



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS Y
TECNOLOGÍA QUÍMICA

**ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DEL COLOR, PROPIEDADES
QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL MÚSCULO DE SALMÓN COHO
(*Oncorhynchus Kisutch*) ALMACENADO CONGELADO A -20°C
DURANTE UN AÑO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN ALIMENTOS

JENNY ORIELLER LANDEROS AMPUERO
XIMENA ANDREA LÓPEZ SALINAS

Profesor Patrocinante: Vilma Quitral Robles

Directores de Memoria: Alicia Rodríguez Melis

Lilian Abugoch James

Santiago, Chile

2005

**LA PRESENTE MEMORIA ES PARTE DEL PROYECTO DE INTERCAMBIO
UNIVERSIDAD DE CHILE – CSIC DE ESPAÑA N° 03/04-08 TITULADO
“CALIDAD NUTRITIVA Y VIDA UTIL DEL SALMÓN COHO (*Oncorhynchus
Kisutch*) CONSERVADO EN ESTADO REFRIGERADO Y CONGELADO”.**

DEDICATORIA

***“Con mucho cariño a
nuestras familias”***

AGRADECIMIENTOS

En la vida siempre es bueno agradecer las bendiciones que se nos regalan, como por ejemplo agradecer a aquellos que de una u otra manera incondicional y desinteresadamente nos ayudaron a llevar a cabo nuestra tesis.

Primero que nada agradecer a Dios y a nuestros padres que sin ellos de nuestro lado y apoyándonos no habríamos alcanzado la meta propuesta.

Agradecer también a nuestras familias, hermanos, tíos y abuelos, que siempre han sido un oasis en el cual nos detenemos a descansar y cargar energías. A nuestros amigos, Vanesa, María Elena, Yolanda y Álvaro, que nos brindaron ayuda espiritual, material e intelectual, también a Luz María, Marcela y Leslie y a tantos otros con quienes compartimos nuestra vida universitaria.

Gracias a nuestros profesores, Vilma Quitral, Alicia Rodríguez, Julia Vinagre, María Angélica Larraín, Lilian Abugoch y Eduardo Castro que aportaron a nuestra formación profesional y humana.

También queremos agradecer a Juan Carlos Moreno, Carlos Zamora y Don Manuel Fonseca, quienes nos brindaron gran ayuda.

Muchas gracias a Claudio y Jonathan por aguantarnos, querernos y apoyarnos.

Finalmente agradecer a nuestra sobrina e Hija Valentina por venir a iluminar y alegrar nuestras vidas.

INDICE GENERAL

	Págs.
DEDICATORIA.	iii
AGRADECIMIENTOS.	iv
ÍNDICE GENERAL.	v
ÍNDICE DE TABLAS.	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.	ix
RESUMEN.	xi
SUMARY.	xiii
1. INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes generales del Salmón.	3
1.2 Características del recurso.	3
1.3 Congelación como medio de preservación de la calidad de los alimentos.	5
1.4 Parámetros de calidad.	6
1.4.1 Composición centesimal.	6
1.4.2 Parámetros químicos (dimetilamina, formaldehído y nitrógeno básico volátil total).	7
1.4.3 Parámetros físicos	9
1.4.3.1 Propiedades texturales (textura y “gaping”).	9
1.4.3.2 Propiedades de retención de agua (“driping”, capacidad de retención de agua y humedad exprimible).	10
1.4.4 Color.	10
2. HIPÓTESIS DE TRABAJO	12
2.1 Objetivo general.	12
2.2 Objetivos específicos.	12
3. MATERIALES	13
3.1 Materia prima.	13
3.2 Reactivos químicos.	13

3.3	Equipos.	15
4.	METODOLOGÍA	16
4.1	Composición centesimal.	18
4.2	Parámetro químico.	18
4.2.1	pH.	18
4.2.2	Nitrógeno básico volátil total (NBVT).	18
4.2.3	Dimetilamina (DMA).	19
4.2.4	Formaldehído (FA).	19
4.3	Parámetros físicos.	19
4.3.1	Propiedades texturales.	19
4.3.1.1	Ensayo de compresión.	20
4.3.1.2	Test de cizalla.	20
4.3.1.3	Gaping.	21
4.3.2	Propiedades de retención de agua.	21
4.3.2.1	Humedad exprimible.	21
4.3.2.2	Capacidad de retención de agua relativa.	21
4.3.2.3	Dripping de Salmón cocido.	22
4.3.2.4	Dripping de Salmón crudo.	22
4.4	Color.	23
4.4.1	Color instrumental.	23
4.4.2	Color visual.	23
4.4.3	Determinación de astaxantina.	24
4.5	Correlación.	24
5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	25
6.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	26
6.1	Composición centesimal.	26
6.2	Parámetros químicos.	27
6.2.1	pH.	27
6.2.2	Nitrógeno básico volátil total (NBVT).	28
6.2.3	Dimetilamina (DMA).	29
6.2.4	Formaldehído (FA).	30

6.3	Parámetros físicos	31
6.3.1	Propiedades texturales.	31
6.3.1.1	Ensayo de compresión.	31
6.3.1.2	Test de cizalla.	33
6.3.1.3	Gaping.	34
6.3.2	Propiedades de retención de agua.	35
6.3.2.1	Humedad exprimible.	35
6.3.2.2	Capacidad de retención de agua relativa (CRAr).	37
6.3.2.3	“Driping” de Salmón cocido.	38
6.3.2.4	“Driping” de Salmón crudo.	39
6.4	Color.	40
6.4.1	Color instrumental.	40
6.4.2	Color visual.	42
6.4.3	Astaxantina.	43
6.5	Correlaciones.	44
7.	CONCLUSIONES	45
8.	REFERENCIAS	47
9.	ANEXOS	
	Anexo 1 Técnicas para determinar composición centesimal.	
	Anexo 2 Técnica para determinar compuestos nitrogenados no proteicos.	
	Anexo 3 Ilustraciones gaping.	
	Anexo 4 Análisis estadístico ANOVA.	
	Anexo 5 Fotografías.	
	Anexo 6 Toma de muestra para textura en Salmón atlántico.	
	Anexo 7 Correlaciones.	

INDICE DE TABLAS

		Págs.
Tabla 1	Nomenclatura utilizada en el estudio de Salmón coho almacenado congelado a -20°C durante un año.	16
Tabla 2	Composición centesimal de Salmón coho congelado a -20°C durante un año.	26
Tabla 3	Evaluación Instrumental del color (L*, a*, b*, Hue y C*) de filetes de Salmón coho almacenados congelados durante un año.	40

INDICE DE FIGURAS

	Págs.	
Figura 1	Producción mundial de salmones, 2004.	1
Figura 2	Desembarque de salmones por especie y año, en Chile.	2
Figura 3	Producción de salmones congelados por especie y año, en Chile.	3
Figura 4	Salmón coho (<i>Oncorhynchus Kisutch</i>).	4
Figura 5	Toma de muestra.	17
Figura 6	pH de Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.	27
Figura 7	Nitrógeno básico volátil total de Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.	28
Figura 8	Dimetilamina de Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.	29
Figura 9	Formaldehído de Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.	30
Figura 10	Fuerza máxima de compresión en Salmón coho congelado a -20°C durante un año.	31
Figura 11	Deformación máxima de compresión en Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.	32
Figura 12	Fuerza máxima de cizalla en Salmón coho almacenado a -20° C durante un año.	33
Figura 13	“Gaping” en Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.	34
Figura 14	Porcentaje de exudado por compresión en Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.	35
Figura 15	C.R.A. relativa en Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.	37
Figura 16	Porcentaje de exudado perdido en el tiempo (“dripping” cocido) en Salmón coho almacenado a -20°C.	38

Figura 17	Porcentaje de exudado perdido en el tiempo (“dripping” crudo) en Salmón coho almacenado a -20°C.	39
Figura 18	Parámetros L*, a* y b* en Salmón coho almacenado a -20°C durante un año	41
Figura 19	Evaluación visual del parámetro color en Salmón coho durante un año de almacenamiento a -20°C.	42
Figura 20	Determinación del contenido de astaxantina en el tiempo.	43

RESUMEN

La industria chilena del Salmón ha alcanzado en el plano nacional e internacional gran importancia, transformándose en el segundo productor mundial de este producto. Entre las variedades producidas se encuentra el Salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*), del cual se tienen escasos antecedentes en lo referente a su comportamiento en el almacenamiento congelado, lo anterior es el motivo de la realización de este estudio.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la estabilidad del color, propiedades químicas y físicas del músculo de Salmón coho entero HG (sin cabeza ni vísceras) durante el almacenamiento congelado a -20°C durante un año, dentro del cual se efectuaron 6 controles, con 5 individuos extraídos al azar para cada punto de control.

Se realizó un análisis centesimal, el cual no varió respecto a datos bibliográficos encontrados para Salmón coho.

Se determinó frescura en el Salmón coho utilizando parámetros tales como: dimetilamina, formaldehído y nitrógeno básico volátil total, de los cuales sólo el último se vio aumentado en el tiempo, aunque sin sobrepasar el límite establecido por la ley que corresponde a 30mg/100g músculo.

El estudio también contempló la determinación de pH, el cual no tuvo una variación significativa en el tiempo ($p>0,05$), observándose un pH de 6,06 y 6,27 al inicio y final del estudio, respectivamente.

Se realizaron diversos análisis texturales dentro de los cuales se encuentra; dureza, cizalla o firmeza y gapping. Analizando los resultados obtenidos se observó una disminución brusca de la dureza a partir del cuarto mes y la firmeza aumentó hasta el mes 6, disminuyendo posteriormente. El gapping evaluado aumentó paulatinamente sin llegar a un deterioro extremo, alcanzando hasta el mes 8 calidad premium con grado 3.

Las propiedades de retención de agua también fueron medidas; el dripping cocido presentó la mayor pérdida de líquido en el mes 0 (16,51%), luego disminuyó hasta el mes 8, aumentando en los siguientes meses de estudio. El dripping crudo aumentó hasta el mes 6 (3,46 % de exudado), y luego disminuyó presentando en el mes 12 un 1,52 %. También se evaluó capacidad de retención de agua relativa y la humedad exprimible, observándose en ambas un disminución, de un 56,1% en el caso de retención de agua y de 52,7% en la humedad exprimible.

Tres análisis de color fueron realizados: color visual, instrumental y mediciones de astaxantina. Según el primero el Salmón puede clasificarse como categoría premium hasta el mes 8. Las mediciones instrumentales no mostraron una tendencia clara en el cambio de color. La cantidad de astaxantina encontrada en los salmones varió significativamente en el tiempo, sin embargo, los valores iniciales y finales fueron similares.

De acuerdo al conjunto de análisis hasta el mes 8 el salmón se puede clasificar como Premium, siendo la textura y color los parámetros limitantes.

SUMMARY

STUDY OF THE STABILITY OF THE COLOR, CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF THE MUSCLE OF SALMON COHO (*ONCORHYNCHUS KISUTCH*) STORED FROZEN A -20°C FOR ONE YEAR

The Chilean salmon industry has reached a position of great importance in the national and international markets, becoming the second world producer of this product. Among the produced varieties is the Coho salmon (*Oncorhynchus Kisutch*), with scarce antecedents of its behavior during frozen storage, which is the motive of the accomplishment of this study.

The objective of the present work was to study the stability of color, chemical and physical properties of whole of Salmon coho muscle entire HG (without head and gutter) during frozen storage at -20°C during one year, inside which 6 controls were effected, with 5 individuals extracted at random for each point of control.

A centesimal analysis was carried out, with no changes in regard to bibliographical information for Salmon coho.

Freshness in the coho Salmon was determined using parameters such as: dimetilamine, formaldehyde and basic nitrogen volatile total, of which only the last one increased, although without exceeding the limit established by the law that corresponds to 30 mg/100g muscle.

The study also contemplated the pH determination, did not change significantly in time ($p>0,05$), with pH values of 6.06 and 6.27 at the beginning and the end of this study, respectively.

Textural analyses were carried out; hardness, shears or firmness and gaping. Analyzing the obtained results an abrupt decrease of hardness was observed at the

fourth month and the firmness increased until month 6, diminishing later. Gaping increased gradually without reaching an extreme deterioration, reaching until the month 8 quality premium with degree 3.

The properties of water retention also were measured; the cooked dripping presented highest loss of liquid in month 0 (16,51%), then it diminished until the month 8, increasing in the following months of study. The raw dripping increased until the month 6 (3.46 % of exudate), and then diminished presenting in month 12 1.52 %. Capacity of relative water retention and expressible moisture were also evaluated, with a decrease, of a 56.1% in the case of water retention and 52.7% in the expressible moisture.

Three color analyses were made: visual, instrumental and measurements of astaxanthin. According to the first analysis salmon can be classified as premium category until month 8. The instrumental measurements did not show a clear tendency in color change. The amount of astaxanthin found in the salmons varied significantly in time, nevertheless, the initial and final values were similar.

According to the analysis group until the month 8 the salmon can be classified as premium, being the texture and color the restrictive parameters.

1. INTRODUCCION

La industria del salmón en Chile se ha convertido en parte integral de la economía nacional, constituyendo uno de los principales productos exportados. Las primeras exportaciones chilenas de salmónidos tuvieron lugar aproximadamente en 1974. Actualmente Chile es la quinta potencia pesquera mundial según el volumen de capturas y es el segundo productor mundial de salmón, detrás de Noruega (Figura 1). Las proyecciones son que al año 2010 la producción chilena de salmón será la primera en el mundo y es posible que Chile alcance una producción de más de 800 mil toneladas al año, con un valor total de las exportaciones que sería alrededor de los US\$ 2.500 millones al año (Torben,2004).

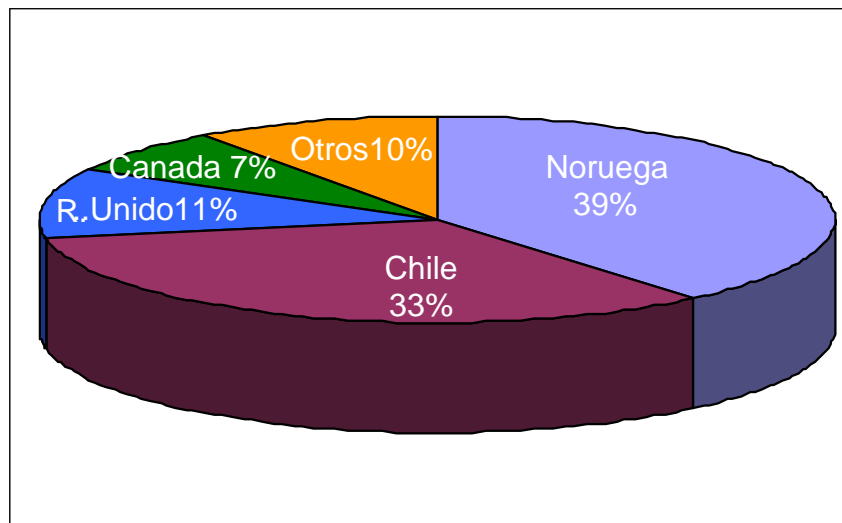


Figura 1: Producción mundial de Salmones 2004 (1,5 mill. Ton).

Fuente: Torben, P. (2004).

Las principales especies de salmones cultivadas en las costas Chilenas son: Atlántico (*Salmo salar*), Coho (*Oncorhynchus kisutch*) y Rey (*Oncorhynchus tshawytscha*), aportando el primero los mayores volúmenes de desembarque.

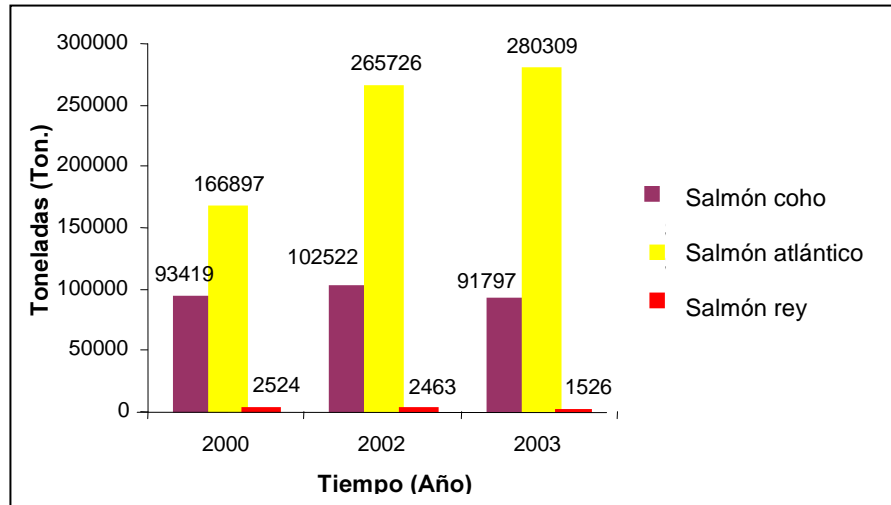


Figura 2: Desembarque de salmones por especie y año, en Chile.

Fuente: Anuario, 2003, Sernapesca.

En lo que respecta al Salmón coho en Chile, la principal línea de producción es la congelación, cuyo volumen ha aumentado significativamente durante los últimos años (Figura 3).

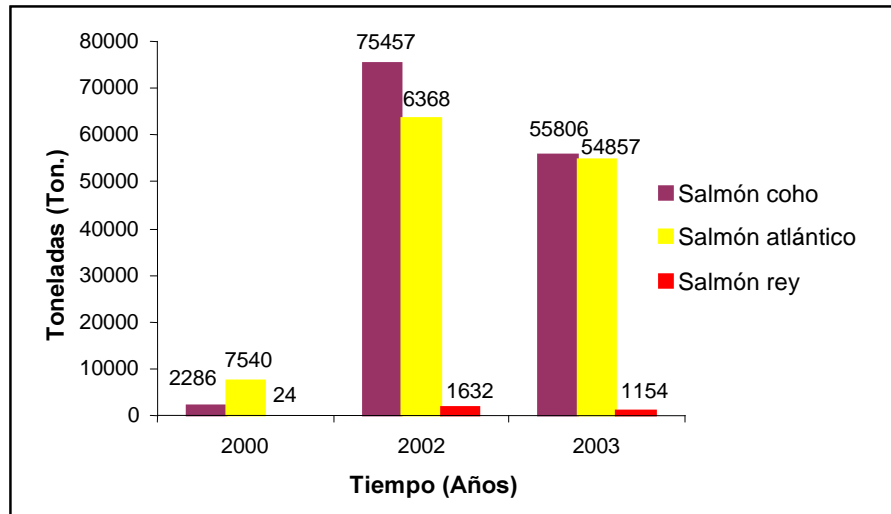


Figura 3: Producción de salmones congelados por especie y año, en Chile.

Fuente: Anuario, 2003, Sernapesca.

1.1 Antecedentes generales del Salmón coho

El Salmón coho o también llamado Salmón plateado pertenece a la familia *Salmonidae*, su nombre científico es *Oncorhynchus kisutch*. El Salmón coho es un pez teleosteo (peces con esqueletos totalmente osificados), fluvial y marino, de carne muy estimada, que vive cerca de las costas y remonta a los ríos en la época de la cría (Chileexport, 2004).

1.2 Características del recurso

Ubicación

Hoy, su presencia se ha concentrado en los grandes lagos de la décima región, en los ríos costeros de los fiordos de la undécima región, y en ríos más significativos de la misma región, como es el Simpson.

Características físicas del Salmón coho

Forma: Cuerpo fusiforme, moderadamente alto y comprimido lateralmente. Cabeza cónica (más grande en machos adultos). Ojos muy pequeños. Hocico normalmente romo (engrosado y plegado en su extremo en machos adultos). Boca terminal y algo oblicua, deformada en machos adultos con la mandíbula inferior alargada y su extremo torcido hacia arriba. El maxilar se extiende bien por detrás del ojo. Escamas pequeñas y cicloideas (Gochile, 2004).

Color: Los machos se caracterizan por presentar manchas negras en el dorso y lóbulo superior de la cola, y una coloración plateada en los costados y región abdominal, vientre blanco (Gochile, 2004).

Tamaño: En condiciones naturales alcanza hasta 98 centímetros de longitud y de 2 a 5 kilos de peso (Gochile, 2004).

Su masa muscular esta distribuida principalmente por grandes músculos laterales que se extienden desde la cabeza hasta la base de la cola. La carne puede constituir del 60 al 70% total del pescado, variando en cantidad y calidad de acuerdo al tamaño, estado sexual y factores físicos químicos como la dieta alimentaria (Gochile, 2004).

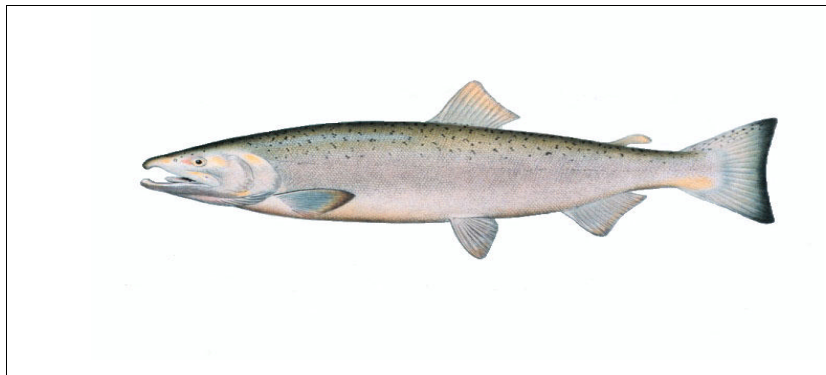


Figura 4: Salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*).

Calidad nutritiva del Salmón coho

El salmón es un alimento nutritivo ya que es rico en ω -3 y ω -6, ácidos grasos esenciales para la nutrición humana y por tal motivos los productores se deben esmerar para obtener un producto seguro y de calidad que satisfaga al consumidor (Laidler, 2001).

El Salmón coho posee 10% de grasa, de la cual entre un 19-31% corresponde a ácidos grasos saturados, 33,9-39,2% a ácidos grasos monoinsaturados y 29,6-33,5% a ácidos grasos poliinsaturados, además aporta 39 mg de colesterol por cada 100 gramos (Roche, 1998).

El perfil de ácidos grasos del filete de salmón esta condicionado por el perfil de ácidos grasos de la dieta. Es así como la composición de ácidos grasos esenciales puede variar. Ewos Innovation S.A. tiene dentro de sus dietas la fórmula comercial EWOS omega que aporta 26,32% de ω 3 y 7,01% de ω 6 (Ewos Innovation, 2004).

El salmón es buena fuente de vitaminas y minerales, destacándose el contenido de fósforo y yodo. En cuanto a las vitaminas es rico en vitaminas A, D, B1, B6, niacina y ácido fólico, además de contener vitamina B2 y B12 (Revista consumer, 1999).

1.3 Congelación como medio de preservación de la calidad de los alimentos

La calidad que se exige a los alimentos que se comercializan a nivel internacional es propia del mercado de destino. Esta situación obliga a estudiar y mejorar continuamente las estrategias que se relacionen con la obtención del producto y su mantenimiento hasta el momento de su comercialización.

Cuando el término calidad se asocia a la carne de salmón, aparece una serie de parámetros que deben ser considerados para que el producto tenga aceptación por el consumidor. Entre ellos se puede mencionar la inocuidad, la composición nutritiva,

color, apariencia, características organolépticas como sabor y textura, además de características que tienen relación con la estabilidad del material fresco y su efecto sobre el procesamiento posterior y su preservación (Sigurgisladottir y cols., 1997).

En un mercado globalizado grandes cantidades de salmón se transportan normalmente y se almacenan como productos congelados debido a las largas distancias entre el punto de embarque hasta su destino final (Einen y cols., 2002).

El principio de la congelación como método de conservación de alimentos se basa en convertir el agua en hielo, este aislamiento o separación del agua en forma de hielo produce el efecto de deshidratación del alimento, bloqueando la actividad enzimática y desarrollo de microorganismos. Además durante la congelación no se destruyen sustancias nutritivas, ya que estas pérdidas ocurren antes y después procesamiento (Gruda y Postolski, 1986).

Las condiciones de almacenamiento como temperatura, tiempo y empaque originan un deterioro en la calidad del filete de pescado principalmente por cambios asociados a la hidrólisis, oxidación de los lípidos, por desnaturalización y agregación de las proteínas. Es así como el color, la textura, parámetros químicos y organolépticos podrían verse afectados durante este periodo (Bjerkeng y Johnsen, 1995).

1.4 Parámetros de calidad

1.4.1 Composición centesimal

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, medio ambiente y estación del año. Los principales constituyentes son: proteínas, lípidos, cenizas, humedad y extracto no nitrogenado (Huss, 1988).

1.4.2 Parámetros químicos (dimetilamina, formaldehído y nitrógeno básico volátil total)

Las aminas volátiles y no volátiles se han descrito como índices químicos para medir el grado de frescura del pescado.

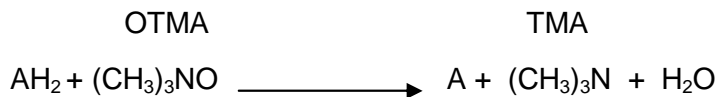
El Oxido de Trimetilamina (OTMA), es uno de los componentes nitrogenados no proteicos más abundantes en los peces de origen marino y se encuentra en distintas concentraciones dependiendo de la especie, estación del año, tamaño, y edad (Huss, 1988). A medida que transcurre el tiempo de almacenamiento del pescado fresco-refrigerado y congelado el OTMA empieza a descomponerse liberando principalmente compuestos volátiles, los que afectan en forma directa la calidad del producto (Contreras, 2002).

El óxido de trimetilamina corresponde a una sal de amonio cuaternario que se reduce por acción de enzimas de origen endógeno, que se encuentran presentes en el músculo del pescado, o de origen exógeno, correspondientes a las enzimas reductoras de las bacterias en el curso del deterioro del pescado (Hultin, 1985; Contreras, 2002).

Origen endógeno (Vía predominante en pescados congelados)



Origen exógeno (Vía predominante en pescados refrigerados)



La reducción del OTMA, se debe usualmente a la acción bacteriana pero algunas especies presentan en el tejido muscular una enzima capaz de descomponer el OTMA en dimetilamina (DMA) y formaldehído (FA), en cantidades equimolares.

La mayoría de las enzimas OTMA dimetilasas reportadas hasta ahora están unidas a la membrana y se tornan más activas cuando el tejido de la membrana es roto por la congelación o artificialmente.

El contenido de DMA sólo aumenta cuando el crecimiento bacteriano es detenido, por ejemplo durante la congelación, y es por tal motivo que se pueden usar como indicadores exclusivamente para pescados congelados (Baixas-Noguera y cols., 2001).

El FA ha sido señalado como agente de deterioro de pescados, moluscos y pescados congelados, por su habilidad para formar enlaces cruzados con las proteínas haciéndolas menos funcionales (Contreras, 2002).

El nitrógeno básico volátil total (NBVT) contiene DMA, TMA y amoníaco, además trazas de monometilaminas y propilamina, que se formarían en etapas avanzadas de la descomposición de pescados (Contreras, 2002).

Los compuestos del NBVT se originan de OTMA y de aminoácidos libres por mecanismos diferentes; por lo tanto este índice representa el efecto convergente de varias transformaciones. Esta falta de especificidad es justamente uno de sus méritos, pues el Amoníaco y las aminas volátiles son metabolitos ubicuos de la descomposición de peces, moluscos y crustáceos marinos (Contreras, 2002).

En los productos congelados no hay aumento del NBVT, de modo que las cantidades encontradas pueden servir como indicador del estado de frescura inicial (Contreras, 2002).

1.4.3 Parámetros físicos

1.4.3.1 Propiedades texturales (textura y “gaping”)

La textura está compuesta por distintos parámetros tales como: firmeza, dureza, fragilidad, adhesividad, cohesividad, elasticidad y viscosidad (Sigurgisladottir y cols., 1997).

La textura en la carne de pescado está influenciada por varios factores tales como la extensión del rigor mortis, la proporción y extensión de la declinación del pH post mortem, y la proporción y extensión de la proteólisis, causando ruptura miofibrilar. Otros parámetros como el contenido de grasa, ácidos grasos y distribución de la grasa en el músculo influyen en la firmeza de la carne (Sigurgisladottir y cols., 1997).

La firmeza varía a lo largo del filete de salmón y es así como Sigurgisladottir y cols., (1997), encontraron que los filetes de salmón eran más duros cerca de la cabeza que hacia la cola.

La composición química y estructura física también varía a lo largo del filete y puede afectar las propiedades texturales. Por lo tanto, el lugar de donde es extraída la muestra es de mucha importancia y debe ser considerado cuando se midan las propiedades texturales en el filete (Jonsson y cols., 2000).

El “gaping” corresponde al grado de separación espontánea de los miómeros en el filete, lo cual, dificulta su posterior procesamiento y disminuye su valor comercial (Skjervold y cols., 2001).

Existen aparentemente dos tipos de “gaping”, el primero (“gaping” intrínseco) causa pequeñas aperturas muy discretas en el músculo. Esto sucede cuando se rompe el tejido conectivo entre las fibras musculares y el miosepto. El segundo (“gaping” extrínseco) ocurre cuando se rompe el tejido conectivo entre las fibras musculares,

incluyendo el rompimiento de las fibras en algunos casos, siendo este tipo de “gaping” el que causa un daño mayor al filete (Ewos Innovation, 2004).

1.4.3.2 Propiedades de retención de agua (“dripping”, capacidad de retención de agua relativa y humedad exprimible)

La pérdida por “dripping” (Einen y cols., 2002), corresponde al exudado de líquidos, por goteo, en pescados que se descongelan (dripping crudo) y en aquellos que se someten a cocción (dripping cocido) (Ben-Gigirey y cols., 1999). El aumento del “dripping” en salmón congelado / descongelado es consistente con la disminución de la capacidad de retención de agua debido a la desnaturalización de las proteínas miofibrilares de las fibras musculares, daño celular, menor solubilidad y agregación de las proteínas que tiene lugar durante la congelación y descongelación (Einen y cols., 2002).

La “humedad” exprimible es el líquido que liberan los filetes expuestos a compresión al aplicar una fuerza sobre el músculo de pescado (Jonsson y cols., 2000).

La determinación de pérdida de agua de pescado congelado, indica una proporción de la proteína degradada durante el almacenamiento congelado. Incrementos en este parámetro se relacionan generalmente con cambios en las proteínas miofibrilares, cuando la capacidad de retener agua de la fracción miofibrilar se reduce por desnaturalización (Ben-Gigirey y cols., 1999).

1.4.4 Color

Los carotenoides astaxantina y cantaxantina son los responsables del color anaranjado-rojizo de la carne de salmón, pero la relación entre el resultado visual y el nivel de carotenoides es lineal sólo con bajos niveles de éstos (Torrissen y cols., 1989). Los salmónidos requieren una fuente exógena de carotenoides y la pigmentación de

los filetes resulta de la absorción y depósitos de carotenoides provenientes de la dieta (Hardy y cols., 1994). La astaxantina, es el carotenoide más importante y se encuentra en forma natural en un diverso grupo de animales marinos (Sigurgisladottir y cols., 1997). Por esto, la dieta de los salmones cultivados es suplementada con astaxantina y cantaxantina para lograr la pigmentación de la carne.

El color es uno de los parámetros de calidad que se ven afectado por el almacenamiento. Existen factores que incrementan la pérdida de color en los filetes, como son la luz, la temperatura de almacenamiento y el oxígeno (Bjerkeng y Johnsen, 1995). La luz inicia la degradación de los carotenoides, la cual es incrementada por la presencia de oxígeno, debido a que los carotenoides en presencia de éste se deterioran más rápidamente (No y Storebakken, 1991).

2. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La calidad del filete de Salmón coho almacenado congelado a -20°C , del cual existen escasos antecedentes, se vería expuesto a diversos cambios en los parámetros de color, químicos y físicos, los que serían mayores mientras más prolongada sea su duración en tal condición.

2.1 Objetivo general

Estudiar la estabilidad del color, propiedades químicas y físicas del músculo de Salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) entero (HG) durante su almacenamiento congelado a -20°C .

2.2 Objetivos específicos

Estudiar la estabilidad del Salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) entero HG almacenado a -20°C durante un año, evaluando los siguientes parámetros:

- Composición centesimal.
- Propiedades químicas: Nitrógeno básico volátil total (NBVT), dimetilamina (DMA), formaldehído (FA), y pH.
- Propiedades físicas: texturales (ensayo de compresión, test de cizalla y “gaping”) y propiedades de retención de agua (humedad exprimible capacidad de retención de agua relativa CRA_r , “dripping” cocido y crudo).
- Color: Evaluación instrumental, visual y determinación de contenido de astaxantina.
- Correlaciones entre los diferentes parámetros.

3. MATERIALES

3.1 Materia prima

El estudio se realizó en Salmones coho cultivados por EWOS (Calbuco) y procesados en la planta Mainstream (Calbuco), los cuales fueron seleccionados según: calidad, peso y longitud similar. En la planta procesadora se eliminaron las agallas y cabezas, se desangraron, evisceraron (tipo HG), y luego fueron sometidos a un golpe de frío a -40°C ; se colocaron en bolsas de polietileno, embalaron en caja de plumavit y fueron cubiertos con hielo en escama, para finalmente ser trasladados a Santiago en transporte frigorífico de manera de mantener la cadena de frío hasta el momento de llegar al laboratorio en que se almacenaron a -20°C durante todo el período de estudio.

3.2 Reactivos químicos

- Análisis centesimal

Ácido Sulfúrico concentrado, y Ácido Sulfúrico concentración conocida

Hidróxido de sodio, NaOH 0,1 N

Tabletas Kjeldhal Winkler (Catalizador)

Indicador rojo metilo

Cloroformo, CHCl_3

Metanol CH_3OH

- Nitrógeno básico volátil total (NBVT):

Acido tricloroacético TCA, CCl_3COOH

Oxido de Magnesio, MgO

Acido Bórico, H_3BO_3

Ácido clorhídrico, HCl 0,01 N

Indicador Tashiro

-Dimetilamina (DMA):

Acido tricloroacético TCA, CCl_3COOH

Aldehído fórmico, HCOOH

Carbonato de potasio, K_2CO_3

Hexano, C_6H_{14}

Acido Pícrico en tolueno seco

Agua destilada

Solución patrón de TMA (97,188%)

-Formaldehído (FA):

Solución 4-amino-3-hidrazino-5- mercapto-1,2,4 triazol, AHMT al 5% en ácido clorhídrico, HCl 0,5 N

Hidróxido de Sodio, NaOH 0,5 N

Sulfato de Zinc Heptahidratado, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

Ácido Clorhídrico, HCl 1 N.

Hidróxido de Potasio, KOH 5N

Peryodato de Potasio, KIO_4

Solución patrón de Formalina, 35-37% de formaldehído

-Astaxantina

Acetona, $(\text{CH}_3)_2\text{O}$

Metanol, CH_3OH

3.3 Equipos

- Lloyd Instruments LR- 5K, Inglaterra.
- Hunter Lab, Labscan spectrophotometer, U.S.A.
- Spectrometer Lambda 11 UV/VIS, Alemania.
- Digestion Unit Büchi 426, Suiza.
- Distillation Unit Büchi 323, Suiza.
- Estufa WC Heraeus GMBH Hanau, Alemania.
- Centrifuga Sorvall Super Speed RC2-B Automatic Centrifuge, U.S.A.
- Centrifuga Sorvall Super Speed RC5-B Automatic Refrigerated Centrifuge, U.S.A.
- Balanza Precisa 125A, Suiza.
- Omni – Mixer Sorvall, U.S.A.
- Rotavapor Büchi R-205, Suiza.
- Mufra Wild Barfield, Inglaterra.
- Ultraturax T25, Suiza.

4. METODOLOGÍA

El estudio se realizó durante un año de almacenamiento congelado (-20°C) efectuándose seis controles (Diciembre, Abril, Junio, Agosto, Octubre, Diciembre), para cada punto de control se extrajeron al azar 5 individuos y cada análisis se hizo por duplicado.

Los controles efectuados durante el año de estudio fueron designados según Tabla 1.

Tabla N° 1: Nomenclatura utilizada en el estudio de Salmón coho almacenado congelado a -20°C durante un año.

Controles	Tiempo (Meses)
0	Diciembre
4	Abril
6	Junio
8	Agosto
10	Octubre
12	Diciembre

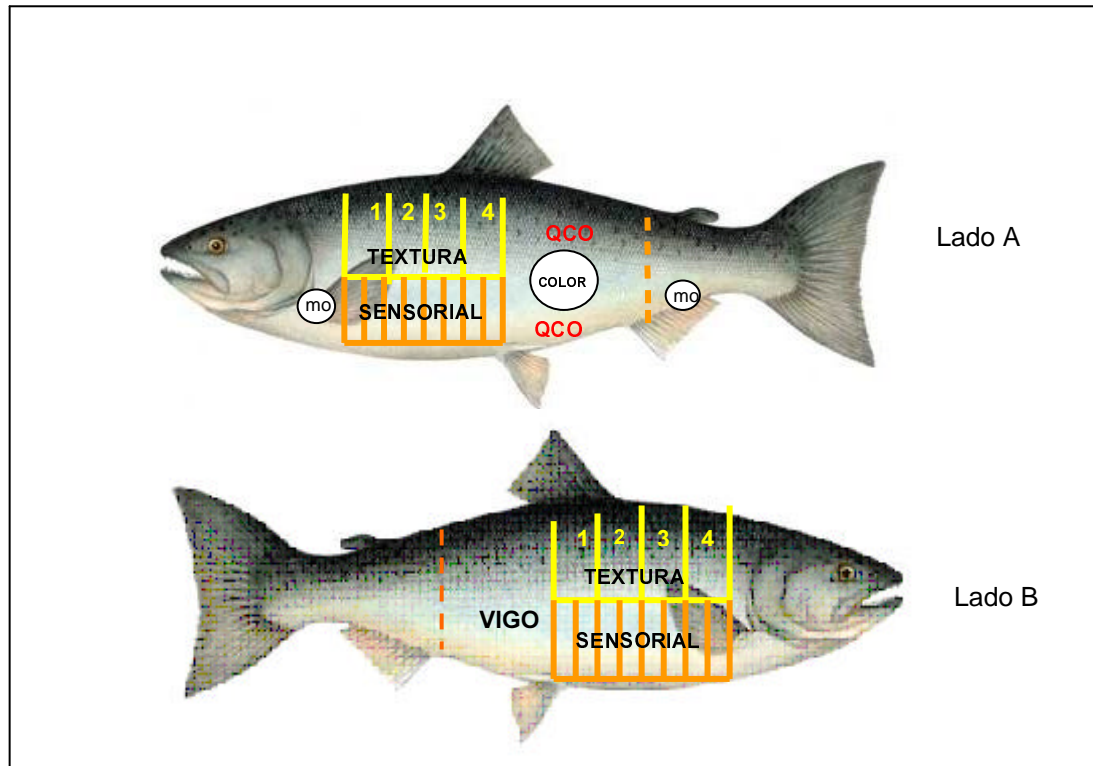


Figura 5: Toma de muestra

Simbología

Lado A

1: C.R.A relativa

2: **Perfil de textura

3: Test de cizalla

4: Test de cizalla

Qco: Análisis químico

Color: Análisis color

*mo: Análisis microbiológico

*Sensorial: Análisis sensorial

Lado B

1: Ensayo de compresión y H. Exprimible

2: Ensayo de compresión y H. Exprimible

3: Test de cizalla

4: Test de cizalla

Vigo: Muestra enviada a Vigo, España

* Sensorial: Análisis sensorial

* Análisis pertenecientes al proyecto CSIC-Universidad de Chile, realizados por Maria Elisa Marín en tesis para optar al grado de Magister. Las muestras utilizadas para análisis sensorial, también fueron utilizadas para el estudio de dripping cocido.

**No realizado

4.1 Composición centesimal

La composición centesimal se determinó en tres tiempos durante el estudio, que correspondieron a los meses Diciembre (2003), Abril y Diciembre (2004), las determinaciones realizadas fueron las siguientes:

- Humedad: Método gravimétrico (AOAC, 1984)
- Proteínas: método de Kjeldhal (AOAC, 1984)
- Materia grasa: extracción Bligh & Dyer (AOAC, 1984)
- Cenizas: método gravimétrico (AOAC, 1984)
- E.N.N. (por diferencia)

El procedimiento para cada análisis se muestra en Anexo 1.

4.2 Parámetros químicos

4.2.1 pH

El valor de pH se determinó a través de un potenciómetro según establece la normativa de Sernapesca (2003), similar al método AOAC (1984).

4.2.2 Nitrógeno básico volátil total (NBVT)

Método propuesto por Gallardo y cols. (1979), modificado por Contreras (1994), basado en la adición de óxido de magnesio a un extracto de músculo de pescado con TCA, se separan de las muestras las bases volátiles de los compuestos nitrogenados no proteicos, mediante destilación con arrastre de vapor de agua. El destilado se recibe en una solución de ácido débil e indicador, para luego ser titulado con un ácido de concentración conocida (Anexo 2). Los resultados se expresan en mg (N- BVT)/ 100 g de muestra seca.

4.2.3 Dimetilamina (DMA)

Método descrito por Dyer (1945), y modificado por Contreras (1994). El fundamento del método es que las aminas y demás sustancias básicas que no reaccionan con el formaldehído se eliminan de un extracto de TCA por medio de un agente alcalino, extrayéndose posteriormente con tolueno.

La fase del tolueno que contiene la TMA se separa y se seca reaccionando con ácido pícrico para dar un complejo coloreado y para cuantificar se mide la absorbancia a 410 nm (Anexo 2).

4.2.4 Formaldehído (FA)

Método descrito por Yamagata y Low (1995). Se basa en que el sulfato de zinc, presenta mayor eficacia para extraer formaldehído del músculo con respecto a extracciones ácidas y la destilación de vapor (Anexo 2). El sulfato de zinc da un porcentaje más alto de recuperación comparado con los otros dos métodos. La extracción con AHMT resultó ser más simple y sensible obteniéndose datos más reproducibles.

4.3 Parámetros físicos

4.3.1 Propiedades texturales

La metodología de extracción de muestras se siguió de acuerdo a lo descrito por Einen y Tomassen (1988).

4.3.1.1 Ensayo de compresión

Muestras cilíndricas de 2x2 cm, con una temperatura de 4°C, se sometieron a compresión (80% de su deformación) con un sensor cilíndrico de 2 cm de diámetro a una velocidad constante de 12,7 cm/min (Sigurgisladottir y cols, 1999).

Se usó el equipo de ensayo de materiales Lloyd Instruments LR-5K con una celda de carga de 100 N, que se conectó a un computador usando un software para el análisis de los datos (Dapmat 40- 0465, versión 3.05, Lloyd Instruments Limited, Hampshire, England).

La dureza y la cohesividad se obtuvieron de una curva de fuerza (N) versus deformación (cm). La dureza correspondió a la máxima fuerza de compresión y la cohesividad a la deformación en la máxima fuerza¹. La toma de muestra se puede observar en la Figura 5.

4.3.1.2 Test de cizalla

Muestras de 4x4x2 cm se cizallaron utilizando una hoja Wagner- Bratzler con ángulo de apertura de 60° a una velocidad de 1 mms⁻¹ (60 mm/min), y temperatura de 4°C (Sigurgisladottir y cols., 1999). El análisis se realizó en dos zonas de cada filete, como se observa en la Figura 5.

La máquina de ensayos de materiales Lloyd Instrument LR-5K se conectó a un computador usando un software para el análisis de los datos (Dapmat 40- 0465, versión 3.05, Lloyd Instruments Limited, Hampshire, England).

Se realizó una curva fuerza (N) vs deformación (cm). La máxima fuerza de cizalla en Newton es el peak más alto de la curva, representando la máxima resistencia de la muestra al cizallamiento, correspondiendo a la firmeza del músculo.

¹ Castro, E., 2005. Entrevista personal.

4.3.1.3 “Gaping”

El “gaping” fue medido tal como se realiza en la industria, o sea, con una persona entrenada quien evaluó en forma visual dentro de los primeros 5 minutos post fileteado, para ello se utilizó una escala fotográfica proporcionada por Ewos Innovation (Anexo 3, Figura 3A). El “gaping” puede ser visto en diferentes grados, ya sea la carencia de “gaping”, pasando por tipo 1 (grado 1 a 4) hacia tipo 2, (grado 5 a 8), aumentando el nivel de daño (Anexo 3, Figura 3B, 3C).

4.3.2 Propiedades de retención de agua

4.3.2.1 Humedad exprimible

Se basa en la compresión (80% de deformación) de muestras cilíndricas de 2x2 cm a 4°C colocada sobre un papel filtro Whatman N°4, previamente puesto en desecador, con un sensor cilíndrico de diámetro 2 cm, se mide la diferencia de peso del papel filtro antes y después de la compresión en el equipo Lloyd Instrument LR- 5K, técnica descrita por Jonsson y cols. (2000). Las muestras utilizadas para este análisis fueron las mismas que las utilizadas en el análisis de compresión.

La “humedad” exprimible se expresó como porcentaje de exudado ya que no se minimizó el error de absorción de grasa descrito en la técnica por Jonsson y cols., 2000.

4.3.2.2 Capacidad de retención de agua relativa

Se utilizó el método de centrifugación. Dos gramos de muestra fueron colocadas en una tela desecada y se centrifugó a 3600 rpm por 5 min. El líquido removido drenó a través de la tela y se recolectó en el fondo del tubo de centrífuga.

Con el peso de la muestra y la tela antes y después de la centrifugación se determinó la pérdida de peso de la muestra.

La capacidad de retención de agua relativa se expresó como g de agua/g de materia centrifugada seca y libre de grasa (Eide y cols., 1982).

La cantidad exacta de agua no puede ser determinada por este método debido al contenido de diferentes componentes proteicos y grasa que se obtiene junto con el agua removida. Por lo tanto, este método es usado para determinar capacidad de retención de agua relativa (Wierbicki y Deatherage, 1958).

4.3.2.3 “Driping” de Salmón cocido

Fueron cortados trozos de salmón de 4x2 cm y se colocaron en bolsas dobles, la bolsa interior, donde se encuentra la muestra, debe estar perforada para permitir que los jugos de cocción del pescado drenen durante la cocción. La cocción se efectuó en un baño de agua calentado a 76°C. Cuando las muestras alcanzaron una temperatura de 60°C en el centro de la muestra, fueron mantenidas durante 15 minutos a esa temperatura (Barnett y cols., 1991).

Las muestras fueron pesadas antes y después de la cocción, siendo la diferencia de peso el líquido perdido por dripping (Barnett y cols., 1991). Los resultados fueron expresados como porcentaje de líquido exudado.

4.3.2.4 “Driping” de Salmón crudo

Los salmones enteros congelados son pesados y luego se someten a descongelación durante toda la noche a temperatura ambiente, nuevamente son pesados previo secado con toalla nova de manera que el líquido exudado sea retirado de la superficie del salmón, la diferencia de peso corresponde al dripping crudo. Los resultados fueron expresados como porcentaje de líquido exudado durante la descongelación del salmón.

4.4 Color

4.4.1 Color instrumental

Se utilizó un espectrocolorímetro triestímulo, Hunter Labscan, modelo 2.0/45, fuente de iluminación luz-día D₆₅, 10 grados, que determinó los componentes del color en términos de L*, a* y b*. Siendo:

L: Luminosidad.

a*: Cromaticidad rojo-verde, representa el rojo de la carne.

b*: Cromaticidad amarillo-azul, representa el amarillo de la carne.

A partir de estos valores se obtuvo el Hue (H⁰) que indica el tono y expresa la relación entre el amarillo y el rojo de la carne, y se calcula como arcotangente b*/a*. Con estas mismas variables se obtuvo el Croma (C*) que representa la saturación o intensidad y claridad del color, el cual se calcula como $C^* = (a^{*2} + b^{*2})$ (Skjervold y cols., 2001).

Para utilizar el instrumento se cortó en forma cilíndrica muestra desprovista del músculo oscuro, y se efectuaron dos lecturas, las cuales fueron promediadas para obtener el resultado final.

4.4.2 Color visual

Se empleó una escala Salmo FanTM lineal de colores de Roche, con una escala 20-34. Estas mediciones visuales fueron realizadas por 8 panelistas en cada muestreo, las cuales debieron comparar el color del salmón con la escala. Los resultados corresponden a la moda de las calificaciones de los panelistas para cada tiempo.

4.4.3 Determinación de astaxantina

Se extrajo astaxantina del músculo de salmón agregando 1 gramo de muestra molida sin grasa con 2 ml de acetona a un tubo, para que sea homogenizado con un ultraturrax a una velocidad de 8000 rpm, esto se filtró y aforó con acetona en un matríz de 10 ml. La cuantificación de astaxantina se realizó por HPLC en fase reversa detectándose a 470 nm, método de Sheehan y cols. (1998) modificado por EWOS S.A.

4.5 Correlación

Las propiedades químicas, texturales, de retención de agua y color, se correlacionaron mediante el test de Pearson, con un intervalo de confianza del 95%, para ello se utilizó el programa computacional Statgraphics Plus versión 4.0.

5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

Se realizó un tratamiento estadístico de los datos para determinar si existen diferencias significativas ($p < 0,05$). Para cada tiempo se utilizó una ANOVA de dos vías (individuos y duplicados) para determinar significancia entre ellos. Al no encontrar diferencia significativa en individuos y duplicados se realizó ANOVA en el tiempo. Para tal propósito se utilizó el programa computacional Statgraphics Plus versión 4.0. Los análisis estadísticos aplicados fueron el análisis de varianza (ANOVA) y comparación múltiple de medias (Test de Tukey).

Los parámetros de color visual y gaping por tener escala de calificación con valores discretos no fueron promediados, siendo los resultados la moda de las calificaciones en cada tiempo.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 Composición centesimal

Tabla N°2: Composición centesimal de Salmón coho congelado a -20°C durante un año.

Tiempo (Meses)	0	4	12	Referencia*
Humedad (g/100g)	71,8± 0,2	70,3± 0,5	67,7±1,9	67,2
Proteínas (g/100g)	20,3±0,4	19,7±0,8	21,0±1,2	20
Lípidos** (g/100g)	6,9±0,2	7,9± 0,7	9,9±1,4	11,6
Cenizas (g/100g)	1,0±0,1	1,3±0,2	1,3± 0,2	1
NNP (g/100g)	0,0	0,9	0,1	0,2

*Fuente: Pesquera Friosur, (2005).

**Valores que no consideran la diferencia significativa ($p \leq 0,05$), entre individuos.

En la Tabla N°2 se observa la composición centesimal evaluada en tres tiempos a lo largo del estudio, los cuales corresponden a Diciembre 2003, Abril y Diciembre 2004. Al realizarse una ANOVA de dos vías (individuos y duplicados) para cada tiempo, humedad, proteínas y cenizas no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$), en cambio, los lípidos presentaron diferencia significativa entre individuos y no entre duplicados. Al realizarse una ANOVA en el tiempo para proteínas y cenizas ambas presentaron un aumento, siendo este significativo sólo en cenizas y al realizar un análisis de varianza en el tiempo para la humedad se encontró una disminución significativa ($p \leq 0,05$). Como los lípidos arrojaron diferencia significativa entre individuos no se realizó ANOVA en el tiempo, sin embargo de manera ilustrativa y para observar

tendencia en el tiempo se promediaron los resultados obtenidos en cada mes de estudio.

El análisis centesimal realizado en el tiempo muestra una disminución significativa en la humedad, lo cual explicaría el aumento de cenizas, lípidos y de proteínas, ya que con menos humedad estos se concentrarían en el músculo.

Las diferencias entre individuos encontradas en lípidos se puede atribuir a que son el componente del pescado mas variable ya sea entre especies como dentro de una en particular (Hardy, 1987).

Todos los parámetros se encuentran en los rangos de los valores tomados como referencia, exceptuando los lípidos que presentan valores bajo el de referencia.

6.2 Parámetros químicos

Al realizar una ANOVA de dos vías (individuos y duplicados) no se encontró diferencia significativa ($p > 0,05$) para ninguno de los análisis químicos.

6.2.1 pH

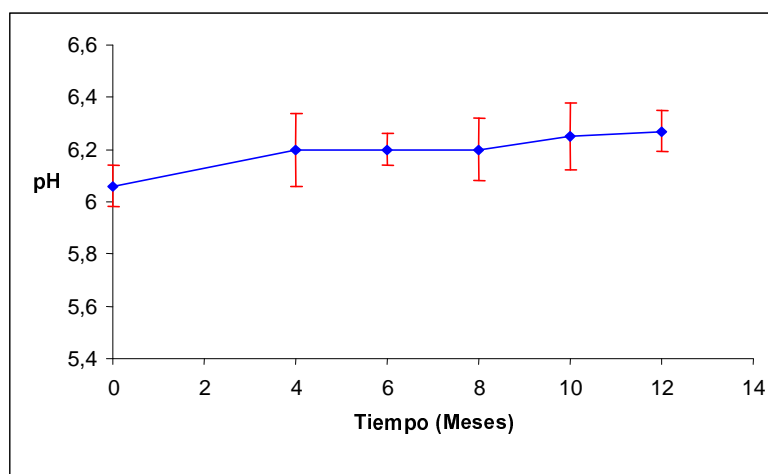


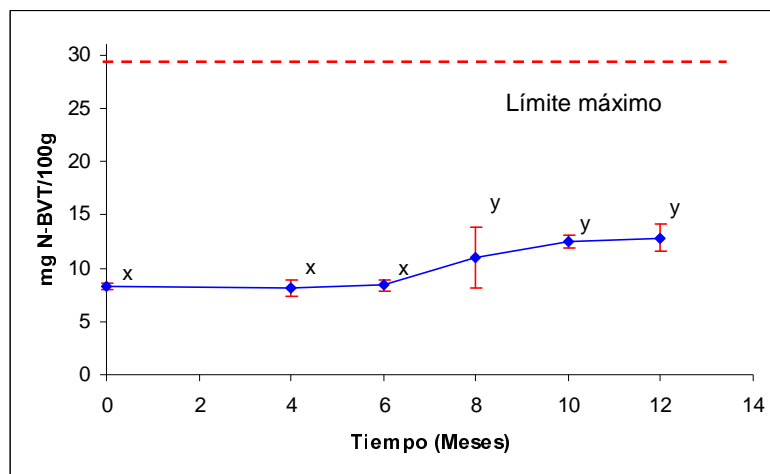
Figura 6: pH de Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.

En la Figura 6 se muestra la variación del pH, el cual no fue estadísticamente significativo en el tiempo, $p > 0,05$ (Anexo 4), observándose en el mes 0 un valor de 6,06 y en el mes 12 un pH de 6,27.

Tras el sacrificio del pescado, éste entra en etapa de rigor mortis el cual hace disminuir el pH, observándose en especies como el Bacalao un descenso desde 6,8 hasta un pH extremo de 6,1 – 6,5 (Huss, 1988). Según esta referencia los valores obtenidos al inicio del estudio representarían un pH post mortem. Lo que significaría que el pescado fue congelado durante esta etapa. Debido a las excelentes condiciones de procesamiento y almacenamiento el pH no sufrió cambios significativos.

Barnet y cols, (1991) no encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) de pH en Salmón coho almacenado durante 14 días en hielo, donde el pH inicial fue de 6,4 alcanzando un valor promedio de 6,54 al fin del estudio. De acuerdo a estos valores, se podría esperar que los resultados de pH del estudio en congelados no superen el pH final del estudio de Barnet.

6.2.2 Nitrógeno básico volátil total (NBVT)



Letras distintas indican diferencia significativa, $p \leq 0,05$.

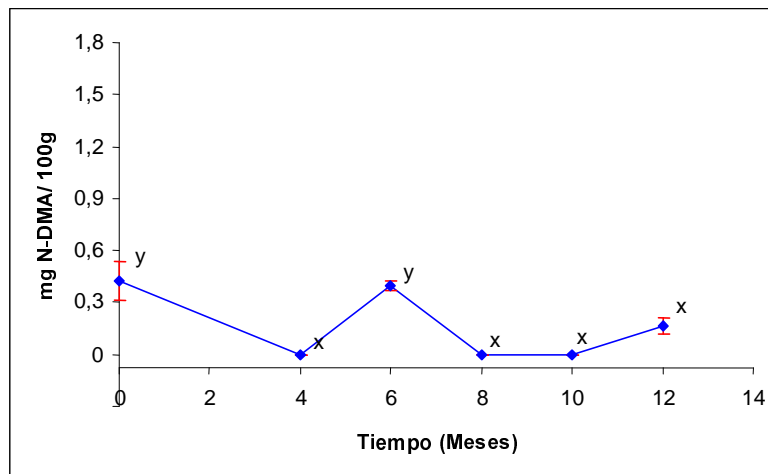
Figura 7: Nitrógeno básico volátil total de Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.

En la Figura 7 se muestra la variación del NBVT, el cual, fue estadísticamente significativo en el tiempo, $p \leq 0,05$ (Anexo 4), observándose que en el mes 8 comienza un aumento de este parámetro. Sin embargo, el NBVT no superó el límite permitido de 30 mg NBVT /100g de muestra (Ministerio de Salud, 1997).

Este comportamiento se contradice con lo expuesto por Contreras (2002) quien no encontró variación de NBVT durante el almacenamiento de Salmón congelado.

El bajo valor encontrado en el mes 0 demuestra el buen estado de frescura de la materia prima.

6.2.3 Dimetilamina (DMA)



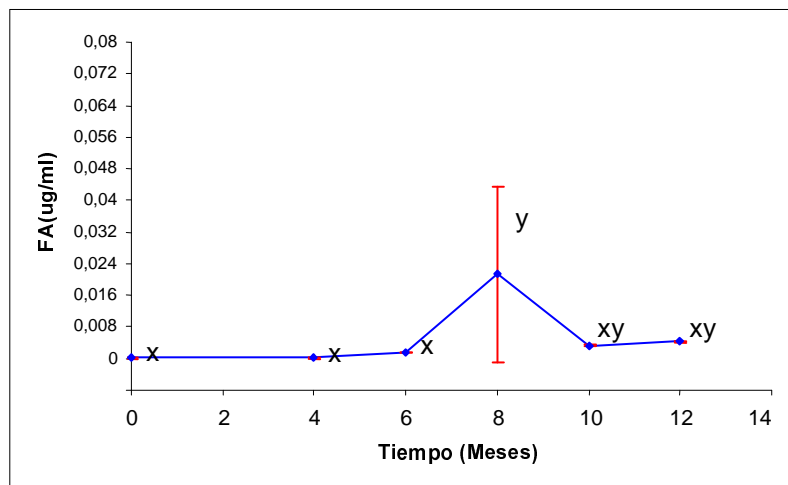
Letras distintas indican diferencia significativa, $p \leq 0,05$.

Figura 8: Dimetilamina en Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.

En la Figura 8 se muestra la variación de la DMA, la cual fue estadísticamente significativa en el tiempo, $p \leq 0,05$ (Anexo 4), esta diferencia puede deberse a que en los meses 0 y 6 hay un aumento de DMA, sin embargo, este aumento no tiene incidencia en los resultados obtenidos ya que todos son muy bajos, fluctuando entre 0,5 a 0 mg N-DMA/100g. Los bajos valores obtenidos se deben a que esta especie por no pertenecer a la familia Gadidae no posee la enzima OTMA-asa que degrada el

OTMA a DMA y FA (Huidobro y Tejada, 1990). Gallardo y cols. (1991) encontraron luego de 4 meses de almacenamiento congelado a -18°C valores de 2,67 (mg N-DMA/100g) para Merluza Capensis (*Merluccius capensis*). Valor relativamente alto al compararlo con el Salmón coho, ya que la merluza es una especie gádida, la cual forma DMA. Por lo tanto, éste índice de medición de deterioro no es significativo para esta especie.

6.2.4 Formaldehído (FA)



Letras distintas indican diferencia significativa, $p \leq 0,05$.

Figura 9: Formaldehído en Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.

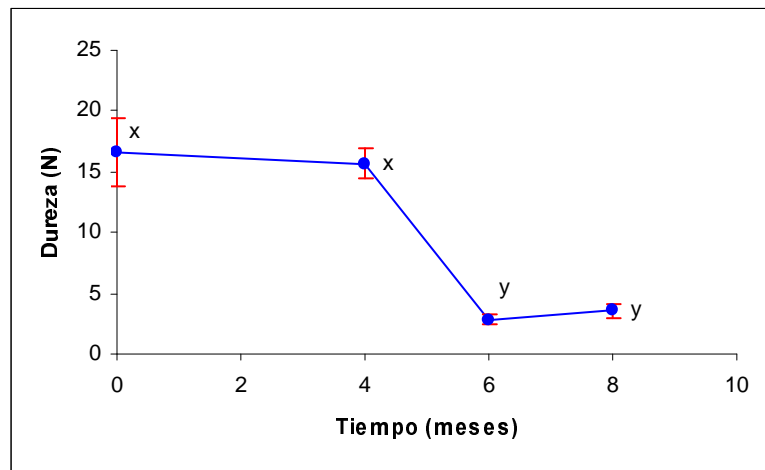
En la Figura 9 se muestra la variación de FA, el cual fue estadísticamente significativo en el tiempo, $p \leq 0,05$, (Anexo 4), observándose que no existe formación de éste, excepto en el mes 8, la cual fue mínima a pesar de la gran desviación existente. Fajardo (2002), encontró después de 6 meses de almacenamiento a -18°C para especies no gádidas como Tollo y Pejegallo valores de $0,03 \mu\text{g FA/ml}$ y $0,06 \mu\text{g FA/ml}$ respectivamente.

6.3 Parámetros físicos

Al realizar una ANOVA de dos vías (individuos y duplicados) no se encontró diferencia significativa ($p > 0,05$) para ninguno de los análisis físicos.

6.3.1 Propiedades texturales

6.3.1.1 Ensayo de compresión



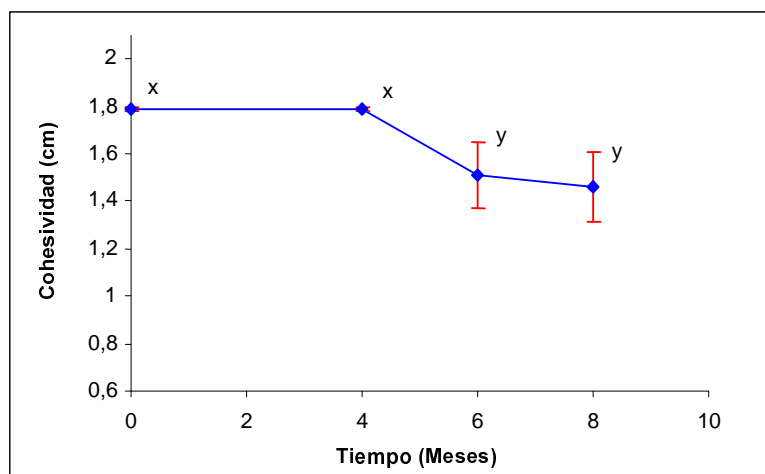
Letras distintas indican diferencia significativa, $p \leq 0,05$.

Figura 10: Fuerza máxima de compresión en Salmón coho congelado a -20°C durante un año.

En la Figura 10 se muestra la fuerza máxima de compresión (N), medido con un cilindro de diámetro 2,0 cm (Anexo 5, Figura 5A), que es una medida de la dureza del músculo, la cual fue estadísticamente significativa en el tiempo ($p \leq 0,05$). El músculo de Salmón coho congelado presentó la máxima dureza en el mes 0 (16,6 N), descendiendo significativamente a partir del mes 4 (Anexo 4). Sigurgisladottir y cols., (1999) encontraron valores de dureza en salmón atlántico al cuarto día de almacenamiento refrigerado a 4°C de 9 y 6 N en posiciones 1 y 2 respectivamente (Anexo 6). En este estudio se utilizaron las posiciones 1 y 2 del lado B del filete (Figura 5), no encontrándose diferencias significativas entre estas posiciones ($p > 0,05$),

resultados similares encontraron Sigurgisladottir y cols., (1999) en las mismas posiciones del músculo.

Hasta el mes 8 fue posible realizar los análisis, debido al deterioro de la textura de las muestras (espesor variable e inadecuado y separación de miómeros) lo que se acentuó debido al daño mecánico extra producido por el corte cilíndrico de las muestras.

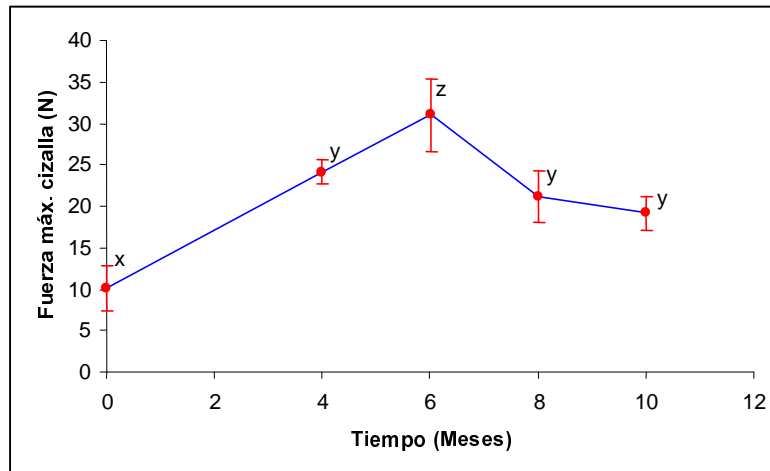


Letras distintas indican diferencia significativa, $p \leq 0,05$.

Figura 11: Deformación máxima de compresión en Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.

En la Figura 11 se muestra la deformación máxima de compresión, la cual fue estadísticamente significativa en el tiempo, $p \leq 0,05$ (Anexo 4). La deformación es una medida de la cohesividad al obtenerse la fuerza máxima. Los valores más altos se observaron en los meses 0 y 4 siendo de 1,8 cm. Al octavo mes la cohesividad disminuyó en un 18,4%.

6.3.1.2 Test de cizalla



Letras distintas indican diferencia significativa, $p \leq 0,05$.

Figura 12: Fuerza máxima de cizalla en Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.

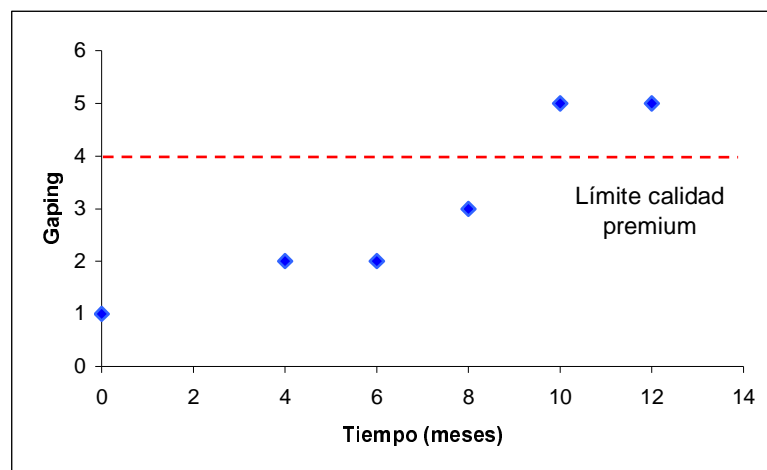
En la Figura 12 se muestra la máxima fuerza de cizalla medida con una hoja Wagner-Bratzler (Anexo 5, Figura 5B), la máxima fuerza de cizalla es una medida de la firmeza del músculo, la cual fue estadísticamente significativa en el tiempo ($p \leq 0,05$) (Anexo 4). Observándose un aumento pronunciado de los valores hasta el mes 6 alcanzando un valor de 30,98 N, para luego descender y alcanzar un valor 19,14 N en el mes 10.

En el caso de este estudio se utilizaron las posiciones 3 y 4 de ambos lados del filete (Figura 5), no encontrándose diferencias significativas entre estas posiciones ($p > 0,05$). Del mismo modo Sigurgisladdottir y cols., (1999) encontraron valores de firmeza en salmón atlántico al cuarto día de almacenamiento refrigerado a 4°C de 20 N aproximadamente para estas mismas posiciones (Anexo 6).

Sólo fue posible obtener resultados hasta el mes 10 ya que en el mes 12 las muestras estaban muy deterioradas en cuanto a su textura, impidiendo de esta manera realizar los análisis (Anexo 5, Figura 5C).

El deterioro de la firmeza de los filetes de salmón durante almacenamiento congelado es causado por la desnaturalización y agregación de las proteínas musculares (específicamente proteínas miofibrilares), lo que provoca una disminución de la firmeza (Ben-Gigerey y cols, 1999).

6.3.1.3 “Gaping”



Letras distintas indican diferencia significativa, $p \leq 0,05$.

Figura 13: “Gaping” en Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.

En la Figura 13 se muestra la variación de “gaping” en el tiempo, observándose un aumento en el grado de “gaping” que indica un deterioro del filete. Desde el mes 0 al 8 se presentó “gaping” tipo 1, en el mes 10 y 12 el “gaping” fue tipo 2.

Existen sólo dos razones para “gaping” tipo 1: la primera, muestra la acción de una enzima sobre el tejido conectivo que existe entre el bloque muscular y el miosepto resultando en un debilitamiento del tejido haciendo que este se rompa cuando es tratado. La segunda, es el debilitamiento del tejido debido a la desnaturalización de las proteínas contenidas en el tejido (Ewos Innovation, 2004).

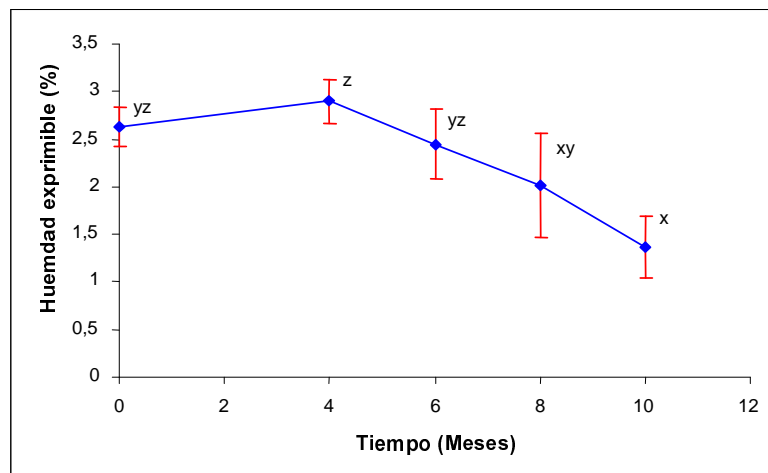
En el “gaping” tipo 2 las aperturas son producidas debido a la aplicación de fuerzas mecánicas en la carne cuando esta se encuentra frágil y el tejido débil (Ewos Innovation, 2004).

Los grados 5 a 8 no solo muestran “gaping” tipo 2 sino también tipo 1 (Ewos Innovation, 2004).

Según la escala utilizada la calidad Premium corresponde hasta el grado 4, luego baja a calidad 1 (gaping 5-6) y calidad industrial (grado 7-8) (Ewos Innovation, 2004), por lo tanto hasta el mes 8 los salmones estudiados presentan calidad Premium en relación al gaping.

6.3.2 Propiedades de retención de agua

6.3.2.1 Humedad exprimible



Letras distintas indican diferencia significativa, $p \leq 0,05$.

Figura 14: Porcentaje de exudado por compresión en Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.

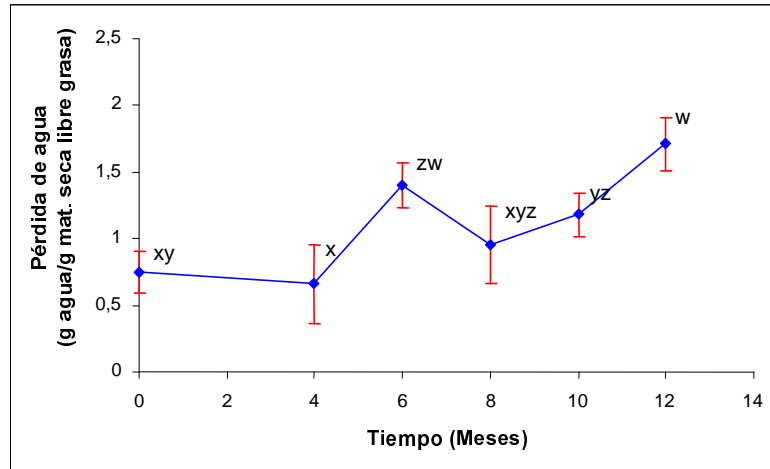
En la Figura 14 se muestra el porcentaje de exudado por compresión, el cual, fue estadísticamente significativo en el tiempo, $p \leq 0,05$ (Anexo 4), observándose una clara tendencia a disminuir en el tiempo a partir del mes 4, 52,7% al final del tiempo analizado. A medida que transcurren los meses en almacenamiento congelado a -20°C el músculo pierde menor cantidad de agua al someterlo a una compresión después de descongelado hasta 4°C. Este comportamiento puede ser explicado debido a que durante su descongelación perdió líquido (“dripping”) previo a la medición de

humedad exprimible. Estudios realizados por Jonsson y cols., (2000) obtuvieron una diferencia en el porcentaje de humedad exprimible entre 1,8 a 2,7% en las diferentes posiciones del músculo de salmón atlántico almacenado durante 3 días a 4°C (Anexo 6). En los resultados obtenidos en este estudio para Salmón coho congelado a -20°C durante 10 meses la humedad exprimible fue entre 2,9 a 1,3% en las posiciones 1 y 2 del lado B (Figura 5 y 14). Al igual que en los resultados obtenidos por Jonsson y cols. (2000) la humedad exprimible en las posiciones 1 y 2 no presentaron diferencias significativas entre si ($p>0,05$).

Maier (2005) encontró valores de humedad exprimible en Salmón coho refrigerado a 0-2°C durante 24 días entre 1,38 y 3,55%, en las mismas posiciones del presente estudio.

Sólo fue posible obtener resultados hasta el mes 10, ya que en el mes 12 las muestras no permitieron efectuar el análisis debido a su deteriorada textura.

6.3.2.2 Capacidad de retención de agua relativa (CRA_r)



Letras distintas indican diferencia significativa, $p \leq 0,05$.

Figura 15: C.R.A. relativa en Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.

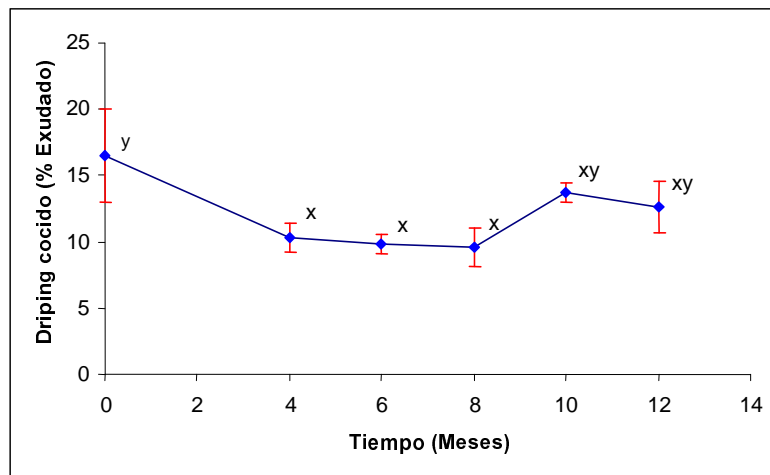
La C.R.A. relativa presentó diferencias significativas durante los 12 meses de almacenamiento a -20°C , $p \leq 0,05$ (Figura 15) (Anexo 4). La CRA relativa fue medida como la pérdida de “agua” del músculo seco y libre de grasa luego de almacenado congelado a -20°C y descongelado hasta 4°C y sometido a una centrifugación. En la Figura se observa que hay un aumento en la pérdida de “agua”, por lo tanto una disminución en la C.R.A. relativa. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Cheftel y cols. (1989) quién encontró que la congelación y el almacenamiento congelado causan desnaturalización y agregación de las proteínas, así como la ruptura de las células musculares, cuya principal consecuencia es un descenso en la C.R.A que se manifiesta después de la descongelación.

Eide y cols., (1982) encontraron valores de CRA de 5,5 g agua /g muestra centrifugada seca y libre de grasa en Capelin (*Mallotus villosus*) y de 4,5 g agua/g muestra centrifugada, seca y libre de grasa en bacalao desmenuzado.

Para obtener C.R.A. exacta se debe realizar un análisis al líquido que se obtiene después de la centrifugación. A este líquido se restan los componentes presentes

(proteínas solubles y grasas) para de esta forma obtener solo agua. Por lo tanto, realizando lo anterior se esperaría una CRA mayor en este estudio, aunque la tendencia se mantendría.

6.3.2.3 “Dripping” de Salmón cocido



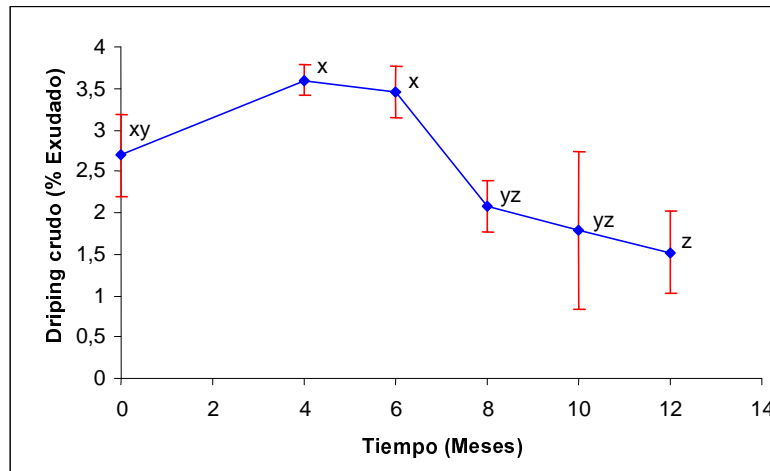
Letras distintas indican diferencia significativa, $p \leq 0,05$.

Figura 16: Porcentaje de exudado perdido en el tiempo (“dripping” cocido) en Salmón coho almacenado a -20°C .

En la Figura 16 se muestra el porcentaje de exudado perdido (dripping) en el músculo de Salmón coho almacenado a -20°C y cocido previa descongelación. El dripping cocido presentó diferencias significativas en el tiempo ($p \leq 0,05$) (Anexo 4), observándose que en el mes cero se produce la mayor pérdida de líquidos, 16,51% de exudado. Durante el estudio, el “dripping” cocido disminuyó en un 23,4%, lo cual pudo deberse a una posible sublimación durante el almacenamiento congelado y/o a la pérdida de líquido en el dripping crudo.

Ben-Gigirey y cols., (1999) encontraron valores de 10,3% de exudado para la albacora tuna almacenada a -25°C durante 12 meses.

6.3.2.4 “Dripping” de Salmón crudo



Letras distintas indican diferencia significativa, $p \leq 0,05$.

Figura 17: Porcentaje de exudado perdido en el tiempo (“dripping” crudo) en Salmón coho almacenado a -20°C .

En la Figura 17 se muestra el porcentaje de exudado perdido en el músculo de Salmón coho almacenado a -20°C y descongelado. El “dripping” crudo aumenta en los primeros meses y desde el mes 6 comenzó su descenso hasta llegar a valores de 1.52% de exudado en el mes 12.

La determinación del exudado del pescado después de la congelación indica la proporción de la alteración de la proteína durante el almacenamiento. El incremento de este parámetro indica el cambio en las proteínas miofibrilares, puesto que éstas disminuyen su capacidad de retener agua debido a la desnaturalización y agregación de las proteínas (Ben-Gigerey y cols, 1999). Esto se observa hasta el mes 6 ya que luego hay una disminución probablemente debido a una deshidratación del pescado imperceptible ya que se produce una sublimación del hielo, como lo indica Gruda y Polstolski (1986).

6.4 Color

6.4.1 Color instrumental

Tabla N°3: Evaluación instrumental del color (L*, a*, b*, Hue y C*) de filetes de Salmón coho almacenados congelados durante un año.

Tiempo (Meses)	Luminosidad (L*)	Tono Rojo (a*)	Tono Amarillo (b*)	Hue	Cromaticidad (C*)
0	45,59±1,61 ^x	36,89±0,59 ^{xy}	37,76±0,85 ^y	45,81±0,52 ^z	52,80±0,94 ^{yz}
4	48,60±0,19 ^y	35,50±1,01 ^x	35,44±1,28 ^x	44,95±0,40 ^{yz}	50,17±1,59 ^x
6	48,3±0,0,32 ^{yz}	39,59±0,49 ^z	36,66±0,83 ^{xy}	42,79±0,34 ^x	54,61±0,91 ^z
8	48,00±0,43 ^{yz}	38,60±0,91 ^{yz}	37,61±0,41 ^y	44,26±0,6 ^x ^y	53,90±0,82 ^{yz}
10	49,90±0,62 ^z	36,94±1,42 ^{xy}	36,15±0,92 ^{xy}	44,40±1.12 ^y	51,70±1,36 ^{xy}
12	49,86±0,29 ^z	38,59±0,95 ^{yz}	37,66±1,09 ^y	44,30±0,48 ^{xy}	54,00±1,41 ^{yz}

Los superíndices distintos en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($p\text{-value} \leq 0,05$), en el tiempo de almacenamiento congelado a -20°C .

En la Tabla 3 se observan los resultados obtenidos al medir instrumentalmente el color, en la cual los valores obtenidos señalan un aumento significativo ($p \leq 0,05$) en la luminosidad (L*). La tonalidad expresada por el ángulo Hue disminuyó significativamente ($p \leq 0,05$) aunque muy leve.

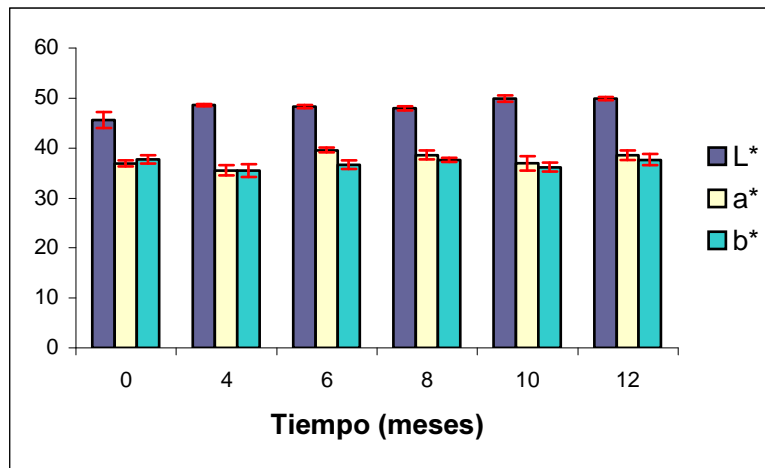
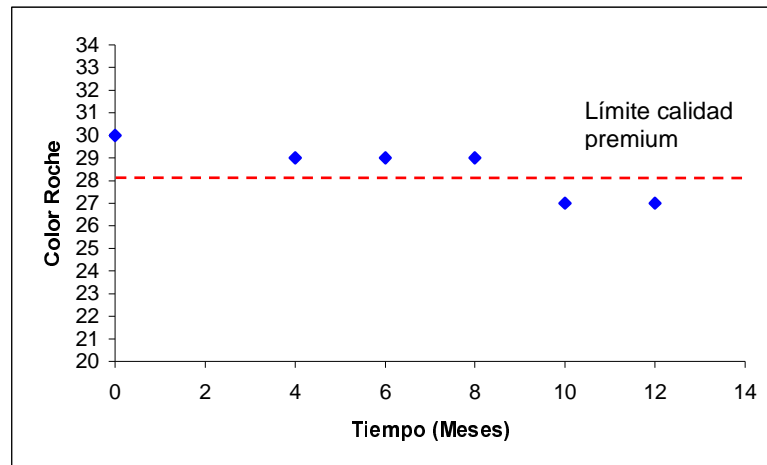


Figura 18: Parámetros L*, a* y b* en Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.

A pesar de existir diferencias significativas en los valores colorimétricos a través del tiempo ($p \leq 0,05$) de almacenamiento congelado, no se apreció una tendencia clara en estos cambios (Tabla 3). Esto concuerda con lo reportado por Refgard y cols., (1998), quienes señalaron que estos cambios de color poco definidos obedecían a variaciones biológicas. Si se considera que no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en los duplicados como tampoco en el ángulo de rotación de los ensayos realizados a cada individuos, y que hubo diferencias significativa entre éstos, se puede inferir al igual que lo informado por Torrissen y cols., (1989) que existen variaciones en el color de la carne de Salmón coho debido a factores biológicos a pesar que fueron alimentados con la misma dieta y cultivados bajo idénticas condiciones ambientales.

6.4.2 Color visual



Letras distintas indican diferencia significativa, $p \leq 0,05$.

Figura 19: Evaluación visual del parámetro color en Salmón coho durante un año de almacenamiento a -20°C .

En la Figura 18 se muestra una disminución del color en el tiempo, medido utilizando la escala Salmo FanTM, desde la puntuación 30 en el mes cero hasta 27 en el mes 10 manteniéndose constante hasta el mes 12.

Se debe tener en cuenta que si bien este análisis es el utilizado en la industria, los resultados podrían haber sido afectados por lo subjetivo del método.

El Anexo 5, Figura 5D muestra la evaluación visual de color por la escala Salmo FanTM, que corresponde al mes 8 del estudio.

De acuerdo a la escala utilizada hasta el mes 8 el salmón se clasifica en categoría premium, los meses 10 y 12 corresponden a grado 1 (Asociación de productores de salmón y trucha de Chile, 2002).

6.4.3 Astaxantina

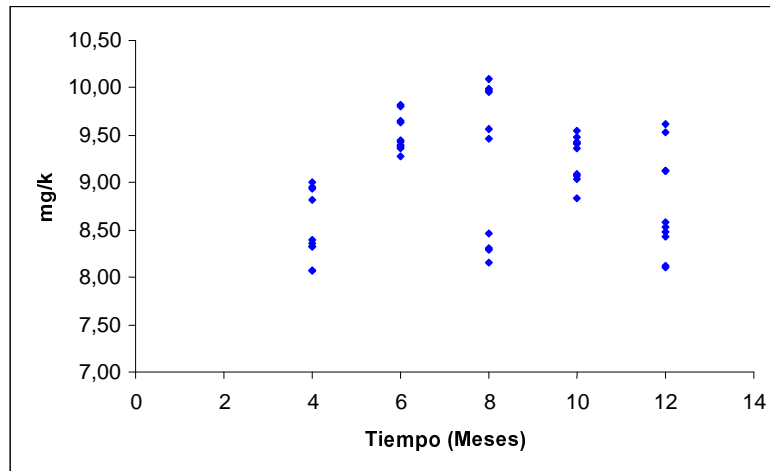


Figura 20: Determinación del contenido de astaxantina en Salmón coho almacenado a -20°C durante un año.

En la figura 19 se muestra la variación del contenido de astaxantina en el tiempo, en cada medición existieron diferencias significativas entre individuos y no entre duplicados, lo que se podría atribuir a la variabilidad biológica de éstos. Por lo anterior no se realizó ANOVA en el tiempo.

Inicialmente el contenido promedio de astaxantina fue de 8,52 mg/k de músculo y en el mes 12 el contenido promedio de astaxantina es de 8,76 mg/k de músculo.

Valores de astaxantina para salmónes atlántico de diferente localidad geográfica de Norway y Faroe Island fueron 6,2; 8,1; 9,5; 8,7 y 10,9 mg/K (Birkeland y cols., 2005).

6.5 Correlaciones

Se realizó un análisis de correlación entre color visual, contenido de astaxantina y medición instrumental en filetes de Salmón coho almacenado a -20°C durante un año, los cuales no presentaron ninguna correlación significativa, $p > 0,05$ (Anexo 7).

También se realizó un análisis de correlación entre las propiedades químicas, texturales y de retención de agua en filete de Salmón coho. Estos no presentaron correlación estadísticamente significativa, (Anexo 7), a excepción de los pares de variables cohesividad - dureza y “gaping” - pH, quienes tienen un $p \leq 0,05$ (Anexo 7), por lo tanto tienen una correlación estadísticamente significativa.

La correlación positiva existente entre la cohesividad y la dureza indican que mientras más duro sea el filete más cohesivos se encuentran los miómeros. La correlación positiva de “gaping” – pH no tiene mayor incidencia dado que el pH cambió en 0,33 unidades estando inicialmente en 6,06. Por otra parte el gaping está más asociado a una mala manipulación que a una pérdida de funcionalidad del músculo provocada por cambios de pH, debido a problemas microbiológicos y enzimáticos, los que en un buen estado de almacenamiento congelado no debieran existir¹.

¹ Castro, E., 2005. Entrevista personal.

7. CONCLUSIONES

- Los análisis químicos realizados fueron un indicador de la excelente calidad inicial de los salmones estudiados, dado que:
 - Los valores de pH y NBVT en Salmón coho almacenado a -20°C , no presentaron cambios significativos durante el año de estudio, y nunca sobrepasaron los valores máximos permitidos.
 - Los valores obtenidos de DMA y FA fueron mínimos en este estudio, por lo que se puede inferir que estos parámetros son de mayor utilidad para evaluar frescura en especies gádidas.
- Los análisis físicos de textura, mostraron un deterioro progresivo principalmente en los últimos 4 meses del estudio.
- El “gaping” aumento desde el grado 1 a 5 y hasta el mes 8 presentó calidad premium. La dureza disminuyó desde 16,6 a 3,54 (N) al igual que la cohesividad de 1,8 a 1,46 (cm).
- Las propiedades de retención de agua tanto humedad exprimible como CRA rel. tienen una clara tendencia a la disminución, mientras que el driping crudo disminuye notablemente a partir del sexto mes del estudio, al contrario, el “driping” cocido disminuye significativamente al inicio de éste.
- La medición de color visual clasificó al salmón hasta el mes 8 en categoría premium.
- Dureza-Cohesividad y Gaping-pH fueron los únicos pares de parámetros analizados que correlacionaron entre sí.

- Los parámetros de color y textura son determinantes en la exportación de salmónes enteros, de acuerdo a esto, hasta el mes 8 la comercialización es posible realizarla como calidad premium.

8. REFERENCIAS

- A.O.A.C. (1984). "Official methods of analysis, of association of official analytical chemists". 16th Edition, Arlingthon, Virginia.
- Asociación de productores de salmón y trucha de Chile. (2002). "Estándares de calidad para salmón chileno".
- Baixas-Noguera, S.; Bover-Cid, S.; Vidal-Carou, M.C. y Veciana-Nogués, M.T. (2001). "Volatile and non volatile amines in Mediterranean Haake as a function of their storage temperature". J. Food Science 66(1): 83-88.
- Barnett, H., Nelson, R., Poysky, F. (1991). "A comparative study using multiple indices to measure changes in quality of pink and Coho salmon during fresh and frozen storage ". Northwest Fisheries Science Center. Publications Seattle. United State. Pág. 27.
- Ben- Gigirey, B., Vieites Baptista De Sousa, J., Villa, T. y Barros- Velásquez, J. (1999). "Chemical changes and vsual appearance of Albacore Tune as related to frozen storage". J. Food Science 64(1): 20-24.
- Birkerland, S., Bencze, A., Bjerkgeng, B., Skara, T. "Effects of processing method and raw material characteristics on quality parameters of cold-smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*)". (En línea). Fecha de consulta Enero de 2005. Disponible en:
<http://vefur.rf.is/TAFT2003/PPTskjol/firlestrar/l27%20-%20sirkeland.pdf>
- Bjerkgeng, B. y Johnsen, G. (1995). "Frozen storage quality of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) as affected by oxygen, illumination, and fillet pigment". J. Food Science 60(2): 284-287.
- Castro, E. (2005). "Entrevista personal". Junio 2005. Universidad de Chile.
- Cheftel J.C., Cuq J.L. y Lorient D. (1989). "Proteínas alimentarias". Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Chileexport. "Salmón Coho". (En línea). Fecha de consulta Marzo -Diciembre de 2004. Disponible en:
http://www.chilexport.com/marinos/pescados/salmon_coho1.html

- Contreras, E. (1994). "Bioquímica de pescados e derivados". Ed. FUNEP, Sao Pablo, Brasil, Pág. 85 - 95.
- Contreras, E. (2002). "Bioquímica de pescados e invertebrados". Ed. Cecta-USACH. Santiago, Chile. Pág. 171 -220.
- Dyer, W., (1945). "Amines in fish muscle I. Colorimetric determination of TMA as picrate salt". I Fish Res Bd Can. 6(3): 351 - 358
- Eide, O. Børresen, T. Y Strom, T. (1982). "Minced fish production from Capelin (*Mallotus villosus*). A new method for gutting, skinning and removal of fat from small fatty fish species". J. Food Sci. 47:347-349
- Einen, O., Guerin, T. y Skjervold, P.O. (2002). "Freezing of pre-rigor fillets of Atlantic salmon". Aquaculture 212: 129-140
- Einen, O. y Tomasen, M. (1988)."Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*). II White muscle composition and evaluation of freshness, texture and colour characteristics in raw and cooked fillets". Aquaculture 169:37-53
- Industria pesquera Ewos Innovation S.A. (2004).
- Fajardo, V. (2002)."Estudio de la estabilidad de tollo (*Mustelus mentus*) y pejegallo (*Callorhynchus callorhinchus*) en condiciones de almacenamiento fresco-refrigerado (4°C) y congelado (-18°C)". Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Fac. Cs. Químicas y Farmacéuticas. U. Chile. Santiago. Chile.
- Gallardo, J., López-Benito, M.; Pastoriza, L. y Gonzales, P. (1979). "Determinación de bases volátiles en productos pesqueros". Inf. Tecn. Inst. Inv. Pesq. España. 65:3-15.
- Gallardo, J., Perez, R., Sotelo, C., Aubourg, S., y Banga, J. (1991)."Evolución de aminas volátiles en dos tipos de Merluza (*Merluccius australis* y *Merluccius capensis*) y rosada (*Xiphiurus capensis*) durante el almacenamiento a -18°C". Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos. 31:1
- Gochile "Chile, guía de pesca. Especies". (En línea). Fecha de consulta Marzo-Diciembre de 2004. Disponible en:
<http://www.gochile.cl/spa/Guide/chileFlyfishing/especies.asp>.

- Gruda, Z. y Postolski, J. (1986). "Tecnología de la congelación de los alimentos". Ed Acribia. España. Pág:631.
- Hardy. R., (1987). "The effects of dietary lipid source on muscle and egg fatty acid composition and reproductive performance of coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) ". III Symposium on fish nutrition and feeding. Toba, Japan. Agosto - Septiembre, 1347-1355.
- Hardy, R., Castro, E., Capdeville, A. (1994). "Salmonid pigmentation: sources, retention and regulations". Seminario Patología y Nutrición en el Desarrollo de la Acuicultura: Factores de Éxito. Puerto Montt, Chile, Octubre. Pág:1-17.
- Huidobro, A., y Tejada, M. (1990). "Compuestos nitrogenados no proteicos en el músculo de pescado. Origen y alteración durante el tratamiento frigorífico". Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos. 30:151-161.
- Hulting, H. (1985). "Biochemical changes in muscle postmortem". Food Chemistry Ed. Owen Fennema, 2ª Edición, EEUU, Pág: 751-773.
- Huss, H.(1988). "El pescado fresco: Su calidad y cambios de calidad". Colección FAO: Pesca Nº 29, Cap.4.
- Jonsson, A., Sigurgisladottir, S., Hafsteinsson, H. y Kristbergsson, K. (2000). "Textural properties of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets measured by different methods in comparison to expressible moisture" . Aquaculture Nutrition 2(0): 1-9.
- Laidler, L.A. (2001). "Microbiological problems in the salmon processing industry". In: Farmed Fish Quality. Eds. Kestin, S; Warris , P.D. Printed by Fishing News Books Blackwell Science, Inc. USA.
- Maier, L. (2005). "Evolución de la calidad de Salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) conservado al estado refrigerado". Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de los Alimentos de Fac. Cs. Químicas y Farmacéuticas. U. Chile. Santiago. Chile.
- Ministerio de Salud. (1997). "Reglamento Sanitario de los Alimentos"
- No, H. y Storebakken, T. (1991). "Color stability of Rainbow Trout fillets during frozen storage". J. Food Science 56(4): 969-984.

- Pesquera Friosur S.A. (En línea). Fecha de consulta Enero - Marzo de 2005. Disponible en: <http://www.friosur.cl>
- Refgard, H., Brokhoff, P. y Jensen, B. (1998). "Sensorial and chemical changes farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) during frozen storage". J. Agric. Food Chem. 46, 3473-3479.
- Revista consumer. "Salmón ahumado envasado" (En línea). Fecha de consulta marzo- diciembre de 2004. Disponible en: http://www.Revista.consumer.es/web/es/19990501/actualidad/analisis3/31313_2.jsp.
- Roche Animal Nutrition and Health (1998). "Salmon Buyer's guide. A handy manual for purveyors and sellers of seafood". Hoffman La-Roche Ltd. Pág: 43.
- Sheehan, E., O'Connor, T., Sheely, P., Buckley, D., Fitzgerald, R. (1998). "Stability of astaxanthin and canthaxanthin in raw and smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) during frozen storage". Food Chem. 63: 313-317.
- Sernapesca. (2003). Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Republica de Chile. Anuario estadístico de pesca 2003.
- Sernapesca. (2003). Programa de control de producto final. Norma Técnica Sección 1, Requisitos generales para la certificación sanitaria de los productos pesqueros de exportación.
- Sigurgisladottir, S., Torrissen, O., Lie, O., Thomassen, M., Hafsteinsson, H. (1997). "Salmon quality: Methods to determine the quality parameters ". Rev. Fish Science 5: 1- 30.
- Sigurgisladottir, S. Hafsteinsson, H. Jonson, A., Lie, O., Nortvedt, R., Thomassen, M. y Torrissen, O. (1999). "Textural properties of raw salmon fillets as related to sampling method". J. Food Science 64(1): 99-104.
- Skverjold, P.O.; Rora, A.M.B.; Fjaera, S.O.; Vegusdal, A.; Vorre, A. y Einen, O. (2001). "Effect of pre, in, or post rigor filleting of live chilled Atlantic salmon". 194:315-326
- Torben, P. "Tendencias de la industria productora y procesadora de salmónes en Chile". (En línea). Fecha de consulta Marzo-Diciembre de 2004. Disponible en: <http://www.aqua.cl/revistas/n58/tit2.html>

- Torrisen, O., Hardy, R. Shearer, K. (1989). "Pigmentation of salmonids carotenoid deposition and metabolism". *Aquaculture Science* 1(2): 209-225
- Wierbicki, E y Deatherage, E. (1958). "Determination of water holding capacity of fresh meats". *J. Agric. Food. Chem* 6:387
- Yamagata, M. y Low, L.K. (1995). "Rapid determination of Formaldehyde in Banana Shrimp, *Penaeus merguensis*". *Journal of Food Science* 60(4): 718-720

ANEXO 1

Técnicas para determinar composición centesimal

Humedad: método gravimétrico (AOAC, 1984)

Consiste en una desecación en estufa de aire forzado a 105°C hasta peso constante, considerando peso constante una variación de 5mg entre las últimas pesadas consecutivas. Como la muestra contiene un porcentaje importante de materia grasa es recomendable emplear arena para acelerar la salida de agua al aumentar la superficie de contacto.

PROCEDIMIENTO GENERAL:

- Se coloca las cápsulas de aluminio con 5g de arena y una varilla de vidrio por 1 h a 105°C.
- Se lleva a desecador (20 min.) y se pesa (M1).
- Se pesa 5g de muestra homogeneizada en la cápsula tarada y se mezcla con la arena con ayuda de la varilla de vidrio, registrándose el peso (M2).
- Coloque la cápsula de aluminio en la estufa indicada y cada 2 hrs. controle la pérdida de peso, enfriando previamente en el desecador hasta lograr peso constante en el tiempo (M3).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(M2-M3-M1)*100}{M2}$$

Proteínas: método de Kjeldhal (AOAC, 1984)

El método se basa en la destrucción de la materia orgánica por ácido sulfúrico concentrado, el cual se reduce en parte a SO₂ el que a su vez reduce al N de la materia orgánica a NH₄ y que luego en presencia de H₂SO₄ forma sulfato de amonio, El NH₃ se libera con NaOH y al destilarlo se recibe sobre ác. Sulfúrico 0,1N. Finalmente, el ácido excedente se valora con NaOH 0,1N por diferencia se cuantifican los meq de NH₃ y se calcula la masa de nitrógeno.

Utilizando la Tabla de Composición de Alimentos Chilenos se obtiene contenido de proteínas (g prot./100g alimento) aportado el alimento y con esto se calcula la cantidad a pesar de muestra equivalente 30 mg de N utilizando la siguiente formula :

$$\% \text{ proteína (tabla)} = \text{mg N} \times 6,25$$

Donde 6,25 corresponde al contenido promedio (16%) de N en 100 g de proteína = 100/16

Materia grasa: extracción Bligh & Dyer (AOAC, 1984)

Se aplica para extraer lípidos de tejidos vegetales con 80% de humedad. En caso de que la humedad sea diferente es necesario ajustarla a ese valor.

- Se pesan 50 g de muestra, se homogeneiza en vaso de acero inoxidable por 2 min con 50 ml de cloroformo y 100 ml de metanol. A la mezcla se añade 50 ml de cloroformo y 50 ml de agua y se agita por 30 segundos.
- El homogeneizado se filtra por embudo Büchner empleando un papel whatman N° 1, se lava el vaso y el residuo con 25ml de cloroformo, se traspasa el filtrado a una probeta de 500 ml, se deja reposar 24h. Se mide el volumen de cloroformo en la probeta y luego se saca por aspiración la capa superior de metanol-agua. La homogeneizadora y el vaso se lavan con 25 ml de cloroformo.
- Se mide con pipeta volumétrica una alícuota (10ml) del filtrado, se evapora a sequedad en una cápsula tarada, se toma el peso del residuo lipídico y se relaciona esta masa al volumen de la alícuota tomada y luego al volumen total de la fase clorofórmica y se expresa como g de materia grasa en 100g de muestra.

Cenizas: método gravimétrico (AOAC, 1984)

- Se pesan en balanza analítica cerca de 5 g de muestra en una cápsula de porcelana previamente tarada, la cual se debe identificar con tinta especial.
- Se calcina con mechero bajo campana hasta que no se desprenda humo.
- Luego se traslada la cápsula a la mufla y se calcina a 550 °C hasta obtener cenizas blancas.
- Para pesar se traslada la cápsula con pinzas al desecador y luego a la balanza.
- El peso final en el tiempo debe ser constante

Por diferencia de peso se obtiene la cantidad de cenizas en el peso de muestra, luego se calcula el peso de cenizas por cada 100g de alimento fresco.

E.N.N. (por diferencia) (AOAC, 1984)

ANEXO 2

Técnicas para determinar compuestos nitrogenados no proteicos

Bases volátiles totales (BVT)

Preparación extracto: Se pesan 25 gramos de muestra y se adicionan 150 ml de TCA al 5 %, se homogeneiza por dos minutos en omnimixer y se deja reposar por 15 minutos. Luego se filtra con papel filtro WhatmanNº1.

Determinación: Destilar en equipo Buchi 50 ml del extracto con 2 gramos de MgO, con esto se separan de las muestras las bases volátiles de los compuestos nitrogenados no proteicos.

El destilado se recibe en un matraz que contiene 15 ml de ácido Bórico y 2-5 gotas de indicador Tashiro y se titula con HCl 0,01 N.

El resultado se expresa como N-BVT/100g y el cálculo es el siguiente:

$$\text{N-BVT/100g} = \frac{(H * 25 + 150) * V * N * 14 * 4}{50}$$

Donde: V: Vol. ác. agregado

N: Normalidad del ác. agregado

H: Humedad de la muestra

Dimetilamina (DMA):

Preparación extracto: Es igual a la técnica que se uso para NBVT.

Determinación: En un tubo se agrega 1 ml de extracto, 1 ml de aldehído fórmico al 36 – 40 %, 3 ml de K₂CO₃ al 50% y 4 ml de hexano, se agita la mezcla enérgicamente por 1 minuto, se espera un tiempo para la separación de las fases. En otro tubo se coloca 1 ml de la capa de hexano y 3 ml de ácido Pítrico al 0,02 % en tolueno seco, se agita y se espera 5 minutos para leer TMA y DMA a 410 nm en espectrofotómetro (Sistema 1).

Luego en otro tubo se agrega 1 ml de extracto, 1 ml de agua destilada, 2 ml de K₂CO₃ al 50% y 4 ml de hexano, se agita la mezcla enérgicamente por 1 minuto, se espera un tiempo para la separación de las fases. En otro tubo se coloca 1 ml de la capa de hexano y 3 ml de ácido Pítrico al 0,02 % en tolueno seco, se agita y se espera 5 minutos para leer DMA a 410 nm en espectrofotómetro (Sistema 2).

La cantidad de DMA es igual a la diferencia entre el sistema 1 y el sistema 2 y se calcula a partir de una curva estándar de TMA.

Los resultados se expresan como N-TMA/ml de muestra.

Formaldehído (FA)

Preparación extracto: La extracción se realiza triturando completamente el músculo en un mortero con 10 ml de NaOH 0,5 N y adicionando 10 ml de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ al 12 %. El tejido triturado se deja reposar por 30 minutos.

El extracto se centrifuga a 8.000 rpm por 5 minutos y se filtra en papel Wathman N°1. El residuo se lava dos veces con 10 ml de agua destilada y se centrifuga. El filtrado se enrasa a 100 ml y se ajusta el pH a 4,5 con HCl 1 N.

Determinación: En un tubo de ensayo se agrega 2 ml de extracto, 2 ml de KOH 5N y 2ml de AHMT (4-amino-3-hidrazino-5-mercapto-1,2,4 triazol), esto se mezcla suavemente, se tapa el tubo y se deja por 20 minutos a temperatura ambiente. Luego se adiciona 2 ml de KIO_4 . La mezcla se agita suavemente y se lee la absorbancia del color violeta a 550 nm.

La cantidad de FA se calcula a partir de una curva estándar de formaldehído. Los resultados se expresan como ug/ml de muestra.

ANEXO 3
Ilustraciones “Gaping”



Figura 3A: Escala Gaping
Fuente: Ewos Innovation



Figura 3 B: Gaping tipo 1
Fuente: Ewos Innovation



Figura 3C: Gaping tipo 2
Fuente: Ewos Innovation

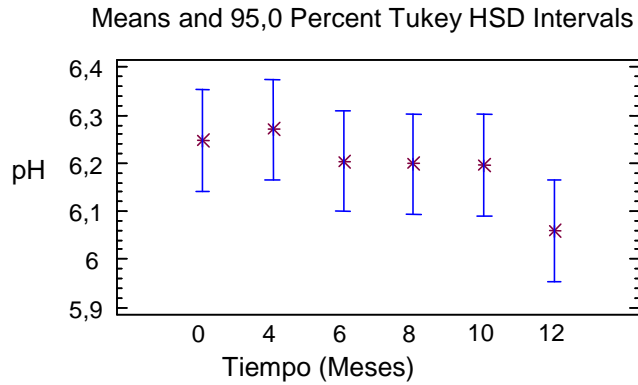
ANEXO 4 Análisis estadístico, ANOVA

Multifactor ANOVA - pH

Dependent variable: pH

Factors: Meses

Number of complete cases: 30



Analysis of Variance for pH - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Meses	0,13372	5	0,026744	2,32	0,0749
RESIDUAL	0,277	24	0,0115417		

TOTAL (CORRECTED)	0,41072	29			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Table of Least Squares Means for pH
with 95,0 Percent Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit

GRAND MEAN	30	6,196			
Meses					
0	5	6,248	0,0480451	6,14884	6,34716
4	5	6,27	0,0480451	6,17084	6,36916
6	5	6,204	0,0480451	6,10484	6,30316
8	5	6,198	0,0480451	6,09884	6,29716
10	5	6,196	0,0480451	6,09684	6,29516
12	5	6,06	0,0480451	5,96084	6,15916

Multiple Range Tests for pH by Meses

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Meses	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
12	5	6,06	X
10	5	6,196	X
8	5	6,198	X
6	5	6,204	X
0	5	6,248	X
4	5	6,27	X

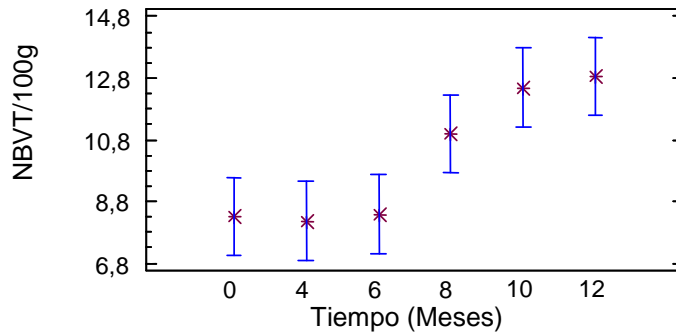
Contrast	Difference	+/- Limits
0 - 4	-0,022	0,21013
0 - 6	0,044	0,21013
0 - 8	0,05	0,21013
0 - 10	0,052	0,21013
0 - 12	0,188	0,21013
4 - 6	0,066	0,21013
4 - 8	0,072	0,21013
4 - 10	0,074	0,21013
4 - 12	0,21	0,21013
6 - 8	0,006	0,21013
6 - 10	0,008	0,21013
6 - 12	0,144	0,21013
8 - 10	0,002	0,21013
8 - 12	0,138	0,21013
10 - 12	0,136	0,21013

* denotes a statistically significant difference.

Multifactor ANOVA - NBVT

Dependent variable: NBVT
 Factors: Meses
 Number of complete cases: 60

Means and 95,0 Percent Tukey HSD Intervals



Analysis of Variance for NBVT - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Meses	240,037	5	48,0073	12,79	0,0000
RESIDUAL	202,739	54	3,75442		

TOTAL (CORRECTED)	442,775	59			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Table of Least Squares Means for NBVT with 95,0 Percent Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit

GRAND MEAN	60	10,1951			
Meses					
0	10	8,30693	0,612733	7,07847	9,53539
4	10	8,15497	0,612733	6,92651	9,38343
6	10	8,37446	0,612733	7,14601	9,60292
8	10	10,9915	0,612733	9,76303	12,2199
10	10	12,4942	0,612733	11,2657	13,7226
12	10	12,8487	0,612733	11,6203	14,0772

Multiple Range Tests for NBVT by Meses

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Meses	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
4	10	8,15497	X
0	10	8,30693	X
6	10	8,37446	X
8	10	10,9915	X
10	10	12,4942	X
12	10	12,8487	X

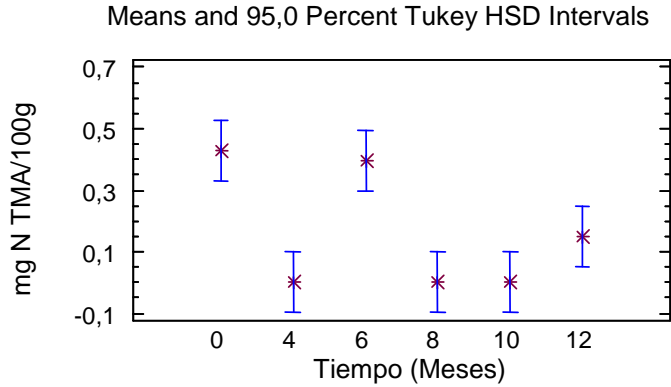
Contrast		Difference	+/- Limits

0 - 4		0,151956	2,56022
0 - 6		-0,067536	2,56022
0 - 8		*-2,68456	2,56022
0 - 10		*-4,18723	2,56022
0 - 12		*-4,5418	2,56022
4 - 6		-0,219492	2,56022
4 - 8		*-2,83651	2,56022
4 - 10		*-4,33919	2,56022
4 - 12		*-4,69375	2,56022
6 - 8		*-2,61702	2,56022
6 - 10		*-4,1197	2,56022
6 - 12		*-4,47426	2,56022
8 - 10		-1,50268	2,56022
8 - 12		-1,85724	2,56022
10 - 12		-0,354564	2,56022

* denotes a statistically significant difference.

Multifactor ANOVA - TMA

Dependent variable: N-TMA
 Factors: Meses
 Number of complete cases: 60



Analysis of Variance for mg N TMA - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Meses	2,03505	5	0,40701	18,29	0,0000
RESIDUAL	1,20147	54	0,0222495		

TOTAL (CORRECTED)	3,23652	59			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Table of Least Squares Means for mg N TMA with 95,0 Percent Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit

GRAND MEAN	60	0,162317			
Meses					
0	10	0,426	0,0471694	0,331431	0,520569
4	10	0,0006	0,0471694	-0,0939691	0,0951691
6	10	0,397	0,0471694	0,302431	0,491569
8	10	0,0003	0,0471694	-0,0942691	0,0948691
10	10	0,0	0,0471694	-0,0945691	0,0945691
12	10	0,15	0,0471694	0,0554309	0,244569

Multiple Range Tests for mg N TMA by Meses

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Meses	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
10	10	0,0	X
8	10	0,0003	X
4	10	0,0006	X
12	10	0,15	X
6	10	0,397	X
0	10	0,426	X

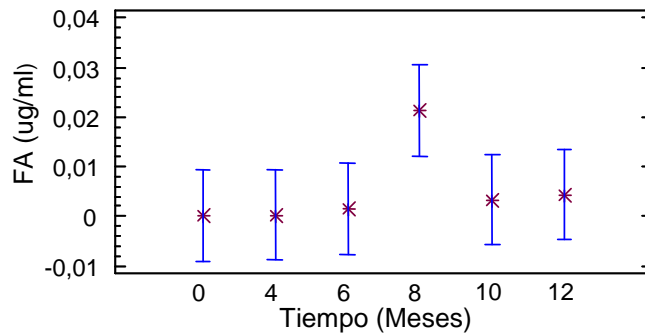
Contrast	Difference	+/- Limits
0 - 4	*0,4254	0,197091
0 - 6	0,029	0,197091
0 - 8	*0,4257	0,197091
0 - 10	*0,426	0,197091
0 - 12	*0,276	0,197091
4 - 6	*-0,3964	0,197091
4 - 8	0,0003	0,197091
4 - 10	0,0006	0,197091
4 - 12	-0,1494	0,197091
6 - 8	*0,3967	0,197091
6 - 10	*0,397	0,197091
6 - 12	*0,247	0,197091
8 - 10	0,0003	0,197091
8 - 12	-0,1497	0,197091
10 - 12	-0,15	0,197091

* denotes a statistically significant difference.

Multifactor ANOVA - FA

Dependent variable: FA
 Factors: Meses
 Number of complete cases: 60

Means and 95,0 Percent Tukey HSD Intervals



Analysis of Variance for FA - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Meses	0,00326707	5	0,000653415	3,42	0,0094
RESIDUAL	0,0103265	54	0,000191231		
TOTAL (CORRECTED)	0,0135935	59			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Table of Least Squares Means for FA with 95,0 Percent Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	60	0,00514333			
Meses					
0	10	0,00011	0,004373	-0,00865735	0,00887735
4	10	0,00024	0,004373	-0,00852735	0,00900735
6	10	0,00152	0,004373	-0,00724735	0,0102873
8	10	0,02128	0,004373	0,0125127	0,0300473
10	10	0,00336	0,004373	-0,00540735	0,0121273
12	10	0,00435	0,004373	-0,00441735	0,0131173

Multiple Range Tests for FA by Meses

Method: 95,0 percent Tukey HSD

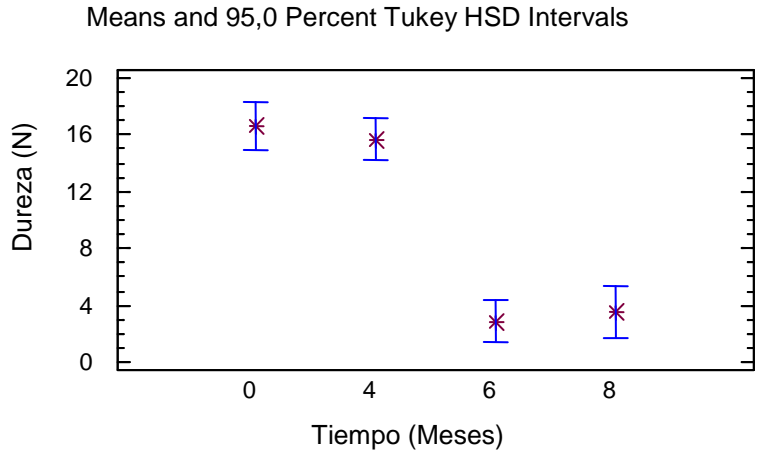
Meses	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
0	10	0,00011	X
4	10	0,00024	X
6	10	0,00152	X
10	10	0,00336	XX
12	10	0,00435	XX
8	10	0,02128	X

Contrast	Difference	+/- Limits
0 - 4	-0,00013	0,018272
0 - 6	-0,00141	0,018272
0 - 8	*-0,02117	0,018272
0 - 10	-0,00325	0,018272
0 - 12	-0,00424	0,018272
4 - 6	-0,00128	0,018272
4 - 8	*-0,02104	0,018272
4 - 10	-0,00312	0,018272
4 - 12	-0,00411	0,018272
6 - 8	*-0,01976	0,018272
6 - 10	-0,00184	0,018272
6 - 12	-0,00283	0,018272
8 - 10	0,01792	0,018272
8 - 12	0,01693	0,018272
10 - 12	-0,00099	0,018272

* denotes a statistically significant difference.

Multifactor ANOVA - Dureza

Dependent variable: Dureza
 Factors: Meses
 Number of complete cases: 70



Analysis of Variance for Dureza - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Meses	2945,11	3	981,703	76,88	0,0000
RESIDUAL	842,725	66	12,7686		

TOTAL (CORRECTED)	3787,83	69			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Table of Least Squares Means for Dureza with 95,0 Percent Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit

GRAND MEAN	70	9,66821			
Meses					
0	16	16,5981	0,893328	14,8145	18,3817
4	20	15,682	0,799017	14,0867	17,2773
6	20	2,8547	0,799017	1,25941	4,45
8	14	3,538	0,955008	1,63126	5,44474

Multiple Range Tests for Dureza by Meses

Method: 95,0 percent Tukey HSD

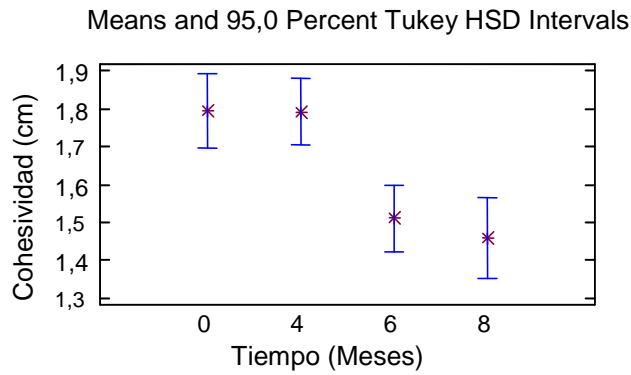
Meses	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
6	20	2,8547	X
8	14	3,538	X
4	20	15,682	X
0	16	16,5981	X

Contrast	Difference	+/- Limits
0 - 4	0,916125	3,15903
0 - 6	*13,7434	3,15903
0 - 8	*13,0601	3,44679
4 - 6	*12,8273	2,97836
4 - 8	*12,144	3,282
6 - 8	-0,683295	3,282

* denotes a statistically significant difference.

Multifactor ANOVA - Cohesividad

Dependent variable: Cohesividad
 Factors: Meses
 Number of complete cases: 70



Analysis of Variance for Cohesividad - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Meses	1,64989	3	0,549963	12,24	0,0000
RESIDUAL	2,96445	66	0,0449159		

TOTAL (CORRECTED)	4,61434	69			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Table of Least Squares Means for Cohesividad
with 95,0 Percent Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	70	1,63881			
Meses					
0	16	1,79437	0,0529834	1,68859	1,90016
4	20	1,793	0,0473898	1,69838	1,88762
6	20	1,51	0,0473898	1,41538	1,60462
8	14	1,45786	0,0566417	1,34477	1,57095

Multiple Range Tests for Cohesividad by Meses

Method: 95,0 percent Tukey HSD

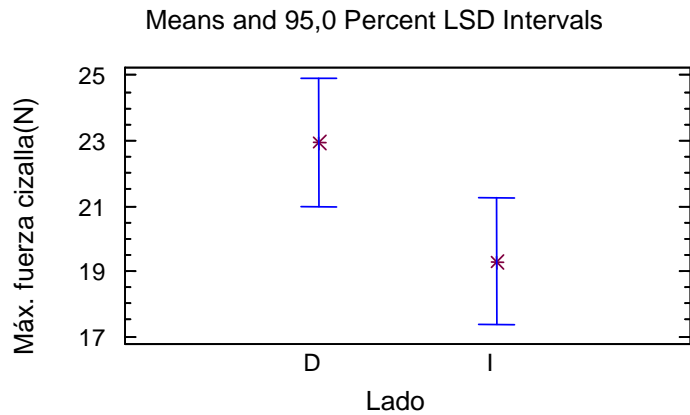
Meses	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
8	14	1,45786	X
6	20	1,51	X
4	20	1,793	X
0	16	1,79437	X

Contrast	Difference	+/- Limits
0 - 4	0,001375	0,187363
0 - 6	*0,284375	0,187363
0 - 8	*0,336518	0,204429
4 - 6	*0,283	0,176647
4 - 8	*0,335143	0,194656
6 - 8	0,0521429	0,194656

* denotes a statistically significant difference.

Multifactor ANOVA - Fuerza máxima de cizalla

Dependent variable: Fuerza máxima de cizalla
Factors: Lado
Number of complete cases: 100



Analysis of Variance for Fuerza máxima de cizalla - Type III Sums of Squares

Multifactor ANOVA - Fuerza máxima de cizalla					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Lado	329,531	1	329,531	3,35	0,0703
RESIDUAL	9642,01	98	98,3879		
TOTAL (CORRECTED)	9971,54	99			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Table of Least Squares Means for Fuerza máxima de cizalla with 95,0 Percent Confidence Intervals

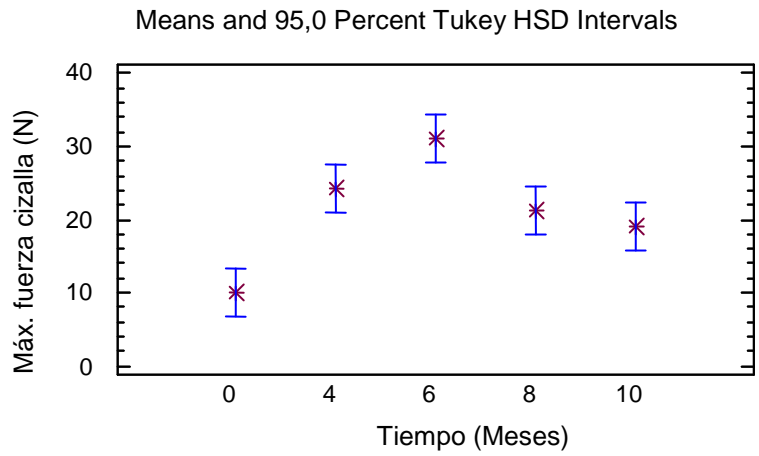
Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	100	21,1157			
Lado					
D	50	22,931	1,40277	20,1472	25,7148
I	50	19,3004	1,40277	16,5166	22,0842

Multiple Range Tests for Fuerza máxima de cizalla by Lado

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Lado	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
I	50	19,3004	X
D	50	22,931	X
Contrast			Difference +/- Limits
D - I			3,6306 3,93682

* denotes a statistically significant difference.

Dependent variable: Fuerza máxima de cizalla
 Factors: Meses
 Number of complete cases: 100



Analysis of Variance for Fuerza máxima de cizalla - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Meses	4646,79	4	1161,7	20,73	0,0000
RESIDUAL	5324,75	95	56,05		

TOTAL (CORRECTED)	9971,54	99			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Table of Least Squares Means for Fuerza máxima de cizalla with 95,0 Percent Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit

GRAND MEAN	100	21,1157			
Meses					
0	20	10,0845	1,67407	6,76105	13,408
4	20	24,174	1,67407	20,8505	27,4975
6	20	30,9845	1,67407	27,661	34,308
8	20	21,1945	1,67407	17,871	24,518
10	20	19,141	1,67407	15,8175	22,4645

Multiple Range Tests for Fuerza máxima de cizalla by Meses

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Meses	Count	LS Mean	Homogeneous Groups

0	20	10,0845	X
10	20	19,141	X
8	20	21,1945	X
4	20	24,174	X
6	20	30,9845	X

Contrast	Difference	+/- Limits
0 - 4	*-14,0895	6,58344
0 - 6	*-20,9	6,58344
0 - 8	*-11,11	6,58344
0 - 10	*-9,0565	6,58344
4 - 6	*-6,8105	6,58344
4 - 8	2,9795	6,58344
4 - 10	5,033	6,58344
6 - 8	*9,79	6,58344
6 - 10	*11,8435	6,58344
8 - 10	2,0535	6,58344

* denotes a statistically significant difference.

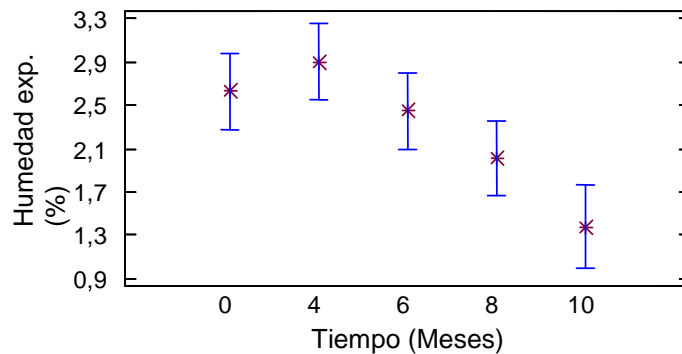
Multifactor ANOVA - Humedad exprimible

Dependent variable: Humedad exprimible

Factors: Meses

Number of complete cases: 96

Means and 95,0 Percent Tukey HSD Intervals



Analysis of Variance for Humedad - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Meses	25,1564	4	6,28911	9,98	0,0000
RESIDUAL	57,3468	91	0,630185		
TOTAL (CORRECTED)	82,5032	95			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Table of Least Squares Means for Humedad
with 95,0 Percent Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	96	2,27185			
Meses					
0	20	2,626	0,177508	2,2734	2,9786
4	20	2,901	0,177508	2,5484	3,2536
6	20	2,4465	0,177508	2,0939	2,7991
8	20	2,012	0,177508	1,6594	2,3646
10	16	1,37375	0,19846	0,979532	1,76797

Multiple Range Tests for Humedad by Meses

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Meses	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
10	16	1,37375	X
8	20	2,012	XX
6	20	2,4465	XX
0	20	2,626	XX
4	20	2,901	X

Contrast	Difference	+/- Limits
0 - 4	-0,275	0,698666
0 - 6	0,1795	0,698666
0 - 8	0,614	0,698666
0 - 10	*1,25225	0,741047
4 - 6	0,4545	0,698666
4 - 8	*0,889	0,698666
4 - 10	*1,52725	0,741047
6 - 8	0,4345	0,698666
6 - 10	*1,07275	0,741047
8 - 10	0,63825	0,741047

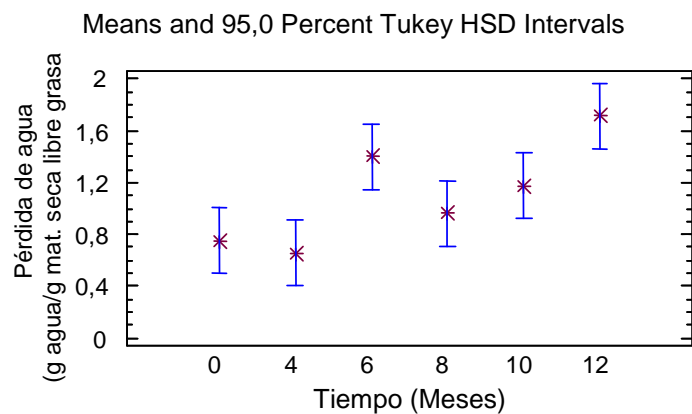
* denotes a statistically significant difference.

Multifactor ANOVA - CRAr

Dependent variable: CRAr

Factors: Meses

Number of complete cases: 60



Analysis of Variance for CRAR - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Meses	8,08673	5	1,61735	11,04	0,0000
RESIDUAL	7,91188	54	0,146516		

TOTAL (CORRECTED)	15,9986	59			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Table of Least Squares Means for CRAR with 95,0 Percent Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit

GRAND MEAN	60	1,10949			
Meses					
0	10	0,7509	0,121044	0,508221	0,993579
4	10	0,6571	0,121044	0,414421	0,899779
6	10	1,39812	0,121044	1,15544	1,6408
8	10	0,95943	0,121044	0,716751	1,20211
10	10	1,17781	0,121044	0,935131	1,42049
12	10	1,71359	0,121044	1,47091	1,95627

Multiple Range Tests for CRA by Meses

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Meses	Count	LS Mean	Homogeneous Groups

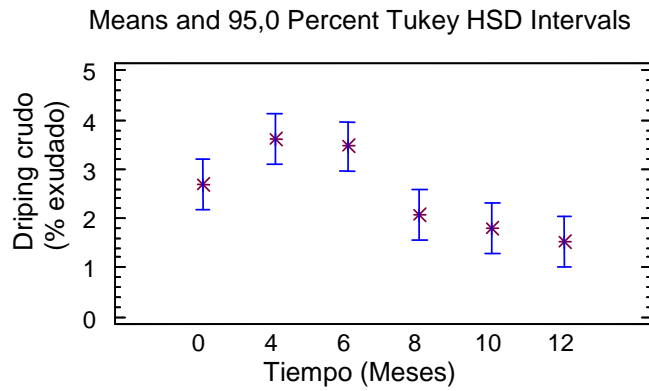
4	10	0,6571	X
0	10	0,7509	XX
8	10	0,95943	XXX
10	10	1,17781	XX
6	10	1,39812	XX
12	10	1,71359	X

Contrast	Difference	+/- Limits
0 - 4	0,0938	0,505765
0 - 6	*-0,64722	0,505765
0 - 8	-0,20853	0,505765
0 - 10	-0,42691	0,505765
0 - 12	*-0,96269	0,505765
4 - 6	*-0,74102	0,505765
4 - 8	-0,30233	0,505765
4 - 10	*-0,52071	0,505765
4 - 12	*-1,05649	0,505765
6 - 8	0,43869	0,505765
6 - 10	0,22031	0,505765
6 - 12	-0,31547	0,505765
8 - 10	-0,21838	0,505765
8 - 12	*-0,75416	0,505765
10 - 12	*-0,53578	0,505765

* denotes a statistically significant difference.

Multifactor ANOVA - Dripping crudo

Dependent variable: Dripping crudo
 Factors:Meses
 Number of complete cases: 30



Analysis of Variance for Dripping crudo - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Meses	19,0787	5	3,81573	14,15	0,0000
RESIDUAL	6,47096	24	0,269623		
TOTAL (CORRECTED)	25,5496	29			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Table of Least Squares Means for Dripping crudo with 95,0 Percent Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	30	2,523			
Meses					
0	5	2,692	0,232217	2,21273	3,17127
4	5	3,602	0,232217	3,12273	4,08127
6	5	3,462	0,232217	2,98273	3,94127
8	5	2,066	0,232217	1,58673	2,54527
10	5	1,792	0,232217	1,31273	2,27127
12	5	1,524	0,232217	1,04473	2,00327

Multiple Range Tests for Dripping crudo by Meses

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Meses	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
12	5	1,524	X
10	5	1,792	XX
8	5	2,066	XX
0	5	2,692	XX
6	5	3,462	X
4	5	3,602	X

Contrast	Difference	+/- Limits
0 - 4	-0,91	1,01563
0 - 6	-0,77	1,01563
0 - 8	0,626	1,01563
0 - 10	0,9	1,01563
0 - 12	*1,168	1,01563
4 - 6	0,14	1,01563
4 - 8	*1,536	1,01563
4 - 10	*1,81	1,01563
4 - 12	*2,078	1,01563
6 - 8	*1,396	1,01563
6 - 10	*1,67	1,01563
6 - 12	*1,938	1,01563
8 - 10	0,274	1,01563
8 - 12	0,542	1,01563
10 - 12	0,268	1,01563

* denotes a statistically significant difference.

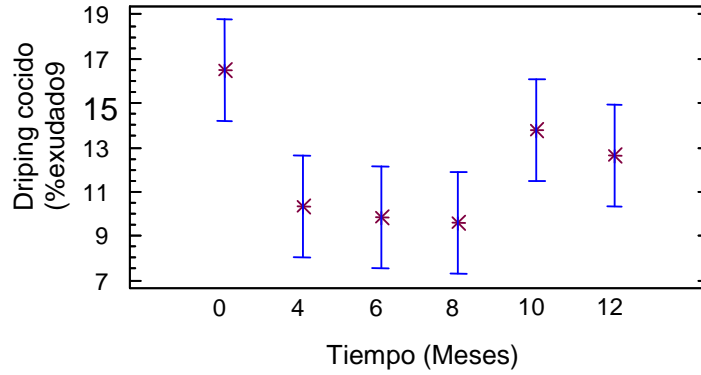
Multifactor ANOVA - Dripping cocido

Dependent variable: Dripping cocido

Factors: Meses

Number of complete cases: 60

Means and 95,0 Percent Tukey HSD Intervals



Analysis of Variance for dripping cocido - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value

MAIN EFFECTS					
A:Meses	370,721	5	74,1443	6,20	0,0001
RESIDUAL	646,162	54	11,966		

TOTAL (CORRECTED)	1016,88	59			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Table of Least Squares Means for dripping cocido with 95,0 Percent Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit

GRAND MEAN	60	12,111			
Meses					
0	10	16,511	1,09389	14,3179	18,7041
4	10	10,33	1,09389	8,13688	12,5231
6	10	9,822	1,09389	7,62888	12,0151
8	10	9,6	1,09389	7,40688	11,7931
10	10	13,757	1,09389	11,5639	15,9501
12	10	12,646	1,09389	10,4529	14,8391

Multiple Range Tests for dripping cocido by Meses

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Meses	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
8	10	9,6	X
6	10	9,822	X
4	10	10,33	X
12	10	12,646	XX
10	10	13,757	XX
0	10	16,511	X

Contrast	Difference	+/- Limits
0 - 4	*6,181	4,57067
0 - 6	*6,689	4,57067
0 - 8	*6,911	4,57067
0 - 10	2,754	4,57067
0 - 12	3,865	4,57067
4 - 6	0,508	4,57067
4 - 8	0,73	4,57067
4 - 10	-3,427	4,57067
4 - 12	-2,316	4,57067
6 - 8	0,222	4,57067
6 - 10	-3,935	4,57067
6 - 12	-2,824	4,57067
8 - 10	-4,157	4,57067
8 - 12	-3,046	4,57067
10 - 12	1,111	4,57067

* denotes a statistically significant difference.

ANEXO 5 Fotografías

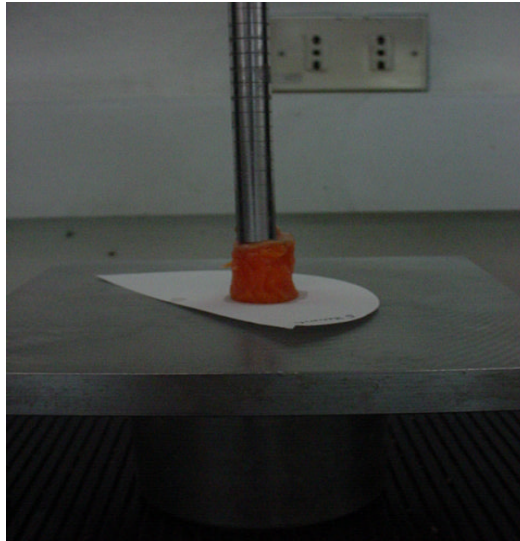


Figura 5A: Análisis de dureza en muestras de Salmón coho congelado a -20°C , correspondiente al mes 8.

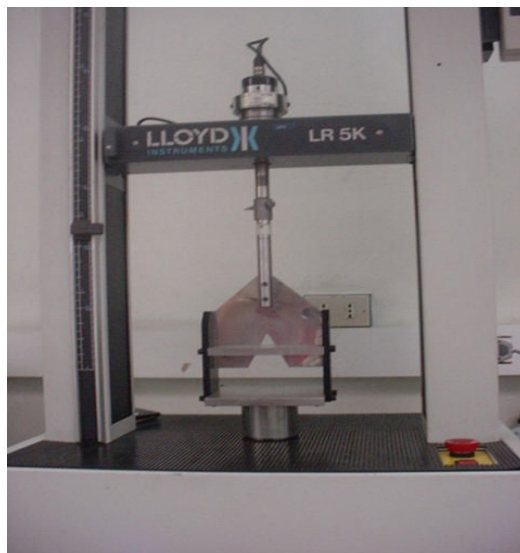


Figura 5B: Lloyd Instruments LR- 5K, con Hoja Warner-Bratzler para realizar test de cizalla.



Figura 5C: Análisis de Firmeza mediante test de cizalla en Salmón coho congelado a -20°C , correspondiente al mes 10.

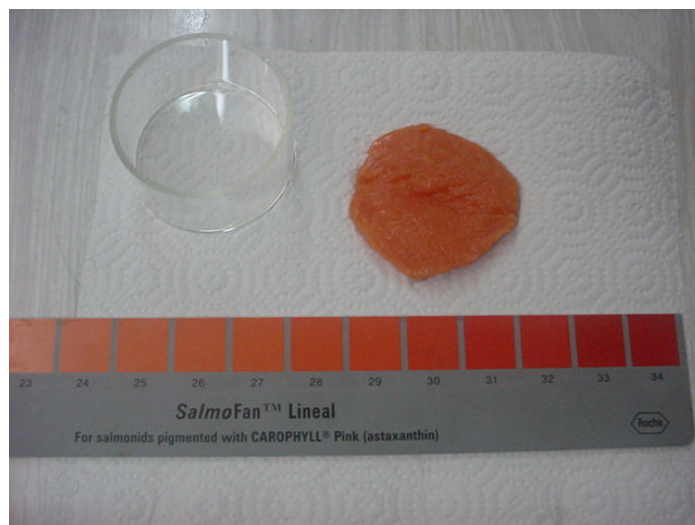


Figura 5D: Evaluación visual de color mediante la carta Salmo Fan™ lineal correspondiente al mes 8.

ANEXO 6
Toma de muestra para textura en Salmón Atlántico

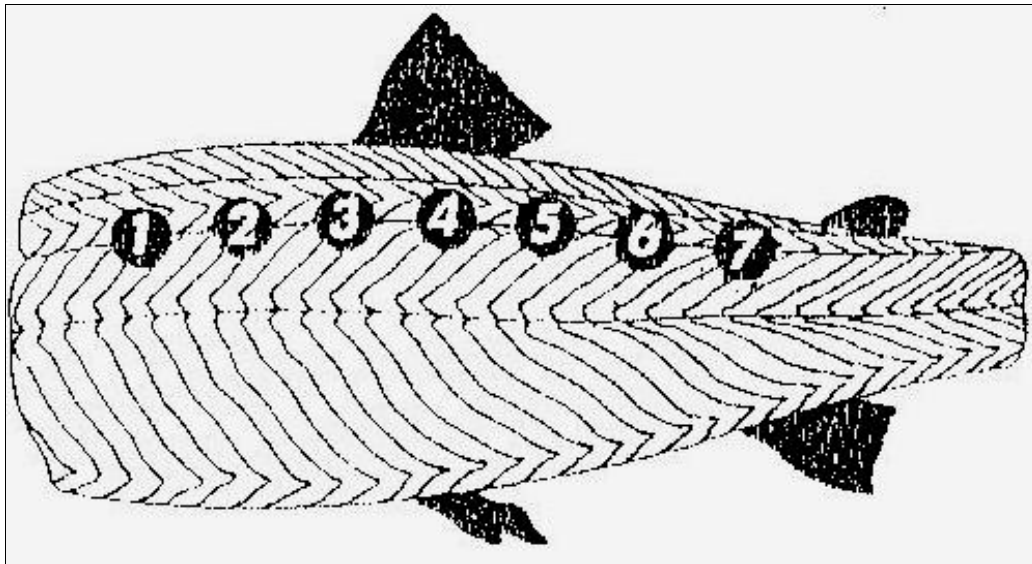


Figura 4: Mediciones de textura en distintas posiciones del filete de salmón Atlántico (*Salmo salar*).

ANEXO 7 Correlaciones

Multiple-Variable Analysis

Correlations COLOR

	Astaxantina	Hue	Medición visual
Astaxantina		-0,7886 (5) 0,1129	-0,0285 (5) 0,9638
Hue	-0,7886 (5) 0,1129		-0,1540 (5) 0,8048
Medición visual	-0,0285 (5) 0,9638	-0,1540 (5) 0,8048	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Multiple-Variable Analysis

Correlations

	pH	NBVT
pH		0,7028 (6) 0,1194
NBVT	0,7028 (6) 0,1194	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	pH	FA
pH		0,1883 (6) 0,7209
FA	0,1883 (6) 0,7209	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	pH	DMA
pH		-0,6080 (6) 0,2004
DMA	-0,6080 (6) 0,2004	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	NBVT	FA
NBVT		0,3704 (6) 0,4698
FA	0,3704 (6) 0,4698	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	NBVT	DMA
NBVT		-0,4968 (6) 0,3161
DMA	-0,4968 (6) 0,3161	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	DMA	FA
DMA		-0,4556 (6) 0,3639
FA	-0,4556 (6) 0,3639	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	FA	Cizalla
FA		0,0336 (5) 0,9572
Cizalla	0,0336 (5) 0,9572	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	FA	Dureza
FA		-0,5960 (4) 0,4040
Dureza	-0,5960 (4) 0,4040	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	FA	Cohesividad
FA		-0,7120 (4) 0,2880
Cohesividad	-0,7120 (4) 0,2880	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	FA	Gaping
FA		0,2102 (6) 0,6894
Gaping	0,2102 (6) 0,6894	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	Cizalla	Dureza
Cizalla		-0,6433 (4) 0,3567
Dureza	-0,6433 (4) 0,3567	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	Cizalla	Cohesividad
Cizalla		-0,5373 (4) 0,4627
Cohesividad	-0,5373 (4) 0,4627	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	Cizalla	Gaping
Cizalla		0,0713 (5) 0,9093
Gaping	0,0713 (5) 0,9093	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	Dureza	Cohesividad
Dureza		0,9871 (4) 0,0129
Cohesividad	0,9871 (4) 0,0129	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations		
	Dureza	Gaping
Dureza		-0,8189 (4) 0,1811
Gaping	-0,8189 (4) 0,1811	
Correlation (Sample Size) P-Value		

Correlations		
	Cohesividad	Gaping
Cohesividad		-0,8746 (4) 0,1254
Gaping	-0,8746 (4) 0,1254	
Correlation (Sample Size) P-Value		

Correlations		
	Driping cocido	Driping crudo
Driping cocido		-0,3314 (6) 0,5210
Driping crudo	-0,3314 (6) 0,5210	
Correlation (Sample Size) P-Value		

Correlations		
	Driping cocido	Humedad exprimible
Driping cocido		-0,1075 (5) 0,8634
Humedad exprimible	-0,1075 (5) 0,8634	
Correlation (Sample Size) P-Value		

Correlations		
	Driping cocido	CRA rel
Driping cocido		-0,1156 (6) 0,8274
CRA rel	-0,1156 (6) 0,8274	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations		
	Driping crudo	Humedad exprimible
Driping crudo		0,8690 (5) 0,0558
Humedad exprimible	0,8690 (5) 0,0558	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations		
	Driping crudo	CRA rel
Driping crudo		-0,4902 (6) 0,3236
CRA rel	-0,4902 (6) 0,3236	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations		
	Humedad exprimible	CRA rel
Humedad exprimible		-0,5252 (5) 0,3635
CRA rel	-0,5252 (5) 0,3635	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	pH	Cizalla
pH		0,6629 (5) 0,2227
Cizalla	0,6629 (5) 0,2227	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	pH	Cohesividad
pH		-0,5735 (4) 0,4265
Cohesividad	-0,5735 (4) 0,4265	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	pH	Dureza
pH		-0,6172 (4) 0,3828
Dureza	-0,6172 (4) 0,3828	

Correlation
(Sample Size)
P-Value

Correlations

	pH	Gaping
pH		0,8116 (6) 0,0499
Gaping	0,8116 (6) 0,0499	

Correlation
(Sample Size)
P-Value