

Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Ciencias  
Escuela de Biología  
Instituto de Ciencias y Tecnología de alimentos



**Trabajo Especial de Grado**

**Evaluación de la técnica del glaseado incorporando hidocoloides como alternativa en el empaque de lomo de atún (*thunnus sp*) congelado.**

**Trabajo Especial de Grado**  
Presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela por el Br. José Leonardo Rodríguez Medina. Como requisito parcial para optar al título de Licenciado en Biología.

**Tutor: Prof. Marinela Barrero**

**Caracas, Venezuela**

**Abril 2009.**

<b>1. Indice</b>	
<b>4. Revisión bibliografica.....</b>	<b>1</b>
<b>5. Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>5.1. Actividad pesquera del atún.....</b>	<b>3</b>
<b>5.2. Composición química del atún.....</b>	<b>4</b>
<b>5.3. Atún en congelación.....</b>	<b>6</b>
<b>5.4. Rigor Mortis.....</b>	<b>7</b>
<b>5.5. Glaseado.....</b>	<b>9</b>
<b>5.6. Hidrocoloides.....</b>	<b>11</b>
<b>5.6.1. Carragenina.....</b>	<b>11</b>
<b>5.6.2. Almidón.....</b>	<b>15</b>
<b>5.6.3. Gelatina.....</b>	<b>18</b>
<b>6. Antecedentes.....</b>	<b>21</b>
<b>7. Objetivos.....</b>	<b>25</b>
<b>8. Materiales y métodos.....</b>	<b>26</b>
<b>9. Resultados y discusión.....</b>	<b>33</b>
<b>10. Conclusiones.....</b>	<b>65</b>
<b>11. Recomendaciones.....</b>	<b>66</b>
<b>12. Bibliografía.....</b>	<b>67</b>
<b>13. Anexos.....</b>	<b>70</b>

## 2. Índice de tablas

Tabla 1. Composición química del atún.....	5
Tabla 2. Composición proximal del atún fresco.....	33
Tabla 3. Contenido de humedad (%) en los lomos de atún ( <i>Thunnus sp</i> ) glaseados con soluciones de almidón (1; 1,5 y 2%), gelatina (0,5; 1 y 1,5%) y carragenina (0,05; 0,1 y 0.15%) respectivamente durante 15 y 30 días de almacenamiento a -10°C.....	35
Tabla 4. Rancidez oxidativa (µg/g) en los lomos de atún ( <i>Thunnus sp</i> ) ( <i>Thunnus sp</i> ) glaseados con soluciones de almidón (1; 1,5 y 2%), gelatina (0.5; 1 y 1,5%) y carragenina (0,05; 0,1 y 0,15%) respectivamente durante 15 y 30 días de almacenamiento a -10°C.....	39
Tabla 5. Proteínas solubles en soluciones salinas (%) en los lomos de atún ( <i>Thunnus sp</i> ) glaseados con soluciones de almidón (1; 1,5 y 2%), gelatina (0,5; 1 y 1,5%) y carragenina (0,05; 0,1 y 0,15%) respectivamente durante 15 y 30 días de almacenamiento a -10°C.....	44
Tabla 6. Niveles de textura (Firmeza) (N) en los lomos de atún ( <i>Thunnus sp</i> ) atún ( <i>Thunnus sp</i> ) glaseados con soluciones de almidón (1; 1,5 y 2%), gelatina (0,5; 1 y 1,5%) y carragenina (0,05; 0,1 y 0,15%) respectivamente durante 15 y 30 días de almacenamiento a -10°C.....	49
Tabla 7. Color (L, a y b) en los lomos de atún ( <i>Thunnus sp</i> ) glaseados con soluciones de almidón (1, 1.5 y 2%), gelatina (0.5, 1 y 1.5%) y carragenina (0.05, 0.1 y 0.15%) respectivamente durante 15 y 30 días de almacenamiento a -10°C.....	55
Tabla 8. Porcentaje (%) de líquido exprimible en los lomos de atún ( <i>Thunnus sp</i> ) glaseados con soluciones de almidón (1; 1,5 y 2%), gelatina (0,5, 1 y 1;5%) y carragenina (0,05; 0,1 y 0,15%) respectivamente, durante, 15 y 30 días de almacenamiento a -10°C.....	59

**Tabla 9. Resultados obtenidos a partir de la evaluación sensorial en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con porcentajes de almidón 1%, gelatina 0,5% y carragenina 0,05% en 30 días de almacenamiento.....61**

### **3. Índice de Figuras**

<b>Figura No 1. Mecanismo de formación del gel Carragenina. Anderson y col. (1969). Tomada del Graham (1977).....</b>	<b>13</b>
<b>Figura No 2. Mecanismo de formación del gel gelatina. Finer (1975) tomada de Harris 1990.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura No 3. Procesamiento del atún. ....</b>	<b>27</b>
<b>Figura No 4. Realización del glaseado.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura No 6. Resultado de la evaluación sensorial en los tratamientos de glaseado con almidón, carragenina y gelatina durante 30 días de almacenamiento a -10°C.....</b>	<b>63</b>

#### **4. Revisión bibliográfica.**

Numerosos estudios han sido enfocados al uso de ingredientes naturales para mantener la calidad y la vida útil de los alimentos. Los ingredientes biodegradables, tales como hidrocoloides y proteínas pueden ser utilizados para cubrir filetes de pescado con el objetivo de suprimir los cambios de calidad durante el almacenamiento en congelación.

Diversos tipos de materiales se han venido utilizando como películas comestibles y han sido evaluados para intentando mantener la calidad en alimentos congelados. El glaseado ha sido usado para retardar la oxidación lípidica y la pérdida de humedad. Los hidrocoloides gelificantes tales como carragenina y chitosan también han sido aplicados como coberturas a los alimentos congelados.

El atún pertenece a una especie pesquera fundamental en la economía mundial, y su preservación es fundamental para mantener su calidad dentro del almacenamiento. Hiremath (1973) demostró que la mayor causa de oxidación de los lípidos en pescado congelado se debía a la deshidratación del tejido durante el almacenamiento y a la exposición al oxígeno atmosférico.

Evitar la permeabilidad del oxígeno en las películas comestibles es uno de los factores claves que aumenta la vida útil de los productos empacados o cubiertos, durante el almacenamiento en congelación, cuando ocurre la oxidación produciendo cambios en el color y al sabor del pescado. Por esta razón es muy importante limitar el transporte de oxígeno en el sistema de almacenamiento del pescado.

El efecto de la actividad del agua en la oxidación lípidica es complejo. Tal complejidad sugiere que el sistema de modelo con componentes lípidicos, requiere que se evalúen los efectos de las películas comestibles en condiciones de congelación. La investigación en cuanto a la extensión de la vida útil utilizando películas comestibles ha sido muy limitada; por esta razón es necesario realizar más investigaciones que evidencien la inhibición de la pérdida de la humedad y la limitación del oxígeno atmosférico para producir el proceso de degradación gracias a la utilización de películas comestibles como gelatina, carragenina y almidón de yuca acetilados, los cuales proporcionarían

una resistencia física, impermeabilidad y una resistencia a la congelación. Por otro lado, es importante destacar, que la realización de estas películas comestibles es significativamente más económica respecto a los otros empaques, los cuales requieren de materiales costosos y de un equipo mecánico para poder realizarse.

## **5. Introducción.**

### **5.1 Actividad pesquera del atún.**

Atún, nombre común de varios peces grandes de la familia de los Escómbridos, que viven en bancos próximos a la superficie en la mayor parte de las aguas del mundo y cuya carne es muy apreciada desde los tiempos más remotos. Los atunes tienen el dorso de color azul reluciente, el vientre de color gris moteado de plata y se asemejan a la caballa en su estructura general. Se distinguen de otros peces, no obstante, por la presencia de una serie de pínulas situadas detrás de la segunda aleta dorsal y la aleta anal, dado que los atunes carecen de mecanismos para mantener el flujo del agua a través de las branquias, deben permanecer en continuo movimiento; si dejan de nadar mueren por anoxia. El atún es uno de los recursos pesqueros más importantes a nivel mundial. La producción de atunes, bonitos y agujas (*Scombroidei spp.*) creció de 560.000 TM en 1950, a alrededor de 6 millones TM en 1999, y disminuyó levemente en el año 2000 (5,9 millones de TM) y 2001 con 5,8 millones de TM. (Cartacci, 2003). Los atunes se pescan tanto en el Atlántico como en el Pacífico, y hay muestras evidentes de sobreexplotación. La carne del atún rojo es muy apreciada, de allí el alto precio que alcanza en el mercado japonés, donde es la base para la preparación del 'sashimi', plato típico de pescado crudo. La pesca comercial de túnidos se inicia con los palangreros japoneses en la zona del Pacífico y, adquiere una alta significación en el Pacífico Oriental Tropical, después de La Segunda Guerra Mundial. El impacto global de producción de alimentos pesqueros, y en especial el atún como en el caso del sushi y la presentación del producto ya procesado es en lata, fresco o congelado, llegó a tener un precio de \$200 dólares estadounidenses por libra. Algunas variedades, como el atún aleta azul (bluefin) y el atún aleta amarilla son objetos de diferentes proyectos pesqueros a largo y ancho del globo, así mismo las temporadas de pesca y sus zonas son reguladas por diferentes organizaciones y gobiernos del globo. Venezuela se incorpora en la actividad atunera a mediados de la década de los cincuenta, se acondicionan algunas naves, y se inicia un proceso exploratorio y comercial con las operaciones de la nave BOSSO-MARU, barco contratado por la empresa venezolana PRODUCTOS MAR (Cartaci, 2003).



En 1959, se constituye una empresa mixta venezolano-japonesa para la explotación de atunes en el área del Caribe y zonas adyacentes, conformada entre otras embarcaciones por los palangreros SHOYO–MARU y ALTAMAR III. Años más tarde en 1975, se dan los primeros pasos para un cambio importante en la estructura de la flota atunera, al incorporarse algunas unidades nacionales del tipo cerquero en el Océano Pacífico Oriental (OPO) y algunos cañeros en la zona del Caribe y Atlántico Occidental (FUNDATUN).

## **5.2. Composición química del atún**

La composición química de los peces 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, 1986). Las variaciones en la composición química del pez están estrechamente relacionadas con la alimentación. Durante los períodos 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 pez tiene varios períodos de inanición por razones naturales o fisiológicas (como desove o migración) o debido a factores internos como sería escasez de alimento. En este caso especies que se alimentan de plancton, como el arenque, experimentarían una variación estacional natural ya que la producción de plancton depende de la estación. (Huss, 1986).

La fracción lipídica es el componente que muestra mayor variación. A menudo, dentro de ciertas especies la variación presenta una curva estacional característica con un mínimo en los entornos de la época de desove (Huss, 1986).

Sin embargo, algunas especies tropicales presentan una marcada variación estacional en la composición química. El contenido de grasa de los peces varía con el tamaño, así los peces grandes contienen cerca de un 1% más de grasa que los pequeños. La variación en el porcentaje de grasa es reflejada en el porcentaje de agua ya que el agua constituye normalmente cerca del 80% del filete. Las características tecnológicas del pescado son afectadas principalmente por el contenido de lípidos y por tal razón es conveniente clasificar a los peces como especies grasas (arenque, atún, caballa, espadín), semi-grasas (barracuda, lisa y tiburón) o magras (bacalao, merluza y solla). Las

especies magras almacenan la mayor parte de su grasa en el hígado. Cuando el contenido de lípidos del pez excede el 1% los mismos se desempeñan como una reserva de energía y pueden ser clasificados como depósitos grasos. Los mismos están mayormente localizados en el tejido subcutáneo, pared abdominal y en el colágeno entre las fibras musculares (Huss 1986).

En la mayoría de las especies los depósitos grasos consisten de triglicéridos como en casi todos los vertebrados, sin embargo, los lípidos de los peces difieren de los mamíferos principalmente en que están compuestos por ácidos grasos de cadenas largas (12 – 44 átomos de carbono) con un alto grado de insaturaciones. Los mamíferos raramente contienen más de dos dobles ligaduras por molécula mientras que los depósitos grasos del pez contienen muchos ácidos grasos con 5 – 6 dobles ligaduras (Huss 1986). El número total de ácidos grasos poliinsaturados con 4, 5 ó 6 dobles ligaduras son levemente menores en los lípidos de peces de agua dulce (aproximadamente un 70%) que en los lípidos de peces de agua de mar (aproximadamente un 88%). Sin embargo la composición de lípidos puede variar un poco con la alimentación del animal. La composición química del atún se observa en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1. Composición química de filete de atún:

<b>Especie</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Humedad%</b>	<b>Lípidos</b>	<b>Proteínas</b>
Atún	Thunnus sp.	71	4,1	25,2

Tomado de: Huss, en 1986.

Los cambios organolépticos son aquellos percibidos por los sentidos, tales como, apariencia, olor, textura y gusto. Los primeros cambios organolépticos son en particular, aquellos concernientes a la apariencia, textura y rigor mortis. Inmediatamente después de la muerte el músculo del pescado esta completamente relajado; el pescado es blando, flexible y la textura es firme y elástica al tacto. Después de poco tiempo el tejido muscular se contrae. Cuando el músculo se torna duro y rígido todo el cuerpo se vuelve inflexible, se dice que el pescado esta en rigor mortis. Después del rigor mortis el tejido muscular retorna a su estado relajado. Con alguna experiencia es posible

distinguir entre el pescado pre y post-rigor ya que el pescado en pre-rigor es totalmente flexible (Trucco, 1982. citado por Hush 1986).

El tiempo involucrado en cada una de las etapas de desarrollo, duración y subsecuente resolución del rigor mortis depende de muchos factores como son: captura, manipuleo, temperatura y condiciones físicas del pescado. Debe señalarse que el pescado exhausto (como aquel que ha sido capturado por arrastre) y el pescado almacenado a altas temperaturas y pasara el rigor rápidamente. Con pescados pequeños veloces y fatigados sucede lo mismo, mientras que en pescados grandes y pescados planos toma en general más tiempo (Huss, 1986).

Si bien se acepta en forma general que el comienzo y duración del rigor mortis es más rápido a altas temperaturas, se ha observado en ciertas especies tropicales que los cambios bioquímicos, y así el rigor mortis, pueden ser realmente retardados a 0°C comparados a 22°C (Poulter y col, 1982. citado por Huss, 1986). Si el rigor se desarrolla a altas temperaturas (en el caso del Bacalao esto por encima de 17°C) la tensión muscular del rigor puede llegar a ser muy fuerte y causar un debilitamiento del tejido conectivo y ruptura del filete.

### **5.3. Atún en congelación**

Por otro lado, se conoce que la temperatura ejerce una enorme influencia en los alimentos pesqueros durante el almacenamiento, particularmente en la tasa del crecimiento microbiano y sobre los cambios químicos deteriorativos. La FAO reafirma la importancia de la conservación de los alimentos pesqueros si se aplica la congelación rápida en productos pesqueros para prevenir dichos cambios deteriorativos en pro de obtener una larga vida de duración (FAO, 1973. citado por Ashie, 1996). Los alimentos pesqueros de larga duración generalmente involucran congelamiento, en el cual el músculo de pescado generalmente se endurece y también es acompañada por una pérdida de fluidos al descongelarse reduce su capacidad de retener agua. La congelación es el método usado más común para controlar los cambios deteriorativos químicos en el pescado. No obstante, el almacenamiento en congelación no inhiben completamente las reacciones químicas que protagonizan el deterioro

de la calidad del pescado. (Jarenback y Liljemark, 1975; Mackie 1993, citado por Ashie, 1996; Subramaniam y col. 2002).

Otro factor limitante relacionado con el almacenamiento en congelación, particularmente con los peces grasos como el atún es la oxidación lípidica la cual produce cambios en el sabor (Hultin, 1992. citado por Ashie, 1996). Diversos trabajos han demostrado que la carne de pescado sigue significativamente blanda después de un solo día de almacenamiento en congelación (Montero y Borderias 1990; Ando y col, 1991; Toyohara y col, 1990. citado por Ashie, 1996).

Uno de los cambios químicos más importantes en el pescado es el causado por la oxidación de los lípidos, y este es el más significativo en el proceso de congelación del pescado y productos pesqueros. Los lípidos del pescado difieren químicamente con los lípidos de animales y vegetales debido a que contienen mayor cantidad de seis dobles enlaces donde la oxidación tiene lugar. Martin y col, 1982. citado por Barrero 1999, señalaron que la oxidación de los lípidos es una de las principales causas de deterioro en el músculo del pescado, debido a el alto contenido de ácidos grasos insaturados.

#### **5.4. Rigor mortis**

Los primeros procesos autolíticos en el tejido muscular del pescado involucran a los hidratos de carbono y los nucleótidos. Por cortos períodos de tiempo las células musculares continúan los procesos fisiológicos normales, pero rápidamente se detiene la producción de Adenosin Trifosfato (ATP). El ATP, presente a un tiempo en todas partes del músculo es un donante de energía en numerosos procesos metabólicos. En los organismos vivos el ATP se forma por reacción entre el adenosin difosfato y creatin fosfato, siendo el último un reservorio, en la célula muscular, de fosfato rico en energía (Huss, 1986).

Cuando el reservorio se agota el ATP es regenerado a partir del ADP por refosforilación durante la glucólisis. Después de la muerte, cuando cesa la regeneración, el ATP es degradado rápidamente. A bajos niveles de ATP se desarrolla el rigor mortis. En general, el músculo de pescado contiene relativamente bajos contenidos de glucógeno comparado con el músculo de

mamíferos y el pH post-mortem es consecuentemente mayor lo que hace que la carne de pescado sea más susceptible al ataque de microorganismos (Huss, 1986).

Como regla, el pescado bien reposado contiene más glucógeno que el pescado exhausto, el bien alimentado más que el hambriento, y el grande más que el pequeño. Dentro del pescado, el glucógeno se concentra más en el músculo oscuro que en el músculo blanco. En el pescado sometido a esfuerzo, se hace el uso del glucógeno rápidamente. Solo 5 minutos de ejercicio enérgico causa por ejemplo en la trucha arco iris (*salmo gairdneri*) una caída del nivel de glucógeno de 0,25 a 0,07% (referido al peso húmedo) (Black y col, 1962. citado por Huss, 1986). De esto se desprende que a partir de largos tiempos de arrastre y manipuleos no cuidadosos aceleren los procesos autolíticos (Huss, 1986).

De acuerdo a Tarr (1966) y citado por Huss (1986) el glucógeno se degrada por una u otra de las siguientes vías: por glucólisis, es decir, siguiendo la vía Embden-Meyerhof o por hidrólisis amilolítica directa. Dado que no hay provisión de oxígeno, la glucólisis en el tejido muscular post mortem tiene lugar en condiciones anaeróbicas, la cual el producto final es el ácido láctico. El lactato formado baja el pH. El descenso post mortem del pH causa disminución en la capacidad de las proteínas de ligar agua ya que las lleva muy cerca de su punto isoelectrico. El ATP se descompone por una serie de reacciones de desfosforilación y de desaminación a inopina monofosfato (IMP) el cual a su vez se degrada a hipoxantina (Hx) y ribosa.

Intuitivamente podría suponerse que la actividad enzimática cesa a temperaturas por debajo de 0°C, especialmente si la disolución parece estar congelada. Si fuera así, esto constituiría un medio muy importante de preservar nuestros alimentos indefinidamente. Quizás también las enzimas se desnaturalicen por congelación. El almacenamiento de alimentos justo, o alrededor, del punto de congelación debe ser evitado. Cuando se congela, la enzima y el sustrato se concentran (los solutos son excluidos de la fase helada) lo que puede conducir a un aumento de la actividad enzimática. Además, la congelación y descongelación rompen los tejidos, lo que permite un mayor acceso de la enzima al sustrato (Fennema, 2000).

Ciertas enzimas están relacionadas directamente con los cambios bioquímicos y también algunas de esas enzimas siguen actuando ya que no son inhibidas a tales temperaturas. Además que, recientes evidencias parecen indicar que tal actividad enzimática postmortem puede tener un efecto pronunciado en la calidad de los alimentos pesqueros. (Fletcher, Hogson y Statham, 1988. citado por Ashie, 1996; Subramaniam, 2007). Algunas de esas enzimas están particularmente implicadas en el deterioro de la textura, incluyendo las colagenasas, las proteasas dependientes de  $\text{Ca}^{2+}$ , catepsinas y las proteasas alcalinas (Bremner, 1992; Yamashita y Konagaya, 1992; Jiang y col, 1992. citado por Ashie, 1996).

La actividad enzimática de la tripsina y quimiotripsina han sido también demostradas en algunos tejidos de músculo lo cual aumenta la posibilidad de que estén involucrados en el ablandamiento de la carne de pescado (Lindner, 1988. citado por Ashie, 1996). Para disminuir las actividades de estas enzimas y también de los microorganismos no deseables, el tradicional tratamiento de baja temperatura ha sido suplementado con varios tratamientos químicos (ashie, 1996).

### **5.5. Glaseado**

La congelación por inmersión implica el contacto directo del alimento con el refrigerante, bien por inmersión o por rociado de la superficie con el líquido frío. Entre las ventajas de la congelación por inmersión directa se incluye las siguientes:

- Hay un contacto íntimo entre el alimento o envase y el refrigerante, por lo que la resistencia a la transmisión de calor es mínima. Esto es especialmente importante cuando se requieren congelar porciones de alimentos de forma irregular.
- Aunque las porciones de alimentos sueltas se pueden congelar individualmente por inmersión o en refrigerante, durante la congelación por inmersión se reduce el contacto del alimento con el aire. Esto es deseable en alimentos sensibles a la oxidación (Potter, 1995).

Las películas comestibles son definidas como una delgada capa material que puede ser comestible y formada en un alimento como una cubierta o

preformada entre los componentes de los alimentos, y tiene como objetivo inhibir la transferencia de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aromas y lípidos. Estas también pueden ser usadas para encapsular componentes aromáticos, antioxidantes, agentes microbianos, pigmentos, iones que detienen las reacciones, oscurecimiento en los alimentos, sustancias tales como vitaminas. Así que, las películas comestibles contribuyen al mantenimiento de calidad en el alimento gracias a que ellos consisten en sustancias naturales y biodegradables. Desde que las películas comestibles son hechas como un empaque y como parte del componente del alimento, deben cumplir con ciertos requerimientos como son calidad sensorial, una alta barrera mecánica sobre la estabilidad bioquímica, físico-química y microbiológica (Potter, 1995). El tratamiento en glaseado ha sido utilizado extensivamente para mantener la calidad del pescado previniendo el deterioro de la carne de pescado durante el almacenamiento en congelación. El glaseado consiste en una delgada capa de hielo la cual cubre la superficie de los productos pesqueros. (Doré, 1991; Chih-Cheng Lin).

En los últimos años, las películas comestibles han atraído mucha atención en farmacéuticos y alimentos de embalaje. Esto se debe a que las películas comestibles podrían ser en parte un sustituto de las tradicionales películas de plástico no biodegradables. Las películas comestibles pueden proporcionar protección contra la pérdida de humedad, la entrada de gases y la descomposición de lípidos, las cuales son importantes obstáculos para mejorar y mantener la calidad de los alimentos (Ustunol y Kim, 2001, referido por Na Kao 2008). Las películas comestibles pueden ser preparadas a partir de proteínas, polisacáridos, lípidos o sus mezclas. Al ser una sustancia libre de toxinas se considera segura para la salud del consumidor, y para la tecnología de alimentos estos materiales y su proceso tienen un bajo costo (Rojas-Grau y Tapia, 2007; Pagela, 2007). Entre estos, las películas comestibles de proteínas se supone que proporcionan valor nutritivo, y también poseen propiedades mecánicas impresionantes de barrera a los gases (Ou, Kwok, y Kang, 2004, referido por Na Kao, 2008). Una proteína que ha adquirido una mayor atención como película comestible, por su abundancia y biodegradabilidad, es la gelatina

(Jongjareonrak, Benjakul, Visessanguan, Prodpran, Y Tanaka, 2006, referido por Na Cao, 2008).

## **5.6. Hidrocoloides**

Muchos estabilizantes y espesantes son polisacáridos, tales como, la goma arábica, goma de guará, carboximetilcelulosa, carragenato, agar, almidón y pectina. La gelatina, proteína que se obtiene a partir de la degradación parcial del colágeno, es uno de los pocos estabilizantes no carbohidratos de más amplia utilización. Puesto que todos los estabilizantes y espesantes no hidrófilos se dispersan en solución como los coloides, se han denominado hidrocoloides. Las propiedades generales de los hidrocoloides incluyen el grado de solubilización en agua, la capacidad de incrementar la viscosidad, y en ocasiones la de formar geles. Algunas funciones específicas de los hidrocoloides incluyen mejora y estabilidad de la textura, inhibición de cristalización (azúcar y hielo), estabilización de emulsiones y espuma, mejora del recubrimiento con azúcar (disminuye la pegajosidad) de algunos productos de pastelería y la encapsulación de los sabores (Anónimo, 1991).

Los hidrocoloides se utilizan generalmente a concentraciones del 2% o menores ya que muchos presentan una capacidad limitada de dispersión y la funcionalidad deseada a esas concentraciones. En muchas ocasiones la eficacia de los hidrocoloides está directamente relacionada con su capacidad de aumentar la viscosidad (Fennema, 2000).

### **5.6.1. Carragenina**

Uno de los hidrocoloides usados es la carragenina este término es usado para nombrar una clase de polisacáridos de galactosa que se encuentran en la matriz intercelular en numerosas especies de las algas rojas (algas marinas de la clase *Rhodophyta*). Las carrageninas tienen una función en las estructuras de las algas análogas, pero diferentes de la celulosa en las plantas de tierra. Donde las plantas de tierra requieren una estructura rígida capaz de soportar la constante presión de la gravedad, mientras las algas marinas necesitan una estructura un poco más flexible para poder acomodarse a las variantes fuerzas de las corrientes y al movimiento de las olas. La humanidad con su actitud de cambiar las invenciones naturales para su propio uso, ha usado a la



carragenina como un plastificante y agente gelatinizante en el recubrimiento de alimentos y en aplicaciones industriales (Harris, 1990).

Los carrageninas han sido usados como plastificadores por siglos, el registro más antiguo indica que fue usado por primera vez en Irlanda, donde la alga roja *Chondrus Crispus* fue calentada con leche para obtener un producto espeso. Desde entonces las carrageninas han sido usadas comercialmente en un amplio rango de aplicaciones espesantes y gelificantes. Asimismo, se consideran polímeros sulfatados que consisten en unidades de galactosa y anhidrogalactosa (Harris, 1990).

En un trabajo original de Smith y Cook en 1953 se fraccionó la carragenina a partir de *Chondrus crispus* con cloruro de potasio. Aislaron dos fracciones las cuales ellos llamaron  $\kappa$  y  $\lambda$ - carragenina;  $\kappa$  fue definida como la fracción que precipitó por el cloruro de potasio, mientras que  $\lambda$  fue la fracción que quedó contenida en la solución. Estudios químicos revelaron que cerca de la mitad de las unidades del azúcar en  $\kappa$  fueron 3,6-anhidro-D-galactosa (3,6-AG), mientras que el contenido de  $\lambda$ , poseía poco o nada de este azúcar (Harris, 1990).

A temperaturas superiores a las del punto de fusión del gel, se produce una agitación térmica que impide que se formen las hélices, por lo que la conformación del polímero en solución es al azar. Posteriormente cuando se enfría, se induce una transición de sol a gel que origina la formación de la estructura tridimensional, en la cual son los puntos de unión con las cadenas de los polímeros (gel I). Al seguir enfriándose se favorece la agregación de las moléculas, lo cual da como resultado el establecimiento final del gel (gel II); la rigidez del gel depende de la rapidez con la que estas transiciones ocurren (Badui, 2006).

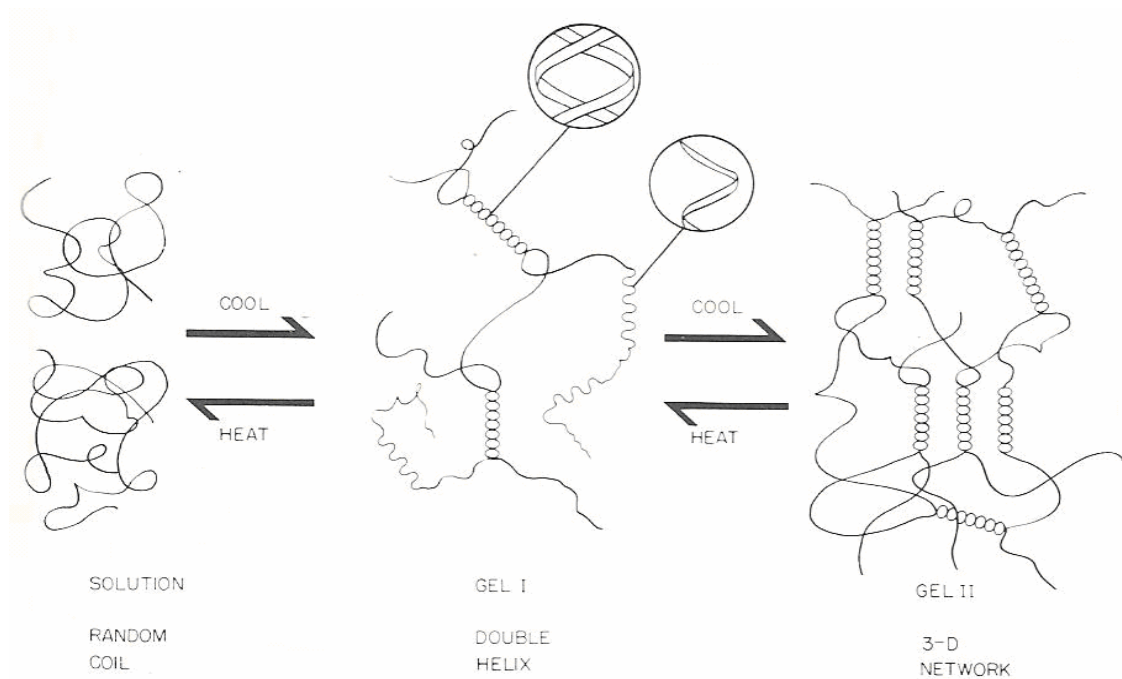


Figura No 1. Mecanismo de formación del gel Carragenina. Anderson y col. (1969). Tomada del Graham (1977).

La solubilidad de la carragenina varía según la fracción, por ejemplo, en agua caliente todas las carrageninas son solubles, mientras que en agua fría, las sales de sodio de kappa y iota son solubles mientras las sales de otros cationes como  $K^+$  o  $Ca^{++}$  no se disuelven completamente, pero exhiben limitancia al hinchamiento dependiendo de varios factores tales como el nivel y el tipo de cationes presentes, la densidad de partículas de la carragenina, etc. Se conoce que lambda es muy soluble en agua fría debido a los cationes los cuales esta asociado. Iota esta particularmente sensible a los iones de calcio la cual forma elevadas dispersiones en agua fría así prestándose muy bien como agente gelificante. Efectos similares son obtenidos con los iones potasio cuando son usados en una concentración suficiente.

Las carrageninas kappa e iota poseen la habilidad de formar geles en soluciones frías y calientes. Estos geles son todos termoreversibles, ellos se derriten en caliente y se gelifican otra vez en frío. Según Rees (1969) y citado por graham (1977), las carrageninas que forman geles acuosos lo hacen por la formación de la doble hélice, a temperaturas más altas de la fundición del gel, la agitación térmica supera la tendencia a formar hélices y los polimeros están en la solución en forma aleatoria. En enfriamiento, una red de polimeros tridimensionales es construida en la cual las dobles hélices forman puntos de

unión entre las cadenas de polímeros. Si se sigue enfriando se promueve una agregación de esos puntos de unión.

El efecto inhibitorio de las ondulaciones en las cadenas puede ser demostrado. Según Anderson en 1968 y citado por Graham en 1977, se demuestra que la presencia de una sola ondulación en 200 residuos tiene un dramático efecto en la disminución de la fuerza del gel. El efecto del sulfatado en las propiedades de gelificación también pueden ser explicadas estructuralmente basado en la estructura de la doble hélice secundaria. La examinación de los modelos moleculares muestra que el sulfato en el carbono 2 en las unidades 3,6AG, como ocurren en iota, se proyecta exteriormente y no interfieren en la estructuralmente en el espacio con la formación de la doble hélice.

La carragenina comercial es estandarizada según la aplicación a la cual se desee. La lambda carragenina no es gelatinizante pero actúa como un espesante. La carragenina ha sido utilizada como gelatinizante, espesantes, estabilizantes y emulsificante. Gracias a su reactividad con ciertas proteínas, los geles han sido utilizados a bajas concentraciones (típicamente de 0,01% a 0,03%) en un gran número de productos hechos a base de leche como chocolate de leche, helados, pudines y productos análogos del queso (anónimo, 1991).

Esta forma geles rígidos, frágiles y termoreversibles. Se usan muchas veces para recubrir carnes, ya que mejora la adhesión e incrementa la retención de agua en los productos carnicos emulsionados, también mejoran la textura y calidad de los productos carnicos bajos en grasas (Fennema, 2000).

Otro hidrocoloide muy utilizado es el almidón, el uso de los almidones modificados ha sido casi ilimitado. En los alimentos, las nuevas modificaciones y las nuevas técnicas para utilizar las nuevas propiedades del almidón han sido desarrolladas, nuevas aplicaciones han sido descubiertas continuamente, ya que existe una gran dinámica en un campo siempre cambiante entre el alimento y la tecnología de los almidones.

### 5.6.2. Almidón

El almidón es el primer producto visible de la fotosíntesis en la mayoría de las plantas verdes y es encontrado en los cloroplastos y cromóforos de las partes verdes en forma de gránulos. Este polisacárido es la principal reserva alimenticia de la mayoría de las plantas (Graham, 1977; Harris 1990; Curtis, 2001). Por ejemplo, una papa contiene almidón producido a partir del azúcar formado en las hojas verdes de la planta; el azúcar se transporta a las estructuras subterráneas tales como tubérculos, rizomas, bulbos o raíces y se acumula allí en forma adecuada para el almacenamiento de invierno, el cual se utilizara para el crecimiento nuevo durante la primavera. Los gránulos de almidón son encontrados esparcidos dentro del citoplasma en las células de las plantas. Ellas fácilmente pueden verse en un microscopio de luz común (Curtis, 2001).

La porción interna soluble en agua de cada granulo de almidón es la amilosa, y la porción externa no soluble en agua es la amilopectina. Tanto como la amilosa y la amilopectina pueden ser separadas en las moléculas de glucosas solubles de las cuales están compuestas. La amilosa es un polisacárido lineal, esta cadena larga es producto natural del almidón, la unidad repetitiva deriva de la glucosa ( $C_6H_{10}O_5$ ), y esta en la forma de glucopiranososa. Sucesivamente las moléculas de glucosa están interenlazadas por puentes de oxígeno para formar una cadena de polimeros (Curtis, 2001).

El puente de oxígeno (C-O-C) es también llamado puente glicosidico y en el almidón es un tipo de enlace 1,4; en esta designación alfa ( $\alpha$ ) indica que el enlace de oxígeno siempre esta localizado en el mismo lado del anillo de piranososa, y el 1,4 se refiere a la posición de los enlaces de oxígeno entre las moléculas. En la amilopectina la fracción de almidón esta bastante ramificado, arreglado en una configuración compuesta de cadenas similares a las de amilosa. La ramificación se produce a partir de los enlaces 1,6. La ramificación es muy efectiva en la formación de geles para prevenir que las cadenas se asocien y puedan producir un gel. Entre los polimeros de carbohidratos, el almidón presenta una creciente atención debido a su utilidad en diferentes productos alimenticios (Baduí, 2006).

Todos los carbohidratos contienen grupos hidroxilos que atraen a las moléculas de agua. Entre esos extremos hay interacciones energéticas la cual produce ramificaciones de agregados moleculares. El proceso de formación de esos compuestos es llamado asociación. El puente de hidrógeno es una interacción asociativa. La energía que rompe un puente de hidrógeno está en el orden de un par de calorías; las ramificaciones de las moléculas se encuentran juntas en una orientación específica y frecuentemente en un buen número definido, el equilibrio entre la ramificación y las partes de su componente molecular son rápidas y reversibles (Harris, 1977).

Las moléculas de almidón están en contacto directo con los hidroxilos a lo largo de las cadenas de carbohidratos y pueden ser parcialmente inmovilizadas a través del enlazamiento de hidrógeno. Los grupos hidroxilos imparten propiedades al polímero el cual posee afinidad con el agua. Las moléculas de amilosa son lineales, teniendo una tendencia a estar paralelas unas a otras y también a acercarse unas a otras lo suficientemente cerca para promover la asociación de un polímero con otro a través del puente de hidrógeno. Este fenómeno de asociación entre moléculas de amilosa es llamado retrogradación. Por otro lado, la amilopectina es un polímero mucho más grande que la amilosa (Graham, 1977; Baduí, 2006).

El tamaño y la naturaleza ramificada de la amilopectina interfiere con la movilidad de las moléculas y su tendencia es a estar orientada lo suficientemente cerca para permitir el enlazamiento de hidrógeno extensivo para que la retrogradación ocurra (Graham, 1977; Harris, 1990; Fennema, 2000; Baduí, 2006). Debido a que la red molecular esta enlazada por enlaces de hidrógeno cuando el almidón en suspensión es calentada ocurre lo siguiente: la temperatura y la agitación producen suficiente energía calórica en los enlaces de hidrógeno hasta que se debilitan hasta el punto en que el agua pueda ser absorbida por los gránulos. Algunos de los gránulos comienzan a hincharse y a perder sus características, formando una suspensión pastosa y pegajosa después de gelatinizarte, donde los gránulos intactos se dispersan en dicha solución durante el calentamiento en agua. El almidón gelatinizado tiende

a retrogradarse debido a la transición del estado solubilizado o disperso al estado insoluble microcristalino, mayormente por el realineamiento de las moléculas de amilosa. Por otro lado, bajo corte mecánico las moléculas liberadas de amilosa tienden a estar alineadas y las moléculas de amilopectina son degradadas promoviendo una rápida disminución en la viscosidad (Belitz y Grotch, 1999; Greenwood, 1970; citado por Phan, 2008).

El almidón es insoluble en agua fría, este contribuye considerablemente a las propiedades de texturas de muchos productos y es extensamente usado en aplicaciones industriales y alimenticias como espesante, estabilizador coloidal, agente gelatinizante y agente de retención de agua. Las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los sistemas de almidón difieren según el origen biológico del almidón. (Svegmark y Hermansson, 1993; Singh 2007). Fuentes de almidones procedentes de varias plantas tales como trigo, maíz, arroz, yuca y papa han recibido mucha atención en relación a sus propiedades estructurales y físico-químicas (Takeda y Priess, 1993; Singh 2007).

El almidón nativo es un buen estabilizante de textura y regulador en los sistemas alimenticios (Cousidine, 1982; citado por Singh, 2007), las alteraciones de sus características físicas y químicas mejoran sus características funcionales (Singh, 2007). El uso de almidones modificados en la industria alimenticia ha sido ilimitado. Los nuevos almidones modificados y las nuevas técnicas para el uso de almidones han sido desarrollados, y nuevas aplicaciones han sido descubiertas continuamente.

Cabe destacar que el almidón utilizado en esta investigación, es almidón de yuca es modificado, dicha modificación es la incorporado acetil, el cual facilita la formación de los puentes de hidrógeno y por ende hace esta solución más estable, lo que favorece a la impermeabilidad al paso de moléculas de vapor de agua u oxígeno. Además la cantidad de amilasa, que según Graham en 1977 es de un 17%, favorece a la solubilidad gracias a su gran cantidad de grupos hidroxilos contenidos en su estructura molecular.

Mientras que estructuralmente la gelatina al ser una proteína no posee tal cantidad de grupos hidroxilos y grupos acetil, los cuales se encuentran en gran cantidad en los carbohidratos como es el caso de la carragenina y el almidón, que promueven estabilidad a la solución y quizás por esto la gelatina no tenga

tal estabilidad en soluciones, lo que produce cierta permeabilidad y por ende el paso de moléculas que promueven una baja cantidad de proteínas solubles en el lomo de atún.

### **5.6.3. Gelatina**

Entre los biomateriales, la gelatina otro hidrocoloide utilizado, es un material interesante porque la gelatina deshidratada es un polímero parcialmente cristalino y tiene un relativamente bajo punto de fusión (Sobral y Habitante, 2001, citado por Park, 2007). La gelatina se obtiene a partir, de un control de la hidrólisis de la proteína fibrosa insoluble, el colágeno, que es ampliamente encontrado, debido a que es el principal componente de la piel, huesos y tejido conectivo.

La gelatina se compone de una única secuencia de aminoácidos. Características de gelatina son los de alto contenido de los aminoácidos glicina, prolina e hidroxiprolina. Además, la gelatina tiene una mezcla de simples y dobles cadenas desplegadas de carácter hidrófilo (Ross, 1987, citado por Park, 2007). A 40°C, la gelatina en soluciones acuosas están en un estado físico termo reversible. Durante la gelación, las cadenas conformacionales se someten a un trastorno de orden transición y tienden a recuperar el colágeno de triple hélice estructural (Ross-Murphy, 1992. citado por Park, 2007). Las gelatinas como películas plastificantes han producido suficiente estabilidad, fuerza y flexibilidad que les permite ser utilizado como apoyo y material de embalaje.

La estabilidad del colágeno puede ser proporcional al total de piroldina contenida. De estudios anteriores se encontró que las gelatinas son preparadas a partir de un amplio rango de colágenos. El contenido de piroldina esta también implicado en el mecanismo de gelatinización, estos sitios mayormente están envueltos en la formación de sitios de unión las cuales son ricos en los aminoácidos de piroldina. Esto sugiere que se va a promover la gelatinización si se aumenta o se extiende el número de zonas de uniones. En una solución diluida, en concentraciones más bajas a 0,5% el sistema va formar un gel unimolecular, mientras que, a concentraciones mayores este mecanismo va a tender a incrementarse y formar geles bi o trimoleculares (Harris, 1990). Figura 2.

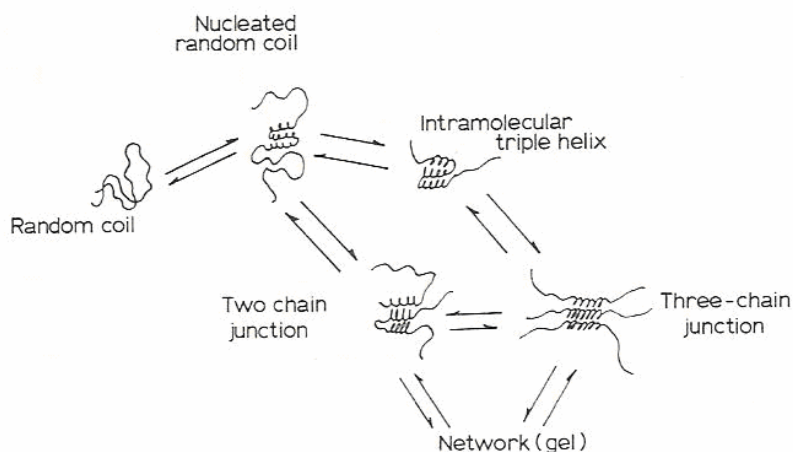


Figura No 2, Mecanismo de formación del gel gelatina. Finer (1975) tomada de Harris 1990.

La gelatina, esta constituida primordialmente se a base de colágeno, este constituye aproximadamente el 30% del total de toda la proteína humana, y este porcentaje ha sido encontrada en muchos otros animales. Los aminoácidos también imparten un considerable grado de rigidez a la molécula promoviendo la estabilidad de la molécula. Es también probable que la moléculas de agua jueguen un rol crucial, actuando como puentes de hidrógeno en orden de estabilizar las hélices (Harris, 1990).

Si las zonas de unión son ricas en tripletes de aminoácidos como glicina, prolina y hidroxiprolina, puede esperarse que estas zonas influyan para formar unas estructuras helicoidales similares a las encontradas en el colágeno nativo. Estas regiones helicoidales están estabilizadas por los enlazamientos de hidrógeno que forman dominios de amplios rangos de rigidez. Los enlazamientos de hidrógeno toman lugar en entre los aminoácidos y los grupos C-H, por ejemplo, en la glicina forman cadenas adyacentes y es bien sabido que estos son rompedores de puentes de hidrógeno tal como el tiocianato o la urea que previenen la gelación (Harris, 1990). Los geles de gelatina son los que más se parecen a un gel entrópico ideal. Las hebras moleculares flexibles situadas entre los entrecruzamientos son largas, convirtiéndolos en geles muy flexibles. Son predominantemente elásticos, porque los entrecruzamientos son bastante estables (por lo menos a altas temperaturas).

A pesar de que durante la obtención de la gelatina se ha sometido el colágeno a un tratamiento intenso, las moléculas siguen siendo largas y dan



diluciones muy viscosas. Al enfriarse, las moléculas tienden a formar triples hélices (hélices de prolina), como ocurre en el colágeno pero solo a lo largo de una parte de la molécula; las regiones helicoidales son relativamente cortas. Probablemente las moléculas de gelatina se doblan en un ángulo agudo, en los llamados giros  $\beta$  y se forman así dobles hélices cortas. Posteriormente, en torno a esta doble hélice se pueda enrollar una tercera cadena que complete la triple hélice si esta tercera hebra de la triple hélice es parte de otra molécula distinta, se habrá formado un entrecruzamiento; si no, no. Independientemente de cómo se desarrollen, las triples hélices tienden a agruparse alineándose en paralelo y formando alineaciones microcristalinas, entre las que se establecen entrecruzamientos (Fennema, 2000).

La gelatina es el único en la formación de hidrocoloides termo-reversibles con un punto de fusión cerca de la temperatura del cuerpo, que es particularmente significativo en aplicaciones comestibles y farmacéuticas (Achet 1995, referido por Na Kao, 2008). Muchos hidrocoloides se utilizan ampliamente por sus singulares características texturales, estructurales y funcionales que imparten a los alimentos, proporcionando estabilidad a emulsiones, suspensiones y espumas y por sus propiedades espesantes en general. La mayoría de estos productos, clasificados a veces como gomas, proceden de fuentes naturales, aunque otros se modifican químicamente para conseguir las características deseadas (Achet 1995, referido por Na Kao, 2008).

Actualmente, las películas de gelatina suelen ser plastificadas por compuestos hidroxilo y polioles, que son a menudo citados como buenos plastificantes para alimentos a base de proteínas debido a su capacidad para reducir el enlace intermolecular de hidrógeno, mientras que el aumenta el espaciamiento de la unión intermolecular (Audic y Chaufer, 2005, citado por Na Kao). Vanin y col en 2005, estudiaron la plastificación de la película de gelatina con cuatro polioles, es decir, glicerol, propilenglicol, dietilenglicol glicol de etileno y glicol. Jongjareonrak, Benjakul, Visessanguan, y Tanaka en el 2006 también compararon los efectos de glicerol, el etileno glicerol, sorbitol, polietilenglicol 200 y 400 sobre las propiedades de la gelatina en películas.

## 6. Antecedentes

Sabato y col. 2001 evaluaron las propiedades mecánicas y de barrera de las películas de proteína de soya y el suero de proteínas. Estas biopelículas en una mezcla 1:1 de teína de soya y suero de proteína fue realizado a través de la formación de enlaces cruzados por irradiación y combinado con tratamientos térmicos. La adición de carboximetilcelulosa mostró un mejoramiento significativo en cuanto a las propiedades barrera, tal como la permeabilidad de vapor de agua.

Caner y col. (1998) evaluaron los efectos de los ácidos acético, láctico y propiónico en distintas concentraciones sobre las propiedades plastificantes y en un almacenamiento mayor de nueve semanas sobre las propiedades mecánicas, permeabilidad de vapor de agua y en la permeabilidad de oxígeno en filmes con concentraciones agregadas de Chitosan. La permeabilidad al oxígeno en las películas comestibles es un factor clave que limita la vida útil de los productos empacados o con cubiertas. Durante el almacenamiento en congelación, ocurre la oxidación y cambios en el color y en el sabor del pescado.

El chitosan puede formar una capa semipermeable la cual puede modificar la atmósfera interna, así disminuyendo la tasa de transpiración en los productos alimenticios (Nispero y Carriedo, 1994; Citado por Caner 1998). Ellos determinaron que la permeabilidad del coeficiente de vapor y la tasa de transmisión de oxígeno es de 0,3 g/m al día. Donde concluyeron que los filmes de chitosan pueden ser producidos con diferentes ácidos bajo diferentes concentraciones. Comparando los coeficientes de permeabilidad de oxígeno y de permeabilidad de vapor de agua los valores para las películas usando ácido acético, y algunas películas usando ácido láctico exhiben menor tasa de permeabilidad de oxígeno y una tasa de permeabilidad de vapor de agua un poco mayor. Por otro lado Hosokawa y col. 1990 reportaron que el Chitosan posee baja permeabilidad para el oxígeno y el dióxido de carbono. Wong y col. (1992) produjeron películas a base de Chitosan usando ácidos fórmicos y soluciones acuosas como solventes.

Strutchel y Krotcha. (1995) evaluaron las cubiertas comestibles a base de suero de proteínas aisladas y los monoglicéridos acetilados en la pérdida de

humedad y en la oxidación lípida en el pescado salmón rey congelado. Un modelo de gel fue usado previamente como pantalla protectora efectiva contra la pérdida de humedad. Para algunos alimentos, la velocidad de la congelación por inmersión con líquidos criogénicos proporciona una calidad que no se puede lograr con ningún otro método de congelación. El almacenamiento en congelación es un efectivo tipo de preservación la cual previene o disminuye cambios químicos indeseables mientras mantienen muchas características del pescado fresco.

Durante largo tiempo de almacenamiento, los pescados y productos pesqueros pueden llegar a deteriorarse considerablemente. Las películas comestibles pueden disminuir o prevenir cambios en la calidad y prolongar el tiempo de vida útil de los alimentos en el almacenamiento congelado actuando como barreras para el control de la transferencia de humedad, la toma de oxígeno y pérdidas de aromas volátiles y sabores. Las películas comestibles pueden estar hechas de proteínas, polisacáridos, lípidos o una combinación de esos materiales como bicapas o emulsiones. (Guilbert, 1986; Kester & Fennema, 1986; Krotcha, 1992; citado por Stutchell y Krochta, 1995).

Los autores Stutchell y Krochta, (1995) señalaron que la oxidación lípida fue retardada y los valores de gases fueron reducidos en las muestras cubiertas con suero de proteínas aisladas. Luego de las 8 semanas se comenzó a observar una disminución de la pérdida de humedad. Donde la cubierta de roseado de suero de proteínas aisladas Myvacet 9-08 presentó la menor pérdida de humedad. Los autores concluyeron que las películas comestibles que consisten en monoglicéridos acetilados o las cubiertas de proteínas, fueron efectivas reduciendo la pérdida de humedad. La utilización de las cubiertas a base de monoglicéridos acetilados en el control de la pérdida de humedad fueron efectivas al usarlas como glaseado protector en pescado congelado, ya que estas cubiertas fueron efectivas en la disminución de difusión de oxígeno a través de la cubierta y reducen la cantidad de oxígeno en la superficie del pescado.

Chih-Chen Lin y col. (2003) mantuvieron la calidad en los filetes de pescado congelado usando el glaseado con extractos de té al 5%. Donde algunos de los tratamientos glaseados con té produjeron algún grado de protección. La

actividad antioxidante de algunas especies particulares de té, impactó en la carne del pez bonito disminuyendo la capacidad de extender la fermentación natural de las especies de té usando el glaseado. Al ser la oxidación una importante causa en la disminución de la calidad en productos pesqueros congelados es imprescindible evitar el paso de las moléculas de oxígeno a la carne de pescado, debido a que, la carne de pescado es más susceptible a la degradación oxidativa que la carne de pollo o de cerdo durante el almacenamiento a temperaturas de congelación gracias a la abundancia de ácidos grasos poliinsaturados presentes en esta carne (Khayat y Schwall, 1983; Chih-Cheng Lin, 2003).

La lipoxidación promueve cambios físicos, rancidez oxidativa y la deterioración del flavor del de pescado (He y AIDI, 1997; Karen, Schaich, / Roy, 1975; Chih-Cheng Lin, 2003). Varios métodos son utilizados para retardar o prevenir la oxidación o el nivel de rancidez oxidativa de la carne de pescado congelado las cuales, incluyen el almacenamiento en bajas temperaturas, un empacamiento apropiado, glaseado con varios químicos y la incorporación de antioxidantes (Brannan & Ericsson, 1996; Ericsson y Hung, 1997; Hwang y Regenstein, 1988; Chih-Cheng Lin 2004).

La tasa de la oxidación lipídica en los pescados grasos como el salmón es afectada por varios factores. El contenido de lípidos y la composición en pescados grasos puede depender en la madurez, tamaño y la posición en donde se haya tomado la muestra (cabeza, cola, carne oscura o clara, etc. (Stansby & Olcott, 1963; Ackman, 1979; Flick et al, 1992; Stuchell 1995). La oxidación de la carne de pescado es la principal responsable por el deterioro de este tejido, aunque la actividad enzimática se puede retardar o inhibir durante el almacenamiento en congelación (C-C Lin 2005). Srinivasan & Hultin (1995) reportaron que la desnaturalización de proteínas es afectada significativamente por la oxidación de lípidos (C-C Lin 2005

Rojas- Grau y M.S. Tapia (2006) utilizaron cubiertas comestibles como portadores de agentes de anti-oscorecimiento en cortes frescos de manzanas fuji. El alginato al 2% y el gelan al 0,5% en cubiertas comestibles fueron formuladas para estudiar el efecto del glicerol y los agentes de oscorecimiento (N- acetilcisteína y glutatión) en la resistencia de vapor de agua. La habilidad

de las cubiertas para portar agentes de anti-oscuramiento fue investigado siguiendo los cambios de color de los cortes frescos de manzana fuji. La resistencia al vapor de agua incremento significativamente de 15.70 a 14.60s/cm. a 19.2 y 27.6s/cm. en las cubiertas de alginato y gelan con aceite de girasol respectivamente, en comparación con las cubiertas sin el aceite de girasol. La adición del aceite fue mucho más efectiva en gelan que en el alginato al incrementar la resistencia del vapor de agua de los cortes de manzanas. Los autores concluyeron que las cubiertas a base de alginato y gelan proveen buenos portadores de agentes de anti-oscuramiento y que las coberturas comestibles proveen mayor resistencia a la pérdida de vapor de agua.

Subramaniam y col. (2007) evaluaron la influencia del glaseado con quitosan en la calidad de los filetes de salmón (*Oncorhynchus gorbuscha*) durante el almacenamiento en congelación.

Las películas de Chitosan también exhiben una buena barrera al oxígeno (Butler, Vergano, Testin, Bunn & Wiles, 1996; citado por Subramaniam 2007). El efecto del glaseado con Chitosan (1%w/w) en la calidad de los filetes de salmón después de ocho meses en almacenamiento a congelación fue determinado. El estudio reológico mostró que el chitosan exhibe unas características pseudoplásticas y viscoelásticas. El oxígeno, el dióxido de carbono, el nitrógeno y la permeabilidad del vapor de agua en la película de chitosan fueron  $5.34 \times 10^{-2}$  (cm<sup>3</sup>/m) ,0.17 (cm<sup>3</sup>/m), 0,03(cm<sup>3</sup>/m), y  $2.92 \times 10^{-2}$ (cm<sup>3</sup>/m), respectivamente. Los filetes de salmón glaseados con la solución de chitosan exhibieron significativamente mayor retardo en la lipoxidación después de ocho meses de almacenamiento en congelación. (Subramaniam 2007). Cabe destacar que, el chitosan es un hidrocoloide principalmente obtenido a partir de los caparazones de crustáceos y es un hidrocoloide no tóxico (Shahidi, arachchi, jeon. Citado por Subramaniam 2007). Su biocompatibilidad y naturaleza no tóxica ha sido usada como agente separador, como agente adsorbente, como agente clarificante y como fibra dietética (Knorr1997; Pinota, Bevilacqua, Zarizky, 1997; citado por Subramaniam 2007). El chitosan posee características apropiadas para su uso como películas comestibles en alimentos, tales como, empaques comestibles y cubiertas (Tual, Espuche,

Escoubes & Domard, 2000; citado por Subramaniam 2007) debido a que una de las propiedades de este hidrocoloide es incrementar la viscosidad a partir de la hidratación. Un número de propiedades funcionales incluyendo propiedades antioxidante, antimicrobianas y barrera de oxígeno han sido reportadas por las películas de quitosán (Jeon y col, 2002; citado por Subramaniam 2007).

La justificación para la realización de la presente investigación, radica en que hasta el momento, según conocemos, este es el primer trabajo que realiza un estudio donde se apliquen distintas concentraciones de hidrocoloide para realizar un glaseado en el lomo de atún. Estos hidrocoloides confieren a la solución una mayor viscosidad, la cual al congelarse, forma una capa más rígida y resistente que promueve la impermeabilidad al paso de moléculas, brindándole al atún un sistema de hermeticidad, que mantiene la calidad del atún. El empleo de estos hidrocoloides para la preservación de las carnes congeladas posee numerosas ventajas, tales como, fácil y económica preparación, son materiales biodegradables con lo que evita que el alimento entre en contacto con elementos tóxicos, así asegurando la salud del consumidor y puede ser aplicada en la industria alimenticia.

## **7. Objetivos.**

### **Objetivo General**

- Evaluar la técnica de glaseado incorporando hidrocoloides como una alternativa en el empaque de lomo de atún congelado a -10°C.

### **Objetivos Específicos**

- Evaluar tres diferentes tipos de hidrocoloides (Carragenina, almidón de yuca y gelatina en tres diferentes concentraciones como alternativa en el empaque del lomo de atún congelado.
- Evaluar la estabilidad lípidica del lomo de atún en los empaques que resultasen apropiados físicamente.
- Evaluar la estabilidad de la proteína del lomo de atún en los empaques que resultasen apropiados físicamente.

## **8. Materiales y métodos**

### **Materiales**

- Se utilizó la especie atún (*thunnus sp*), este se obtuvo fresco en el mercado de Quinta Crespo y se transporto en hielo hasta el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA).

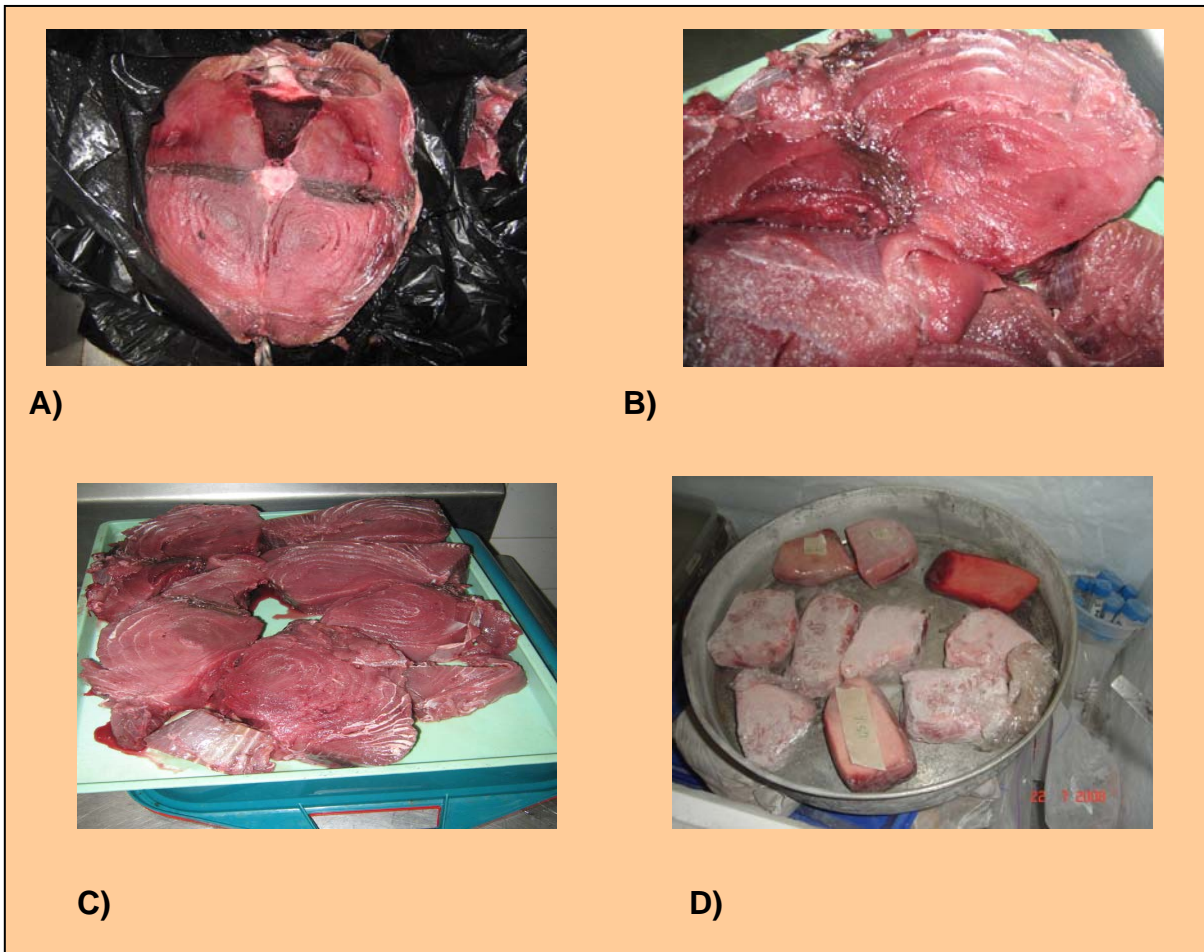
Los hidrocoloides utilizados en esta investigación fueron:

- Carragenina MB-151F.
- Almidón de yuca acetilado, elaborado en el laboratorio de Cereales del Instituto de Ciencias y tecnología de alimentos de la Universidad Central de Venezuela (ICTA).
- Gelatina: comercial sin ningún sabor y se obtuvo en el automercado Unicasa.

### **Procesamiento**

Primeramente, el atún fue obtenido en el mercado de quinta cresco pesando 7,5 kg, luego este fue procesado quitándole la piel y huesos, dejando solo trozos de un tamaño aproximado de 30cm x 20cm de músculo, los cuales fueron cortados en trozos de 10cm de largo x 8cm ancho para realizar los tratamientos de glaseado. Luego, estos trozos fueron envueltos en papel de polifilm marca envoplast sometidos a una congelación en congelador de placas por 30 minutos a una temperatura de -30°C (figura 3).

Figura 3. Procesamiento del atún. A) Rueda de atún con hueso y piel. B) y C) Trozos de atún sin piel y huesos. D) trozos de atún envueltos con papel de polifilm previamente congelados en congelador de placas.



### Glaseado:

#### Soluciones del glaseado

- Carragenina: 0,05; 0,1 y 0,15%
- Gelatina: 0,5; 1 y 1,5%
- Almidón: 1; 1,5 y 2%



Estas concentraciones se tomaron a partir de la bibliografía consultada donde se usaron y proporcionaron resultados positivos y satisfactorios en cuanto a su desempeño.

La preparación de estas soluciones fue la siguiente:

**Carragenina:** Se pesaron 0,25; 0,5 y 0,75 gramos de carragenina para preparar los porcentajes de las soluciones de 0,05; 0,1 y 0,15% respectivamente, luego se diluyo la carragenina en 500ml de agua destilada se agitó constantemente por aproximadamente 5 minutos hasta obtener una solución viscosa. Luego se enfrió la solución hasta que esta llegó a una temperatura entre 0 a 2°C, para realizar el glaseado.

**Almidón:** Se pesaron 5; 7,5 y 10 gramos de almidón para preparar los porcentajes de las soluciones de 1; 1,5 y 2% respectivamente, para la preparación de almidón se calentó el agua a unos 45°C, posteriormente se fue agregando el almidón pesado previamente para cada solución en 500ml de agua destilada a 45°C, aumentando la temperatura progresivamente hasta llegar a temperaturas alrededor de 80°C. Luego de alcanzar esta temperatura se dejo reposar alrededor de 5 minutos, después de este tiempo ya se obtenía un gel homogéneo y completamente disuelto en el agua, todo este proceso se llevo con agitación constante. Luego la solución se enfrió hasta alcanzar una temperatura de 0 a 2°C para realizar el glaseado.

**Gelatina:** Se pesaron 7,5; 5 y 2,5 gramos de gelatina para preparar los porcentajes de las soluciones de 1,5; 1 y 0,5% respectivamente, la elaboración en gelatina fue muy similar a la de almidón: se calentó el agua con agitación constante y la gelatina fue diluida poco a poco en 500 ml de agua destilada, posteriormente se aumento la temperatura hasta alcanzar entre 50-60°C y se dejo reposar alrededor de 5 minutos y luego se enfrió hasta una temperatura de 0 a 2°C para realizar el glaseado.

El glaseado consistió en la inmersión del lomo de atún en las soluciones con hidrocoloides entre 0 °C y -2°C por 30 segundos, formándose una capa delgada de hielo (figura 4).

Figura 4. Realización del glaseado. A) y B) Inmersión del lomo de atún en solución con hidrocoloides



A)

B)

Figura 5. Lomos de atún glaseados.



## **Materiales y Metodología**

### **Métodos de Análisis**

Los siguientes análisis se realizaron en el músculo del pescado y por triplicado:

#### **1. Análisis Proximal**

**1.1 Humedad:** se realizó según método N° 24003 de AOAC, 1995.

**1.2 Proteína cruda:** se realizó según método Micro kjeldahl N° 47022 de AOAC. 1995. (factor 6,25)

**1.3 Grasa cruda:** se procedió según método N° 94302 de AOAC, 1995.

**1.4 Cenizas:** se procedió según método N° 18025 de AOAC, 1995.

**2. Rancidez oxidativa Oxidativa:** Se determinó por el método del Ácido Tiobarbitúrico (TBA), según metodología señalada por Tarladgis y col. (1960). Se homogenizaron 10 g de muestra con 50 ml de agua, durante 3 minutos a 10.000 rpm. Se transfirió a un matraz de destilación con 47 ml de agua y se añadió 5 ml de solución EDTA+ PG 25% más 2,5 ml de HCl (1:2), 1 ml de antiespumante y perlas de ebullición. El destilado recolectado se llevó a 100 ml en un balón aforado. Luego se tomó una alícuota de 5 ml y se colocó en un tubo de ensayo con tapa y luego se agregó 5 ml de solución 2-TBA (0,02 M de TBA en ácido acético 90%). Se preparó blanco con 5 ml de solución 2-TBA. Se calienta por 35 minutos en baño maría. Una vez enfriados los tubos durante 10

minutos, posteriormente se midió la absorbancia contra el blanco a 538 nm. La concentración se obtiene de una curva de calibración de malonaldehído.

**3. Proteínas extraíbles en soluciones salinas:** según Montecchia y col (1997) 8 gramos de músculo se homogenizaron con 160 ml de buffer (0,6M KCl – 0,003M NaCO<sub>3</sub>) ph 7.0. Se homogeneizaron por un minuto y luego se centrifugó por 20 minutos a 5.000 rpm en una centrifuga refrigerada. El sobrenadante se define como proteína soluble en solución salina. Luego el sobrenadante fue agregado en tubos microkjendahl para así realizar la determinación de proteínas según método Micro kjeldahl N° 47022 de AOAC. 1995. (factor 6,25).

**4. Textura (firmeza):** Se midió por doble compresión usando un Textura Analyzer TA.XT2® (Stable Micro Systems Haslemere, Surrey K) equipado con un embolo cilíndrico (12 mm diámetro). La fuerza (N) fue medida continuamente durante la compresión en una curva de textura (Texture profile Análisis (TPA60)) con una célula cargada de 5 kg y un disparador de fuerza de 0,01 N a una tasa de deformación de 1 mm s<sup>-1</sup> en los filetes hasta haber alcanzado 60% de la altura de la muestra inicial y el tiempo entre ambas compresiones fue de 5 segundos.

**5. Color:** Fue medido mediante el uso de un Colorímetro marca Hunter Lab modelo Color Flex® CX1819 según CieLAB, con iluminates de 10° y observador D65. Se midió en términos de L\* (luminosidad), a\* (rojo o verde), y b\* (amarillo o azul). Los valores de L\* varían desde 0 (negro) hasta 100 (blanco), si la diferencia en el valor de L\* entre la muestra fresca y la tratada es positiva, la

muestra tratada es mas clara que la fresca, y si es negativa indica que es mas oscura. Si la diferencia en el valor de  $a^*$  entre la muestra fresca y la tratada es positiva, la muestra tratada es mas roja (menos verde) que la fresca, y si es negativa indica que es menos roja. Si la diferencia en el valor de  $b^*$  entre la muestra fresca y la tratada es positiva, la muestra tratada es mas amarilla (menos azul) que la fresca, y si es negativa indica que es menos amarilla.

#### **6. Líquido exprimible.**

Se colocó 10 g de muestra homogeneizada en un tubo de centrifuga de 25 mL y luego fue centrifugada a 5.000 rpm por 20 min., manteniendo la temperatura a 2°C, en un equipo “Sorvall”, modelo RC2-B con un rotor SS-34 (Sorvall, Wilmington, DE). El volumen de líquido sobrenadante contenido en el tubo de centrifuga se midió en un cilindro graduado de 10 mL. El resultado se expresó como ml/100g.

#### **7. Evaluación Sensorial**

Se utilizara una Prueba de evaluación sensorial con una escala Hedónica de 9 puntos.

#### **8. Análisis estadísticos**

Los resultados obtenidos fueron tabulados en Excel y analizados con el programa Statgraphics plus 5.1, mediante una prueba de ANOVA de dos vías, con un nivel de significancia de 5%. Donde la variable dependiente es el tiempo de almacenamiento y las variables independientes fueron los tratamientos. En la evaluación sensorial se puede determinar si existe diferencia en cuanto la preferencia de cada atributo en particular; y de observarse diferencias

significativas se realizaron pruebas “a posteriori” utilizando la comparación del rango múltiple.

## 9. Resultados y discusión.

### Composición Proximal

Al atún fresco obtenido para la investigación se le realizó la composición proximal en tiempo cero (la cual se observa en la tabla 2), antes de someterse al proceso de los glaseados con las distintas soluciones con hidrocoloides y se obtuvo un 72,08% de humedad, un 11,31% de contenido de grasa, un 17,12% de proteína cruda y finalmente un 1,40% de cenizas.

Tabla 2. Composición proximal del atún fresco (*thunnus sp*).

<b>Análisis</b>	<b>Grasa</b>	<b>Humedad</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Proteínas</b>
<b>Porcentaje (%)</b>	11,31	72,08	1,4	17,12

### Humedad

El contenido de humedad para el lomo de atún con los diferentes tratamientos de glaseado y almacenados en congelación a -10°C durante 15 y 30 días se muestran en la tabla 3. A los 15 días en los tratamientos con soluciones de carragenina 0,05% y 0,15%, almidón al 1 y 2%, en el glaseado sin hidrocoloides y en los tratamientos con soluciones de gelatina no se observó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) con respecto al tiempo cero. En todas las muestras tratadas con almidón y carragenina, se observaron diferencias significativas inter tratamientos, mientras que en los tratamientos de gelatina no se evidenció diferencias significativas entre sí. A los 30 días, se observaron diferencias significativas respecto al glaseado del atún al tiempo cero y los tratamientos de almidón; así también en los tratamientos con soluciones de carragenina al 0,1 y 0,15%, en el tratamiento al 1,5 en soluciones de gelatina y

en el glaseado sin hidrocoloides. Por otro lado, no se observaron diferencia significativa ( $p < 0,05\%$ ) inter tratamientos de almidón a los 30 días de almacenamiento a  $-10^{\circ}\text{C}$ . En los tratamientos con soluciones de carragenina existe una diferencia significativa entre el tratamiento al 0.05% y el resto de los tratamientos; igual comportamiento se observó entre el tratamiento 1.5% con soluciones de gelatina y el resto.

El mantenimiento de la humedad es un factor muy importante en los alimentos pesqueros ya que, según Baduí en el 2006, la pérdida de humedad promueve la lipoxidación en la carne de pescado, debido a que al migrar las moléculas de vapor de agua, estas dejan de proteger la carne de pescado de la entrada del oxígeno. Por otro lado, la pérdida de humedad influye notablemente en la textura de los alimentos, ya que al haber pérdida de las moléculas de vapor de agua, hay disminución de la firmeza en la carne de pescado, la carne se torna seca y dura, siendo menos apetecible para el consumidor.

Tabla 3. Contenido de humedad (%) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con soluciones de almidón (1; 1,5 y 2%), gelatina (0,5; 1 y 1,5%) y carragenina (0,05; 0,1 y 0.15%) respectivamente durante 15 y 30 días de almacenamiento a -10°C.

Tratamiento (%)	Tiempo (días)		
	0	15	30
<b>Almidón</b>			
1,00	72,08 ± 0,47 <sup>aa</sup>	72,20 ± 0,23 <sup>ba</sup>	71,09 ± 0,41 <sup>ab</sup>
1,50	72,08 ± 0,47 <sup>aa</sup>	70,87 ± 0,2 <sup>ab</sup>	70,56 ± 0,51 <sup>ab</sup>
2,00	72,08 ± 0,47 <sup>aa</sup>	71,63 ± 0,38 <sup>ca</sup>	71,12 ± 0,4ab
<b>Gelatina</b>			
0,50	72,08 ± 0,47 <sup>aa</sup>	71,91 ± 0,54 <sup>aa</sup>	72,15 ± 0,51 <sup>aa</sup>
1,00	72,08 ± 0,47 <sup>aa</sup>	72,77 ± 0,74 <sup>aa</sup>	72,79 ± 0,23 <sup>aa</sup>
1,50	72,08 ± 0,47 <sup>aa</sup>	72,25 ± 0,8 <sup>aa</sup>	70,79 ± 1,72 <sup>bb</sup>
<b>Carragenina</b>			
0,05	72,08 ± 0,47 <sup>aa</sup>	71,85 ± 0,42 <sup>aa</sup>	72,4 ± 0,16 <sup>aa</sup>
0,10	72,08 ± 0,47 <sup>aa</sup>	73,06 ± 0,49 <sup>bc</sup>	71,31 ± 0,27 <sup>bb</sup>
0,15	72,08 ± 0,47 <sup>aa</sup>	72,03 ± 0,14 <sup>ca</sup>	70,79 ± 0,13 <sup>bb</sup>
<b>Control</b>			
	72,08 ± 0,47 <sup>aa</sup>	72,61±0,21 <sup>aa</sup>	70,84±0,89 <sup>ab</sup>

Resultados de tres replicaciones media ± DS. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas. Primera letra indica diferencias significativas entre tratamientos, la segunda letra indica diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

En cuanto a los valores de humedad en las distintas concentraciones de almidón, se observó que hubo una disminución significativa estadísticamente en los valores encontrados a los 15 y 30 días de almacenamiento, aunque la pérdida de humedad oscila entre 1 y 3%, lo que demuestra que las moléculas de vapor de agua no migraron desde el lomo de atún a la capa de hielo de forma , demostrando que las concentraciones de almidón de yuca diluidas en agua y congelada en forma de glaseado evita la migración, sin embargo, si se compara con el control, la cual es la capa de hielo sin agregar ningún hidrocoloide, se puede deducir que en el control a los 30 días el decremento de humedad tiene una diferencia estadísticamente significativa con el atún a los 0 días donde se obtuvo una pérdida de un 1,72%, sin embargo, esto es una diferencia insignificante aunque exista una diferencia estadística significativa, si se observa la tabla 3 el comportamiento en la pérdida progresiva significativa de las moléculas de vapor de agua en el tratamiento 1, 1.5% y 2% en almidón este obtuvo un decremento significativo ( $p < 0,05$ ) de humedad a lo largo de los 30 días, sin embargo, si consideramos que los lomos de atún se encontraban a -10°C por 30 días de almacenamiento, la pérdida de humedad es insignificante,



lo que demuestra que la capa de hielo con hidrocoloides sirve como barrera física para evitar la migración de vapor de agua del lomo de atún, si no se aplicaran estos tratamientos de glaseados con hidrocoloides la pérdida de humedad tal vez sería dramática debido que no existiría ninguna barrera física que limite la pérdida de humedad en el atún.

Por otro lado la humedad en las distintas concentraciones de gelatina se observa en la tabla 3, que a los 15 días de almacenamiento se observaron sin cambios ( $p < 0,05$ ) excepto en el tratamiento de 1,5% a los 30 días, donde hubo una diferencia significativa donde se infiere que su causa sea que, estructuralmente, al haber una mayor concentración las moléculas de colágeno están unidas por fuerzas de Van der Waals, o arreglo en su conformación espacial en la solución, produzcan inestabilidad en la solución y por ende en la capa de hielo que recubre al lomo de atún.

Por otro lado, según Fennema en el 2000, indico que las proteínas tienden a interactuar con otros componentes alimenticios, como los lípidos, los azúcares, los polisacáridos y diversos componentes minoritarios y esto tal vez modifica su comportamiento funcional, lo que indica que, al ser la gelatina una proteína esta puede interactuar con el contenido graso del lomo de atún y, por ende, a mayor concentración de gelatina, mayor interacción va a existir y tal vez menos estable va a ser la solución, produciendo cierto grado de permeabilidad permitiendo el paso de moléculas de agua a la capa de hielo. Los otros tratamientos (0,5% y 1%) no mostraron una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en los porcentajes de humedad a lo largo de los 30 días y esto se puede atribuir a que al haber menos concentración de gelatina, mayor estabilidad va a existir gracias a que las moléculas van a poder arreglarse mejor en el espacio promoviendo mayor estabilidad de la solución y por otro lado al haber menor concentración de gelatina tal vez va existir menor interacción de esta proteína con el contenido lipídico existente en la carne del atún produciendo un gel más estable el cual evite la pérdida de agua y también evitando la entrada del oxígeno molecular.

En cuanto a la humedad en los distintos tratamientos de carragenina, se observó una disminución significativa en los tratamientos 0,1 y 0,15% a los 30 días de almacenamiento. Esta disminución es menor en promedio en comparación con los tratamientos de almidón y gelatina, esto es debido a las dobles hélices ilimitadas sirven como base para la formación de la estructura del gel de carragenina, otro factor es la cantidad de sulfatos y hidroxilos que posee la carragenina que favorece la solubilidad de la carragenina sin necesidad de calentar, formando la estructura tridimensional a partir de la series de dobles hélices la cual produce la viscosidad en las soluciones (Graham, 1977).

También existen interacciones de los grupos sulfato con los grupos cargados de las proteínas, ya sea de manera directa o a través de iones divalentes como el calcio, esta interacción depende de la carga neta del complejo y, por lo tanto, esta en función del punto isoeléctrico de la proteína, cuando la relación de la carga entre la carragenina y la proteína es igual a 1, el complejo precipita, puesto que el grado de interacción es el máximo (Badui, 2006). Por esta razón, es que se usan en concentraciones muy bajas para realizar los geles de carragenina, ya que si se agregan altas concentraciones estas precipitan con la proteína afectando el músculo del atún o haciendo el glaseado menos estable, promoviendo así la pérdida de agua del lomo de atún, lo que conllevaría a un nivel mas alto de rancidez oxidativa, pérdida de textura y calidad.

En la tabla 3, se observa como los niveles de humedad disminuyen notablemente en las concentraciones de 0,1 y 0,15% a los 15 días, y esto lo podemos atribuir a que tal vez la reacción existente entre los sulfatos de la carragenina y la proteína del músculo del atún, mientras que en la concentración de 0,05% la cual es la más baja de los tres tratamientos se puede observar como la cantidad de humedad se mantiene relativamente estable o constante en el lomo de atún ya que al haber menos concentración hay menos cantidad de sulfatos lo que produce que exista menor reacción entre estos y la proteína.

En el glaseado sin hidrocoloides (control) observa que la disminución de la humedad durante estos 30 días, como se menciona anteriormente, no es

importante, ya que varía entre un 3%, lo que nos indica que tal vez el glaseado con hidrocoloides provee un efecto de barrera que evita que exista una mayor pérdida de humedad en el músculo del atún. Por otro lado, también se observa, que los glaseados con tratamientos con hidrocoloides proveen una barrera más eficaz en cuanto al mantenimiento de humedad respecto al glaseado sin ningún tratamiento (control).

Como se mencionó anteriormente existen diferencias significativas a partir de el tiempo cero en las distintas soluciones de almidón, carragenina y gelatina, pero si se considera que los lomos de atún se encontraban a  $-10^{\circ}\text{C}$  por 30 días de almacenamiento, la pérdida de humedad es insignificante, lo que demuestra que la capa de hielo con hidrocoloides funciona como barrera física para evitar la migración de vapor de agua del lomo de atún, si no se aplicaran estos tratamientos con hidrocoloides la pérdida de humedad sería mayor debido que no existiría ninguna barrera física que limite la pérdida de humedad en el atún.

### **Rancidez Oxidativa**

En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos de rancidez oxidativa en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con soluciones de almidón (1; 1,5 y 2), gelatina (0,5; 1 y 1.5) y carragenina (0,05; 0,1 y 0,15) respectivamente durante 15 y 30 días de almacenamiento. A los 15 días de almacenamiento se observaron diferencias significativas respecto al tiempo cero en los tratamientos con soluciones de almidón al 1,5 y 2%, en todos los tratamientos con soluciones de gelatina, en los tratamientos con soluciones de carragenina al 0,05 y 0,15% y en el glaseado sin hidrocoloides.

Por otro lado, se observó diferencias significativas ( $p < 0,05\%$ ) al 1% respecto al resto en los tratamientos con soluciones de almidón, similar comportamiento en el tratamiento al 0,5% en los distintos tratamientos con soluciones de gelatina, y respecto a los tratamientos de carragenina, se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05\%$ ) inter tratamientos. A los 30 días, se observaron diferencias significativas en todos los tratamientos con soluciones de almidón, carragenina, gelatina y el glaseado sin hidrocoloides respecto al tiempo cero.

También se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05\%$ ) inter tratamientos en los tratamientos con soluciones de almidón y gelatina, y respecto a los tratamientos con soluciones de carragenina, se observaron diferencias significativas entre el tratamiento 0,15% y el resto.

Tabla 4. Rancidez oxidativa ( $\mu\text{g/g}$ ) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) (*Thunnus sp*) glaseados con soluciones de almidón (1; 1,5 y 2%), gelatina (0,5; 1 y 1,5%) y carragenina (0,05; 0,1 y 0,15%) respectivamente durante 15 y 30 días de almacenamiento a  $-10^\circ\text{C}$ .

Tratamiento (%)	Tiempo (días)		
	0	15	30
<b>Almidón</b>			
1,00	1549 $\pm$ 50 <sup>aa</sup>	1406 $\pm$ 104 <sup>aa</sup>	2014 $\pm$ 16 <sup>ab</sup>
1,50	1549 $\pm$ 50 <sup>aa</sup>	1991 $\pm$ 231 <sup>bb</sup>	2254 $\pm$ 53 <sup>bb</sup>
2,00	1549 $\pm$ 50 <sup>aa</sup>	1929 $\pm$ 165 <sup>bb</sup>	1940 $\pm$ 13 <sup>cb</sup>
<b>Gelatina</b>			
0,50	1549 $\pm$ 50 <sup>aa</sup>	1959 $\pm$ 270 <sup>ab</sup>	2335 $\pm$ 44 <sup>ab</sup>
1,00	1549 $\pm$ 50 <sup>aa</sup>	2382 $\pm$ 137 <sup>bb</sup>	2933 $\pm$ 18 <sup>bb</sup>
1,50	1549 $\pm$ 50 <sup>aa</sup>	2321 $\pm$ 267 <sup>bb</sup>	4034 $\pm$ 93 <sup>cc</sup>
<b>Carragenina</b>			
0,05	1549 $\pm$ 50 <sup>aa</sup>	2221 $\pm$ 424 <sup>ab</sup>	2081 $\pm$ 75 <sup>ab</sup>
0,10	1549 $\pm$ 50 <sup>aa</sup>	1742 $\pm$ 391 <sup>ca</sup>	2089 $\pm$ 34 <sup>ab</sup>
0,15	1549 $\pm$ 50 <sup>aa</sup>	1201 $\pm$ 113 <sup>bc</sup>	2326 $\pm$ 28 <sup>bb</sup>
<b>Control</b>			
	1549 $\pm$ 50 <sup>aa</sup>	2092 $\pm$ 11 <sup>ab</sup>	3422 $\pm$ 154 <sup>bb</sup>

Resultados de tres replicaciones media  $\pm$  DS. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas. Primera letra indica diferencias significativas entre tratamientos, la segunda letra indica diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ ).

Los cambios en los lípidos del pescado son un parámetro muy importante a estudiar, pues sus ácidos grasos son altamente insaturados, haciéndose susceptibles al ataque por el oxígeno, produciendo rancidez y reduciendo el periodo de almacenamiento y aceptabilidad en los productos pesqueros. En la pulpa de pescado, estos cambios se hacen más significativos debido a la mayor exposición del oxígeno. La oxidación del lípido ocurre cuando un átomo cede un electrón a otro átomo distinto mediante el proceso de reducción. Su mecanismo de propagación es mediante radicales libres (Barrero y Bello, 2000). Estos radicales libres reaccionan a su vez con las proteínas, formando radicales libres lípido-proteína. Los radicales libres conjugados lípido-proteína se pueden polimerizar estableciendo enlaces cruzados entre las proteínas. Además, los radicales libres lípidicos pueden inducir la formación de radicales

libres de proteína sobre las cadenas laterales de cisterna y histidina, que pueden establecer enlaces cruzados y terminar en reacciones de polimerización (Fennema, 2000).

La oxidación lípida promueve cambios fisicoquímicos, rancidez oxidativa y el sabor deteriorativo en la carne de pescado (Karen, Schaich y Roy, 1975; He y Shahidi, 1997;; Refsgaard, Brockhoff y Jensen, 2000. citado por Lin, 2003). Varios métodos para retardar o prevenir la oxidación o el nivel de rancidez oxidativa en la carne de pescado incluyen almacenamiento a bajas temperaturas, empaque apropiado, glaseado y la incorporación de antioxidantes (Hwang y Regenstein, 1988. citado Brannan y col, 1996; Ericsson y col, 1997; por Lin, 2003). La oxidación de lípidos es un factor limitante en el almacenamiento en congelación, particularmente en los pescados grasos como es el caso del atún ya que causa cambios en el olor, sabor y otros atributos de calidad (Hultin, 1992. citado por Ashie, 1996). La hemo-hierro catálisis aparentemente es importante en la peroxidación de lípidos en la carne cruda. La medición del malonaldehído, por la vía de la prueba 2-ácido tiobarbiturico (TBA), es usado comúnmente para medir la rancidez oxidativa en los productos alimenticios (Melton, 1983, citado por Brewer y Wu, 1993).

Respecto al contenido de rancidez oxidativa en los lomos de atún (*thunnus sp*) glaseados con los distintos tratamientos de almidón, se puede observar, en la tabla 4 un aumento significativo y esto tal vez, es debido a la entrada del oxígeno gaseoso al lomo de atún por lo que se observa que el almidón como película protectora no es totalmente eficiente, el tratamiento más eficiente fue el tratamiento de 1% el cual mostró un mantenimiento de la rancidez oxidativa a los 15 días de almacenamiento, luego a los 30 días se observa un aumento de la rancidez oxidativa de un 20,15% , mientras que, los otros dos tratamientos de almidón (1,5 y 2%) mostraron mayores niveles de rancidez oxidativa durante los 15 y 30 días en almacenamiento, respecto al tiempo cero.

El tratamiento de 2% se mantuvo constante en estos tiempos, tal vez la razón sea que, aunque a mayor concentración sea un poco más inestable la solución de almidón, debido a la interferencia producida por la amilopectina con sus ramificaciones impiden la formación de puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua adyacentes (Badui, 2006), y también por otro lado, la

interacción de grupos hidroxilos con la carne de pescado tal vez pueda afectar la estabilidad en la capa de hielo. Sin embargo, la gran cantidad de moléculas de amilosa que producen una alta viscosidad gracias a que sus cadenas lineares se orientan de una manera paralela y tal vez reaccionen entre si formando puentes hidrógenos a través de sus múltiples grupos hidroxilos y esta viscosidad produce una capa un poco más densa la cual evita la entrada del oxígeno y la migración de las moléculas de vapor de agua.

Por otro lado, se observó un aumento significativo en el contenido de rancidez oxidativa con los distintos tratamientos de gelatina, donde mostraron altos valores respecto a los tratamientos de carragenina y almidón, teniendo una diferencia estadísticamente significativa, esto es debido a que la película de hielo formado con la solución de agua y gelatina no es impermeable en su totalidad a la entrada de oxígeno gaseoso al lomo de atún, así promoviendo la lipoxidación en el músculo del pescado.

Cabe destacar que, el tratamiento con mayor cantidad de rancidez oxidativa es el de gelatina al 1,5%, el cual es el tratamiento con mayor concentración y por ende, el más inestable lo que hace que sea menos impermeable, gracias a que estos presentan una capacidad limitada de dispersión por el arreglo conformacional que forma la gelatina en la solución, evidenciando que es posible que las altas concentraciones de gelatina producen inestabilidad en el glaseado, y por ende permeabilidad a la salida de las moléculas de vapor de agua y entrada de las moléculas de oxígeno produciendo altos niveles de rancidez oxidativa en el atún.

Los otros dos tratamientos de 0,5 y 1% mostraron un aumento en la rancidez oxidativa en el lomo de atún significativo ( $p < 0,05$ ) respecto al contenido rancidez oxidativa del tratamiento 1,5% en el cual se observa un aumento de 61,59% a los 30 días de almacenamiento el cual se observa en la tabla 4, en contraste con el tratamiento de concentración más baja (0,5%) se observó todo lo contrario, ya que el aumento en el contenido de rancidez oxidativa a los 30 días de almacenamiento a  $-10^{\circ}\text{C}$  fue de un 33,63% teniendo una diferencia significativa ( $p < 0,05\%$ ) entre ambos tratamientos, reforzando la teoría de que a menos concentración mayor estabilidad por la capacidad de

dispersarse en una forma estable en el agua, y mayor a concentración menor estabilidad por lo mencionado anteriormente.

Además que, según Fennema en el 2000, señala que las proteínas tienden a interaccionar con otros componentes alimenticios, como los lípidos, los azúcares, los polisacáridos y diversos componentes minoritarios y esto tal vez modifique su comportamiento funcional, lo que indica que, al ser la gelatina una proteína esta va a interaccionar con el contenido graso del lomo de atún y por ende, a mayor concentración de gelatina mayor interacción va a existir y menos estable va a ser la solución, produciendo cierto grado de permeabilidad permitiendo el paso de moléculas por la capa de hielo, debido a que se modifica el comportamiento funcional de la capa de hielo, permitiendo el paso de las moléculas de oxígeno ambiental que promueve la lipoxidación en la carne del atún.

En general, el contenido de rancidez oxidativa de los lomos de atún con los tratamientos de carragenina, tabla 4, son mucho más bajos al compararse con los tratamientos de almidón y gelatina, donde se asume que la entrada de oxígeno gaseoso al lomo de atún fue limitada debido a que la mezcla de agua con el hidrocoloide fue muy estable gracias a la cantidad ilimitada de hélices en conjunto que forman la estructura tridimensional que produce la viscosidad en las soluciones, además de la cantidad de grupos sulfuros y grupos hidroxilos que forman puentes de hidrógeno con las moléculas de agua que proporcionan estabilidad a la solución, así mejorando la impermeabilidad en el lomo de atún, evitando la migración de las moléculas de vapor de agua y la entrada de las moléculas de oxígeno gaseoso que son dos causas significantes en la oxidación de lípidos la cual produce los efectos de rancidez oxidativa en el pescado, y sobre todo en el atún que es un pez graso.

De los tres tratamientos de carragenina, el que obtuvo mayor nivel de rancidez oxidativa fue el tratamiento de 0,15%, el cual mostró un aumento de la rancidez oxidativa significativa respecto a los otros dos tratamientos, lo que pone en evidencia que a mayor concentración en la solución de carragenina es más inestable por la cantidad de grupos sulfuros que interaccionan con la proteína del atún y hacen la solución menos estable y por ende más

impermeable al paso de moléculas ya que se modifica el comportamiento funcional de la capa de hielo (Harris, 1990).

Respecto al control, si se compara con los distintos tratamientos realizados se observa que la rancidez oxidativa aumenta significativamente ( $p < 0,05$ ) y se infiere que los hidrocoloides producen viscosidad y espesor en las soluciones, proveendo a la capa de hielo de mayor espesor y rigidez y por ende mayor impedimento del paso de moléculas. Sin el hidrocoloide la capa de hielo sería menos espesa y delgada, haciendo más fácil la entrada del oxígeno gaseoso y la migración de las moléculas de vapor de agua favoreciendo así la lipoxidación en el atún.

### **Proteínas Solubles en Soluciones salinas.**

Los resultados de proteínas solubles en soluciones salinas en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con almidón (1; 1,5 y 2) gelatina (0,5, 1 y 1,5) y carragenina (0,05; 0,1 y 0,15) y almacenados durante 15 y 30 días se presentan en la tabla 5. A los 15 días se observaron diferencias significativas en los tratamientos con soluciones de almidón y gelatina, en la solución de carragenina al 0,15% y en el glaseado sin hidrocoloides. También se evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0,05\%$ ) inter tratamientos en las distintas soluciones de almidón y gelatina, y respecto a los tratamientos con soluciones de carragenina se observaron diferencias significativas entre el tratamiento al 0,15% y el resto.

A los 30 días se observaron diferencias significativas respecto al tiempo cero en todos los tratamientos con soluciones de almidón, carragenina, gelatina y el glaseado sin hidrocoloides. Por otro lado no se observaron diferencias significantes inter tratamientos en las distintas soluciones de almidón, carragenina y gelatina.



Tabla 5. Proteínas solubles en soluciones salinas (%) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con soluciones de almidón (1; 1,5 y 2%), gelatina (0,5; 1 y 1,5%) y carragenina (0,05; 0,1 y 0,15%) respectivamente durante 15 y 30 días de almacenamiento a -10°C.

Tratamiento (%)	Tiempo (días)		
	0	15	30
<b>Almidón</b>			
1,00	16,75 ± 0,56 <sup>aa</sup>	11,76 ± 0,78 <sup>ab</sup>	10,24 ± 0,97 <sup>ac</sup>
1,50	16,75 ± 0,56 <sup>aa</sup>	13,08 ± 0,43 <sup>cb</sup>	11,06 ± 0,25 <sup>ac</sup>
2,00	16,75 ± 0,56 <sup>aa</sup>	13,87 ± 0,86 <sup>bb</sup>	11,45 ± 0,66 <sup>ac</sup>
<b>Gelatina</b>			
0,50	16,75 ± 0,56 <sup>aa</sup>	11,43 ± 0,70 <sup>ab</sup>	9,09 ± 1,62 <sup>ac</sup>
1,00	16,75 ± 0,56 <sup>aa</sup>	13,08 ± 0,37 <sup>bb</sup>	10,05 ± 0,25 <sup>ac</sup>
1,50	16,75 ± 0,56 <sup>aa</sup>	12,25 ± 0,26 <sup>cb</sup>	10,58 ± 1,24 <sup>ac</sup>
<b>Carragenina</b>			
0,05	16,75 ± 0,56 <sup>aa</sup>	16,18 ± 0,61 <sup>ba</sup>	13,96 ± 0,18 <sup>ab</sup>
0,10	16,75 ± 0,56 <sup>aa</sup>	16,77 ± 0,19 <sup>ba</sup>	13,70 ± 0,67 <sup>ac</sup>
0,15	16,75 ± 0,56 <sup>aa</sup>	15,11 ± 0,62 <sup>ab</sup>	13,09 ± 0,43 <sup>ac</sup>
<b>Control</b>			
	16,75 ± 0,56 <sup>aa</sup>	9,67 ± 0,10 <sup>cb</sup>	8,75 ± 0,30 <sup>bb</sup>

Resultados de tres replicaciones media ± DS. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas. Primera letra indica diferencias significativas entre tratamientos, la segunda letra indica diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

Las proteínas se suelen aislar por precipitación isoeléctrica. Las estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria de la mayor parte de las proteínas globulares son estables al pH isoeléctrico, por lo que recuperan fácil su solubilidad cuando se dispersan a pH neutro. Por otro lado, la precipitación isoeléctrica desestabiliza irreversiblemente algunas proteínas, como las micelas de caseína. El colapso de la estructura micelar de la caseína al ser isoelectricamente precipitada se debe a varios factores, entre ellos la solubilización del fosfato cálcico coloidal y la modificación del balance de interacciones hidrofóbicas y electrostáticas establecido entre los diversos tipos de caseínas. La composición de los precipitados proteicos obtenidos isoelectricamente suele ser distintas de la proteína global de las materias primas, ya que algunas fracciones proteicas minoritarias son bastante solubles al pH isoeléctrico del componente mayoritario y no precipitan.

Durante la congelación y el almacenamiento la carne de pescado ocurre, una hidrólisis de lípidos con la consecuente acumulación de ácidos grasos libres, al mismo tiempo ocurre la insolubilización de la actomiosina en solución salina, debido a la formación y estabilización de del complejo proteína – ácido graso (Kodaira, 1981). Por otro lado, existen evidencias de que ciertos

compuestos como el malonaldehído y los radicales libres, producto de la oxidación que reaccionan con las proteínas disminuyen su solubilidad (Quezada Bello, 1984).

Los peróxidos lípidicos de los alimentos pueden descomponerse generando aldehídos y cetonas, especialmente malonaldehído. Estos compuestos carbonilo reaccionan con los grupos amino de las proteínas vía la reacción carbonil-amida y la formación de bases de Schiff. Como ya se dijo, la reacción del malonaldehído con la cadena lateral lisilo conduce al entrecruzamiento y a la polimerización de proteínas. La reacción de los lípidos peroxidados con las proteínas suele tener efectos negativos sobre el valor nutritivo de estas. La fijación por enlaces no covalentes de los compuestos carbonilo a las proteínas les confiere aromas anómalos. (Mackie, 1993). Lo que evidencia que la oxidación lípida está estrechamente relacionada con el porcentaje de proteínas extraíble.

Cabe destacar que, al momento de realizarse el congelamiento se produce desnaturalización de las proteínas en frío, ya que el hielo causa un aumento en la concentración del sistema líquido alrededor de hielo puro. En esta zona líquida se concentran todos los solutos que rodean normalmente la proteína, incluyendo sales y posibles inhibidores o inactivadores de las proteínas (Mackie, 1993), además, el crecimiento de los cristales de hielo causan daño físico a los tejidos y se fuga el contenido celular donde generalmente se hallan proteasas que dañan a las proteínas celulares (Fennema, 2000).

En los distintos trozos de atún glaseados con tratamientos de carragenina se observó un mantenimiento del porcentaje de proteínas solubles a los 15 días en los tratamientos 0,05 y 0,1%, mientras que en el tratamiento 0,15%, se observó que hubo una disminución significativa en el porcentaje de proteínas solubles. Esto tal vez sea debido a que, el glaseado hecho a partir de la solución de carragenina posea una buena estabilidad por lo que promueve impermeabilidad al paso de las moléculas de vapor de agua y al ataque del oxígeno molecular, lo que produce la rancidez oxidativa, y esta a su vez promueve la formación del formaldehído, que promueve la insolubilización de la actinosina en soluciones gracias a la formación y estabilización del complejo proteína-ácido graso.

Mientras que a los 30 días se observó una disminución significativa en el contenido de proteínas solubles en soluciones salinas con respecto a los 15 días, donde en los tratamientos 0,05; 0,1 y 0.15% llegaron a disminuir 25.54, 25,82 y 33.38% respectivamente, esto tal vez sea debido a que, ya a ese tiempo de almacenamiento, la rancidez oxidativa en los distintos tratamientos de carragenina mostraron valores altos y significativos respecto a el pescado crudo, lo que promueve a la polimerización y al entrecruzamiento de las proteínas debido a la interacción que realiza el malonaldehído con la cadena lateral lisilo; por esta razón es posible que se observe una disminución significativa a los 30 días de las proteínas solubles. Pero por otro lado aunque la diferencia estadísticamente sea significativa, se puede observar que esta disminución a los 30 días no es relevante para su almacenamiento a  $-10^{\circ}\text{C}$ , donde hay cierto mantenimiento de la cantidad de proteínas solubles, demostrando que los tratamientos de carragenina son bastante eficientes para la conservación de las proteínas solubles en los trozos de músculo de atún.

Se observó una disminución significativa en el porcentaje de proteínas soluble en los trozos de atún glaseados con las distintas soluciones de almidón, en la cual los tratamientos 1; 1,5 y 2% llegaron a tener un decremento de 38.85, 33.97 y 31,64% respectivamente, esto tal vez sea a lo mencionado anteriormente acerca de la formación de malonaldehído que promueve a la polimerización y al entrecruzamiento de las proteínas, donde si se observa la tabla 5 se demuestra que hay un aumento significativo a los 15 y 30 días de almacenamiento en el contenido de rancidez oxidativa donde, señala fennema en el 2000 señala que hay una estrecha relación entre el contenido de rancidez y el contenido de proteínas solubles, la cual se evidencia claramente en estos resultados.

En el porcentaje de proteínas solubles en los tres distintos tratamientos de gelatina (tabla 5) se observa que el porcentaje de proteínas solubles es mucho menor en comparación a los tratamientos de almidón y carragenina. Estos resultados respaldan la teoría de que al ser una proteína no tiene tal estabilidad como un carbohidrato, que, como ya se dijo poseen una mayor cantidad de

grupos hidroxilos que forman puentes de hidrógeno con las moléculas de agua y por ende le dan una mayor estabilidad a la molécula en solución. Al haber menos estabilidad hay mayor permeabilidad de las moléculas de oxígeno la cual produce oxidación de lípidos, la cual produce malonaldehído y radicales libres que disminuyen la solubilidad de las proteínas en soluciones salinas (Mackie, 1993).

También se observó una disminución significativa de proteínas solubles en los trozos de atún glaseados con tratamientos de gelatina donde se mostró una disminución significativa ( $p < 0,05\%$ ). Según Fennema en el (2000) las proteínas tienden a interactuar con otros componentes alimenticios, como los lípidos, los azúcares, los polisacáridos y diversos componentes minoritarios y esto modifica su comportamiento funcional, lo que indica que, al ser la gelatina una proteína, esta va a interactuar con el contenido graso del lomo de atún y, por ende, a mayor concentración de gelatina mayor interacción va a existir y menos estable va a ser la solución, produciendo cierto grado de permeabilidad permitiendo el paso de moléculas por la capa de hielo, lo que promueve la pérdida de atributos de calidad en el pescado, en este caso, la pérdida de la cantidad de proteínas solubles en soluciones salinas, se produce por lo anteriormente mencionado.

Cabe destacar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento control y los tratamientos de carragenina, almidón y gelatina, a diferencia del tratamiento de gelatina de 1,5% donde los valores evidencian que las pérdidas de porcentajes de proteínas solubles en soluciones salinas en el tratamiento control es debido a que la capa de hielo al no tener hidrocoloides es un poco más delgada y no posee una estructura molecular interna que le provea rigidez y consistencia a dicha capa que evite el paso de moléculas, por ende, la entrada de oxígeno molecular y la pérdida de humedad, se ven favorecidas por lo anteriormente mencionado lo que conlleva a la desnaturalización de las proteínas y esto se ve reflejado en los resultados.

## **Textura**

Los resultados obtenidos para la textura en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con almidón (1; 1,5 y 2), gelatina (0,5; 1 y 1,5), y carragenina (0,05; 0,1 y 0,15) a los 15 y 30 días de almacenamiento a -10°C se presentan en la tabla 6. A los 15 días se observaron diferencias significativas respecto al tiempo cero en los tratamientos con soluciones de gelatina, en el tratamiento con solución de almidón al 1,5%, y en el tratamiento con solución de carragenina al 0,05% y en el glaseado sin hidrocoloides. Se observaron diferencias significativas en el tratamiento de la solución de almidón al 1% respecto al resto de los tratamientos, un comportamiento similar se observó en el tratamiento con solución de carragenina 0,05% respecto al resto de los tratamientos, y también se observaron diferencias significativas inter tratamientos en las soluciones de gelatina. A los 30 días, se evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0,05\%$ ) en los tratamientos con soluciones de gelatina, y carragenina respecto al tiempo cero, mientras que en los tratamientos con solución de almidón no se observó diferencias significativas. Por otro lado, se evidenciaron diferencias significativas inter tratamientos en las soluciones de carragenina, mientras que en las soluciones de gelatina se observó diferencias entre el tratamiento al 0,5% y el resto, respecto a las soluciones de almidón, no se observaron diferencias significativas inter tratamiento.

Durante mucho tiempo ha existido la necesidad de una evaluación instrumental de la textura de la carne de pescado, de manera que pueda ser descrita por términos físicos y designada por números objetivos. Autores sugieren que resulta bastante difícil obtener resultados reproducibles en la evaluación instrumental de la textura (Huss, 1986).

El ablandamiento *post mortem* en los peces es un factor de calidad directamente influenciado por las características de los colágenos presentes en cada especie. La degradación del colágeno está relacionada con los fenómenos que acontecen durante el almacenamiento en frío o congelamiento. Varias investigaciones han demostrado a través de análisis bioquímicos y principalmente a través de microscopía electrónica de barrido y transmisión, que la pérdida de la textura en la carne de los peces es uno de los efectos

ocasionados por la degradación del tejido conectivo pericelular y no por el tejido conectivo intersticial (Suarez y col, 2007).

Tabla 6. Niveles de textura (Firmeza) (N) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) atún (*Thunnus sp*) glaseados con soluciones de almidón (1; 1,5 y 2%), gelatina (0,5; 1 y 1,5%) y carragenina (0,05; 0,1 y 0,15%) respectivamente durante 15 y 30 días de almacenamiento a -10°C.

Tratamiento (%)	Tiempo (días)		
	0	15	30
<b>Almidón</b>			
1,00	964 ± 60 <sup>aa</sup>	891 ± 49 <sup>aa</sup>	1064 ± 34 <sup>aa</sup>
1,50	964 ± 60 <sup>aa</sup>	1454 ± 43 <sup>bb</sup>	1040 ± 47 <sup>aa</sup>
2,00	964 ± 60 <sup>aa</sup>	915 ± 44 <sup>aa</sup>	1063 ± 62 <sup>aa</sup>
<b>Gelatina</b>			
0,50%	964 ± 60 <sup>aa</sup>	1326 ± 26 <sup>cb</sup>	2111 ± 47 <sup>cc</sup>
1,00%	964 ± 60 <sup>aa</sup>	1299 ± 41 <sup>ab</sup>	1745 ± 42 <sup>bc</sup>
1,50%	964 ± 60 <sup>aa</sup>	1144 ± 32 <sup>bb</sup>	1325 ± 37 <sup>bc</sup>
<b>Carragenina</b>			
0,05%	964 ± 60 <sup>aa</sup>	663 ± 17 <sup>bb</sup>	1145 ± 64 <sup>cb</sup>
0,10%	964 ± 60 <sup>aa</sup>	953 ± 60 <sup>aa</sup>	638 ± 21 <sup>ab</sup>
0,15%	964 ± 60 <sup>aa</sup>	1063 ± 37 <sup>aa</sup>	787 ± 34 <sup>bb</sup>
Control			
	964 ± 60 <sup>aa</sup>	629 ± 20 <sup>bb</sup>	817 ± 34 <sup>bb</sup>

Resultados de tres replicaciones. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas. Primera letra indica diferencias significativas entre tratamientos, la segunda letra indica diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

La firmeza es un factor muy importante para evaluar la calidad de la carne de pescado al momento de comercializarla. Algunos estudios demuestran que, con cierta frecuencia, la carne de pescado se ablanda después de 24 horas de almacenamiento en frío (Toyohara y Shimizu, 1988; Oka y col, 1990; Mochizuki y Sato, 1996. citado por Suarez y De Francisco, 2007). La mayor parte de estos trabajos han sido realizados principalmente en peces marinos para estudiar la causa del ablandamiento *post mortem* de su carne, pero poco ha sido realizado en especies de agua dulce, siendo algunos en carpa (*Cyprinus carpio*) y trucha (*Oncorhynchus mykiss*, *Salmo irideus*; Ma y Yamanaka, 1991; Ando y col, 1999. Citado por Suarez y De Francisco, 2007). Algunos autores hacen referencia a la pérdida de textura ocasionada por la acción de proteasas sobre proteínas miofibrilares, en especial catepsinas, calpaínas y enzimas hidrolíticas como elastasas y colagenasas (Fennema 2000; Delbarre-Ladrat, 2006, citado por Suarez y De Francisco, 2007).

Se ha sido reconocido que el efecto de las proteasas es posterior e independiente a la pérdida inicial de textura en algunos peces sometidos a refrigeración (Ladrat *et al.*, 2003; Shigemura *et al.*, 2003, citado por Suarez y De Francisco, 2007).

La firmeza del músculo es también un índice de frescura de la carne, de forma que el ablandamiento resulta en una disminución de la calidad. Es entonces importante entender los mecanismos que provocan este fenómeno para proponer y desarrollar métodos que sean capaces de prevenir este proceso de pérdida de textura con la consecuente calidad de la carne. En este sentido, algunos trabajos se refieren a este fenómeno y vienen siendo realizados en especies cultivadas (Atea y col, 1989; Tachibana y col., 1993; Ando y col, 1999, citado por Suarez y De Francisco, 2007).

Jonhson y col, (1980) y citado por Huss, (1986), reportan un método designado como la deformación a la compresión para la medición de dureza/blandura de la carne de pescado. Donde una muestra cortada exactamente se comprime por medio de un émbolo y se registra la curva de esfuerzo a la deformación. El modulo de deformación se calcula del grafico registrado. Los resultados de tales mediciones pueden ser, sin embargo, difíciles de interpretar.

En los resultados de textura obtenidos a partir de los distintos tratamientos de almidón se observa en la tabla 6, que en los distintos tratamientos a los 15 días se observan fluctuaciones, en los tratamiento de 2% y 1%, disminuye la firmeza levemente, esto probablemente sea debido a la congelación que sufre el músculo del atún que produce la formación de cristales de hielo que desgarran los tejidos y rompen las células que liberan en su contenido celular enzimas proteasas que desnaturalizan las proteínas (Fennema, 2000) lo que promueve la disminución de la firmeza en el músculo de pescado, luego a los 30 días aumenta un poco casi a los niveles iniciales, esto tal vez sea gracias a que a hay una pérdida de humedad evidente en los tratamientos lo que hace que la carne del atún sea más seca y por ende menos jugosa, lo que hace que la carne sea mas dura, y, por esta razón, sea el leve aumento.

Por otro lado, el tratamiento de 1,5% se observó un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) en la firmeza en el lomo de atún a los 15 días esto es debido gracias a

que si se observa la tabla 6, hubo que la humedad en este tratamiento ha disminuido considerablemente a los 15 días lo que produce que el lomo de atún sea más seco y por ende al momento de medirse la textura su firmeza va a aumentar, luego a los 30 días disminuye los valores de firmeza hasta alcanzar un valor cercano al inicial, es probable que la disminución se deba a que al llegar a los 30 días de almacenamiento a  $-10^{\circ}\text{C}$ , la pérdida de humedad promueve la lipoxidación debido a que a la falta de agua deja de proteger la superficie del alimento del oxígeno molecular (Badui, 2006), esta lipoxidación promueve la desnaturalización de proteínas gracias a que los peróxidos lipídicos de los alimentos pueden descomponerse generando aldehídos y cetonas, especialmente malonaldehído. Estos compuestos carbonilo reaccionan con los grupos amino de las proteínas vía la reacción carbonil-amida y la formación de bases de Schiff. Como ya se dijo, la reacción del malonaldehído con la cadena lateral lisilo conduce al entrecruzamiento y a la polimerización de proteínas (Mackie, 1993).

La reacción de los lípidos peroxidados con las proteínas suele tener efectos negativos sobre el valor nutritivo de estas (Fennema, 2000), lo que se traduce en que ocurre una desnaturalización de las proteínas que a su vez produce una disminución en la firmeza en el músculo de pescado, lo que indica una pérdida de calidad. También cabe destacar, la presencia de las enzimas proteasas que no se desactivan a temperaturas de descongelación y que son liberadas por el rompimiento de las células por los cristales de hielo formados en la congelación (Fennema, 2000).

Se observó que en los trozos de atún glaseados con los tratamientos de almidón a los 15 días de almacenamiento se obtuvo un aumento significativo en el tratamiento 1,5%, mientras que en los otros dos tratamientos de almidón (1 y 2%) no hubo diferencias significativas respecto al pescado fresco. Por otro lado, a los 30 días de almacenamiento hubo un aumento no significativo del porcentaje de firmeza en los tratamientos de almidón 1; 1,5 y 2% teniendo un aumento 9,45; 7,37 y 9,31% respectivamente. En lo que respecta a la medición de textura en los distintos tratamientos de gelatina en la tabla 6 mostró un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) en la firmeza en los tres tratamientos de gelatina respecto al atún fresco, y esto como se mencionó anteriormente, es causado,



tal vez, a la pérdida de humedad que hace que aumente la firmeza en la carne de atún ya que la carne pierde jugosidad. Esta pérdida de humedad es atribuida a lo antes mencionado acerca de que la gelatina al ser una proteína tiende a reaccionar con componentes del alimento como azúcares, lípidos, y otros compuestos, en este caso la gelatina va a tender a reaccionar con el contenido graso del atún haciendo a la solución menos estable, lo que promueve la permeabilidad de las moléculas y en este caso la migración de las moléculas de vapor de agua, disminuyendo la jugosidad de la carne del atún.

Por otro lado, la medición de firmeza en los diferentes tratamientos de carragenina, evidenció que los tratamientos 0,15 y 0,1% de carragenina a los 15 días de almacenamiento a temperaturas a  $-10^{\circ}\text{C}$ , no tuvieron una diferencia significativa, lo que indica que la carne de pescado no sufrió ningún cambio deteriorativo que pueda afectar cambios en su textura, y esto tal vez, se atribuya al buen desempeño de la carragenina como formador de películas viscosas que recubren el alimento como en este caso el glaseado, ya que la carragenina posee buena estabilidad en congelación lo que promueve que exista cierta hermeticidad al paso de moléculas que promueven la pérdida de calidad en este tipo de alimento como en este caso la pérdida de proteínas solubles. Además, la molécula de carragenina al ser un carbohidrato posee una gran cantidad de grupos hidroxilos y sulfuros que promueven la estabilidad de la molécula en solución como se ha mencionado anteriormente. Luego, a los 30 días, hubo una disminución significativa ( $p < 0,05$ ) de la firmeza en la carne de pescado y esto es tal vez, gracias a la pérdida de humedad progresiva que ha sufrido el músculo en congelación y a la lipoxidación y que a su vez promueve la desnaturalización de proteínas según Fennema en el 2000. Mientras que en la concentración de carragenina al 0,05% se observó una disminución significativa ( $p < 0,05$ ) de un 31,14% a los 15 días tal vez, al rompimiento de los tejidos por la congelación y la liberación de proteasas como se ha mencionado anteriormente y a los 30 días se evidenció un aumento significativo en la firmeza del músculo debido a la pérdida de humedad.

Respecto a la medición de textura en el tratamiento control, los valores obtenidos son más bajos y existe una diferencia estadísticamente significativa

al compararlos con los distintos tratamientos de gelatina, almidón y carragenina, excepto por el tratamiento de carragenina a 0,1%, lo que indica que al no existir una solución con hidrocoloides el paso de moléculas de oxígeno del ambiente se va a ver facilitado promoviendo la desnaturalización de proteínas por lo anteriormente mencionado.

## Color

Los resultados obtenidos para el color en los trozos de atún (*thunnus sp*) glaseados con almidón (1, 1.5 y 2), gelatina (0.5, 1 y 1.5), y carragenina (0.05, 0.1 y 0.15) a los 15 y 30 días de almacenamiento a -10°C se presentan en la tabla 7. Se observaron cambios significativos ( $p < 0,05$ ), disminuyendo el parámetro  $L^*$  (luminosidad) y  $a^*$  (rojo o verde), y manteniéndose el  $b^*$  (amarilla o azul), con respecto a la muestra fresca de lomo de atún. Entre los distintos tratamientos de almidón se observó que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) a los 15 días de almacenamiento hubo diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en  $L^*$  en los tratamientos 1,5 y 2% mientras que en 1% no hubo diferencia significativa respecto al pescado fresco. A los 30 días de almacenamiento en  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  hubo diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) respecto al pescado fresco en todos los tratamientos de almidón. En los trozos de atún glaseados con tratamientos de gelatina a los 15 días hubo una diferencia significativa en  $a^*$  y  $b^*$ , mientras que en  $L^*$  no hubo diferencia significativa. Por otro lado a los 30 días, hubo una diferencia estadísticamente significativa en  $L^*$  entre los tratamientos en  $L^*$  y  $a^*$  mientras que en  $b^*$  el tratamiento de 0,5% tiene una diferencia significativa con respecto a los otros dos tratamientos (1 y 1,5%).

En los trozos de atún glaseados con tratamientos de carragenina a los 15 días hubo una diferencia significativa en todos los tratamientos en  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  excepto en  $a^*$  en el tratamiento 0,1%. A los 30 días se evidenció que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en  $L^*$  y  $b^*$ , mientras que en  $a^*$  existe una diferencia significativa entre el tratamiento 0,15% y los tratamientos 0,1 y 0,05%. Respecto al control, a los 15 y 30 días hubo diferencia significativa en

L\* y a, en b\* no hubo diferencia significativa a lo largo de los 30 días de almacenamiento.

La refrigeración y el almacenamiento en congelación producen cambios deteriorativos, las cuales pueden reducir la calidad de la carne, dependiendo del tiempo, la temperatura, la tasa de congelamiento y el empaque protector usado. La oxidación de pigmentos y lípidos en la carne congelada es de gran importancia debido a las posibles influencias en la calidad del producto. (Greene y Price, 1975, citado por Brewer y Wu, 1993).

El color tal vez, sea la característica más importante que afecte la decisión del consumidor en el momento de aceptar la carne o los productos cárnicos (Jeremiah y col, 1972, Brewer y Wu, 1993). Algunos autores reportaron que el 74% de los consumidores indicaron que el color era importante al momento de decidir la compra de los productos. Ya que los consumidores asocian el color rojo brillante con la frescura de la carne.

El color se puede determinar sensorialmente o por métodos instrumentales en términos de luminosidad y combinaciones de los colores verde, rojo, amarillo y azul. El instrumental es el método más simple y se ha determinado su aplicabilidad para el control de calidad en productos alimenticios (Corzo y col, 2008).

La oxidación de la deoximioglobina y oximioglobina a metmioglobina resultan en un cambio evidente de color en las carnes (Hunt, 1980; Kropf y col, 1984, citado por Brewer y Wu, 1993). Algunos autores reportaron un incremento lineal en el rechazo de los consumidores en contra de la carne descolorada cuando la metmioglobina aumenta en la carne fresca. Los consumidores discriminan la carne cuando ya la metgloбина a aumentado a un 20% (Mac Dougall, 1982; brewer y Wu). Tal discriminación puede ser garantizada cuando el color de la carne tiende a ser muy susceptible a la alteración por las condiciones ambientales (Lanier y col, 1977). En el pescado fresco, la cantidad total de metmioglobina es afectada principalmente por la reducida capacidad del músculo, la llegada del oxígeno al músculo y la temperatura (Mac Dougall, 1982, Brewer y Wu, 1993).

Tabla 7. Color (L, a y b) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con soluciones de almidón (1, 1.5 y 2%), gelatina (0.5, 1 y 1.5%) y carragenina (0.05, 0.1 y 0.15%) respectivamente durante 15 y 30 días de almacenamiento a -10°C

Tratamiento (%)	0 días			15 días			30 días		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
<b>Almidón</b>									
1,00	24,93±4,48 <sup>aa</sup>	8,83±2,20 <sup>aa</sup>	7,75±2,31 <sup>aa</sup>	23,34±4,38 <sup>ba</sup>	6,18±1,00 <sup>ab</sup>	7,05±1,26 <sup>aa</sup>	15,87±3,43 <sup>bb</sup>	3,79±0,75 <sup>bc</sup>	4,44±0,87 <sup>cc</sup>
1,50	24,93±4,48 <sup>aa</sup>	8,83±2,20 <sup>aa</sup>	7,75±2,31 <sup>aa</sup>	28,02±3,54 <sup>cb</sup>	6,97±0,86 <sup>cb</sup>	7,57±1,03 <sup>ba</sup>	18,60±5,01 <sup>bc</sup>	5,07±0,81 <sup>cc</sup>	5,35±1,08 <sup>ac</sup>
2,00	24,93±4,48 <sup>aa</sup>	8,83±2,20 <sup>aa</sup>	7,75±2,31 <sup>aa</sup>	28,22±2,08 <sup>ab</sup>	7,37±1,24 <sup>bb</sup>	7,28±0,68 <sup>aa</sup>	18,81±4,46 <sup>ac</sup>	3,59±0,60 <sup>ac</sup>	5,31±0,79 <sup>bc</sup>
<b>Gelatina</b>									
0,50	24,93±4,48 <sup>aa</sup>	8,83±2,20 <sup>aa</sup>	7,75±2,31 <sup>aa</sup>	26,24±3,86 <sup>cb</sup>	6,45±1,2 <sup>bb</sup>	6,74±1,09 <sup>bb</sup>	22,10±2,31 <sup>ab</sup>	5,83±0,92 <sup>bc</sup>	6,37±0,92 <sup>ab</sup>
1,00	24,93±4,48 <sup>aa</sup>	8,83±2,20 <sup>aa</sup>	7,75±2,31 <sup>aa</sup>	24,85±3,21 <sup>ba</sup>	6,18±1,57 <sup>ab</sup>	6,48±0,87 <sup>ab</sup>	22,66±5,68 <sup>ab</sup>	3,18±0,71 <sup>ac</sup>	6,08±1,32 <sup>bb</sup>
1,50	24,93±4,48 <sup>aa</sup>	8,83±2,20 <sup>aa</sup>	7,75±2,31 <sup>aa</sup>	24,04±5,21 <sup>aa</sup>	6,10±1,85 <sup>ab</sup>	6,73±1,65 <sup>bb</sup>	21,95±3,16 <sup>ab</sup>	5,48±1,15 <sup>bc</sup>	6,67±0,86 <sup>cb</sup>
<b>Carragenina</b>									
0,05	24,93±4,48 <sup>aa</sup>	8,83±2,20 <sup>aa</sup>	7,75±2,31 <sup>aa</sup>	23,34±3,91 <sup>ab</sup>	7,17±1,33 <sup>bb</sup>	6,48±1,18 <sup>bb</sup>	24,58±1,88 <sup>ba</sup>	3,96±1,54 <sup>ac</sup>	5,41±0,79 <sup>cc</sup>
0,10	24,93±4,48 <sup>aa</sup>	8,83±2,20 <sup>aa</sup>	7,75±2,31 <sup>aa</sup>	23,68±2,8 <sup>ab</sup>	8,91±2,15 <sup>ca</sup>	6,69±1,01 <sup>ab</sup>	20,01±4,07 <sup>ab</sup>	3,69±1,12 <sup>ac</sup>	4,91±1,31 <sup>ac</sup>
0,15	24,93±4,48 <sup>aa</sup>	8,83±2,20 <sup>aa</sup>	7,75±2,31 <sup>aa</sup>	25,78±4,59 <sup>ab</sup>	5,66±1,14 <sup>ac</sup>	6,40±1,54 <sup>cb</sup>	21,40±3,75 <sup>cb</sup>	7,07±1,06 <sup>bb</sup>	6,12±1,12 <sup>bb</sup>
<b>Control</b>									
	24,93±4,48 <sup>aa</sup>	8,83±2,20 <sup>aa</sup>	7,75±2,31 <sup>aa</sup>	28,40±3,75 <sup>cb</sup>	5,61 ± 0,61 <sup>ab</sup>	7,81± 1,15 <sup>ca</sup>	25,33±4,78 <sup>ba</sup>	5,81±1,10 <sup>bb</sup>	7,74 ± 1,27 <sup>ab</sup>

Resultados de tres replicaciones media ± DS. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas. Primera letra indica diferencias significativas entre tratamientos, la segunda letra indica diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

En la carne congelada, los cambios son consecuencia del tiempo de almacenamiento, la temperatura y la exposición a la luz (Sacarfa y Satterlee, 1973; Mac Dougall, 1982, citado por Brewer y col, 1993). Los sistemas de comida congelada son particularmente susceptibles a la oxidación lípidica, gracias a la competencia glicolítica y las otras reacciones involucradas con oxígeno que son inhibidas (Gray, 1978, citado por Brewer y col, 1993). La extensión de la peroxidación de los lípidos esta altamente relacionada con el grado de decoloración en productos de carne crudo (Rhee y col, 1985; Rhee, 1988, citado por Brewer y Wu, 1993).

Respecto a los valores obtenidos de color en los distintos tratamientos de almidón, carragenina y gelatina se observa en la tabla 7, una tendencia a disminuir en los valores  $L^*$  y  $a^*$  existiendo una diferencia significativa entre el atún a cero días de almacenamiento y el atún a los 30 días de almacenamiento, mientras que en  $b^*$  no hubo diferencias significativas en el tiempo de almacenamiento. En el tratamiento de almidón de 2% tanto en los valores  $L$ ,  $a$  y  $b$ , se observa una disminución significativa ( $p < 0,05\%$ ) respecto a los otros dos tratamientos (1,5 y 1%) de almidón. Esto tal vez se deba a que los grupos hidroxilos existentes en el almidón al momento de entrar en contacto con el lomo de atún, interaccionen con las moléculas que emiten el color rojo producto de la luz reflejada de acuerdo a la conformación estructural de las mismas, produciendo un cambio conformacional de estas moléculas que conllevan a un cambio de color (disminución del color rojo y brillo) en la carne del atún. Por ende, al haber mayor concentración del hidrocoloide en la solución hay mayor interacción con estas moléculas produciendo cambio en su conformación generando así, la pérdida de color rojo y brillo en la carne del atún. Por esta razón, se observa que a mayores concentraciones hay mayor pérdida de color.

Respecto al color en los lomos de atún utilizando soluciones de gelatina se observa en la tabla 7 también una progresiva disminución del color durante el almacenamiento en congelación a  $-10^{\circ}\text{C}$  en los valores  $L$ ,  $a$  y  $b$ . Esto tal vez se debe, como se ha mencionado anteriormente, que la gelatina al ser una proteína tiende a interaccionar con lípidos, azúcares y otros compuestos entre los cuales seguramente se encuentran las moléculas que le confieren el color

rojo brillante a la carne del atún y cambian su conformación así disminuyendo el color en el músculo (Fennema, 2000).

Un comportamiento muy similar se observó en los distintos tratamientos de carragenina en los valores de L, a y b, esto tal vez se deba a que los enlaces sulfatos se orientan hacia el exterior de la cadena de galactosas teniendo la capacidad de reaccionar con polipéptidos. Existen interacciones de los iones sulfato con los grupos cargados de la proteína, ya sea de manera directa o a través de iones divalentes como el calcio (Baduí, 2006). Asimismo, es posible que estos grupos sulfatos anteriormente mencionados, puedan interactuar con las moléculas que confieren el color rojo brillante a la carne del pescado, haciéndolas cambiar de conformación y por ende el color disminuye.

Si se observa la tabla 7 el comportamiento a lo largo de los 30 días en los distintos tratamientos, se observa una ligera tendencia a la disminución del color en los tratamientos con mayor concentración y, esto es tal vez debido a lo que se explicó anteriormente acerca de que es posible que a mayor concentración mayor cantidad de enlaces de sulfato que puedan interactuar con las moléculas que le confieren un buen color al pescado, y cambiar su configuración, como por ejemplo, la deoximioglobina y la oximioglobina que cambia a la metglobina.

Cabe destacar que, aunque el paso de oxígeno molecular promueve el cambio de color en la carne de pescado al promover la oxidación de los lípidos, los valores del tratamiento control obtenidos en L\* y b\* (luminidad y amarillo) evidencian un mantenimiento ( $p < 0,05\%$ ) durante el almacenamiento, esto tal vez sea gracias a que, el glaseado solo sin hidrocoloides evita la entrada del oxígeno, con menor eficiencia en comparación a los tratamientos con hidrocoloides al carecer de estas moléculas que confieren rigidez y viscosidad, y evidentemente no poseen la misma efectividad para evitar el paso de moléculas a través de la carne del atún promoviendo la oxidación de los pigmentos que le confieren el color rojo (a\*) al atún en 30 días de almacenamiento. Y esto es demostrado ya que hay una diferencia estadísticamente significativa en a\* (color rojo) a lo largo de los 30 días de almacenamiento.

## Líquido exprimible

Los resultados obtenidos para líquido exprimible en los trozos de atún (*thunnus sp*) glaseados con almidón (1; 1,5 y 2), gelatina (0,5; 1 y 1,5), y carragenina (0,05; 0,1 y 0,15) a los 15 y 30 días de almacenamiento a -10°C se presentan en la tabla 8. A los 15 días se observaron diferencias significativas respecto al tiempo cero en los tratamientos de almidón, carragenina, y en gelatina excepto en el tratamiento al 0,5% y en el glaseado sin hidrocoloides, por otro lado, se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05\%$ ) en el tratamiento con solución de almidón al 1% respecto al resto de los tratamientos, un comportamiento similar existe en el tratamiento con la solución de carragenina al 0,05%. Respecto a los tratamientos con soluciones de gelatina no se observan diferencias significativas inter tratamientos. A los 30 días, se observaron diferencias significativas respecto al tiempo cero en todos los tratamientos con soluciones de almidón, carragenina, gelatina y en el glaseado sin hidrocoloides. Por otro lado, se observó una diferencia significativa en el tratamiento con solución de almidón al 2% respecto a los demás tratamientos, comportamiento similar se observó en 1% en los tratamientos con solución de gelatina. Respecto a los tratamientos con soluciones de carragenina se observaron diferencias significativas inter tratamiento.

Una de las propiedades funcionales de las proteínas contráctiles del músculo es su capacidad de retención de agua. En este sentido, la medición del líquido exprimible es un método sencillo que determina, tanto el agua pérdida por las proteínas desnaturalizadas, así como su capacidad de reabsorber el agua de los cristales de hielo durante la descongelación. Según Huidobro, Mohamed y Tejada, 1998; Pastoriza y Sampedro, 1994, Jarenback y Liljemark, 1975; Mackie 1993; Ashie, 1996, Valls y col, 2006, la pérdida de esta propiedad es ocasionada por la desnaturalización de las proteínas musculares (agregación o pérdida de la solubilidad de la actiomiosina) y a cambios en la estructura celular del músculo durante la formación de los cristales de hielo durante la congelación (Valls y col, 2006).

En cuanto al porcentaje de líquido exprimible en el lomo de atún con los distintos tratamientos de almidón, a lo largo de los 30 días de almacenamiento

en congelación a  $-10^{\circ}\text{C}$ , se observa que hubo un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) en el porcentaje de líquido exprimible en los tres tratamientos (2, 1,5 y 1%). Pero si se observa la tabla 8, a los 15 días, en la concentración 1,5% se observa que hay un decremento muy significativo ( $p < 0,05$ ) el cual tuvo una disminución de 34,94% en líquido exprimible, cuando se espera que haya un aumento gradual, gracias a que al desnaturalizarse las proteínas, por diversas causas mencionadas anteriormente, estas van a perder agua, lo que indica que hubo un error experimental por parte del analista, donde lo más probable es que haya ocurrido una pérdida del líquido extraíble. Luego a los 30 días se observa que ya hay un porcentaje de líquido exprimible dentro de lo esperado a esos días de almacenamiento.

Tabla 8. Porcentaje (%) de líquido exprimible en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con soluciones de almidón (1; 1,5 y 2%), gelatina (0,5, 1 y 1;5%) y carragenina (0,05; 0,1 y 0,15%) respectivamente, durante, 15 y 30 días de almacenamiento a  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Tratamiento (%)	Tiempo (días)		
	0	15	30
Almidón			
1,00	6,84±1,59 <sup>aa</sup>	8,05±3,65 <sup>ab</sup>	9,51±0,41 <sup>bb</sup>
1,50	6,84±1,59 <sup>aa</sup>	4,45±0,48 <sup>bc</sup>	10,42±2,64 <sup>bc</sup>
2,00	6,84±1,59 <sup>aa</sup>	9,55±4,14 <sup>ab</sup>	16,93±0,41 <sup>ac</sup>
Gelatina			
0,50	6,84±1,59 <sup>aa</sup>	6,19±2,40 <sup>aa</sup>	8,61±0,13 <sup>ab</sup>
1,00	6,84±1,59 <sup>aa</sup>	6,77±1,05 <sup>ba</sup>	11,44±1,26 <sup>bb</sup>
1,50	6,84±1,59 <sup>aa</sup>	6,79±2,77 <sup>ba</sup>	9,76±2,37 <sup>ab</sup>
Carragenina			
0,05	6,84±1,59 <sup>aa</sup>	10,18±2,27 <sup>ab</sup>	11,88±3,02 <sup>bb</sup>
0,10	6,84±1,59 <sup>aa</sup>	14,76±5,50 <sup>ab</sup>	9,14±3,04 <sup>ac</sup>
0,15	6,84±1,59 <sup>aa</sup>	11,25±4,61 <sup>ab</sup>	5,67±1,54 <sup>cc</sup>
Control			
	6,84±1,59 <sup>aa</sup>	7,69 ± 5,26 <sup>ba</sup>	9,55 ± 2,07 <sup>ab</sup>

Resultados de tres replicaciones media  $\pm$  DS. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas. Primera letra indica diferencias significativas entre tratamientos, la segunda letra indica diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0,05$ ).

En cuanto a los distintos tratamientos en almidón no se observa alguna tendencia respecto a la concentración del hidrocoloide, lo que pareciera que los tratamientos no tienen mucha influencia sobre el porcentaje de líquido exprimible. Sino que, tal vez, la formación del líquido exprimible en este caso es gracias al rompimiento celular por los cristales agregados de hielo, lo que



promueve a la pérdida del líquido intracelular y a cambios de conformación de las proteínas.

En cuanto a los resultados obtenidos en el porcentaje de líquido exprimible en los distintos tratamientos de glaseado con gelatina, se observó en la tabla 9 que a los 15 días no hay una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) respecto al atún fresco, evidenciando que no hubo casi aumento en el porcentaje de líquido exprimible, pero ya a los 30 días se evidenció un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) en cuanto al porcentaje de líquido exprimible, por ejemplo, en el porcentaje de líquido exprimible en el tratamiento de 0,5% no evidencia diferencia a los 15 días de almacenamiento a  $-10^{\circ}\text{C}$ , luego a los 30 días de almacenamiento el porcentaje aumenta un 20,56%, mientras que los tratamientos 1 y 1,5% a lo largo de los 30 días de almacenamiento evidencian un comportamiento estadísticamente igual.

Respecto a los resultados obtenidos en lomo de atún en cuanto al porcentaje de líquido exprimible en los distintos tratamientos de glaseado con carragenina, se evidenció que en los distintos tratamientos a los 15 días existe un aumento significativo del porcentaje de líquido exprimible en los tres tratamientos. Sin embargo, a los 30 días, se obtuvo un resultado inesperado, debido a que se esperaba un incremento progresivo producto del rompimiento celular y la desnaturalización de proteínas, pero lo que se observó en la tabla 8 fue una disminución significativa del tratamiento de 0,05% en cuanto a los porcentajes en los porcentajes 0,05 y 0,1%; quizás estos resultados sean producto de errores cometidos en la medición del líquido exprimible. Y por último, en el porcentaje de 0,15% si existe un aumento gradual que corresponde con la tendencia esperada.

### **Evaluación Sensorial**

En la evaluación sensorial hecha a partir de una escala hedónica de 9 puntos en el color hubo una diferencia significativa en la carragenina respecto a los otros tratamientos ( $P < 0,05$ ), respecto al aspecto general, y también hubo una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los tres tratamientos.

Tabla 9. Resultados obtenidos a partir de la evaluación sensorial en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con porcentajes de almidón 1%, gelatina 0,5% y carragenina 0,05% en 30 días de almacenamiento.

Tratamiento (%)	Evaluación sensorial	
	Color	Asp. General
Almidón	4,97 ± 1,79 <sup>a</sup>	5,46 ± 1,91 <sup>c</sup>
Gelatina	4,33 ± 2,22 <sup>a</sup>	5,20 ± 2,27 <sup>a</sup>
Carragenina	6,71 ± 1,71 <sup>b</sup>	6,10 ± 1,84 <sup>b</sup>

Resultados de tres replicaciones media ± DS. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas. Primera letra indica diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

La evaluación sensorial tiene múltiples aplicaciones en alimentos. Puede ser utilizada para el desarrollo de productos o el mejoramiento de los productos ya existentes, para efectuar cambios en el proceso, o incluso para poder determinar la correlación entre la evaluación sensorial e índices físicos o químicos. El primer acercamiento al mundo es a través de los sentidos. Hay experiencias que indican que ya en el útero materno estamos comunicados con el exterior por los sonidos que percibimos, posteriormente nuestros primeros contactos son a través del tacto, gusto y olor, sumándose a todos ellos los estímulos visuales.

Toda nuestra vida la pasamos analizando sensorialmente aquello que nos rodea: la elección de una tela por su textura y/o color, de un perfume por su fragancia, de una comida por su aspecto, olor, colores. Todas estas percepciones pueden ser reconocidas, evaluadas, medidas, por ello el Institute of Food Technology (IFT) en 1975 ha definido a la Evaluación Sensorial como: “Una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones de aquellas características de los alimentos y materiales tal como son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y audición”.

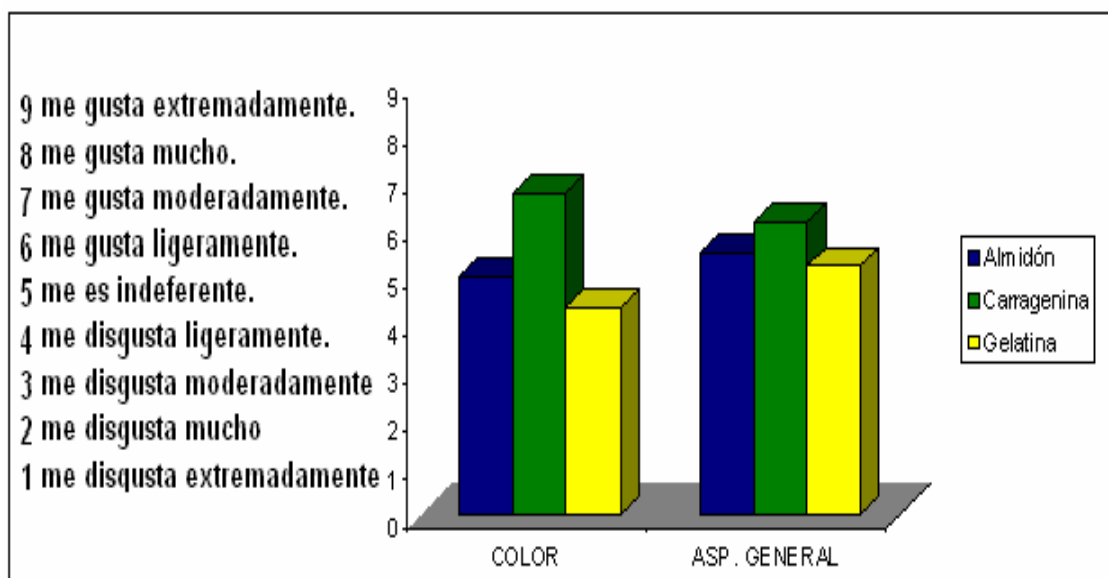
La evaluación sensorial tiene múltiples aplicaciones en alimentos. Puede ser utilizada para el desarrollo de productos o el mejoramiento de los ya existentes, para efectuar cambios en el proceso, reducir costos mediante la selección de un nuevo ingrediente, para efectuar el control de calidad,

determinar la estabilidad durante las distintas condiciones de almacenamiento y su vida útil, determinar graduaciones de calidad, la aceptación, preferencia y opiniones del consumidor. Es útil, además, poder determinar la correlación entre la evaluación sensorial e índices físicos o químicos (Yeannes, 2001).

En esta investigación, se hizo una prueba hedónica de 9 puntos con 30 panelistas, donde el objetivo de la evaluación sensorial es saber cual de los tres tratamientos posee mejor aceptabilidad por el consumidor, donde los puntos a evaluar, fueron color y aspecto general, los cuales son agentes determinantes, para el consumidor al momento de adquirir el pescado crudo. Los tratamientos escogidos de cada hidrocoloide para realizar esta evaluación fueron los de menor concentración ya que estos mostraron mejores resultados en cuanto a la pérdida de humedad, contenido de rancidez oxidativa, contenido de proteínas solubles en soluciones salinas, textura y color.

En la evaluación del color figura 6, se determinó que la carragenina fue el hidrocoloide que mas aceptabilidad tuvo por los panelistas, donde obtuvo un promedio de puntaje de 6,71 donde hay una diferencia estadísticamente significativamente respecto al almidón y la gelatina donde la aceptabilidad por los panelistas fue menor. Este resultado es debido tal vez, a que según Fennema en el 2000, los hidrocoloides interaccionan con distintos componentes de la carne, tales como lípidos, azúcares interaccionan es posible que también lo hagan con las moléculas proveen el color rojo brillante el cual es el aceptado por los consumidores haciéndolas cambiar estructuralmente lo que promueve a la pérdida de color en la carne.

Figura 6. Resultado de la evaluación sensorial en los tratamientos de glaseado con almidón, carragenina y gelatina durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



Por lo menos, la carragenina posee puentes sulfato que interaccionan con las proteínas, tal vez, y también interaccionen con las moléculas que le dan un color aceptable para el consumidor (color rojo brillante), como por ejemplo la deoximioglobina y la oximioglobina que cambia a la metglobina. La carragenina al estar en menor concentración (0,05%), estas interacciones van a ser menos numerosas, y van a tener un impacto menor en estas moléculas donde se refleja en esta evaluación donde la carragenina fue la que obtuvo mayor aceptabilidad. Mientras que, los tratamientos escogidos en almidón y gelatina fueron, 1 y 0,5% respectivamente hubo menor aceptabilidad por los panelistas en la presente evaluación sensorial, donde hay una mayor concentración si se compara con la concentración de carragenina, lo que refuerza la teoría de que a mayor concentración mayor cambio de la estructura de las moléculas que confieren el color rojo brillante a la carne.

En cuanto al aspecto general, este está relacionado directamente con todos los análisis realizados anteriormente, ya que cada uno se hace con el fin de medir cuantitativamente el daño o los cambios sufridos en la carne de pescado durante el almacenamiento a congelación, mientras que esta evaluación

realizada es para tener una medida cualitativamente del aspecto del pescado después de este almacenamiento con estos tratamientos.

Observando en la figura 6, se pone en evidencia que la carragenina posee un mejor aspecto general en cuanto a la gelatina y el almidón obteniendo un puntaje en la evaluación sensorial de 6,1 teniendo una diferencia estadísticamente significativa respecto a los otros dos tratamientos, y este aspecto general tiene que ver mucho con el color y la apariencia de la carne, como se ha explicado anteriormente, la carragenina en solución forma geles muy inestables a concentraciones muy altas ya que, al poseer grupos sulfatos, estos interaccionan con la proteína del músculo de pescado haciendo la solución menos estable, y permitiendo el paso de moléculas que promueven cambios anteriormente descritos que atentan contra la calidad de la carne de pescado. Mientras que a concentraciones mucho menores, hubo un mantenimiento de la calidad bastante notable, gracias a que no hay un número tan cuantioso de sulfatos y lo que hace que el gel formado sea más estable, además que no hay tantas interacciones que entren contacto con la carne del pescado que son producidos por dichos puentes.

Por otro lado, en la figura 6, hubo que el almidón tuvo un poco más de aceptabilidad respecto a la gelatina, siendo estadísticamente diferentes, ya que el almidón al ser un hidrocoloide este posee, una mayor cantidad de grupos hidroxilos que forman puentes de hidrogeno con las moléculas de agua haciendo este gel mucho más estable, así evitando el paso de moléculas a través del glaseado, sin embargo, es probable que estas moléculas interaccionen también con el músculo del atún, promoviendo cierta inestabilidad en el gel, lo que indica que a mayor concentración mayor inestabilidad y menos beneficio para el mantenimiento de calidad en esta carne de atún.

La gelatina, al ser una proteína, posee menor cantidad de grupos que puedan formar puentes de hidrogeno con las moléculas de agua, si se compara con carragenina y almidón que son carbohidratos, lo que causa que la estabilidad del gel sea menor, y por ende, esto permite una mayor libertad en cuanto al paso de moléculas que promueven la disminución de la calidad en el almacenamiento en congelación, además que al ser una proteína esta tiende a

interaccionar con distintos compuestos de la carne según Fennema en el 2000, haciendo el gel menos estable, tal vez, por esta razón es que en la evaluación sensorial respecto al aspecto general se haya visto menos favorecido en cuanto a la opinión de los panelistas (figura 6).

## 10. Conclusiones

A partir de los resultados presentados y analizados anteriormente, se puede concluir que:

- La humedad tiende a disminuir con el tiempo en los distintos tratamientos con hidrocoloides durante los 30 días de almacenamiento y se observó que la diferencia es despreciable y por ende se puede concluir que no existe una pérdida de humedad importante con el uso del glaseado con hidrocoloides.
- Las proteínas solubles tienden a disminuir con el tiempo en los distintos tratamientos con hidrocoloides durante los 30 días de almacenamiento.
- Los tratamientos con carragenina mostraron un mayor desempeño en cuanto al mantenimiento de la cantidad de proteínas solubles en el lomo de atún congelado.
- La rancidez oxidativa tiende a aumentar con el tiempo en los distintos tratamientos con hidrocoloides durante los 30 días de almacenamiento.
- Los tratamientos con gelatina tuvieron un bajo desempeño respecto al mantenimiento de la rancidez oxidativa del atún en comparación con los tratamientos de almidón y carragenina durante los 30 días de almacenamiento en congelación.
- Las soluciones con mayores concentraciones inter tratamiento mostraron un bajo desempeño respecto al mantenimiento de la rancidez oxidativa durante los 30 días de almacenamiento.
- El glaseado realizado sin hidrocoloides (control) mostró muy baja estabilidad en cuanto al mantenimiento de la rancidez oxidativa en los lomos de atún.

- En los tratamientos con gelatina se observó un aumento de la firmeza (textura) respecto a los distintos tratamientos de almidón y carragenina en donde en estos se mantienen constantes.
- El color rojo (a) tiende a disminuir en los distintos tratamientos con hidrocoloides durante los 30 días de almacenamiento en congelación a -10°C.
- El contenido de líquido exprimible tiende a aumentar en los distintos tratamientos con hidrocoloides durante los 30 días de almacenamiento.
- El tratamiento de carragenina tuvo una mayor aceptabilidad por parte de los panelistas en cuanto al color y al aspecto general, respecto a los tratamientos de gelatina y almidón.
- El uso de glaseados con hidrocoloides tiene un efecto beneficioso sobre la estabilidad del lomo de atún durante 30 días de almacenamiento en congelación a -10°C.

## **11. Recomendaciones**

- Realizar un trabajo parecido donde se evalúe la estabilidad lípidica, proteica y el mantenimiento de la calidad del lomo de atún durante 90 ó 120 días.

## 12. Bibliografía

1. Anónimo. 1991. "A focus on Gums. Special Report". Food Technology. March.
2. AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemist. XVI ED. Editado por Mowist, Washington D.C.
3. Ashie I.N.A. 1997. Changes in Textural and Microstructure of Pressure-Treated Fish Muscle Tissue During Chilled Storage. Journal of Muscle Foods 8, 13-32.
4. "Atún." Microsoft®Encarta 2007 [DVD]. Microsoft Corporation, 2006.
5. Badui, S. Química de los alimentos. 2006. Cuarta edición. Editorial Pearson. Ciudad de Mexico, Mexico. Pag: 81-88, 103-105.
6. Barrero. M y Bello. R. 2000. Cambios en la composición de los ácidos grasos de la pulpa de sardina (*sardinella aurita*) lavada con una solución de bicarbonato de sodio al 0,5%. Revista científica. FCV-Luz/Vol.X, N°2, 136-144.
7. Brewer. M. S. y Wu. S. Y. 1993. Display, Packaging, and Meat Block Location Effects on Color and Lipid Oxidation of Frozen Lean Ground Beef. Journal of Food Science. Volume 58, No 6, 1219-1223.
8. Borgstrom. G. 1961. Fish as Food. Volume I. Academic Press. Michigan, USA. Pag:311-322.
9. Caner. C, Vergano, P.J y Wiles, J.L. 1998. Chitosan Film Mechanical and Permeation Properties as Affected by Acid, Plasticizer, and Storage. Journal of food Science. 63(6).
10. Cartaci, C. 2003. El mercado mundial del atún. INFOPECA 15.1-9.
11. Chih-Cheng Lin & Cheng-Saint Lin. 2005. Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillets by Glazing with tea extracts. Food Control 16, 169-175.
12. Corzo. O, Bracho. N y Millan. R. 2008. Cambios de color en las láminas de sardina durante la deshidratación osmótica. Revista Científica, FCV-LUZ. Vol. 18, N° 4, 424 - 430
13. Curtis, H. 2001. Biología. Sexta edición. Editorial medica panamericana. Buenos aires, Argentina. Pag: 75.

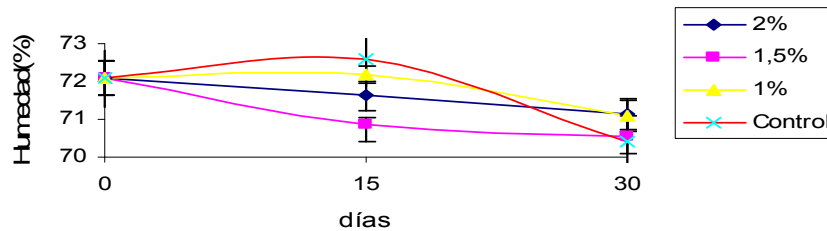


14. Fennema, O. 2000. Química de los Alimentos. 2ª Edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pág: 221-227, 228-229, 241-245, 253-256.
15. Graham, H. 1977. Food Colloids. The avi publishing company, inc. Conneticut, USA. Pag: 382-418, 464-498, 347-378.
16. Harris, P. 1990. Foods gels. 1st edition. Elsevier science Publishers LTD. New York, USA. Pag: 79-84, 91-94, 256-260.
17. Huss, H.H. 1986. El pescado fresco, su calidad y cambios de calidad. Organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación. Roma, Italia.
18. Mackie, I.M. 1993. the effects of freezing on flash proteins. Food Rev. Int. 9, 575-610.
19. Montecchia. C. L, Roura. S. I, Roldán. H, Perez-Borla, y Crupkin. 1997. biochemical and physicochemical properties of actomyosin from frozen pre- and post-spawnwed hake. Comisión de investigaciones científicas (CIC). Pag: 26-34.
20. Na Cao, Xinmin Yang y Yuhua Fu. 2008. Effects of varios pasticizers on mechanical and water vapor barrier propierties of gelatin films. Food hydrocolloids 23. 729-735.
21. Nakamura, Y.N; Ando, M; Seok, M; Kawasaki,K.I; Tsukamasa,Y. 2006. Changes of proximote and fatty acid compositions of the dorsal and ventral ordinary muscle of the full-cycle cultured pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* with the growth. Food Chemistry 103: 234-241.
22. Pagela. 2002. Caracterización of Starch based Edible Coatings. Trans ICEM. Vol 80, Part C.
23. Park, J.W. Whiteside. S, Cho. S.Y. 2007. Mechanical and water vapor barrier properties of extruded and heat-pressed gelatin films. LWT 41: 692-700.
24. Phan, D, Debeaufort, F, Volley,A y Luu, D. 2008. Influence of hydrocolloid nature on the structure and functional properties of emulsified edible films. Food Hydrocolloids 23, 691-699
25. Potter, N,N. 1995. Ciencia de los Alimentos. 5ta edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pag: 206-211.

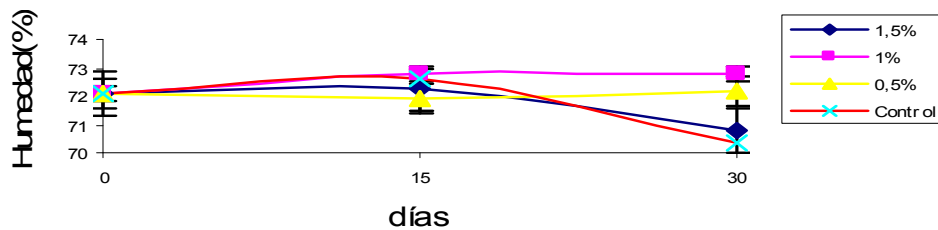
26. Rojas Graü, M.A; Tapia, M.S; Rodríguez F.J; Carmona, A.J; Martin, O. 2006. Alginate and gellan-Based edible coating as carriers of antibrowning agentes aplied on fresh-cut Fuji apples. Food Hydrocolloids 21. 118-127.
27. Sabato. 2001. Mechanical and Varrier Propierties of Cross-Linked Soy and Whey Protein Based Films. J. agric. Food Chemist, 49,1397-1403.
28. Servicio Autónomo de los Recursos Pesqueros y Acuícolas del Ministerio de Agricultura y Tierras. Flota atunera Venezolana. Pagina Web: [http://www.fundatun.com/flota\\_atunera.htm](http://www.fundatun.com/flota_atunera.htm). Revisada el 1/5/2008.
29. Singh, J. (2006).Factor influencing the phisico- Chemical, morphological , termal and rheological propierties of some chemical modified starches for satrches for food aplicaciones.- A review. Food Hydrocolloids 21. 1-22.
30. Suarez Mahecha. H. y De Francisco. A. 2007. Pérdida de textura *post mortem* de la carne de pescado durante el almacenamiento en frío. Acta biologica Colombiana. Volumen 12 No1: 3-18.
31. Subramaniam, S; Quan,L; Jiaqi, H; Witoon,P. 2007. The influence of Chitosan glazing on the cuality of skinless Pink Salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) filletes during frozen storage. Journal of Food Engineering 83, 366-373.
32. Stuchell, Y y Krochta, J.M. 1995. Edible Coating on Frozen King Salmon: Effect of Whey Protein Isolate and Acetylated Monoglycerides on Moisture loss and Lipid Oxidation. Journal of Food Science. Volume 60, No.1.
33. Tarladgis B., Watts B., Younatha, M. (1960) "A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid food" J. Am. Oil. Chem. Soc. 37(1) 44-48.
34. Valls. J, Paredes. A, y Gonzalez. D. 2006. Estabilidad de filetes de sardina (*Sardinella aurita*) en almacenamiento congelado a -18°C. Revista Científica, FCV-LUZ. <volumen 16, No. 2: 176-185.
35. Yeannes, M. I, 2001, la evaluación sensorial y los productos pesqueros. Infopesca.org. Articulo 05.

### 13. Anexos

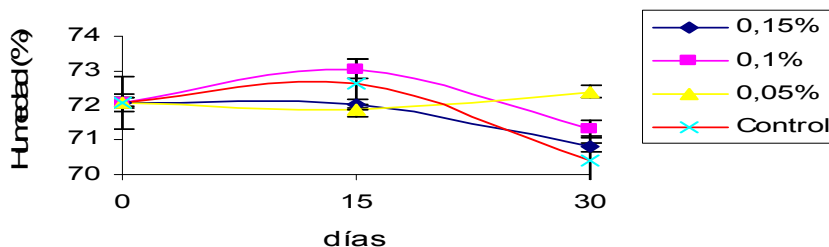
Anexo 1. Porcentaje de humedad en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con almidón (1, 1.5 y 2%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



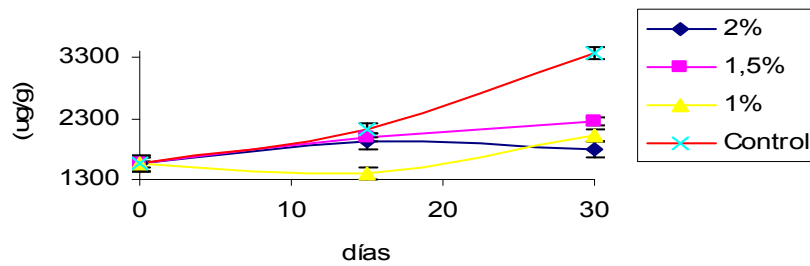
Anexo 2. Contenido de humedad en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con gelatina (0.5, 1 y 1.5%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



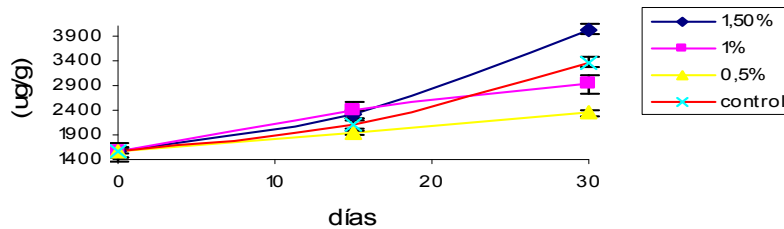
Anexo 3. Porcentaje de humedad en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con carragenina (0.05, 0.1 y 0.15%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



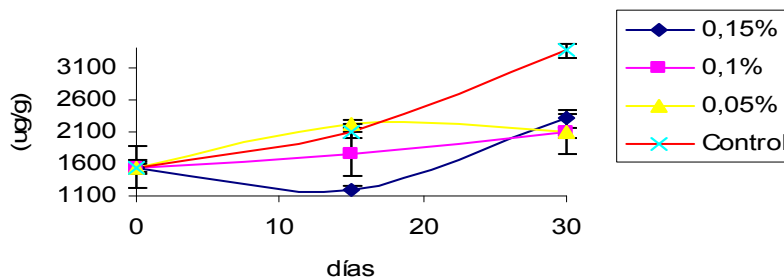
Anexo 4. Contenido de rancidez oxidativa (ug/g) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos almidón (1, 1.5 y 2%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



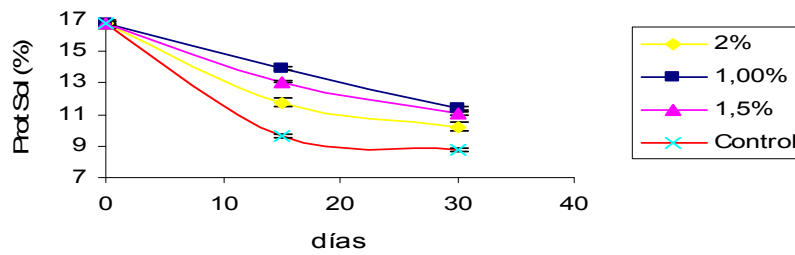
Anexo 5. Contenido de rancidez oxidativa (ug/g) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de gelatina (0.5, 1 y 1.5%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



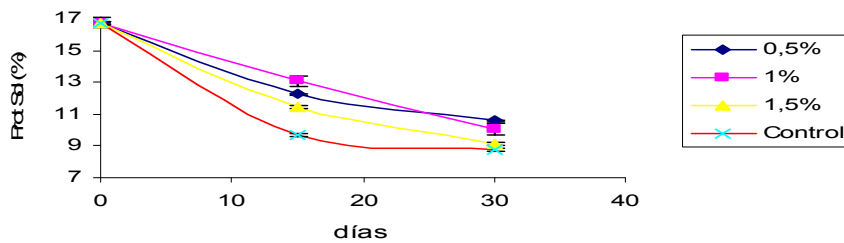
Anexo 6. Contenido de rancidez oxidativa (ug/g) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de carragenina (0.05, 0.1 y 0.15%) en 30 días de almacenamiento a -10°C.



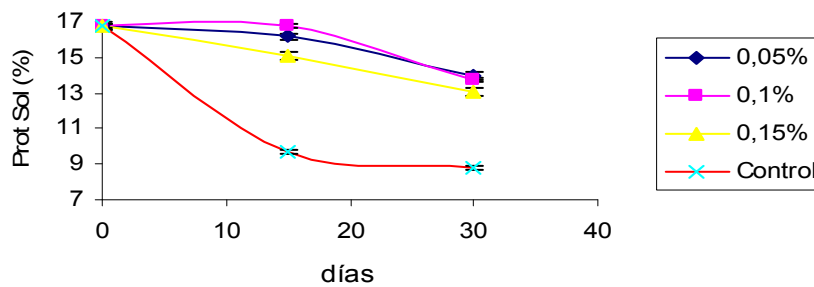
Anexo 7. Porcentajes de proteínas solubles en soluciones salinas en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de almidón (1, 1.5 y 2%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



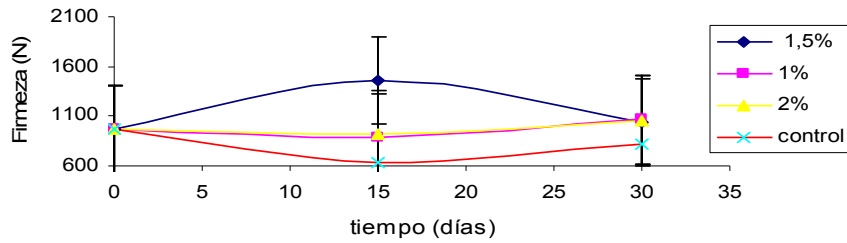
Anexo 8. Contenido de proteínas solubles en soluciones salinas en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de gelatina (0.5, 1 y 1.5%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



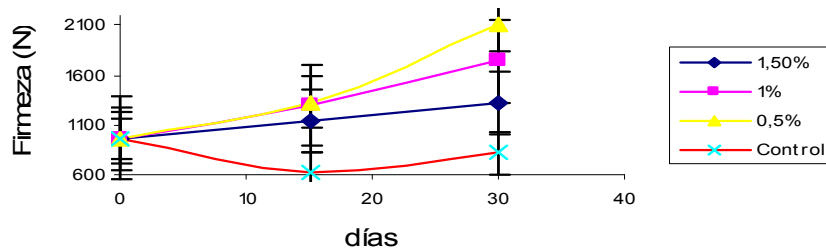
Anexo 9. Contenido de proteínas solubles en soluciones salinas en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con carragenina (0.05, 0.1 y 0.15%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



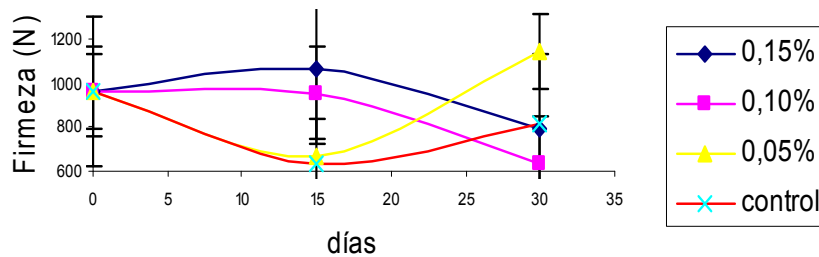
Anexo 10. Niveles de firmeza (N) (textura) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de almidón (1, 1.5 y 2%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



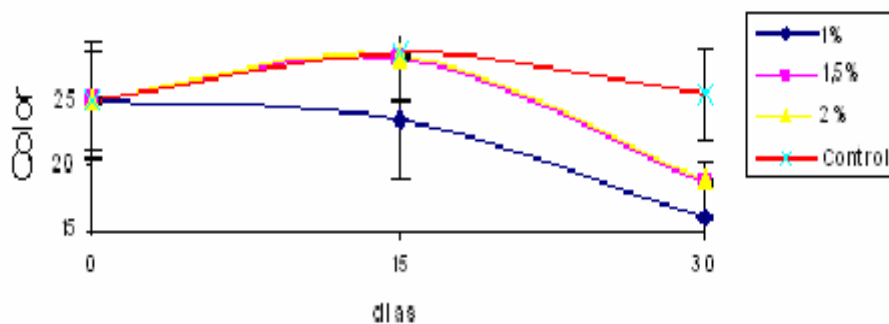
Anexo 11. Niveles de firmeza (N) (textura) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de gelatina (0.5, 1 y 1.5%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



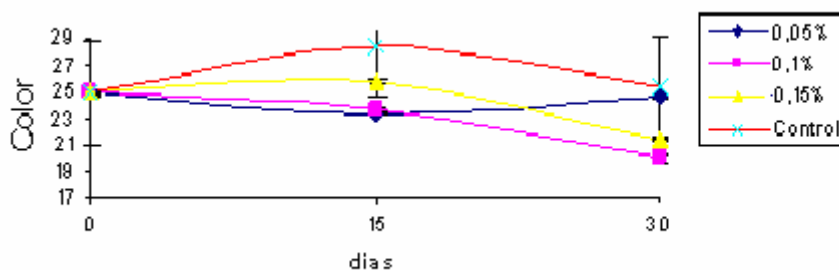
Anexo 12. Niveles de firmeza (N) (textura) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de carragenina (0.05, 0.1 y 0.15%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



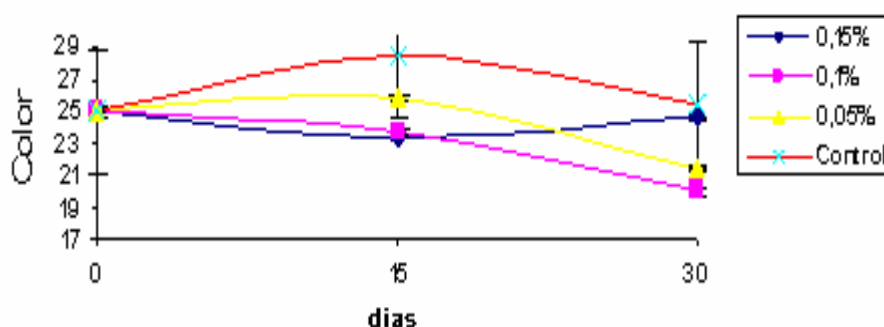
Anexo 13. Color (L) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de almidón (1, 1.5 y 2%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



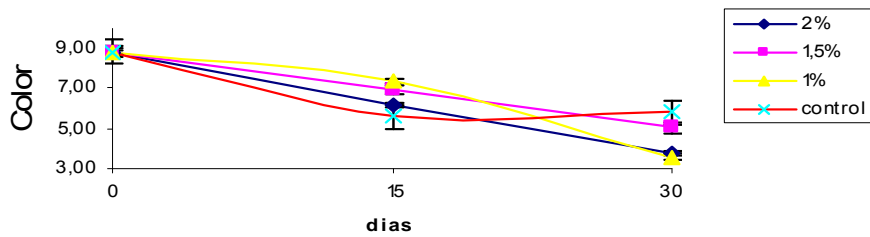
Anexo14. Color (L) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de gelatina (0.5, 1 y 1.5%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



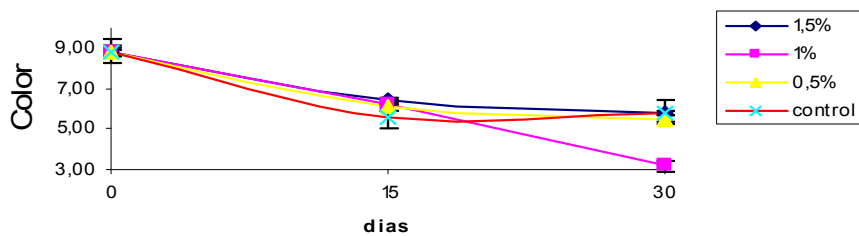
Anexo 15. Color (L) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de carragenina (0.05, 0.1 y 0.15%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



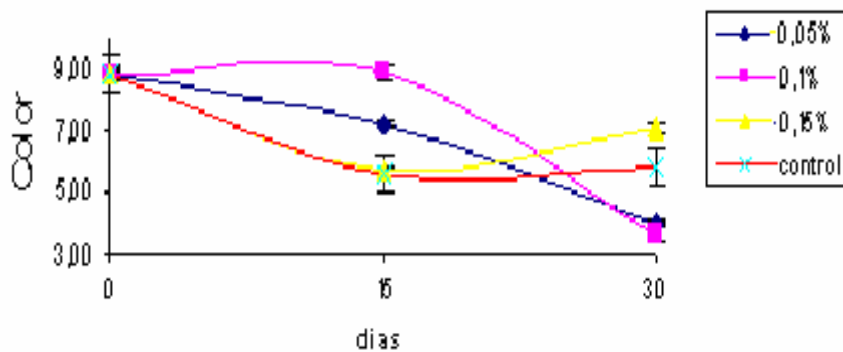
Anexo 16. Color (a) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de almidón (1, 1.5 y 2%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



Anexo 17. Color (a) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de gelatina (0.5, 1 y 1.5%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.

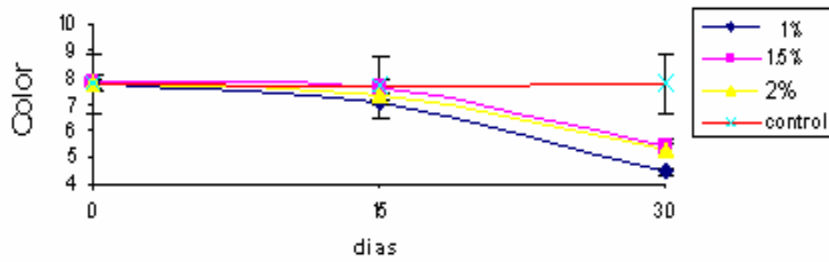


Anexo 18. Color (a) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de carragenina (0.05, 0.1 y 0.15%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.

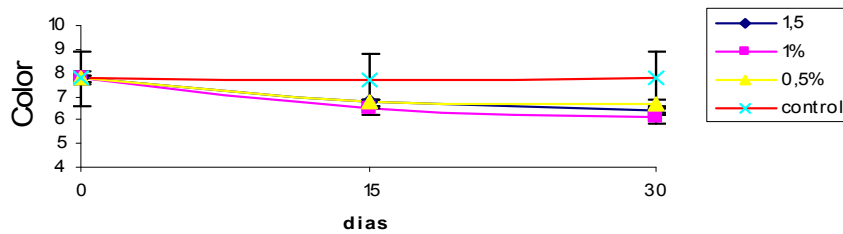


Anexo 19. Color (b) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos (1, 1.5 y 2%) almidón durante 30 días de almacenamiento a -10°C.

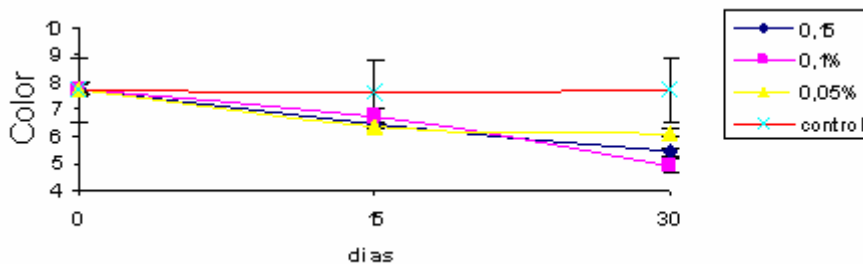




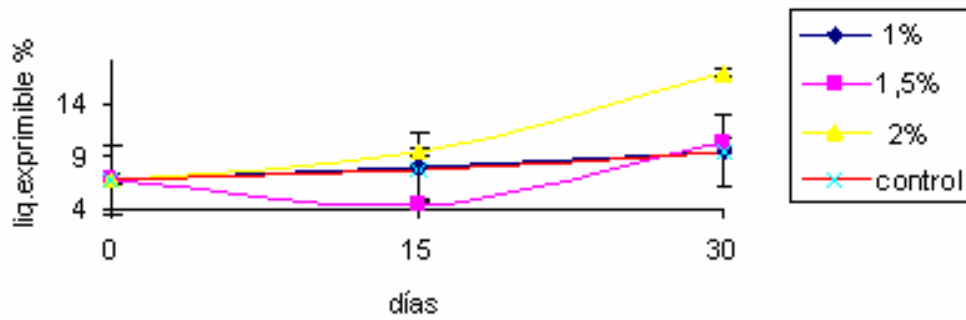
Anexo 20. Color (b) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de gelatina (0.5, 1 y 1.5%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



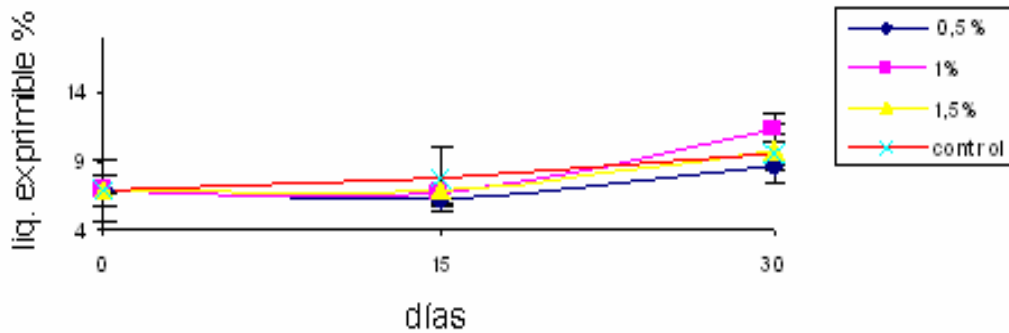
Anexo 21. Color (b) en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de carragenina (0.05, 0.1 y 0.15%) en 30 días de almacenamiento a -10°C.



Anexo 22. Porcentaje de líquido exprimible en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de almidón (1, 1.5 y 2%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



Anexo 23. Porcentaje de líquido exprimible en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de gelatina (0.5, 1 y 1.5%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.



Anexo 24. Contenido de líquido exprimible en los lomos de atún (*Thunnus sp*) glaseados con tratamientos de carragenina (0.05, 0.1 y 0.15%) durante 30 días de almacenamiento a -10°C.

