shahidi, F.,** 1999. Quality characteristics of muscle foods. An overviw. En: *Quality attributes of muscle foods.* Edited by Xiong, Y.L.;Ho, C-T y Shahidi, F. Kluwer Academic. New York. Pág. 1-10

ANEXOS

Anexo 1. Manual de la máquina empacadora MULTIVAC T200.

- Encender el compresor (on) ubicado en la pared este, externa de la planta piloto.
- Revisar y abrir las conexiones de agua, aire y gas, en ese mismo orden. El manómetro del gas debe estar entre 75 y 100 PSI.
- Encender la máquina y esperar a que precaliente, hasta alcanzar la temperatura adecuada para que haya un buen sellado (135 °C); la temperatura depende del micraje de la bandeja (35 micras, 45 micras, 55 micras y 60 micras). Mientras mayor sea el micraje de la bandeja, la temperatura será mayor.
Bandeja de 45mµ temperatura máxima 140 °C, bandeja de 55mµ temperatura máxima 150 °C y bandejas de 35mµ temperatura máxima 130 °C.
- Colocar las bandejas (previamente lavadas con agua y jabón) en los espacios correspondientes y nivelar los bloques, según la profundidad de las bandejas seleccionadas. Esperar que la máquina indique en la pantalla, con una flecha (←), que la gaveta ya puede ser introducida y presionar la tecla con la receta a usar para realizar la extracción del aire (vacío) y posterior inyección del gas correspondiente y cuando la maquina lo indique en la pantalla, (→), sacar la gaveta.

Notas importantes:

-Para crear una receta se disponen de seis espacios (teclas del 1 al 6, dispuestas al lado de la pantalla), se puede grabar una receta por número y es necesario dejar la tecla presionada hasta que la pantalla indique receta cargada, en las mismas se puede grabar la presión del gas, temperatura de sellado y evacuación del aire.

-La tecla con el Número 1 tiene cargada una receta automática la cual no debe modificarse, puesto que es una receta estándar.

-Para diseñar la receta se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Presionar la segunda tecla que se encuentra en el panel (de izquierda a derecha), justo debajo de la pantalla, en la cual se regula el nivel de evacuación del aire (en milibares) con las flechas (↑↓) que se encuentran al lado de la pantalla. Lo recomendado por el técnico de Danimex son 10mb. Luego de colocar el valor ajustado, presionar la tecla seleccionada para guardarlo como parte de la receta.
- b) Presionar la tercera tecla del panel para introducir el segundo parámetro, que es la presión del gas, la cual se debe ajustar dependiendo de la zona del país donde se encuentre, en el caso del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ubicado en Colinas de Bello Monte-Caracas, se recomienda una presión atmosférica de 890 mb. A nivel del mar, la presión es de 1 atmósfera que equivale a 1013mb. Luego de colocar el valor ajustado, presionar la tecla seleccionada para guardarlo como parte de la receta.
- c) Presionar la cuarta tecla del panel para introducir el tercer parámetro, la temperatura de sellado, que puede variar entre 125 °C y 135 °C, ésta dependerá del micraje de la bandeja a utilizar. El tiempo de sellado es de 2 segundos. Debe recordarse que luego de colocar el valor ajustado, hay que presionar la tecla seleccionada para guardarlo como parte de la receta.

- Se puede controlar la velocidad de la película polimérica, usando el freno (perilla ubicada a la izquierda de la bobina del polímero).

- Si la máquina no corta bien la película polimérica al sellar las bandejas, revisar las cuchillas, y también la presión del aire que puede estar muy baja si esto ocurre.

-Se debe tomar en cuenta que si se utiliza una temperatura de sellado de 130 °C o más y la película polimérica se arruga, entonces la temperatura debe disminuirse.

-Si la película polimérica queda floja o arrugada, se debe ajustar la bobina de la película con la perilla del freno o sino revisar la presión del gas, que puede estar muy baja.

-Limpieza de la máquina: Se debe limpiar con jabón líquido de bajo pH (3-5) y desinfectar con alcohol absoluto. También se recomienda colocar vaselina en los rieles de la gaveta para que esta ruede con más facilidad.

-Si se requiere hilvanar la película polimérica, usar la paleta, la cual debe estar previamente esterilizada.

-La película polimérica esta estéril en su superficie interior.

Algunos errores importantes:

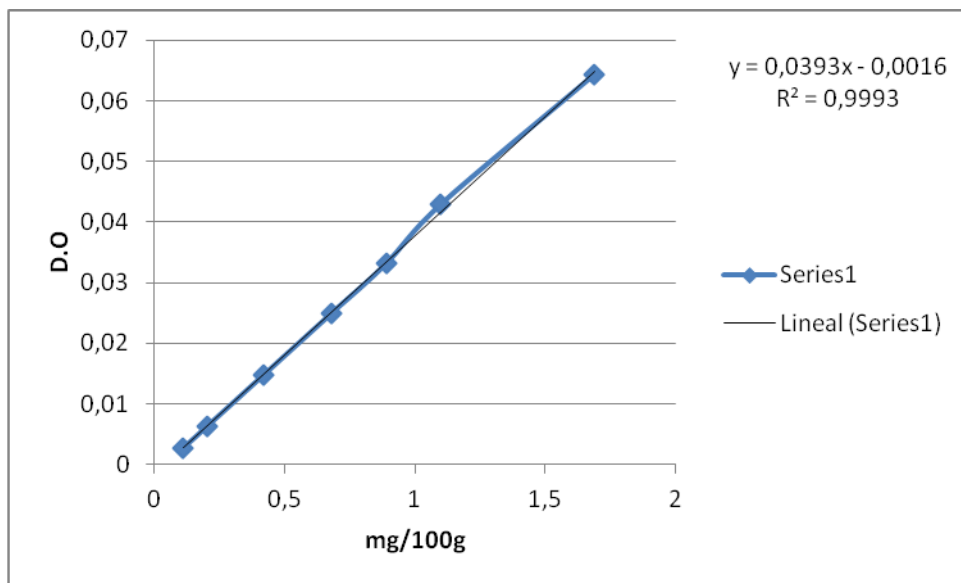
*Error 68: la bombona de gas se acabó, la válvula esta cerrada o el transductor de presión esta malo.

*Error 78: alguna puerta está abierta.

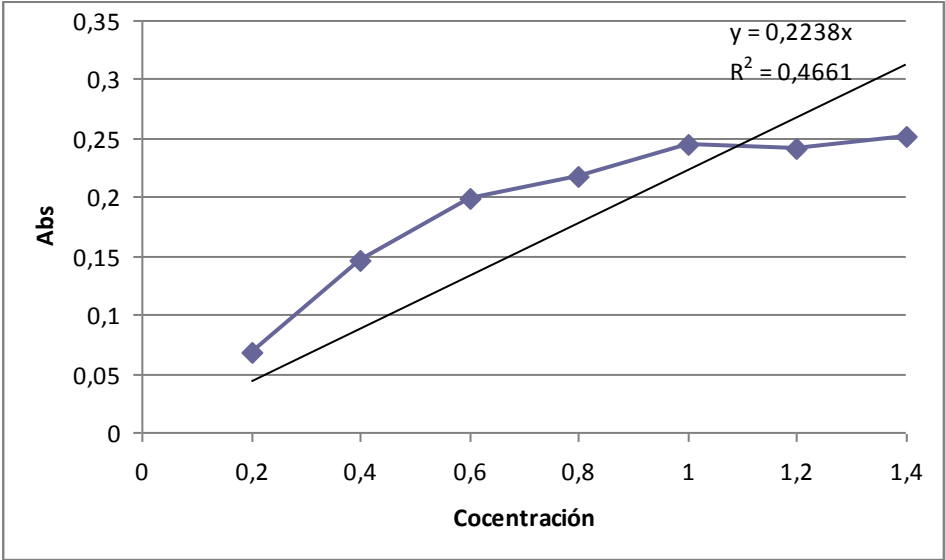
*Error 76: falta de agua.

*Error 66: el compresor no funciona o la válvula de gas está cerrada.

Anexo 2. Curva patrón de Malonaldehído.



Anexo 3. Curva patrón para Proteínas Solubles (Metodo de Bradfor).



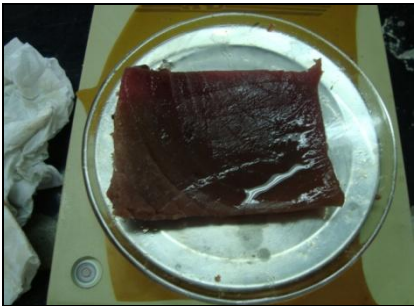
Anexo 5. Fotos del procesamiento del atún.



Lomo de atún



Procesamiento del lomo



Pesada de los trozo de lomo



Empacado a Patm



Empacado a vacío



Empacado AM



Empacadora VacMaster SVP 20



Empacadora MULTIVAC T 200