



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

**EFFECTO DE MÉTODOS DE COCCIÓN EN LAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE
TRONQUITOS DE SARDINA (*Sardinella aurita*)**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela, por la bachiller Anayancy Rivas Quintero como requisito para optar al título de Licenciado en Biología

Tutor: Dr. Jaime, Valls Puig

CARACAS - VENEZUELA
JULIO - 2012

AGRADECIMIENTOS

La vida es un momentico, lleno de sueños y metas que nos llenan de experiencias. En la que además tenemos la oportunidad de conocer personas que la hacen más bonita y enriquecedora con la ayuda de ellos creo que este trabajo no habría sido posible, así que con todo mi corazón para ellos mil gracias.

A Dios por darme las fuerzas para alcanzar está meta, que más que uno de los objetivos que me plantee en la vida “Forma parte de uno de mis grandes sueños” gracias Señor por no dejarme sola cuando más lo necesitaba, gracias por ayudarme a superar cada uno de los obstáculos que se cruzaron en mi camino.

A mi mamá que siempre confiaste en mí, que me cubriste con tu apoyo e hiciste que está meta se cumpliera con toda tu ayuda y esfuerzo, trabajando muy duro para ello, por eso mi eterno agradecimiento a Dios por darme una como tú que hiciste las veces de padre y madre, gracias por siempre estar ahí, este triunfo es mas tuyo que mío. *A ti papá* aunque no estés compartiendo este momento conmigo, has sido un fuerte pero excelente maestro.

A mi abuela, si el amor incondicional existe tú has sido la mayor representación de ello, gracias por estar siempre ahí conmigo apoyando, entendiéndome sin juzgar nunca.

Pero Dios es tan grande que además me regalo una personita. *Mi hermano Andrés*, para que jugara, peleara, me fastidiara.... pero que siempre estuviera ahí apoyándome y compartiendo conmigo.

A ti novio fuiste un regalo que el camino de la vida me tenía preparado, tu paciencia, tu animo, tu dedicación y tu amor han sido parte importante en mi vida y me dieron muchísima fuerza.

A mi familia, en especial a mi primo ahijado *Isaac* a pesar de todos los inconvenientes que has tenido tu alegría e inocencia, hacen que compartir contigo sea un momento especial e inolvidable.

A mi tutor el *Dr. Jaime Valls*, que siempre confió en mi, gracias por aceptarme, por tu paciencia, por su apoyo y dedicación factor importantísimo para la realización de este proyecto.

A mis amigas del inicio de la carrera *Vanessa, Diana, Patricia, Lisbeth y Mónica* ustedes me demostraron que si esto si era posible.

Con el tiempo conocí a mi nueva familia (sincera), *Mariandre, Adolfo y Carolina*. Cada uno somos tan diferentes pero a la vez tan parecidos Gracias por acompañarme en esta última etapa de la carrera, espero que continuemos compartiendo por muchos años más.

Al personal del ICTA que siempre estuvo presto a colaborar con mi trabajo, en especial a *Ana Paredes* tu colaboración ayudo mucho a desarrollar este trabajo.

Al *profesor Victor Hugo*, quien con mucha amabilidad me ayudo a realizar la parte estadística.

A mis compañeras de laboratorio *Aile, Angela, Rosangela*, siempre estuvieron dispuestas a ayudarme, darme una mano o un consejo cuando lo necesitaba.

A todos, mil gracias!!!!

RESUMEN

Entre los recursos pesqueros disponibles en Venezuela se destaca la sardina (*Sardinella aurita*) por su alto volumen de pesca y bajo precio. Una alternativa para su comercialización es la presentación tronquitos de sardina, en la cual se les remueve la cabeza, escamas, vísceras y cola. Así el consumidor tiene la posibilidad de adquirir un producto semi-procesado y listo para su cocción. Sin embargo, los productos pesqueros son muy perecederos, por esta razón se someten a tratamientos térmicos (cocción, refrigeración, congelación, etc), de manera de mejorar su estabilidad, conservación y disponibilidad. El objetivo del presente estudio fue la evaluación de los efectos de los métodos de cocción (bolsa hermética, horno eléctrico, microondas y a la plancha), en las características físicas y químicas de tres lotes de tronquitos de sardinas (*Sardinella aurita*). Se evaluaron los parámetros: análisis proximal (humedad, proteína, grasa y cenizas), pH, líquido exprimible (LE), proteínas solubles en solución salina (SPs), actividad autolítica (AA), ácido tiobarbiturico (TBA), mioglobina, pigmentos totales, color (L, a y b), calcio, hierro y fósforo. Los resultados más relevantes fueron: en análisis proximal los valores de muestra fresca se encuentra dentro de lo reportado por otros autores humedad (73,26-75,54%), proteínas (18,89-20,97%), grasa (2,98-3,57%) y cenizas (1,83-2,58%). En las cocidas existe una disminución en el contenido de humedad producto de la deshidratación por el tratamiento térmico observándose diferencias significativas ($p < 0,05$). El pH no presentó diferencias significativas mostrando un ligero incremento en las cocidas (6,00-6,53) en relación a cruda (5,97- 6,41). Tanto el pH como la AA presentaron una mayor

influencia del factor lote. Los valores de AA en la fresca se determinaron entre 0,37-0,88 para luego disminuir con los tratamientos térmicos entre 0,21-0,40 (mmol de lisina/100gr) lo que indica que a pesar de la aplicación de tratamientos térmicos, las enzimas autolíticas ejercen su acción sobre la fracción proteica. Los parámetros LE y SPs presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$), con un efecto marcado del tratamiento térmico sobre los resultados, producto de la desnaturalización de las proteínas, destacando una disminución sobre todo en microondas. Los valores de TBA no presentaron diferencias significativas entre lotes pero si entre tratamientos donde se cuantificó un aumento en los valores de las cocidas, pero estos fueron menores a 4 mg de malonaldehído/Kg de muestra, lo cual que es considerado como nivel bajo de rancidez. Los valores de color y pigmentos totales presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$). En relación al parámetro L de color se cuantificó un aumento en las cocidas (más claras) que las frescas. El mayor valor de a (relación rojo/verde) se observó en a la plancha (lote I) producto de la formación de color por el efecto del tratamiento térmico (reacciones de oscurecimiento no enzimático). Este mismo incremento se observó en los pigmentos totales y mioglobina de la muestra a la plancha. Para los parámetros calcio, hierro y fosforo evaluados en la fresca, los métodos a la plancha y horno eléctrico presentan los mejores valores para los minerales calcio y fosforo, mientras que microondas proporciona los mejores valores para hierro con respecto a la muestra cruda.

Palabras claves: Sardina (*Sardinella aurita*), tratamientos térmicos, cocción, tronquitos.

ÍNDICE GENERAL	Pag.
AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	III
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE ANEXOS	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1. Características, producción y aspectos nutricionales de la sardina (<i>Sardinella aurita</i>)	4
2. Conservación por tratamientos térmicos	8
2.1. Refrigeración y congelación.....	8
2.2. Cocción.....	10
2.3. Principales cambios asociados al proceso de cocción del pescado...	13
3. Antecedentes.....	20
III. OBJETIVO GENERAL	25
IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
V. MATERIALES Y MÉTODOS	26
1. Materia prima.....	26
1.1. Toma de muestra.....	26
1.2. Talla y peso de las sardinas.....	28

1.3. Cocción.....	28
1.3.1. Cocción en bolsa hermética.....	28
1.3.2. Microondas.....	28
1.3.3. Plancha.....	29
1.3.4. Horno eléctrico.....	29
2. Determinaciones.....	30
2.1. Análisis proximal.....	30
2.2. Análisis físico-químico.....	30
• pH.....	31
• Color.....	31
• Líquido exprimible.....	31
• Rancidez oxidativa por el método del ácido 2 tiobarbitúrico (TBA). 31	
• Proteína soluble en solución salina.....	32
• Pigmentos totales.....	32
• Mioglobina.....	33
• Actividad autolítica.....	33
• Calcio.....	34
• Hierro.....	35
• Fósforo.....	36
2.3. Evaluación sensorial de los tronquitos de sardina fresca.....	37
3. Análisis estadístico.....	38
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
1. Caracterización de la materia prima.....	39

1.1.	Talla y peso de las sardinas (<i>Sardinella aurita</i>).....	39
1.2.	Rendimiento de los tronquitos de sardinas (<i>Sardinella aurita</i>), en los diferentes métodos de cocción.....	42
1.3.	Evaluación sensorial de los tronquitos de sardina fresca.....	44
1.4.	Análisis proximal de sardina fresca.....	47
1.5.	Análisis proximal de sardina cocida (hervida, plancha, microonda y horno eléctrico).....	50
1.5.1.	Cambios en la humedad.....	52
1.5.2.	Cambios en las proteínas.....	54
1.5.3.	Cambios en la grasa	55
1.5.4.	Cambios en las cenizas.....	58
2.	Características físico-químicas de los tronquitos de sardina crudos y en los diferentes procesos térmicos para los tres lotes.....	60
2.1.	pH.....	61
2.2.	Líquido exprimible y Proteínas Solubles en Solución Salina (SPs).....	63
2.3.	Actividad Autolítica.....	67
2.4.	Indice de TBA.....	70
2.5.	Color.....	73
2.6.	Pigmentos totales.....	77
2.7.	Mioglobina.....	79
2.8.	Calcio, hierro y fósforo.....	82
VII.	CONCLUSIONES	86
VIII.	RECOMENDACIONES	88

IX. BIBLIOGRAFÍA.....	89
X. ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tabla de composición de sardina, sardinas enlatadas y carnes de res, expresada por 100 gr.....	8
Tabla 2	Talla y peso promedio para los ejemplares de sardina (<i>Sardinella aurita</i>).....	40
Tabla 3	Rendimiento (en base a tronquitos) y peso promedio al aplicar los procesos, para los lotes I, II y III.....	43
Tabla 4	Evaluación sensorial en los tronquitos de sardinas (<i>Sardinella aurita</i>).....	46
Tabla 5	Análisis proximal del lote I, II y III de los tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>) sin proceso de cocción.....	48
Tabla 6	Análisis proximal de sardina (<i>Sardinella aurita</i>) reportado por otros investigadores.....	48
Tabla 7	Análisis proximal de los tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>) crudos y cocidos (hervido, plancha, microonda y horno eléctrico), lotes I, II y III.....	51
Tabla 8	Variaciones en el contenido de humedad en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos.....	53
Tabla 9	Variaciones en el contenido de proteína en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos.....	55

Tabla 10	Variaciones en el contenido de grasa en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos.....	57
Tabla 11	Variaciones en el contenido de cenizas en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos.....	59
Tabla 12	Valores de pH en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.....	63
Tabla 13	Proteína soluble en solución salina (%PS/PT), en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.....	65
Tabla 14	Líquido exprimible (%) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos...	67
Tabla 15	Actividad autolítica (<i>mmol lisina%</i>) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.....	69
Tabla 16	Rancidez Oxidativa (<i>ppm</i>) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.....	71
Tabla 17	Color (L, a, b) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.....	76
Tabla 18	Pigmentos totales (<i>mg%</i>) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.....	79

Tabla 19	Mioglobina (<i>mg/g muestra</i>) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.....	81
Tabla 20	Calcio, hierro y fósforo (<i>mg%</i>) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lote I, II y III para muestra cruda y procesos térmicos.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	(a) Sardinas enteras (<i>Sardinella aurita</i>) (b) tronquitos de sardina...	26
Figura 2	Tronquitos de sardina (a) Materia prima (b) Cocidos en bolsa hermética (c) la plancha (d) Microondas y (e) Horno eléctrico.....	29
Figura 3	Comparación de los valores de peso de las sardinas enteras por lotes.....	42
Figura 4	Talla y peso, de las sardinas enteras por lotes.....	42
Figura 5	Evaluación sensorial, porcentaje de presencia (%) de las características (línea dorsoventral, mucus de la piel, carne interna, vientre y olor).....	46

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A

Figura A1	Curva patrón de malonaldehído, para la determinación de TBA....	97
Figura A2	Curva patrón de monohidrocloreuro de lisina, para la determinación	

	de actividad autolítica.....	97
Figura A3	Curva patrón de hierro.....	97
Figura A4	Curva patrón de fósforo.....	98
ANEXO B		
Figura B1	Talla y peso promedio de los ejemplares de sardina (<i>Sardinella aurita</i>).....	98
Figura B2	Análisis proximal del lote I, II y III de los tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>) sin proceso de cocción.....	98
Figura B3	Variaciones en el contenido de humedad en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos.....	99
Figura B4	Variaciones en el contenido de proteína (húmeda y seca) en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos.....	99
Figura B5	Variaciones en el contenido de grasas (húmeda y seca) en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos.....	99
Figura B6	Variaciones en el contenido de cenizas (húmeda y seca) en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos.....	100
Figura B7	Valores de pH en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.....	100
Figura B8	Proteínas solubles en solución salina (%PS/PT) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.....	100
Figura B9	% Líquido exprimible en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>),	

	en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.	101
Figura B10	Actividad autolítica (mmol lisina%) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.....	101
Figura B11	TBA (ppm malonadehido) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmico.....	101
Figura B12	Pigmentos totales (mg%) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.....	102
Figura B13	Mioglobina (mg/g muestra) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.....	102
Figura B14	Color (L, a,) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.....	102
Figura B15	Calcio (mg%) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y procesos térmicos.....	103
Figura B16	Hierro (mg%) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y procesos térmicos.....	103
Figura B17	Fósforo (mg%) en tronquitos de sardina (<i>Sardinella aurita</i>), en los lotes I, II y III para muestra cruda y procesos térmicos.....	103

I. INTRODUCCIÓN

Los productos pesqueros obtenidos del mar, aguas dulces o producto de la acuicultura, han sido y serán una parte esencial en la alimentación del ser humano. Estos alimentos pueden ser preparados de muchas formas, ya que se pueden freír, saltear, asar, hacer a la parrilla, salar, ahumar, enlatar, secar, marinar etc., lo cual facilita y propicia su consumo. Desde un punto de vista nutricional, el pescado posee un alto contenido de proteínas, lípidos y vitaminas necesarias para la nutrición. Especialmente significativa es su fracción proteica, la cual constituye en algunas regiones la única fuente de proteína animal. Por otra parte, los ácidos grasos poliinsaturados (omega-3) que se encuentran principalmente en las especies de peces grasos son beneficiosos en el tratamiento de las enfermedades cardiovasculares (Huss, 1998; Valls, 2003; Schwedt, 2006).

El pescado es por lo tanto uno de los alimentos más completos, ya que tiene un excelente valor nutritivo, debido a que proporciona gran cantidad de proteínas, vitaminas y minerales. Su composición es básicamente de agua: 66-80%, proteína: 15-28%, grasa: 0,2-25%, mientras que la cantidad de carbohidratos es usualmente pequeña (< 0,5%). Las variaciones en la composición química del pez están estrechamente relacionadas con la alimentación, si es abundante las proteínas aumentan al principio muy lentamente y los lípidos tienen un rápido incremento, pero si el pez tiene períodos de inanición por razones naturales o fisiológicas (desove o migración) o por factores externos como escasez de alimento, primero disminuye el contenido de lípidos y luego las proteínas. En el caso de estas últimas, tienen como beneficio para su consumo el hecho que

contienen todos los aminoácidos esenciales y su valor biológico es comparable a las proteínas de la leche, huevos o carne de mamíferos. (Huss, 1998; López, 2001).

Este alimento es más que una simple opción de consumo de proteínas animales, ya que la fracción de grasa tiene también gran importancia nutricional. Los lípidos pueden presentar variación según la especie (0,2-25%) y dentro de la misma especie (5-25%), varían según el tamaño, ciclo biológico y alimentación. Los aceites del pescado tienen ácidos grasos insaturados como el linoléico (C18:2) y linolénico (C18:3) que son esenciales, ya que no son sintetizados por el hombre, razón por la cual se requiere de su ingesta regular a través de los alimentos. Por otra parte, también tienen ácidos grasos poliinsaturados como el eicosapentaenóico (C20:5) y docosahexaenóico (C20:6), que pueden curar enfermedades de la piel (Huss, 1998) y del sistema coronario, razón por la cual se recomienda su consumo para la prevención de enfermedades cardiovasculares, ya que actúan disminuyendo la concentración del colesterol en el organismo (Rodríguez, 2000). En general se puede señalar, que el consumo de ácidos grasos poliinsaturados ha sido ampliamente estudiado y recomendado a nivel internacional, ya que previenen o disminuyen los efectos de las enfermedades coronarias, hipertensión, arritmias y artritis (Kirpal, 2003).

Otro aspecto que resalta el valor nutricional de los productos pesqueros, está relacionado con su cantidad de vitaminas y minerales. Estos son generalmente una buena fuente de vitaminas del grupo B y en las especies grasas, de A (20-400 UI/g) y D (300-1000 UI/g). El contenido de vitaminas es

similar al de mamíferos, excepto con las A y D, que son mayores en pescados grasos. Con respecto a los minerales se considera al pescado como excelente fuente de calcio (19-881 mg%) y fósforo (68-550 mg%), así como también de cobre (0,5-2 ppm). La ingesta de calcio y fósforo se ve favorecida por la presencia de vitaminas A y D, ya que incrementan su asimilación. En peces de mar el contenido de yodo es también alto 0,17 mg%, con lo cual una porción de 100 gr., llega a cubrir la mitad de las necesidades diarias del adulto (López, 2001).

Los aspectos antes señalados resaltan las bondades desde el punto de vista nutricional del consumo de pescado, sin embargo este es considerado un alimento altamente perecedero ya que es muy susceptible a alteraciones por cambios autolíticos, microbiológicos físicos y químicos (Ashie y col., 1996), razón por la cual, se procesan de diferentes formas como secado, salado, ahumado, enlatado, pasteurizado etc., para así aumentar su estabilidad, conservación y gama de productos que pueden ser ofrecidos al consumidor. Sin embargo, estos procesamientos también, pueden producir pérdidas parciales de nutrientes por la eliminación de partes del alimento, aplicación de tratamientos térmicos etc. (Diez, 2008).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Características, producción y aspectos nutricionales de la sardina (*Sardinella aurita*)

La sardina, así como el arenque, y el atún se clasifican dentro de los peces teleósteos o peces óseos. La sardina es un pez pelágico, con alto contenido de lípidos en el tejido muscular, (Huss, 1998). Forma parte de la familia *Clupeidae* de peces marinos incluidos en el orden *Clupeiformes*, distribuidos por todos los mares del mundo, su nombre procede del latín *Clupea*, que significa sardina, palabra derivada de *Clupeus* o “escudo” en alusión a sus escamas, junto con la terminación del griego *odous* o “dientes”.

La especie que se captura en Venezuela es la *Sardinella aurita*, que posee un cuerpo pisciforme, alargado y comprimido lateralmente, con ojos situados en posición lateral. Tiene aletas sin espinas y una sola aleta plateada en la parte ventral. Presenta estrías longitudinales de color amarillo en la mitad superior de los lados que pueden variar de intensidad y dientes pequeños en las mandíbulas (Cabello, 1988).

Esta especie pelágica costanera forma cardúmenes muy compactos (Cervigón, 1991), y se encuentra distribuida en el Atlántico, desde el sur-oeste de África hasta el sur de España y en el Mediterráneo. También desde la costa este de América del Norte hasta el sur de Brasil, mientras que en el Indo Pacífico se localiza en el área sur de China, Malasia y alrededores del Archipiélago de Indonesia. En la mayoría de estas regiones es explotada por pesquerías, fundamentalmente artesanales. (Huq, 2003).

En el caso particular de Venezuela, la distribución del recurso sardinero se ubica en el nororiente del país y es bastante amplia en esta zona geográfica, ya que cubre la mayor parte de la plataforma continental, incluyendo la Isla de Los Testigos y La Tortuga por el norte y la Península de Paria y el golfo de Santa Fe por el sur. No obstante a esta amplia distribución anteriormente señalada, la característica propia de esta especie de ser planctófaga, hace que se concentre o localice principalmente en áreas de alta productividad primaria, cercanas a las costas de los estados Sucre y Nueva Esparta. (Guzmán, 2000).

La captura, venta y comercialización de esta especie en Venezuela, es muy importante por las siguientes razones: volumen alto de pesca, precio de venta relativamente bajo, lo cual la hace una fuente de proteína animal barata para nuestra población y que tiene además excelente calidad nutricional por su aporte de proteína, grasa (poliinsaturados) y minerales. Por otra parte, su captura por pescadores artesanales, hace que sea una substancial fuente de ingresos para este sector de la población de Venezuela (Cabello y Bello, 1996; MAC, 1998; Alcalá, 2000).

Según Bello (2000), la sardina es capturada en Venezuela por medio de embarcaciones conocidas como “Peñeros”, las cuales conforman el “Tren sardinero”, que emplean el arte de pesca tradicional conocido como “Chinchorro de playa o sardinero”, esta forma de pesca representa una importante forma de sustento de las comunidades artesanales pesqueras en el país. En resumen, se puede señalar que la sardina es de suma importancia para nuestro país, no solo debido a su gran abundancia natural, sino también a que su captura o arte de

pesca, no es realmente “complicada” para nuestros pescadores, representado una fuente de ingresos significativa, además de ser uno de los recursos pesqueros de mayor consumo, en sus diferentes preparaciones habituales.

Los antecedentes históricos de este recurso en Venezuela, se pueden resumir brevemente señalando que la explotación comercial en Venezuela se inició aproximadamente a finales de la década de 1930, cuando se instaló la primera industria enlatadora en el Golfo de Cariaco. El desarrollo de esta pesquería fue relativamente modesto en las primeras décadas y para el año 1950 la producción fue inferior a 20.000 Tm. Posteriormente, entre 1960 y 1980 las capturas promediaron menos de 40.000 Tm. anuales y a partir de mediados de la década de 1980 comenzó la expansión de la pesquería; para 1987 alcanzó por primera vez una producción superior a las 80.000 Tm. Este aumento continuo de manera acelerada en la década de 1990 y en 1998 superó la cifra de 185.000 Tm. A partir de este momento, las capturas comenzaron a presentar importantes fluctuaciones, alcanzándose un máximo histórico de aproximadamente 200.000 Tm. en el 2004. Desde entonces la producción ha venido disminuyendo sostenidamente. . (Mendoza, J., en comunicación con Centeno, G., 2009). Según (INSOPESCA, 2008), fecha del último reporte oficial la producción fue de 36.000 toneladas.

Si bien el patrón de distribución geográfica ha sido constante en el tiempo, no existe una explicación definitiva a las caídas dramáticas en la producción nacional. Una posible causa es atribuida a las migraciones temporales fuera del área preferencial de distribución de la sardina, o también por el descenso en la

incorporación de nuevos individuos (peces) a la fracción explotable de la población, ocasionado por la pesca excesiva de peces maduros y en capacidad de reproducirse, lo cual ha generado pérdidas en la industria por una disminución progresiva de los rendimientos (el mismo o más esfuerzo invertido en la pesca, para pescar las mismas cantidades o menos). Ambas causas también pueden ser afectadas por componentes ambientales tales como: aumentos atípicos de la temperatura del agua y baja producción de plancton, en cuyo caso sólo se puede esperar la restitución natural de los valores favorables de las variables ecológicas (Cárdenas, 2008).

Desde el punto de vista nutricional, la sardina representa una fuente muy importante de proteínas y minerales, satisfaciendo las necesidades y requerimientos nutricionales del individuo en sus distintas etapas del desarrollo. La sardina tiene proteína de buena calidad, 100 gramos pueden aportar, dependiendo de la época del año, entre 16 a 20 gramos de proteínas, (Vallenilla y col., 2006), además contiene minerales como el hierro (Fe), calcio (Ca) y fósforo (P), resultando un buen sustituto de la carne roja. También contiene yodo, elemento necesario para evitar el bocio (Cabello, 1988), adicionalmente tiene vitaminas del grupo B, especialmente niacina, riboflavina y tiamina que ayudan a mantener en buenas condiciones la piel, la vista y el sistema nervioso (MAC, 1982). Las proteínas del pescado tienen un alto valor nutritivo y se comparan favorablemente con otras de origen animal y generalmente son superiores a las de origen vegetal. (Durazno, 2006) (**Tabla 1**).

Otro aspecto nutricional útil a destacar, es la elevada proporción de ácidos grasos insaturados, que posee la grasa de la sardina. Durante los años 80, fue reportado que este recurso era abundante en omega 3 y omega 6 siendo estos compuestos los que ayudan a proteger al cuerpo humano de enfermedades de diferentes orígenes (Huss, 1998). La grasa de la sardina tiene una proporción de 7:1 de omega 3 a omega 6, que tienen propiedades que se asocian con la prevención y el tratamiento de las enfermedades cardiovasculares, como el infarto al miocardio y los accidentes cardiovasculares (Vallenilla y col., 2006).

Tabla 1. Tabla de composición de sardina, sardinas enlatadas y carne de res, expresada por 100 gr.

<i>Alimento</i>	<i>H</i> (g)	<i>Prot</i> (g)	<i>G</i> (g)	<i>C</i> (g)	<i>Ce</i> (g)	<i>Ca</i> (mg)	<i>P</i> (mg)	<i>Fe</i> (mg)
<i>Sardina fresca</i>	71	21	7,0	0	1	127	303	2,4
<i>Sardinas enlatadas (parte sólida)</i>	62	25	9	0	4	398	478	3,6
<i>Carne de res</i>	75	20	3	1	1	6	215	2,5

Cal.: Calorías, H.: Humedad, Prot.: Proteína, G.: Grasas, C.: Carbohidratos, Ce.: Cenizas, Ca.: Calcio, P.: Fósforo, Fe.: Hierro (Huss, 1998; INN, 2001).

2. CONSERVACIÓN POR TRATAMIENTOS TÉRMICOS

2.1. Refrigeración y congelación

Una vez que el pez muere comienzan a desarrollarse una serie de alteraciones en el tejido muscular debido a cambios autolíticos, ocasionados por: el cese del suministro de oxígeno y energía, descomposición del glucógeno, así como por enzimas que permanecen activas después de la muerte. También pueden ocurrir cambios oxidativos, especialmente la rancidez oxidativa, la cual se manifiesta principalmente en pescados con alta proporción de grasas insaturadas, como es el caso de la sardina. Adicionalmente pueden producirse cambios

microbiológicos, ya que a morir el pez, la flora bacterial que se presenta en su superficie, branquias y tracto intestinal, pueden invadir el resto del tejido (Martín, y col., 1978; citado por González, 1984).

(Shawyer y Medina, 2005), señalan, que si el pescado se enfría debidamente, este se mantendrá fresco durante más tiempo, por lo tanto, el uso técnicas de enfriamiento permiten un incremento del tiempo de conservación de las capturas, lo cual beneficiará económicamente tanto a pescadores como empresas del sector pesquero. De esta manera, los productos de la pesca llegan al mercado en condiciones óptimas de frescura y pueden alcanzar precios más altos, tanto en el comercio mayorista como minorista, generando un mayor rendimiento económico en la actividad pesquera. Por lo anteriormente señalado, resulta de gran importancia el empleo de técnicas que permitan lograr una conservación adecuada y mantener así un producto fresco por mayor tiempo, por ello es necesario almacenar el pescado a bajas temperaturas para retardar su deterioro, razón por la cual se emplean frecuentemente la refrigeración y la congelación. Estas también son empleadas en las fábricas de productos pesqueros como pasos previos para el procesamiento posterior por pasteurización, enlatado, marinados, pulpas etc.

En el caso de refrigeración, una de las técnicas más utilizadas es el almacenamiento en hielo; la cual suele ser económica y fácil de aplicar. Sin embargo, su uso no inhibe completamente los fenómenos deteriorativos pero sí retarda su aparición, con lo cual se logra mantener el pescado por un período de tiempo entre 7-12 días, en las condiciones de frescura exigidas por el consumidor

(Salazar, 1994). Por otra parte, en congelación las alteraciones del pescado almacenado se retardan frecuentemente a temperaturas de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ya que el desarrollo microbiano es detenido, no obstante, ciertos cambios físicos, químicos y enzimáticos, pueden desarrollarse lentamente. En un período relativamente largo de almacenamiento pueden producirse alteraciones organolépticas y nutricionales que disminuyen su calidad. Perdiendo cantidades sustanciales de algunos nutrientes, entre ellos las fracciones proteicas y lipídicas, que son importantes desde el punto de vista nutricional y para la salud del consumidor, además se puede afectar la aceptabilidad del pescado por cambios en sus propiedades organolépticas (Huss, 1998).

2.2. Cocción

El pescado en algunas culturas orientales como la japonesa, puede ser consumido crudo, pero generalmente a nivel mundial se consume cocido en diferentes formas de preparación, que inclusive son parte de las tradiciones culturales de algunos países. Según, (Schwedt, 2006), el término cocción o cocer abarca los procesos de elaboración o manipulación de los alimentos mediante el calor y tratamientos químicos (con sal o vinagre) con el propósito de convertir productos de origen vegetal o animal en comestibles (digeribles) para el hombre.

La elaboración de un alimento por medio de la cocción sirve para la disolución de sus nutrientes, la obtención de una determinada consistencia (digestibilidad) e indudablemente contribuye a la formación de un olor y sabor

deseado (flavour) inherente a la preparación como tal, por otra parte, se mejora su calidad higiénica, inactivando ciertos microorganismos especialmente patógenos. Las diferentes reacciones que pueden ocurrir durante la cocción pueden estar relacionadas entre sí y dependen de la proporción tiempo/temperatura del tratamiento. (Skjöldebrand, 1984 citado por García-Arias y col. 2003b). Los procedimientos de cocción para productos pesqueros están basados en el calentamiento del producto hasta alcanzarse una temperatura de aproximadamente 70°C, los tiempos de cocción varían de acuerdo al tamaño del alimento. Existen diferentes métodos de cocción que son utilizados para la preparación de productos pesqueros; algunos de los cuales son: horneado, asado, fritura en sartén, fritura por inmersión en aceite, cocción al vapor, cocción por ebullición en agua y aproximadamente a partir de la década de los sesenta la cocción por microondas (King, citado por Padrón, 1986).

Según Caracuel, (2008), las cocciones se pueden clasificar en: en medio no líquido, en medio graso, en medio acuoso, mixtas y especiales (vacío y microondas). En la presente investigación las cocciones empleadas se basaron en medio no líquido y microondas, por lo tanto a continuación se hace una breve reseña de estos tipos de cocción:

1. Las cocciones en medio no líquido, son con calor seco, donde el alimento se calienta a través de su parte superficial, puesta en contacto con una atmósfera de aire caliente. Este tipo es el más usual en el ámbito doméstico y el más empleado a todos los niveles, incluido el industrial. Se produce mediante el contacto directo del alimento con el foco de calor, en general

hay dos métodos distintos: los directos como la parrilla, las brasas o la plancha, y los indirectos como el horno, el gratinado y el baño de maría.

2. Otro tipo de cocción es por microondas, en la que los alimentos se calientan por la acción de ondas electromagnéticas de alta frecuencia en virtud del comportamiento dieléctrico de algunos de sus componentes. El campo electromagnético generado por el magnetrón del equipo hace vibrar y produce fricción entre las moléculas de agua que contienen los alimentos, originando un calor interno que permite su calentamiento o cocción. Es de destacar que el alimento una vez calentado o cocinado no emite ningún tipo de radiación, como puede creerse popularmente. Hoy en día los productos pesqueros, se mantienen refrigerados por cortos períodos o bien congelados durante tiempos relativamente largos antes de ser consumidos, en este último caso se procede a la descongelación, previo a su elaboración, y es notorio por ejemplo el incremento en el uso del microondas a nivel casero, para descongelar o para cocinar (Sumnu, 2001 citado por García-Arias y col. 2003a).

En resumen, se puede señalar que la mayor parte de las preparaciones a las que es sometido el pescado implican un proceso de cocción previo al consumo, como es el caso de la fritura, posiblemente la forma más habitual de cocinarlo en Venezuela; otra preparación habitual es por hervido, donde suele alcanzar una temperatura cercana a los 100°C., y por último puede prepararse en horno microondas, cocinándolo en el agua que lo constituye (Izquierdo y col. 2001). Uno de los problemas más estudiados en relación con los alimentos es el

efecto de diferentes métodos de cocción, ya que estos pueden producir una serie de cambios que modifican su composición e incluso afectan la calidad y valor de sus nutrientes (Navarro 1991; citado por Izquierdo y col. 2001).

2.3. Principales cambios asociados al proceso de cocción del pescado

Una vez que el calor incrementa la temperatura del alimento se origina una serie de procesos, que son considerados como la base del cocinado de un alimento: reblandecimiento de fibras, coagulación de las proteínas, disolución de compuestos químicos, liberación de jugos, cambios en la apariencia, color, textura, etc. En este sentido, cabe señalar las múltiples diferencias observadas en lo que respecta al comportamiento de los componentes químicos mayoritarios: proteínas, lípidos, hidratos de carbono y agua (Bello, 1998).

Según, Diez (2008), en el caso de las proteínas las alteraciones más comunes por la acción del calor son: desnaturalización, isomerización, interacciones proteína-proteína, interacciones proteína-hidratos de carbono reductores o reacción de Maillard, interacciones proteína-lípido, interacciones proteína-oxidantes e interacciones proteína con componentes no nutritivos de la del alimento.

La conformación de una proteína basada en sus estructuras secundarias y terciarias no suele ser muy estable. Por esto, el tratamiento de las proteínas por los ácidos, bases, soluciones concentradas, disolventes, calor, radiaciones, etc., pueden modificar su conformación. La desnaturalización proteica puede definirse como cualquier cambio de la conformación (a nivel de estructura secundaria,

terciaria y cuaternaria) que no vaya acompañada por la ruptura de los enlaces peptídicos implicados en la estructura primaria. La desnaturalización es un fenómeno complejo, durante el cual aparecen conformaciones nuevas, frecuentemente con tiempo de estabilidad breve o corto. El estado final se puede corresponder a una estructura polipeptídica, totalmente desplegada, en la que tienen carácter transitorio las interacciones intraproteicas (Cheftel y col., 1989).

La desnaturalización puede implicar una mejora del valor nutritivo al incrementar la digestibilidad, debido a que la susceptibilidad al ataque enzimático se ve aumentada. Al fin y al cabo, la primera fase de la digestión es una desnaturalización por enzimas proteolíticas (por ejemplo: tripsina, quimiotripsina etc) y así es mayor la digestibilidad de sus aminoácidos. Además, el tratamiento generalmente destruye factores antinutricionales de naturaleza proteica en algunos alimentos (Diez, 2008).

Otro factor que contribuye a la desnaturalización son las interacciones proteína-proteína, que ocurren principalmente en los alimentos de alto contenido proteico que se someten a muy elevadas temperaturas. Estas alteraciones son la causa principal de la pérdida del valor nutritivo de carnes y pescados procesados, mediante la acción del fuego directo como podría ser a la plancha o la parrilla. Cuando se desnaturalizan las proteínas, disminuye su capacidad para retener el agua y esto trae como consecuencia la pérdida de líquidos por parte de los alimentos cocidos (Conteniendo entonces menos cantidad de agua e ingredientes solubles que la carne fresca). (Fennema, 2000).

Finalmente, la calidad nutritiva de la proteína puede verse muy afectada por la interacción con los productos de oxidación de los lípidos, con lo cual la digestibilidad de las proteínas se reduce y se producen pérdidas de aminoácidos esenciales o menor biodisponibilidad. En la homogeneización de los alimentos que también contienen lípidos se forman complejos lipoproteínicos, en los cuales los aminoácidos hidrófobos se orientan hacia las zonas apolares de dicho complejo y esta alineación causa la desnaturalización. Por otro lado, muchos de los compuestos volátiles de los alimentos procesados, responsables del aroma y sabor, provienen principalmente de las interacciones de los compuestos de la reacción de Maillard con lípidos (Badui, 1999).

Los factores responsables de la desnaturalización de las proteínas se resumen a continuación: 1.- Factores relativos al cambio de humedad. 2.- Factores relativos al cambio de lípidos y 3.- Factores relativos a la actividad de enzimas específicas (Xiques, 2005).

En otro orden de ideas y desde el punto de vista del efecto de la cocción sobre los diferentes tipos de proteínas del músculo del pez, se puede señalar que estas se dividen en tres grupos:

1. Estructurales, constituidas por actina, miosina, tropomiosina y actomiosina, que constituyen el 70-80%; estas son solubles en soluciones salinas neutras de alta fuerza iónica ($>0,5$ M), pero se insolubilizan al desnaturalizarse, por lo que la solubilidad puede ser utilizada como índice de desnaturalización proteica (Connel, 1967; citado por Paredes, 2001).

2. Las sarcoplasmáticas (mioalbúmina, globulina y enzimas) son solubles en soluciones salinas neutras de baja fuerza iónica (0,15 M), esta fracción constituye el 25-30%.
3. El último tipo lo constituyen las del tejido conectivo (colágeno), que son aproximadamente el 3% en teleósteos y cerca del 10% en elasmobranquios (comparado con el 17% en mamíferos) (Huss, 1998).

Cocciones demasiado prolongadas conducen a separación de las fibras musculares con desmenuzamiento de la pieza, debido principalmente a la coagulación de la fracción proteica del colágeno. La acción conjunta del agua y del calor prolongado, puede ocasionar en las proteínas de los alimentos una hidrólisis, que en el caso de las carnes implica una disgregación en la estructura de las fibras musculares, para el caso particular del colágeno, lo que se produce es su transformación en gelatina. Con temperaturas superiores a los 60 - 70° C, las proteínas suelen perder su capacidad para fijar moléculas de agua, como consecuencia de una desnaturalización proteica. Por ello, las carnes y pescados calentados por encima de esa temperatura pueden tener una reducción de la jugosidad, como consecuencia de la pérdida de líquidos exudados. Especial atención requiere la cocción en microondas ya que su mecanismo de acción puede provocar efectos bien distintos bajo condiciones iguales de producto, temperatura y tiempo debido a que la agitación que experimentan las moléculas de aguas ligadas fuertemente a las proteínas ocasionan fenómenos desnaturalizantes, que son más rápidos (Bello, 1998).

Los análisis más empleados para evaluar la degradación que ocurre en las proteínas del pescado son los relativos a la pérdida de solubilidad (Valls, 2000). El método en solución salina (SPs) permite evaluar las variaciones que sufren las proteínas miofibrilares, básicamente actina y miosina, ya que estas constituyen el porcentaje mayoritario de las proteínas totales del pescado que se ven afectadas en sus propiedades funcionales (González y col., 2002).

En relación a las proteínas sarcoplasmáticas, existen dos hemoproteínas que conforman este tipo y que tienen mucha importancia en el tejido muscular, ya que contribuyen al color característico del pescado y que son: la hemoglobina (el pigmento de la sangre) y la mioglobina (el pigmento propio del tejido muscular), este último es el que contribuye en mayor grado con el color, debido a que está presente en mayor concentración en el músculo. Por otra parte, mientras que la hemoglobina se pierde más fácilmente durante la manipulación y almacenamiento, la mioglobina es retenida más fuertemente por la estructura muscular intracelular (Livingston y Brown, 1981; citado por Chaijan y col., 2005).

En el caso particular de la mioglobina, su concentración depende de la especie, raza, sexo, edad del animal, estado de nutrición, actividad muscular, disponibilidad de oxígeno, circulación sanguínea y tipo de músculo (blanco u oscuro). Al respecto, la sardina y el atún son especies que presentan un alto contenido de músculo oscuro y por ende de pigmentos hemo. (Gutiérrez, 1988). Sin embargo la mioglobina es muy sensible al proceso de deterioro, ya que tiene la capacidad para interactuar con el oxígeno, debido a que en su estructura tiene un componente no polipeptídico denominado grupo hemo, el cual consta de una

parte orgánica y un átomo de hierro en forma de ion ferroso. La presencia de este pigmento produce el color rojo en el tejido muscular, y si este se encuentra en contacto con el oxígeno del ambiente, se modifica el color por la autooxidación de la oximioglobina a metamioglobina, donde el grupo hemo ferroso se transforma en hemo férrico, y el color rojo cambia a marrón, incluso si el pescado se conserva muy bien. (Chow y col., 1987).

La acción del calor sobre la mioglobina del tejido muscular de carnes y pescados puede provocar cambios en su color. En consecuencia las carnes adquieren coloraciones pardas o grisáceas, como en el caso de la ternera o el cerdo. Cualquiera que sea el sistema de cocción en carnes y pescados, siempre se produce una coagulación de las proteínas con cambios en el color, que suelen servir de orientación para definir los tiempos de cocción y juzgar acerca del acabado del proceso térmico (Bello, 1998).

Otro efecto de los tratamientos térmicos en los alimentos es la disminución en el contenido de agua, lo cual tiene un efecto perjudicial en la textura del músculo, debido a que existe una relación inversamente proporcional entre la dureza del músculo y el pH, correspondiendo los valores inaceptables de dureza (y pérdidas de agua por cocción) a menores niveles de pH (Castillo, 2001). El pH del tejido muscular del pescado vivo es cercano a la neutralidad, pero debido a la formación anaeróbica post-mortem de ácido láctico, el pH disminuye normalmente dentro de los primeros días de la muerte. Durante los cambios post-mortem posteriores, el pH es más o menos constante o aumenta ligeramente debido a la formación de compuestos básicos como el amoníaco, aminoras producida por vía

autolítica por una parte y actividad microbiana por otra. A medida que el pH disminuye, se reduce la carga neta de la superficie de las proteínas musculares, causando su desnaturalización parcial y disminuyendo su capacidad de enlazar agua (Huss, 1998).

La grasa también es un componente que es afectado por la cocción, ya que se producen alteraciones como lipólisis, con posterior desarrollo de compuestos desagradables (Aubourg, 1999). Sin embargo, en términos prácticos la degradación ocurre únicamente en los procesos de fritura o asado, y es directamente proporcional al grado de insaturación de los aceites o grasas, y lógicamente inversamente proporcional al contenido de antioxidantes (Diez, 2008).

Otra alteración de la cocción en los alimentos es la disminución del contenido de vitaminas y minerales, lo que trae consigo una disminución del valor nutritivo de los alimentos. Como se mencionó anteriormente, las sardinas son ricas en calcio, hierro, fósforo, yodo y vitaminas del grupo B, los cuales al someterse a un tratamiento térmico van a generar pérdidas con relación a sus valores iniciales. En el caso de los minerales, estos son generalmente menos sensibles a las pérdidas por manipulaciones como la limpieza, descamado, eviscerado etc, sin embargo en el transcurso de tratamientos en agua (blanqueo y cocción en agua) pueden difundir o lixiviar las sales minerales solubles del alimento hacia la fase acuosa. La salida de sales minerales o de complejos al agua de tratamiento depende de su solubilidad y por consiguiente también del pH (Diez, 2008). Todos estos minerales son importantes por ser imprescindibles para la constitución de hormonas y compuestos intermediarios en los procesos

metabólicos. A pesar de los beneficios, los minerales se comportan como agentes prooxidativos de la mioglobina en el músculo rojo de los productos pesqueros, presentándose como un problema incluso a bajas temperaturas de almacenamiento (De Berardinis, 2011).

3. ANTECEDENTES

En la revisión bibliográfica realizada para pescado, se encontró que en general los tratamientos térmicos como: hervido, cocción en plancha, horneado eléctrico y microondas, son empleados para realizar estudios experimentales de este tipo. Así por ejemplo: (Gokoglu y col., 2004), en trucha (*Oncorhynchus mykiss*), aplicó: fritura, hervido, horneado, cocción a la plancha y microondas, determinando los cambios de composición proximal y contenido de minerales. Estos investigadores no recomiendan desde un punto de vista nutricional, los métodos de cocción como el hervido ya que observaron una pérdida significativa de minerales, ni la fritura pues hay un incremento en el contenido de grasa, con respecto a la muestra cruda, en cambio si recomiendan los métodos de la parrilla y el horneado, pues las pérdidas resultaron mucho menores.

En otros trabajos se realizan estudios de los cambios del perfil de ácido grasos, por ejemplo Gladyshev y col. (2006) en salmón (*Oncorhynchus gorbuscha*) sometido a hervido, fritura y horneado analizaron con especial atención el perfil de grasos esenciales: EPA y DHA, donde observaron que con el tratamiento térmico sólo disminuyó el contenido de ácidos grasos esenciales en las muestras fritas.

(Ferreira y col., 2007), evaluaron en tres pescados: carpa (*Cyprinus carpio*), tilapia (*Oreochromis niloticus*) y cachama (*Colosoma Macropomum*) con tratamientos de horneado y cocción en vapor, determinaron solamente perfil de ácido grasos en experiencia de almacenaje a 15, 30, 45 días de almacenamiento a 20°C. Los análisis mostraron que la carpa tiene un alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados (50%); la tilapia contiene un 26,55% de ácido palmítico y 23,86% de oleico, y el perfil de ácidos grasos de la cachama mostró un 37% de saturados, 34% de monoinsaturados y 21% de poliinsaturados. Se reportaron pocas variaciones con las muestra iniciales, lo que indica que los métodos de almacenamiento y de cocción usados no interfieren en la composición de ácidos grasos de estos pescados.

(Weber y col., 2008) realizaron más determinaciones, en filetes de “pez gato” (*Rhamdia quelen*), que fueron tratados con hervido, horneado, microondas, cocción a la plancha y fritura, evaluándose mediante perfil de ácido grasos, composición proximal e índices de rancidez (ácido tiobarbiturico, dienos conjugados y valor peróxido). Los resultados indicaron un aumento en el contenido de grasa en las fritas y pocas variaciones en la composición proximal de las otras muestras, mientras que el TBA aumentó en las hervidas y cocidas, y no hubo cambios para las asadas y fritas.

En filetes de carpa (*Ctenopharyngodon idellus*) que fueron tratados con horneado y microondas, por (Tao y Mao, 2008), estos investigadores evaluaron la composición proximal, solubilidad de proteínas, composición de amino ácidos y perfil de ácido grasos, además de índices de estabilidad de lípidos, recomendando

el tratamiento por microondas ya que mejora la calidad de las proteínas y evita la oxidación de lípidos en filetes de pescado, en comparación con el aire caliente del horneado.

(Türkkan y col., 2008), evaluaron los efectos de los métodos de cocción (frito, horneado y microondas) en la composición proximal y perfil de ácidos grasos de corvina (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758), reportando diferencias significativas en relación al contenido de proteínas entre todos los tratamientos. Al comparar el pescado crudo y cocido, los resultados determinaron que el tratamiento térmico tiene un efecto considerable en la composición proximal, determinándose una disminución de todos los parámetros en los tratamientos horneado y microondas, menos en frito donde se presenta un aumento en el contenido de grasa, de acuerdo a estos resultados recomendaron los métodos horneado y microondas.

En trabajos realizados en Venezuela, por (Izquierdo y col., 1999), analizaron el efecto de dos tipos de cocción (hervido y frito) sobre la composición química y perfil de ácidos grasos de filetes de corvina (*Cynoscion maracaiboensis*), la composición proximal se determinó siguiendo los métodos de la AOAC y el perfil de ácidos grasos los realizaron por cromatografía de gases, concluyendo que el tipo de cocción aplicado va a influir en el contenido de grasa: la cocción por hervido no afectó el perfil de grasos insaturados, a diferencia de la cocción en aceite donde se produjo un aumento significativo en el contenido de ácidos grasos saturados, con la consecuente disminución de los ácidos grasos insaturados.

(Izquierdo y col., 2001), examinaron el efecto de tres métodos de cocción (hervido, frito y microondas) en la composición proximal y los ácidos grasos del atún (*Thunnus thynnus*), determinando que el contenido de humedad de la carne disminuye en los tratamientos por fritura y microondas, el contenido de proteínas aumentó en los tres tratamientos como consecuencia de la disminución del agua por el efecto térmico, mientras que el contenido de grasa se incrementó en el tratamiento frito por la absorción de aceite del medio en el cual se sumergió. El porcentaje de cenizas de la muestra no se afectó de forma significativa por los métodos estudiados, mientras que para el perfil de ácidos grasos se obtuvieron diferencias significativas, aunque el predominio de los insaturados se mantiene con la cocción, sobre todo en los tratamientos hervidos y en microondas, donde mantiene sus niveles más altos.

Si bien la sardina (*Sardinella aurita*) ha sido estudiada en Venezuela bajo la forma entera refrigerada y en congelación (González y col., 2004; Valls y col., 2006), en la bibliografía consultada no se ha reportado cómo se alteran estos parámetros y específicamente en esta especie al ser sometida a procesos de cocción, razón por la cual, se considera que está justificada la realización del presente trabajo.

Adicionalmente es de especial interés la presentación denominada tronquitos de sardina, a los cuales se les removió la cabeza, escamas, vísceras y cola. Esta presentación es considerada una de las formas usuales de exportación congelada para su utilización en la elaboración de conservas, y resulta una alternativa para la comercialización de esta especie en nuestro país, ya que el

consumidor tendría la posibilidad de adquirir un producto semi-procesado limpio, listo para su cocción, económico y de alto valor nutritivo (González y col., 2004).

Los métodos de cocción empleados en esta investigación corresponden a tratamientos térmicos que son relativamente sencillos de implementar y controlar, que además son muy similares a los que pueden emplearse tanto a nivel casero, como en pequeñas y medianas industrias procesadoras. A cada uno de los lotes se le realizará una serie de determinaciones, las cual tendrán un mayor énfasis en cuanto a los posibles cambios de proteínas y pigmentos.

Por los planteamientos antes expuestos, se puede señalar que la sardina representa uno de los alimentos que tiene actualmente un importante valor estratégico, económico y nutricional. Es de interés por lo tanto el evaluar las características iniciales que presenta este recurso y sus cambios por procesos de cocción.

III. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar los efectos en los métodos de cocción: hervido, horneado, microondas y a la plancha, en los parámetros de físicos y químicos de tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*).

IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los efectos de los métodos de cocción (hervido, horneado, microonda y “a la plancha”) en la talla, peso, rendimiento y composición proximal.
- Evaluar los efectos de los métodos de cocción en la composición proximal en tronquitos de sardinas.
- Evaluar los efectos de los métodos de cocción en parámetros de calidad de la fracción proteica, en tronquitos de sardinas.
- Evaluar los efectos de los métodos de cocción en el contenido de pigmentos totales y mioglobina en los tronquitos de sardinas.
- Evaluar los efectos de los métodos de cocción en el contenido de minerales (calcio, hierro y fósforo), en tronquitos de sardinas.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Materia prima

1.1. Toma de muestras. Se utilizaron ejemplares de sardinas (*Sardinella aurita*), en una cantidad de aproximadamente 5 Kg., capturadas en el oriente del país. Esto se realizó en tres épocas distintas: abril, julio y octubre de 2011, lo cual conformó los 3 lotes empleados en el presente trabajo. Las muestras fueron trasladadas en cavas con suficiente hielo hasta el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela. Las sardinas fueron lavadas, se eliminaron escamas, vísceras, cola y cabeza, para así obtener manualmente los tronquitos de sardinas (**Figura 1**). Se dividieron en 5 sub-lotes (tratamientos) de sardinas: 1. - Materia prima. 2. - Cocción en bolsa hermética. 3.- A la plancha. 4.- Microondas y 5.- Horno eléctrico. Todas estas experiencias se realizaron por triplicado. En resumen el diseño experimental fue de: 3 lotes x 5 tratamientos x triplicado.



Figura 1. (a) Sardinas enteras (*Sardinella aurita*) (b) tronquitos de sardina.

Las muestras ya cocidas se refrigeraron en bolsas herméticas. Posteriormente se tomaron varios tronquitos y fueron homogeneizados en una licuadora de uso doméstico (Osterizer, De Luxe, Venezuela), para así obtener una pulpa, a la cual se le realizaron los análisis físicos y químicos por triplicado, este procedimiento se repitió para cada uno de los lotes (abril, julio, octubre). El tiempo transcurrido entre captura de ejemplares y obtención de la pulpa fue entre 1 a 3 días. En la realización de los análisis se le dio prioridad a las determinaciones de pH, proteína soluble en solución salina, líquido exprimible, color, mioglobina, pigmentos totales, actividad autolítica, rancidez oxidativa por el método del 2-tiobarbitúrico (TBA), ya que estos parámetros están asociados a los primeros cambios autolíticos que pueden ocurrir en el pescado (Valls y Paredes, 2010) Luego se realizaban el análisis proximal, calcio, hierro y fósforo.

Durante el trabajo experimental, para preservar al máximo los posibles cambios en los tronquitos y la pulpa, ambos fueron congelados en bolsas plásticas herméticas en porciones de 5-10g., en un congelador So-Low, (modelo CH43-9) a -40°C. Para cada análisis se tomó una porción congelada de la pulpa y apenas esta se descongelaba se procedió a realizar los análisis respectivos. El resto de material descongelado era descartado, este procedimiento anteriormente descrito (de tomar pequeñas porciones de la pulpa) se realizó con el propósito de evitar al máximo los cambios que pueden ocurrir en la matriz de la pulpa por efecto de la descongelación y congelamiento.

1.2. Talla y peso de las sardinas. La medición de la talla y peso se realizó en forma aleatoria a un mínimo de 40 ejemplares, que representaban como mínimo el 40% del lote. La talla se determinó midiendo sobre el eje longitudinal del pez, desde la punta del hocico hasta la bifurcación de la cola, los mismo ejemplares fueron pesados (Valls y col., 2006).

1.3. Cocción. Se basó en la metodología propuesta por (Gokoglu y col., 2004). A continuación se describen los procedimientos térmicos de cocción empleados en el presente trabajo (**Figura 2**), para los cuales se midió la temperatura interna de los tronquitos empleando un termómetro digital LCD, portátil (ATM ST-9299C). Las temperaturas que se señalan a continuación fueron mantenidas por 10 min. Los tratamientos térmicos se realizaron de la siguiente manera:

1.3.1. Cocción en bolsa hermética: aproximadamente entre 5-7 ejemplares eran colocados en una bolsa de plástico, (resistente al calor), con lo cual se emplearon un total de 3-4 bolsas, para poder realizar la cocción de todos los tronquitos, al mismo tiempo y de una manera más uniforme. Todas las bolsas fueron sumergidas en un recipiente con agua caliente en ebullición, periódicamente se midió la temperatura a los ejemplares y se finalizó la cocción después de mantenerse la temperatura para el lote I entre: 90-95°C, y los lotes II y III entre: 85-90°C.

1.3.2. Microondas: Todos los tronquitos se colocaron en un recipiente refractario “Corning” con tapa, se uso un microondas “Panasonic”

(modelo NN-S548WA), se terminó la cocción después de alcanzar la temperatura para el lote I entre: 75-80°C y los lotes II y III entre 80-85°C.

1.3.3. Plancha: los tronquitos fueron colocados en una plancha y cocinados, sobre una hornilla eléctrica en una cocina marca “Inmensa Tappan “, hasta mantener una temperatura entre 95-98°C. Esto se realizó en dos lotes, ya que las dimensiones de la plancha y la hornilla eléctrica, no permitían realizar la cocción de una sola vez del lote entero.

1.3.4. Horno eléctrico: Todos los tronquitos fueron colocados sobre una plancha de metal, e introducidos en un horno eléctrico marca “Inmensa Tappan “, el cual previamente, se había calentado hasta 180°C, hasta alcanzar la temperatura de 95°C.

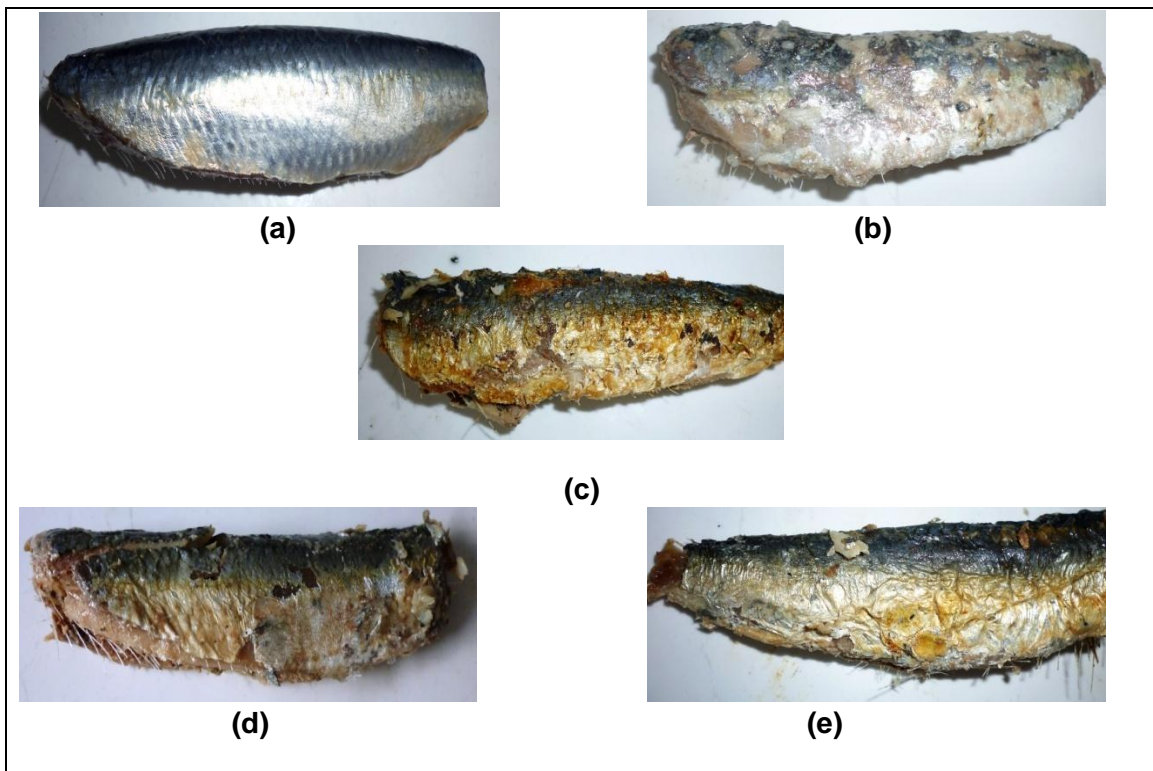


Figura 2. Tronquitos de sardina (a) Materia prima (b) Cocidos en bolsa hermética (c) A la plancha (d) Microondas y (e) Horno eléctrico.

2. DETERMINACIONES

2.1. Análisis proximal

- **Humedad.** Se secó la muestra previamente homogeneizada en estufa marca “Mettler” (modelo U-40) a presión atmosférica a temperatura de 100 ± 5 °C, según AOAC 952.08, 2010.
- **Cenizas.** Por incineración en mufla “Felisa”, (modelo FE-360) a 500 ± 50 °C, con posterior pesado del residuo, hasta obtener peso constante, según el AOAC 938.08, 2010.
- **Proteína Cruda.** Se realizó según método Micro-Kjeldahl AOAC 940.25, 2010 (factor de conversión 6,25). Se utilizó un digestor “Buchi” K-424 y un destilador “Unit Buchi” (modelo K-314).
- **Grasa cruda.** Se realizó mediante el método de extracción continua, utilizando hexano como solvente en un equipo de extracción “Soxhlet” automatizado de marca “Velp Scientifica” (modelo Ser 148 Solvent extractor), según AOAC 948.15, 2010.

2.2. Análisis físico y químico

- **pH.** Se homogeneizó en un “Ace Homogenizer” (modelo Nissei AM-3), se colocaron 10 g. de músculo de sardina sin piel con agua destilada en proporción 1:2, se empleó un potenciómetro, previamente calibrado, marca: “OAKTON, pH510 serie”, según procedimiento N° 94302 de AOAC, 2010.

- **Color.** Se homogeneizó la muestra en réplicas de tres por tratamiento, se empleó un Colorímetro "Macbeth Color-Eyer 2445" y se midieron los parámetros: L (luminosidad con valores de 0 a 100, siendo 0 negro y 100 blanco), a (- verde, + rojo) y b (-azul, +amarillo), según Chaijan y col., (2005) y Sequeira-Muñoz y col., (2006).
- **Líquido exprimible.** Se colocaron 20 gr de muestra homogeneizada en un tubo de centrifuga de 50 mL y luego se centrifugó a 8000 rpm por 30 minutos, a una temperatura de 2°C. Este procedimiento se realizó en una centrifuga refrigeradora automática, marca "Sorwall", (modelo RC2-B) y un rotor SS-34). A continuación el volumen de líquido sobrenadante contenido en el tubo de centrifuga se midió en un cilindro graduado de 10 mL. El resultado se expresó como ml/100 g.
- **Rancidez oxidativa por el método del ácido 2 tiobarbitúrico (TBA).** Se realizó por el método (adaptado al laboratorio) de Rhee, (1978). Se pesaron 10 g de muestra y se homogeneizaron con 50 mL de agua destilada más 5 mL de una solución de EDTA-propilgalato (BDH, 98%) al 0,5 %. Posteriormente esta mezcla fue transferida a un balón Macrokjeldahl con 47,5 mL de agua destilada más 2,5 mL de HCl (Riedel de Haën, 37%). Se destiló recolectando 50 mL del destilado (en un digestor y destilador de grasa marca "Labconco", modelo 21232-01) el cual se aforó a 100 mL con agua destilada. A partir de ahí se tomaron 5 mL y se mezclaron con 5 mL de 2-TBA (0,02 M de 2-TBA, y ácido acético 95%, de "Sigma-Aldrich" al

98% y Riedel de Haën al 99,8% respectivamente). Se llevó a baño de maría (Mettler modelo W200), por 35 min., se dejó enfriar y se midió la absorbancia a 538 nm en un espectrofotómetro marca Labomed modelo Spectro 22RS. La concentración se cuantificó con una curva de calibración empleando malonaldehído bis (dimetil acetal) (Aldrich, al 97%) como patrón. A partir del cual se prepararon soluciones que contenían desde $0,5 \times 10^{-8}$ hasta 2×10^{-8} moles malonaldehído/5mL (**Apéndice 1**). Los resultados se expresaron en ppm de malonaldehído.

- **Proteína soluble en solución salina.** Según Montecchia y col., (1997), se homogeneizaron 8 g de músculo, por 1 min., en 160 mL de solución fría de Buffer 0,6 M KCl (Industrias Químicas ERBA, 99%) y 0,003 M NaHCO_3 , (Riedel de Haën, 99,8%) pH 7.; luego se centrifugaron en frío a 5000 r.p.m durante 20 min, en una centrífuga refrigeradora automática, marca Sorwall, modelo RC2-B y un rotor GSA, a continuación se extrajeron con una pipeta 2mL del sobrenadante que contiene la fracción de proteínas solubles en solución salina. A este sobrenadante se le determinó el contenido de nitrógeno total por el método de micro-Kjeldahl, según AOAC (2010) N° 940.25, utilizando un factor de conversión 6,25.
- **Pigmentos totales.** Se pesaron 2 g de muestra y se mezclaron con 9 mL de acetona ácida (90% acetona, de Riedel de Haën, al 99,5%, con 8% agua deionizada y 2% HCl, de Riedel de Haën, al 37% pureza). Se dejó en reposo por una hora, a continuación se filtró, empleando papel "Whatman"

Nº1 y el extracto se cuantificó en un espectrofotómetro “Labomed,” modelo “Spectro 22RS” a 640 nm. Los pigmentos totales se calcularon empleando la fórmula: Pigmentos totales (ppm)= $A_{640} \times 680$ y es expresado en mg/100g de muestra. (Lee y col., 2004).

- **Mioglobina.** Según Chaijan y col., (2005), 2 g de muestra se homogeneizaron con 20 mL de buffer fosfato (KH_2PO_4 , de “Merck”, al 99% de pureza), 40 mM, y a pH 6,8 y luego se centrifugaron a 8000 rpm por 30 min., (Centrífuga refrigeradora automática, “Sorwall”, modelo RC2-B y rotor SS-34). Se tomaron 2,5 mL del sobrenadante y se mezclaron con 0,2mL de ditionito de sodio 1% p/v (Sigma-aldrich, al 85%), con una posterior lectura mediante espectroscopía a 555 nm (“Labomed,” modelo “Spectro 22RS”). El contenido de mioglobina fue calculado a partir del coeficiente de extinción molar 7,6 y su respectivo peso molecular de 16110 DA. Expresándose los resultados en mg/g de muestra.
- **Actividad autolítica.** Según Andersen y col., (1977), se tomaron 4-5 g de músculo, se homogeneizaron con 50 mL de agua destilada. Posteriormente se filtró (papel de filtro Whatman, número 1) y se tomaron 3 mL del homogeneizado, los cuales se mezclaron con 1 mL de buffer (pH 7,2) (0,45M KCl, 3,38 mM KH_2PO_4 15,5 mM Na_2HPO_4) (KCl, de IQE, al 99-100,5%; KH_2PO_4 de Merck, 99% y Na_2HPO_4 Riedel de Haën, al 99,8%). Se procedió a incubar a 60°C por 1 hora en baño de maría, a continuación se añadieron 2 mL de ácido tricloroacético (0,5%) (Riedel de Haën, al 99,5%)

agitándose por 1 hora antes de filtrar (papel de filtro “Whatman” N° 1). A continuación 1 mL del sobrenadante se mezcló con 4 mL de ninhidrina-cadmio (1 gramo de sulfato de cadmio (CdSO_4) (Riedel de Haën, al 98%) se disuelve en 1 mL de agua destilada y se mezcla con 0,8gr de ninhidrina (Riedel de Haën, al 99,5%), 80 mL de etanol 99,5% y 10 mL de ácido acético, (Riedel de Haën al 99,8%), luego se aforó en un balón de 100mL, se calentó por 5 minutos a 84°C en baño de maría, se enfrió y se midió la absorbancia a 507 nm en un espectrofotómetro “Labomed” modelo Spectro 22RS.

- **Calibración para la determinación de actividad autolítica:** Fue preparada una solución madre de 1000 ppm del aminoácido lisina (monohidrocloreuro de lisina) (D-Lysine marca G- Biochemicals) en agua destilada. Posteriormente fueron tomadas alícuotas de 5, 10,15, 20, 25, 50 mL de esta solución y llevadas a balones aforados de 50 mL, para preparar soluciones de 100, 200, 300, 400, 500 y 1000 ppm, agregándose 4mL de solución ninhidrina-cadmio para luego aforar con una mezcla partes iguales buffer-agua. De esta se tomo una alícuota para calentarse a 85°C, se dejó enfriar y se midió la absorbancia a 507nm, en un espectrofotómetro “Labomed” modelo Spectro 22RS, para determinar la curva de calibración (**Apéndice 2**).
- **Calcio.** Mediante el método permanganimétrico, según COVENIN 1158-82. A partir de 50mL de solución de cenizas se calentó hasta ebullición y se

agregó 10 mL de oxalato de amonio (4% p/v) marca Merck, se enfrió y a continuación se agregó hidróxido de amonio (7N) (Riedel de Haën, al 99,5%), hasta un pH 5,0 (potenciómetro OAKTON, pH510 serie). Se hirvió hasta obtener un precipitado, se dejó enfriar y se filtró (Papel Whatman N° 1). Se colocó el papel de filtro con el precipitado en un vaso de precipitado (con capacidad de 250mL), se añadió 10 mL de ácido sulfúrico (1:4) y 50 mL de agua caliente, a continuación se tituló en caliente con solución de permanganato de potasio 0,05N, hasta una coloración rosado persistente.

- **Hierro.** Mediante espectroscopia visible, según COVENIN 1170-83. Se tomaron 10 mL de la solución de cenizas, se agregó acetato de sodio, (Normapur, al 99%), hasta obtener un pH 3,5 (potenciómetro OAKTON, pH510 serie), se añadió 1mL de hidroquinona (Riedel- De Haën, al 99,5%) al 1% y a continuación 2 mL de o-fenantrolina al 0,25%, (Riedel de Haën), luego se aforó en un balón de 25 mL. Se preparó un blanco de reactivos y se midió la absorbancia a 515 nm, en un espectrofotómetro “Labomed” modelo Spectro 22RS

Curva patrón para la determinación de hierro.

Se preparó una solución madre de 500 ppm de una sal de hierro ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (Riedel de Haën, al 99%). Se tomaron alícuotas de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 mL y se llevó a balones aforados de 50 mL, donde se prepararon soluciones de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 ppm. Se procedió igual que las muestras anteriormente señalado. Se midió la absorbancia a 515 nm, en un espectrofotómetro “Labomed” modelo Spectro 22RS. Posteriormente fue realizado un análisis de

regresión lineal para así obtener la curva de calibración (**Apéndice 3**) para el cálculo de hierro en la muestra.

- **Fósforo.** Por espectroscopia visible por reacción con molibdato de amonio, según COVENIN 1178-83. Se tomaron 10 mL de la solución de cenizas se mezclaron con 2,5 mL de solución vanadomolibdica. Se lleva a un balón de 100 mL y se aforó con agua. Se dejó en reposo por 10 minutos y se determinó la absorbancia a 420 nm, en un espectrofotómetro “Labomed” modelo Spectro 22RS. Para la preparación de la solución vanadomolibdica se pesaron (1,2 gr de monovanadato de amonio, de “AnalaR”, al 99%), se disolvieron en 300 ml de agua destilada entre 80-90°C, se enfrió y poco a poco se le añadió 170 mL de ácido nítrico, (AnalaR al 25%), 8,85 gr de molibdato de amonio tetrahidratado, (AnalaR, al 99%) para luego llevar a un balón de 500 mL y aforar con agua destilada.

- **Curva patrón para la determinación de fósforo.**

Se preparó una solución patrón de fósforo (499 µg/ml). Con 1,098 gr de fosfato diácido de potasio (KH_2PO_4) (Merck, al 99%) y 5 mL ácido clorhídrico (HCl) (Riedel de Haën, al 37%), se aforó con agua destilada en un balón de 500 mL y con esta solución patrón se preparó la solución diluida de fósforo (19 µg/ml) con 10 mL de la solución patrón para luego aforar en un balón hasta 250 mL con agua destilada. Se tomaron alícuotas de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 mL de esta solución, se llevaron a balones de 100mL y se les agregó 2,5 mL de HCl 0,2N y 2,5 mL de la solución vanadomolibdica, se aforó con agua destilada.

La concentración de cada solución es de 20, 40, 60, 80, 100,120, 140, 160, 180 y 200 ppm. Posteriormente fue realizado un análisis de regresión lineal para obtener la curva de calibración (**Apéndice 4**) en un espectrofotómetro marca “Labomed” modelo Spectro 22RS, con lectura a 420 nm.

2.2. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS TRONQUITOS DE SARDINA FRESCA

Se realizó según adaptación de una tabla reportada en el trabajo de Delgado y col. (2000), para sardinas enteras y evisceradas, de la cual se consideraron solo los atributos, que se podían aplicar a los tronquitos, mediante una escala del 1 al 3., con las siguientes características.

- Línea dorsoventral. (1. Presente. 2 Ausente. 3 Ausente con manchas rojas).
- Mucus de la piel. (1. Perceptible al tacto y elástico. 2. Perceptible al tacto y espeso. 3. Espeso opaco y ligeramente amarillento).
- Carne interna (1.Tejido intacto de color rojo brillante. 2 Tejido Intacto de color rosado/ marrón. 3. Tejido con pequeñas roturas de color marrón/amarillo).
- Vientre. (1. Firme al tacto y elástico. 2. Blando al tacto y poco elástico. 3. Blando e hinchado).
- Olor. (1. Ausencia de olores extraños (olor característico de la especie, muy fresco, algas marinas). 2. Ligeros olores (ácido, rancio). 3 Olores desagradables).

3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los resultados de los distintos parámetros evaluados, se llevó a cabo mediante un análisis de varianza multifactorial, comparación de medias, t-student (Meyer, 1973; Kreyszig, 1979; Montgomery, 2002). Mediante los programas “Statgraphycs versión 6,0” (Statistical Graphics Systems., 1992) y “Portable Statistica 8” (<http://www.filecrop.com/statistica-8.portable.html>) con el propósito de determinar si hubo efecto estadísticamente significativo, a un nivel de significancia del 5% de los lotes, los tratamientos térmicos (variables independientes) y su interacción con las características físicas y químicas de los tronquitos de sardina (variables dependientes). En aquellos resultados donde se observaron diferencias significativas se realizaron pruebas a posteriori utilizando el análisis de rangos múltiples LSD.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de cocción en los alimentos implica básicamente un aumento de la temperatura durante un tiempo determinado, lo cual ocasiona cambios irreversibles en sus características (Coenders, 1996). Por lo tanto, la cocción es realizada con el propósito de modificar o mejorar algunas de las propiedades del alimento, evitando o retardando de esta manera reacciones como las autolíticas, químicas y enzimáticas, que pueden producirse de manera natural durante el almacenamiento del mismo. En el caso concreto de los productos pesqueros, la cocción contribuye a dar una textura característica al mismo, inhibir reacciones deteriorativas, reducir la carga microbiana, así como también eliminar algunos compuestos volátiles (aminas) que en ciertas concentraciones originan olores objetables por parte del consumidor (Paredes, 2008). A continuación se discutirán los resultados obtenidos en el presente trabajo para los procesos de cocción (hervido, plancha, microonda y horno eléctrico) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*).

1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

1.1. Talla y peso de las sardinas (*Sardinella aurita*)

Diversos trabajos como los realizados por: Ortiz, (1990) y Delgado y col., (2001) señalan la necesidad de caracterizar por tamaño y peso los ejemplares que son sometidos a un estudio, ya que estos parámetros físicos afectan marcadamente la composición proximal. La talla también condiciona otros

procesos y si es dispar exigirá cambios en los tiempos de cocción, así como también podrían afectarse los rendimientos del producto final. (López, 2001).

Para la determinación del peso y la talla promedio en los ejemplares enteros de sardinas, se midió la longitud total (LT) según (Gaceta Oficial N° 38.377, 2006), en centímetros (cm), sobre el eje longitudinal, tomando la distancia que va desde la punta del hocico hasta el extremo de los lóbulos caudales superpuestos, y el peso se midió con una balanza OHAUS Modelo Scout-Pro de capacidad $600 \pm 0,1g$. Para estas mediciones fueron tomados ejemplares al azar de cada lote y los respectivos resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 2**. Se puede señalar al respecto, que para el lote I (Abril, 2011), se midieron 42 ejemplares que representaban el 40% del mismo, con una talla promedio de 15,8 cm y un peso de 61,8 g. Para el lote II (Julio, 2011) se evaluaron 45 ejemplares (51% del total), con una talla de 15,4 cm y peso de 64,7 g y para el lote III (Noviembre, 2011), fueron 39 ejemplares (47% del total), con un peso promedio de 48,4 g y talla de 15,4 cm.

Tabla 2. Talla y peso promedio para los ejemplares de sardina (*Sardinella aurita*).

Lotes	Número de individuos	Talla de sardinas (cm)	Peso de sardinas (g)
<i>I</i>	42	15,8±1,5 ^a	61,8±15,2 ^a
<i>II</i>	45	15,4±0,9 ^a	64,7±10,0 ^a
<i>III</i>	39	15,4±1,2 ^a	48,4±10,8 ^b

Se muestra la media \pm desviación estándar.

Superíndice diferentes (a,b) en una misma columna, implica diferencias significativas entre los lotes, $p < 0,05$.

Los valores de talla mínima permitida es de 15 cm de LT, (Gaceta oficial N° 38377, 2006), para los tres lotes se obtuvo un valor promedio superior al especificado en la normativa legal. Sin embargo son menores a los reportados por otros autores, en trabajos realizados con la misma especie. Por ejemplo, Delgado y col., (2001) reportó valores de talla promedio entre 17,3-18,9 cm., y peso entre 75,0 y 80,6 g. En otros trabajos, Valls y col, 2006 obtuvo un promedio de 17,2 cm en talla y 75,5 g de peso. Más reciente, Valls y Paredes, (2010) reportaron la talla, con un rango de variación entre 17,7-18,4 cm, y peso 76,3-81,2 g, para ejemplares capturados en tres meses del año (mayo, junio y julio). Adicionalmente el promedio de talla obtenido en esta experiencia, se encuentra dentro del rango de 11,3 a 23,5 cm señalado en un estudio llevado a cabo con 6184 ejemplares de sardina capturados en el Golfo de Cariaco, Venezuela (Guzmán y Gómez, 1998). En este parámetro no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$), entre los tres lotes. Con respecto al peso, al aplicar la prueba de Kruskal-Wallis se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$), determinando que los lotes I y II son homogéneos y diferentes estadísticamente con respecto al lote III, este aspecto se muestra en la **Figura 3**, en la cual se observa que tanto el lote I como el lote II son parecidos en peso, con una mayor dispersión de valores para el lote I, mientras que el lote III se encuentra por debajo del peso promedio obtenido para lote I y II.

En la **Figura 4**, se observa que el lote II presenta una distribución más homogénea tanto en talla como peso mientras que para el lote I muestra una dispersión hacia pesos y tallas más altos en relación a los otros dos lotes. En el lote III se observó también una menor homogeneidad que el lote II y se

cuantificaron algunos ejemplares con menores valores de talla y peso, en relación a los otros dos lotes.

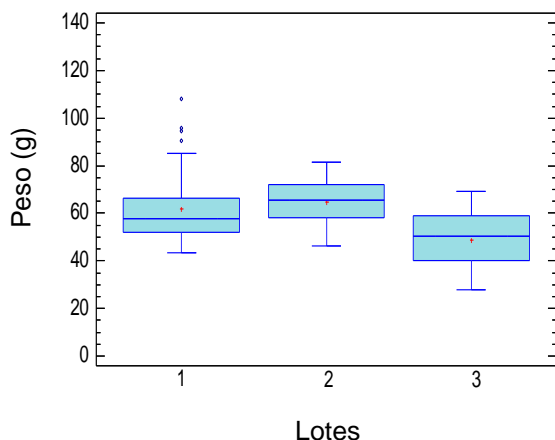


Figura 3. Comparación de los pesos de las sardinas enteras por lotes.

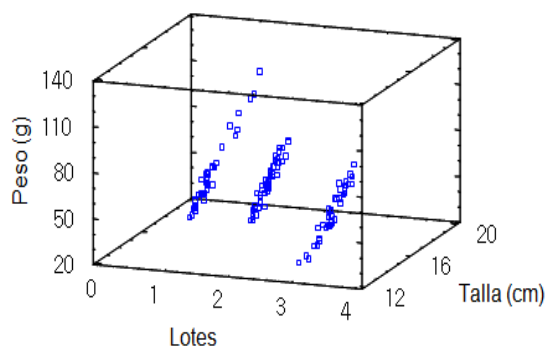


Figura 4. Talla y peso de las sardinas enteras por lotes.

1.2. Rendimiento de los tronquitos de sardinas (*Sardinella aurita*), en los diferentes métodos de cocción

El rendimiento de los peces va a depender principalmente de su peso y tamaño, los cuales están sujetos a la alimentación, madurez del pez, estado fisiológico etc. (Paredes, 2008). Comúnmente las partes comestibles de los pescados enteros varían entre 30 y 50%. (Márquez, 2011). A los ejemplares de sardina, se les removió manualmente, escamas, vísceras, cola y cabeza, para obtener así los tronquitos, obteniéndose un rendimiento para el lote I de 65%, para II de 60% y para III de 53%. Con un peso promedio por tronquito de 39,7 g (I), 32,1 g (II) y 25,4 g (III). González, (2001) obtuvo un rendimiento en la elaboración de tronquitos de sardina de 65% para ejemplares con una talla y peso

promedio de 18,0 cm y 49,2 g. Por lo que se observa, estos valores de rendimiento van a estar relacionados al tamaño y peso del ejemplar y son mayores a lo reportado (30-50%) por Márquez, (2011). Luego en cada lote se dividió la muestra de tronquitos en 5 partes para realizar los diferentes procesos térmicos, como se presentan en la **Tabla 3**, en la cual se reportan los rendimientos obtenidos para cada proceso.

Tabla 3. Rendimiento (en base a tronquitos) y peso promedio al aplicar los procesos, para los lotes I, II y III.

Tratamiento	Condiciones	Peso inicial tronquitos (g)	Peso final tronquitos cocinados (g)	Rendimiento (%)	Peso promedio (g) tronquitos cocinados
Lote I					
Hervido	90 a 95 C° x10 min.	679,6	559,8	82	28,0
Microonda	75 - 80 C° x 10 min.	727,6	568,2	78	24,7
Plancha	95 - 98 C° x 10 min.	653,8	464,5	71	23,2
Horno eléctrico	95 - 180 C° x 10 min.	657,0	516,9	79	25,9
Lote II					
Hervido	85 - 90 C° x10 min.	543,6	485,1	89	28,5
Microonda	80 - 85 C° x 10 min.	519,2	380,4	73	22,4
Plancha	95 - 98 C° x 10 min.	487,0	350,3	71	20,6
Horno eléctrico	95 - 180 C° x 10 min.	498,0	352,3	71	20,7
Lote III					
Hervido	85 a 90 C° x10 min.	381,2	318,4	84	19,9
Microonda	80 - 85 C° x 10 min.	382,0	275,3	72	16,2
Plancha	95 - 98 C° x 10 min.	427,0	292,8	69	18,3
Horno eléctrico	95- 180 C° x 10 min.	417,2	291,0	70	18,2

Con relación a las condiciones de temperatura, como se observa en la **Tabla 3** la tendencia a un mayor rendimiento de las muestras hervidas (82-89%), seguida de microonda (72-78%), plancha (69-71%) y horno eléctrico (70-79%) con un comportamiento similar en todos los lotes con excepción del primer lote, en el cual el horno eléctrico presentó un mayor rendimiento (79%) comparado con los otros lotes (70-71%). Mientras que para el peso, existe una disminución con relación al promedio de cruda, el lote I con un peso inicial de 39,7 g, se reduce por la cocción siendo más acentuado en a la plancha: 23,2 g lo que representa un 58,4% del valor inicial de cruda y la que menos se ve afectada por la cocción hervido 28,0 g (70,5%). En el lote II el comportamiento es similar: plancha y horno eléctrico son las muestras que mas disminuyen su peso con 20,6 y 20,7 g (64,2%) con respecto a crudo (32,1 g), manteniéndose hervido como la muestra con menor pérdida de peso 28,5 g (88,8%). En el lote III el comportamiento es distinto ya que microonda es el tratamiento que más peso pierde, 16,2 g (63,8%) en relación a cruda (25,4 g), conservándose hervida como la que reporta menor pérdida 19,9 g (78,3%).

1.3. Evaluación sensorial de los tronquitos de sardina fresca

Es de importancia para la caracterización de la materia prima el realizar su evaluación sensorial, de esta manera se puede conocer mejor el estado de frescura o calidad del pescado (Delgado, 1999). Este aspecto ayuda a complementar la caracterización de las sardinas empleadas en el presente trabajo

de investigación. Esta evaluación se realizó según adaptación de una tabla reportada en el trabajo de Delgado y col., (2000), para sardinas enteras y evisceradas, de la cual se consideraron solo los atributos que se podían aplicar a los tronquitos, mediante una escala del 1 al 3., como se explicó anteriormente en materiales y métodos.

En la **Tabla 4** se pueden observar los resultados de la evaluación sensorial realizada a los tronquitos de sardina fresca. Del análisis de estos, se puede señalar que se obtuvo una buena aceptación de los parámetros más resaltantes de calidad como son: la línea dorsoventral, la cual se evaluó presente en el 65% (I), 68% (II) y 44% (III) de los ejemplares de sardinas. Mientras que el 77% (I), 79% (II) y 67% (III) presentaron un mucus perceptible al tacto y elástico. Por otra parte, la carne interna tenía buen aspecto con porcentajes de: 88%; 63% y 67%, resaltando también, que para todos los lotes estos presentaban un tejido intacto y de color rojo brillante, además el vientre era firme y elástico para el 59% de los lotes I y II y 45% para el último lote. Finalmente se determinó ausencia de olores extraños en el 100% (I) y 84% (II) y 61% (III) de los ejemplares evaluados. Este análisis de los tronquitos frescos reveló que los mismos se encontraban en excelentes condiciones para sus análisis posteriores en la **figura 5** se observa que la mayoría de las características mantienen valores de frescura (mayores a 40%). El pescado fresco es aquel que se encuentra en pre rigor, rigor mortis o transcurrido un breve lapso después del rigor. La duración de estas fases van a depender de: la condición fisiológica del animal, el esfuerzo del pez al momento de

la pesca, composición química y la manipulación después de su captura (Márquez y col., 2006).

Tabla 4. Evaluación sensorial en los tronquitos de sardinas (*Sardinella aurita*).

	Porcentaje de presencia (%)				
	<i>Línea Dorsoventral</i>	<i>Mucus de la piel</i>	<i>Carne interna</i>	<i>Vientre</i>	<i>Olor</i>
Lote I					
<i>Presente</i>	65	77	88	59	100
<i>Ausente</i>	24	23	12	30	0
<i>Rechazo</i>	11	0	0	11	0
Lote II					
<i>Presente</i>	68	79	63	59	84
<i>Ausente</i>	32	21	32	23	16
<i>Rechazo</i>	0	0	5	18	0
Lote III					
<i>Presente</i>	44	67	67	45	61
<i>Ausente</i>	56	33	17	33	39
<i>Rechazo</i>	0	0	16	22	0

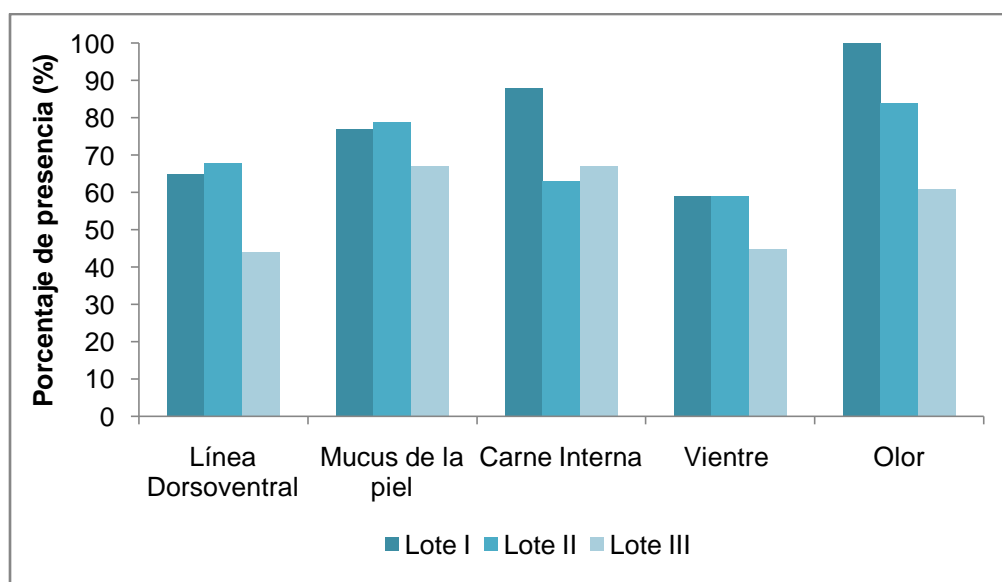


Figura 5. Evaluación sensorial porcentaje de presencia (%) de las características (línea dorsoventral, mucus de la piel, carne interna, vientre y olor).

1.4. Análisis proximal de sardina fresca

Es importante en la caracterización y control de calidad de los productos pesqueros la evaluación de la composición química de los mismos, ya que esta varía dependiendo de factores intrínsecos (sexo, tamaño, edad y nutrición del individuo) y de factores extrínsecos (zona de captura, época del año, arte de pesca) (Valls y Paredes, 2010). El pescado de más edad es generalmente más rico en grasa y, por lo tanto, contiene una menor proporción de agua. En determinadas épocas del año, los peces están más delgados y su tejido muscular tiene un mayor contenido de agua, con menor proporción de proteínas y grasa. Generalmente este estado aparece después del desove; una vez que los peces se alimentan de nuevo, recuperan su condición fisiológica habitual (Ordóñez y col., 1998). De acuerdo con las estaciones, se observan variaciones en la composición de todas las especies de los peces. Estos cambios son más significativos en algunas especies pelágicas que tienen un alto contenido de grasa, como la sardina. (Márquez y col., 2006).

En el presente trabajo inicialmente se caracterizó la composición proximal de la materia prima utilizada en los tres lotes, la cual se muestra en la **Tabla 5**, mientras que para fines de comparación, en la **Tabla 6**, se señalan los valores del análisis proximal, reportados por otros autores, para esta misma especie.

Tabla 5. Análisis proximal del lote I, II y III de los tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*) sin proceso de cocción.

Parámetros (%)	Sardina cruda.		
	<i>Lote I</i>	<i>Lote II</i>	<i>Lote III</i>
<i>Humedad</i>	75,54±0,38 ^a	73,26±0,25 ^a	73,95±0,15 ^a
<i>Proteína</i>	18,89±0,28 ^a	20,97±0,03 ^b	20,65±0,40 ^b
<i>Grasa cruda</i>	2,98±0,04 ^a	3,87±0,24 ^a	3,56±0,28 ^a
<i>Cenizas</i>	2,58±0,36 ^a	1,90±0,18 ^a	1,83±0,08 ^a
TOTAL	100±1,07	100±0,71	100±0,92

Resultados: media ± desviación estándar.

Superíndice diferentes (a,b), implica diferencias significativas entre los lotes, (p<0,05).

Tabla 6. Análisis proximal de sardina (*Sardinella aurita*) reportado por otros investigadores.

<i>Autor/Año</i>	Rango o Promedio en porcentaje (%)			
	<i>Humedad</i>	<i>Proteína</i>	<i>Grasa</i>	<i>Cenizas</i>
<i>Delgado y col., (2001)⁽¹⁾</i>	72,5-76,9	18,1-20,4	1,4-4,3	1,5-1,7
<i>Castillo (2001)⁽²⁾</i>	74,0	18,8	5,78	2,78
<i>González (2001)⁽²⁾</i>	74,1	19,5	3,5	2,0
<i>Valls y col., (2006)⁽²⁾</i>	76,9	18,3	2,5	1,7
<i>Valls y Paredes(2010)⁽¹⁾</i>	74,9-75,7	16,9-20,0	1,8-5,3	1,5-1,6

(1) Rango.

(2) Promedio.

De los resultados obtenidos en la determinación de la composición proximal de los tronquitos crudos, se puede observar en la **Tabla 5**, que entre los lotes no hay diferencias significativas (p> 0,05) en relación a los parámetros de humedad, grasa y cenizas. Mientras que estadísticamente se determinaron diferencias de la fracción proteica (p< 0,05) del lote I con respecto a los lotes II y III. Por otra parte, en la suma de humedad, proteína, grasa y cenizas, se obtuvieron valores muy

cercanos al 100%, lo cual demuestra que los errores experimentales deben haber sido poco significativos. De la comparación de estos resultados con los reportados por otros autores (**Tabla 6**), se puede señalar lo siguiente: los valores obtenidos para los tres lotes son similares a los determinados por otros autores, en esta misma especie y con capturas en tres épocas de año. Delgado y col., (2001) reportaron rangos de: humedad de 72,5 a 76,9%, proteínas 18,1 a 20,4%, grasa 1,4 a 4,3% y cenizas 1,5% a 1,7%. Valls y Paredes, (2010) por su parte, reportaron: humedad 74,9 a 75,7%, proteínas 16,9 a 20,0%, grasa 1,8 a 5,3% y cenizas 1,5 a 1,6%. A pesar de encontrarse en un rango similar las composiciones proximales para la misma especie en distintas épocas del año, siempre se determinarán diferencias por los factores ya mencionados. En general se puede afirmar que los rangos de composición proximal que se pueden obtener en sardinas son de humedad 57-78%, proteínas 17-21% y grasa 1-21%; estos valores señalan que la grasa es el parámetro que puede variar más, razón por la cual este índice es de suma importancia para la caracterización de la materia prima (Huss, 1998).

1.5. Análisis proximal de sardina cocida (hervida, plancha, microonda y horno eléctrico)

Una vez que es capturado el pescado, en función de su naturaleza, destino o propósito final, siguen diversas etapas de procesamiento que inevitablemente modificarán sus características iniciales. Desde los tratamientos que pueden darse en la simplicidad de un hogar o hasta la complejidad de una empresa, que manufactura por ejemplo sardinas enlatadas, se pueden emplear procesos térmicos que inciden en la composición y calidad de los distintos nutrientes; estas variaciones deben conocerse y tomarse en cuenta para evaluar su efecto en el producto procesado. A nivel nutricional es importante, ya que generalmente no se elaboran tablas que reporten la composición de alimentos cocidos, para la elaboración de dietas (Diez, 2008).

En la **Tabla 7**, se muestra el análisis proximal de los tronquitos de sardina crudos y cocidos (hervido, plancha, microonda y horno eléctrico) en base húmeda y seca. Los resultados indican una disminución del contenido de humedad en todas las muestras cocidas con respecto a la cruda; esto es debido a la pérdida de agua, producto de los procesos térmicos, lo que ocasiona un aumento del contenido de proteína, grasa y cenizas en relación a la muestra cruda.

Tabla 7. Análisis proximal de los tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*) crudos y cocidos (hervido, plancha, microonda y horno eléctrico), lotes I, II y III.

Análisis Proximal	Porcentaje (%) ± Desviación estándar				
	Cruda	Hervida	Plancha	Microonda	Horno eléctrico
Lote I					
Humedad	75,54±0,38	70,36±0,18	64,47±0,67	67,43±0,13	67,96±0,17
Proteína	18,89±0,28	22,99±0,06	28,89±0,88	25,20±0,17	26,39±0,12
Grasa cruda	2,98±0,04	3,93±0,13	3,34±0,09	4,66±0,02	2,81±0,04
Cenizas	2,58±0,36	2,73±0,17	3,27±0,04	2,71±0,15	2,83±0,32
Total	100±1,07	100±0,54	100±1,47	100±0,47	100±0,65
Lote II					
Humedad	73,26±0,25	70,04±0,64	64,96±0,47	65,70±0,39	64,66±0,74
Proteína	20,97±0,03	22,63±0,48	27,24±0,08	26,47±0,47	27,25±0,41
Grasa cruda	3,87±0,24	4,99±0,20	5,07±0,19	5,17±0,32	5,34±0,31
Cenizas	1,90±0,18	2,33±0,18	2,73±0,43	2,66±0,17	2,76±0,22
Total	100±0,71	100±1,50	100±1,17	100±1,35	100±1,69
Lote III					
Humedad	73,95±0,15	71,16±0,19	65,72±0,22	66,12±0,27	65,13±0,36
Proteína	20,65±0,40	22,43±0,21	27,52±0,26	27,24±0,13	28,08±0,29
Grasa cruda	3,56±0,28	3,69±0,25	3,84±0,55	4,04±0,29	3,94±0,03
Cenizas	1,83±0,08	2,72±0,07	2,91±0,08	2,60±0,06	2,85±0,11
Total	100±0,92	100±0,73	100±1,11	100±0,76	100±0,79
Base seca					
Lote I					
Proteína	77,26±1,26	77,56±0,59	81,38±0,45	77,39±0,48	82,39±0,78
Grasa	12,20±0,33	13,24±0,37	9,41±0,34	14,29±0,10	8,78±0,17
Cenizas	10,55±1,35	9,19±0,54	9,21±0,13	8,32±0,44	8,83±0,95
Total	100±2,95	100±1,50	100±0,92	100±1,01	100±1,91
Lote II					
Proteína.	78,42±0,71	75,55±0,53	77,75±1,20	77,18±1,24	77,11±0,61
Grasa.	14,49±0,82	16,67±0,32	14,47±0,41	15,06±0,91	15,10±0,76
Cenizas.	7,10±0,65	7,78±0,64	7,78±1,14	7,76±0,43	7,79±0,52
Total.	100±2,19	100±1,49	100±2,76	100±2,58	100±1,89
Lote III					
Proteína	79,29±1,22	77,78±0,99	80,30±1,24	80,40±0,76	80,52±0,07
Grasa	13,67±1,11	12,79±0,82	11,20±1,53	11,93±0,76	11,31±0,21
Cenizas	7,04±0,36	9,43±0,20	8,50±0,30	7,68±0,20	8,17±0,23
Total	100±2,68	100±2,00	100±3,06	100±1,72	100±0,51

1.5.1. Cambios en la humedad

Las especies marinas contienen un alto porcentaje de agua, que depende de la especie y de la época del año. A medida que el pescado tiene más edad el agua se reduce, y generalmente es más rico en grasa; también producto del desove los peces son más delgados y presentan un mayor contenido de agua, por lo que es menor la cantidad de grasa y proteínas (Rodríguez, 2004). En la bibliografía relacionada con el área de productos pesqueros, es muy frecuente hallar reportes del contenido de humedad en peces capturados, pero la cantidad de trabajos en los cuales se valora la variación de la humedad, por efecto de procesos térmicos es menor. Por lo tanto, es de interés en el presente trabajo el evaluar este parámetro y sus posibles cambios como resultado de los tratamientos térmicos.

En la **Tabla 8** se muestran los porcentajes de humedad para los tres lotes y los tratamientos, el análisis de varianza indica que se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para ambas variables (lotes y tratamiento). La muestra hervida tiene la menor pérdida del contenido de humedad en relación a cruda, esto puede ser ocasionado por el medio de cocción (bolsa hermética), que no provocó mayor concentración de ninguno de los otros componentes ni pérdida de los mismos (Fennema, O, 1982). De los tratamientos térmicos, el que disminuye más la humedad es a la plancha, y esta puede explicarse por la intensa deshidratación que ocurre en el interior del músculo debido a la elevación de la temperatura (Allara y col., 2001). Valores similares han reportado García-Arias y col., (2003a)

quienes evaluaron filetes de sardina (*Sardinella pilchardus*) cocida-congelada - recalentada en horno convencional, a la parrilla y fritas, encontrándose las mayores pérdidas en la frita, seguida de a la plancha y luego el tratamiento en el horno, sugiriendo que estas modificaciones parecen estar relacionadas con la velocidad del cambio de temperatura de los alimentos y con la temperatura mayor del tratamiento a la parrilla con respecto al horno eléctrico. Mientras que en microondas, es el tercer tratamiento que ocasionó más pérdida de agua, la disminución se produce por la interacción de las ondas electromagnéticas con las moléculas de agua, que generan calor por la fricción molecular (Cervera y col., 1993).

Tabla 8. Variaciones en el contenido de humedad en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos.

Lotes	Humedad (%)					Promedio
	Cruda	Hervida	Plancha	Microonda	Horno eléctrico	
I	75,54 (0,38)	70,36 (0,18)	64,47 (0,67)	67,43 (0,13)	67,96 (0,17)	69,15 ^a
II	73,26 (0,25)	70,04 (0,64)	64,96 (0,47)	65,70 (0,39)	64,66 (0,74)	67,72 ^b
III	73,95 (0,15)	71,16 (0,19)	65,72 (0,22)	66,12 (0,27)	65,13 (0,36)	68,42 ^c
Promedio	74,25 ^a	70,52 ^b	65,05 ^c	66,41 ^d	66,92 ^e	

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

Última columna con superíndice diferentes en un mismo parámetro implica que hay diferencias significativas en el lote, (p<0,05).

Última fila con superíndice diferentes en un mismo parámetro implica que hay diferencias significativas entre tratamiento térmico, (p<0,05).

1.5.2. Cambios en las proteínas

El pescado, junto con la carne de res y de pollo, está clasificado en la categoría de los alimentos que contienen mayor cantidad de proteína animal y de alto valor nutritivo, por lo tanto resulta importante evaluar los efectos que pueden causar los tratamientos térmicos en el contenido de las proteínas. Se puede señalar que el calor coagula las proteínas y reduce el contenido de humedad; la aplicación de altas temperaturas provoca por lo tanto, la deshidratación del músculo, concentrando a su vez la fracción proteica (Moreiras y col., 1998 y Garcia-Arias y col., 2003a).

En la **Tabla 9**, se muestran los resultados de proteínas para los diferentes tratamientos térmicos. En base húmeda se determinaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos y los lotes. El valor más alto de este parámetro se obtuvo con el método a la plancha (27,89%) al compararlo con crudo (20,17%). Como se mencionó previamente en la discusión de la humedad, este tratamiento (plancha) reportó las mayores pérdidas de este parámetro, generando un incremento en los otros componentes. Los menores valores corresponden a hervida (22,68%) y microonda (26,31%). Este aumento en relación a crudo podría explicarse por el efecto del calor, que produce la deshidratación de la carne y la concentración de sus constituyentes (Allara y col., 2001; y García-Arias y col., 2003a). En base seca, los mayores valores los tiene horno eléctrico (80,01%) y plancha (79,81%), para la muestra hervida (76,96%) los valores son inferiores con respecto a la crudo (78,32%), efecto ocasionado por el paso de algunas de las

fracciones de proteínas solubles o sarcoplasmáticas al líquido que exuda la muestra durante el proceso térmico (García-Arias y col., 2003a). Para el efecto lotes y en base húmeda, los valores obtenidos desde un punto de vista práctico son bastantes similares, mientras que en base seca se observan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para el lote II.

Tabla 9. Variaciones en el contenido de proteína en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos.

Lotes	Proteína (%)					Promedio
	Cruda	Hervida	Plancha	Microonda	Horno eléctrico	
I	18,89 (0,28)	22,99 (0,06)	28,89 (0,88)	25,20 (0,17)	26,39 (0,12)	24,48 ^a
II	20,97 (0,03)	22,63 (0,48)	27,24 (0,08)	26,47 (0,47)	27,25 (0,41)	24,91 ^b
III	20,65 (0,40)	22,43 (0,21)	27,52 (0,26)	27,24 (0,13)	28,08 (0,29)	25,18 ^c
Promedio	20,17 ^a	22,68 ^b	27,89 ^c	26,31 ^d	27,24 ^e	
Base seca						
I	77,26 (1,26)	77,56 (0,59)	81,38 (0,45)	77,39 (0,48)	82,39 (0,78)	79,20 ^a
II	78,42 (0,71)	75,55 (0,53)	77,75 (1,20)	77,18 (1,24)	77,11 (0,61)	77,20 ^b
III	79,29 (1,22)	77,78 (0,99)	80,30 (1,24)	80,40 (0,76)	80,52 (0,07)	79,66 ^a
Promedio	78,32 ^a	76,96 ^b	79,81 ^c	78,32 ^a	80,01 ^c	

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

Última columna con superíndice diferentes en un mismo parámetro implica que hay diferencias significativas en el lote, ($p < 0,05$).

Última fila con superíndice diferentes en un mismo parámetro implica que hay diferencias significativas entre tratamiento térmico, ($p < 0,05$).

1.5.3. Cambios en la grasa

La humedad, junto con las proteínas, son los constituyentes principales de los pescados, sin embargo la composición de la grasa de las sardinas puede tener fuertes variaciones, que pueden inclusive variar entre rangos muy amplios como de 1 hasta 21% ó 24 (Rodríguez, 2004), dependiendo de la estacionalidad,

disponibilidad de alimento, e inclusive asociado a factores específicos de esta especie como son su alta movilidad, etc. De acuerdo al tratamiento térmico al que sean sometidas las sardinas se observarán incrementos o disminuciones del contenido de lípidos.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo se muestran la **Tabla 10**, y se puede observar que el contenido en las muestras crudas de los tres lotes no presentó tantas fluctuaciones y se encuentran dentro de los valores reportados por otros autores (Delgado y col., 2001; Valls y Paredes, 2010), mientras que las sardinas cocidas presentaron un ligero incremento en relación a la cruda, producto de la deshidratación (perdida de humedad). El efecto de la cocción hace que los demás componentes se concentren, siendo mayor en el tratamiento en microonda (4,62%), mientras que para el resto de los tratamientos: hervida (4,20%), plancha (4,08%) y horno eléctrico (4,03%), no se observan diferencias significativas ($p>0,05$) entre sí. Un comportamiento similar se observó en las muestras en base seca, donde hervida (14,24%) y microondas (13,71%) son ambas mayores a cruda (13,45%), mientras plancha (11,69%) y horno eléctrico (11,73%) se mantienen como las menores, reportándose diferencias significativas entre estos dos tratamientos con relación a cruda, hervida y microonda.

Investigadores como García-Arias y col., (2003b), trabajaron con filetes de sardina y plantearon que esta disminución en a la plancha y horno eléctrico, es ocasionada por la deshidratación periférica y la pérdida de grasa por el goteo. Aunque los peces no tienen tejido adiposo, el exceso de grasa en peces grasos es almacenado como triglicéridos periféricos en los músculos (Sargent, 1997), un

hecho que podría favorecer la pérdida de grasa cuando se aplica al pescado altas temperatura por horneado o a la plancha. Estos resultados concuerdan con los de (Gall y col., 1983) que trabajaron con caballa (graso) asado a la parrilla. Para el efecto lote se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$), al igual que reportan otros autores, el contenido agua-grasa en las muestras de pescados grasos o semigrasos como la sardina va a depender de la época de captura, alimentación, estado fisiológico etc (Valera y col., 1990).

Tabla 10. Variaciones en el contenido de grasa en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos.

Lotes	Grasa (%)					Promedio
	Cruda	Hervida	Plancha	Microonda	Horno eléctrico	
I	2,98 (0,04)	3,93 (0,13)	3,34 (0,09)	4,66 (0,02)	2,81 (0,04)	3,54 ^a
II	3,87 (0,24)	4,99 (0,20)	5,07 (0,19)	5,17 (0,32)	5,34 (0,31)	4,89 ^b
III	3,56 (0,28)	3,69 (0,25)	3,84 (0,55)	4,04 (0,29)	3,94 (0,03)	3,81 ^c
Promedio	3,47 ^a	4,20 ^b	4,08 ^b	4,62 ^c	4,03 ^b	
Base seca						
I	12,20 (0,33)	13,24 (0,37)	9,41 (0,34)	14,29 (0,10)	8,78 (0,17)	11,59 ^a
II	14,49 (0,82)	16,67 (0,32)	14,47 (0,41)	15,06 (0,91)	15,10 (0,76)	15,17 ^b
III	13,67 (1,11)	12,79 (0,82)	11,20 (1,53)	11,93 (0,76)	11,31 (0,21)	12,18 ^a
Promedio	13,45 ^a	14,24 ^b	11,69 ^c	13,71 ^{ab}	11,73 ^c	

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

Última columna con superíndice diferentes en un mismo parámetro implica que hay diferencias significativas en el lote ($p < 0,05$).

Última fila con superíndice diferentes en un mismo parámetro implica que hay diferencias significativas entre tratamiento térmico ($p < 0,05$).

1.5.4. Cambios en las cenizas

Las cenizas de los productos alimentarios están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha incinerado. En el caso del pescado es útil para la determinación de los minerales, ya que por el medio donde viven tienen a su disposición una gran cantidad de estos, siendo los más importantes calcio, hierro, fósforo y magnesio. Adicionalmente hoy en día es creciente el interés por conocer los niveles de metales pesados, especialmente de posibles contaminantes como mercurio, cadmio y plomo.

El contenido de cenizas de los tronquitos de sardinas cruda y cocida se muestran en la **Tabla 11**, para los tronquitos crudos se determinó un promedio de 2,10%, valores similares a los reportados por otros autores como se explicó anteriormente (Delgado y col., 2001; Valls y Paredes, 2010). Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) por efecto del método de cocción siendo el mayor valor en a la plancha (2,97%), sin embargo este incremento, como se ha explicado, es producto de la deshidratación que sufre el producto. Estos resultados coinciden con los de carne de atún hervida, frita y microondas de (Izquierdo y col., 2001). En otros trabajos realizados por García-Arias y col., 2003b, con sardinas a la parrilla tampoco se observaron diferencias significativas con relación a la muestra cruda. Los mayores cambios están relacionados con el factor lote en la muestra seca, producto posiblemente del momento en que se realizó la captura.

Tabla 11. Variaciones en el contenido de cenizas en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos.

Lotes	Cenizas (%)					Promedio
	Cruda	Hervida	Plancha	Microonda	Horno eléctrico	
I	2,58 (0,36)	2,73 (0,17)	3,27 (0,04)	2,71 (0,15)	2,83 (0,32)	2,82 ^a
II	1,90 (0,18)	2,33 (0,18)	2,73 (0,43)	2,66 (0,17)	2,76 (0,22)	2,47 ^b
III	1,83 (0,08)	2,72 (0,07)	2,91 (0,08)	2,60 (0,06)	2,85 (0,11)	2,58 ^b
Promedio	2,10 ^a	2,59 ^b	2,97 ^c	2,68 ^{bd}	2,81 ^{cd}	
Base seca						
I	10,55 (1,35)	9,19 (0,54)	9,21 (0,13)	8,32 (0,44)	8,83 (0,95)	9,22 ^a
II	7,10 (0,65)	7,78 (0,64)	7,78 (1,14)	7,76 (0,43)	7,79 (0,52)	7,64 ^c
III	7,04 (0,36)	9,43 (0,20)	8,50 (0,30)	7,68 (0,20)	8,17 (0,23)	8,16 ^b
Promedio	8,23 ^a	8,80 ^{ab}	8,50 ^a	7,92 ^{ab}	8,26 ^a	

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

Última columna con superíndice diferentes en un mismo parámetro implica que hay diferencias significativas en el lote ($p < 0,05$).

Última fila con superíndice diferentes en un mismo parámetro implica que hay diferencias significativas entre tratamiento térmico ($p < 0,05$).

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS TRONQUITOS DE SARDINA CRUDOS Y EN LOS DIFERENTES PROCESOS TÉRMICOS, PARA LOS TRES LOTES

Una vez que el pez muere, comienzan a desarrollarse una serie de alteraciones en el tejido, debido a procesos de degradación que se aceleran por la acción de enzimas endógenas y microorganismos (Cheftel y Cheftel., 1976). Hay muchas razones para la rápida alteración del pescado, como son: mayor contenido de agua, presencia de ácidos grasos insaturados, que son más fácilmente oxidables y por tanto degradables, tejido proteico “más simple” (en relación a la carne de res y pollo) y por lo tanto hay una menor protección frente a la oxidación y la penetración microbiana (Coenders, 1996). Es por ello que se aplican métodos de conservación (refrigeración, pasteurización, congelación, enlatado, deshidratación, secado, salado, etc) para aumentar la vida útil del pescado y sus productos (Salazar, 1994).

Sin embargo, los pescados mayoritariamente se consumen cocidos (hervidos, fritos, horneados, a la parrilla, en microonda, etc), esto provoca alteraciones físicas y químicas que pueden mejorar o disminuir su valor nutricional, ocasionadas por cambios tales como: la digestibilidad se incrementa debido a la desnaturalización de las proteínas, pero el contenido de compuestos termolábiles, vitaminas, grasas o ácidos grasos poliinsaturados se reduce a menudo (Finot, 1997; citado por García-Arias y col., 2003a). La cocción induce a la pérdida de agua en los alimentos, que a su vez aumenta el contenido de proteínas y lípidos en la mayoría de los casos y sólo un poco de grasa se pierde en el caso del pescado graso. A continuación se muestran las evaluaciones

físicoquímicas realizadas en el presente trabajo a los tres lotes de tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), a la materia prima (cruda), y en los cuatro procesos térmicos evaluados: hervido, plancha, microonda y horno eléctrico.

2.1. pH

En el pescado después de su muerte, las enzimas intrínsecas presentes en el tejido muscular causan una hidrólisis del glucógeno formando ácido láctico, lo cual ocasiona una caída del pH desde aproximadamente 7 a un valor entre 6,0-6,8 (González, 2001). Las fluctuaciones en los niveles de este parámetro pueden indicar el nivel de deterioro del músculo y afectan por lo tanto la estabilidad de las proteínas miofibrilares, componente principal del músculo del pescado, generalmente ocasionando un reblandecimiento muscular (Ayala, 1994).

Los valores de pH iniciales varían según la especie, el área de pesca y la época del año, reserva de glucógeno del músculo al momento de la muerte, la capacidad amortiguadora de las proteínas musculares y el tratamiento dado al pez antes de la muerte, incluyendo el método de captura (Kingland y Arocha, 1996).

En el caso de las sardinas, el pH disminuye rápidamente debido a que poseen un alto metabolismo (Watabe y col., 1989) .La disminución de la concentración de oxígeno dentro de las células ocasiona que se originen procesos catabólicos, como la descomposición de glucógeno, con la producción de ácido láctico, el cual generalmente torna el pH más ácido (Valls y col, 2004)

En la **Tabla 12** se observan los valores de pH para los tres lotes. En todas las experiencias la muestra cruda presentó un pH ligeramente menor en relación a los tratamientos térmicos, al respecto se obtuvieron valores de: 5,97(I); 6,02(II) y 6,41(III), mientras que para las muestras cocidas se cuantificaron entre 6,00-6,06(I), 6,02-6,15(II) y 6,47-6,53(III). No hubo diferencias significativas en el pH entre tratamientos térmicos, pero sí se observaron diferencias significativas entre los lotes y entre la cruda versus los tratamientos térmicos ($p < 0,05$).

Resultados similares se obtienen al comparar el pH de los lotes I y II del presente trabajo, con los obtenidos por investigadores como Valls y Paredes, (2010), los cuales han reportado valores de pH similares (5,94-5,96), también para tronquitos de sardina en esta misma especie (*Sardinella aurita*), y capturada en los meses de mayo, junio y julio. Sin embargo, para el lote III se obtuvo un valor más alto de 6,48. Esto puede ser ocasionado según Pacheco-Aguilar y col, (2000) por influencia de la zona de pesca, alimentación de los peces, temperatura de almacenamiento y capacidad de amortiguación. En otros trabajos, pero con otra especie (*Sardinella gibbosa*), realizados por Chaijan y col, (2005) se cuantificaron valores de pH para la muestra fresca de 6,5.

Los valores de pH en las sardinas cocidas tuvieron un ligero incremento con respecto a las crudas. Estos cambios han sido reportados por Márquez y col., (2006), en atún en conservas, atribuyéndole este aumento del pH a factores como: tiempo antes de someter a la muestra al proceso de cocción y a las temperaturas no controladas durante el almacenamiento del producto enlatado, sin embargo los resultados de los valores de pH de la muestra fresca son similares a los

reportados por otros autores, mientras que en las muestras cocidas solo presenta un ligero incremento, que no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$).

Tabla 12. Valores de pH en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.

Tratamiento	pH			Promedio
	Lote I	Lote II	Lote III	
Cruda	5,97±0,03	6,02±0,02	6,41±0,06	6,13 ^a
Hervida	6,06±0,04	6,08±0,03	6,53±0,04	6,23 ^b
Plancha	6,00±0,03	6,15±0,02	6,48±0,02	6,21 ^b
Microonda	6,02±0,04	6,09±0,01	6,50±0,01	6,20 ^b
Horno eléctrico	6,03±0,04	6,09±0,02	6,47±0,01	6,20 ^b
Promedio	6,02 ^a	6,08 ^b	6,48 ^c	

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

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

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

2.2. Proteínas Solubles en Solución Salina (SPs) y Líquido Exprimible (LE)

La solubilidad de las proteínas en soluciones salinas (SPs) y líquido exprimible (LE) son los métodos más aceptados y empleados para establecer el grado de desnaturalización de las mismas en el pescado (Tanaka, 1992; Tejada y col., 1996). La disminución de la calidad del pescado se debe particularmente a la pérdida de la estructura nativa de la fracción proteica miofibrilar y está relacionada a su vez con el deterioro de ciertas características, entre estas: sabor, olor, color, textura, opacidad, textura gomosa, jugosidad, succulencia y pérdida en la retención de agua (Shenouda, 1980). Al respecto, Cheftel y Cheftel, (1976), señalan que 97

% del tejido muscular está constituido por proteínas solubles en solución salina, y éstas a su vez contienen entre un 65-70 % de miofibrilares (miosina y actina), responsables de la retención del agua en el tejido muscular, y susceptibles a la desnaturalización durante la cocción y almacenamiento. La misma ha sido definida como un cambio en su estructura, que lleva a la pérdida de sus propiedades funcionales, entre ellas la solubilidad.

En la **Tabla 13**, se muestran los valores de SPs obtenidos en el presente trabajo; se puede señalar que se determinaron diferencias significativas ($p < 0,05$), entre el lote I, con respecto a los II y III, así como también diferencias entre la muestra cruda y los tratamiento ($p < 0,05$). Los resultados de PSs, muestran una disminución entre los valores crudos y los cocidos, lo cual señala que parte de la fracción de las proteínas son afectadas por el tratamiento térmico, disminuyendo por lo tanto su solubilidad. Las PSs disminuyeron desde 61,88-66,27 (%PS/PT) en las crudas hasta 27,15-35,48 (%PS/PT) en las cocidas, siendo más marcado en microonda, donde el valor promedio disminuyó hasta 27,15 (%PS/PT).

Otros estudios realizados por Valls y col., (2006), en los cuales se evaluaron SPs, a filetes crudos elaborados con esta misma especie, reportaron valores similares de 66,6 (%PS/PT) a los evaluados en el presente trabajo, a la materia prima. Un producto crudo con una baja solubilidad proteica presenta una textura más seca y menos jugosa, con menor retención de líquido al momento de someter el producto a un procesamiento térmico como la cocción (Watabe, 1992). Sin embargo, según De Berardinis, (2011), se pueden determinar diferencias entre lotes por diversos factores intrínsecos (sexo, tamaño, edad y nutrición del

individuo), factores extrínsecos (zona y época de captura), así como también hay que evaluar bien, las condiciones de extracción utilizadas en los análisis de proteínas solubles en solución salina, ya que pueden ser distintas entre diferentes trabajos.

Tabla 13. Proteína soluble en solución salina (%PS/PT), en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.

Tratamiento	Proteína soluble en solución salina (%PS/PT)			
	Lote I	Lote II	Lote III	Promedio
Cruda	66,27±2,30	65,58±2,93	61,88±8,80	64,58 ^a
Hervida	35,02±2,14	26,35±3,61	27,35±10,43	29,57 ^b
Plancha	32,65±3,22	27,42±1,90	31,89±3,30	30,66 ^b
Microonda	34,38±3,75	24,61±2,34	22,46±6,44	27,15 ^b
Horno eléctrico	43,59±5,39	35,92±3,38	26,92±1,82	35,48 ^c
Promedio	42,38 ^a	35,98 ^b	34,10 ^b	

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

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

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

Otro índice que cuantifica los cambios de la calidad en las proteínas es la cantidad de líquido exprimible (LE). El tejido muscular tiene una cierta proporción de agua, que se encuentra o bien en forma libre, parcialmente ligada o fuertemente unida a las proteínas. Cuando se aplica una fuerza sobre este tejido se producirá la eliminación de una cierta cantidad de agua. Una metodología que se ha desarrollado, basada en esta propiedad del tejido muscular, es el porcentaje de LE (Huss, 1998).

Los resultados obtenidos de LE se muestran en la **Tabla 14**, para crudas en general y, desde un punto de vista práctico, se puede señalar que no se observan diferencias con resultados para cada lote de: 9,74 (I); 8,30(II) y 8,55%(III), estos valores son más bajos a los reportados en sardinas (*Sardinella aurita*) por Valls y col., (2004) de. 12,6% y Valls y Paredes, (2010) entre: 16,4 a 18,5%. Huss (1998), señala que la capacidad de retención de agua varía con las condiciones físicas del pescado, o estado de maduración sexual, desove, etc. Sin embargo estos valores señalan que existe una integridad del tejido muscular, debido a que las proteínas tienen una buena retención de agua.

Con relación a las cocidas se puede observar, en general, una tendencia a valores más altos en el LE de las muestras cocidas en relación a la cruda. Estadísticamente se determinaron solamente diferencias significativas ($p < 0,05$), entre cruda y horno eléctrico, mientras que para el efecto lotes las diferencias se cuantificaron solamente entre en primero y tercero ($p < 0,05$). En esta experiencia aumentó el LE después de la cocción, a excepción de microondas donde el valor de LE disminuyó en comparación con la muestra cruda. Se esperaba un comportamiento similar de incremento de LE en todas las muestras cocidas, ya que las proteínas perdieron parte de su capacidad de retención de agua, debido a los fenómenos de agregación o pérdida de solubilidad de la actomiosina, y a cambios en la estructura celular del músculo durante el tratamiento térmico, (Valls y col., 2004).

Tabla 14. Líquido exprimible (%) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.

Tratamiento	Líquido exprimible (%)			
	Lote I	Lote II	Lote III	Promedio
Cruda	9,74±0,11	8,30±1,62	8,55±0,44	8,86 ^a
Hervida	8,79±0,64	9,39±3,03	6,94±0,38	8,37 ^{ab}
Plancha	9,40±0,38	11,40±0,63	8,58±0,49	9,79 ^{ac}
Microonda	8,82±0,08	6,92±1,24	7,79±0,18	7,84 ^{ab}
Horno eléctrico	10,39±1,56	10,31±2,04	9,93±1,02	10,21 ^c
Promedio	9,43 ^a	9,26 ^{ab}	8,36 ^b	

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

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

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

2.3. Actividad Autolítica

La velocidad de las enzimas aumenta con la temperatura, pero sólo en el intervalo en que la enzima es estable y en la cual retiene su capacidad catalítica; en casos extremos, cuando se incrementa la temperatura, se produce su desnaturalización (Badui, 1999). Por esto la evaluación de los parámetros autolíticos no es usualmente analizada en tratamientos térmicos (congelación, cocción), ya que estos índices son producto de reacciones intrínsecas que dependen de la temperatura. Sin embargo (González y col, 2002) estudiaron muestras de tronquitos de sardinas, que si bien estaban congelados, determinaron que este tipo de reacción, dado su carácter enzimático, es disminuido a bajas temperaturas mas no totalmente durante el tiempo del estudio, en el cual se produjo un aumento de la misma, concluyendo que no son completamente inhibidas. En la bibliografía consultada no se encontraron trabajos en los cuales se

evalúe este parámetro en muestras cocidas, de ahí el interés en realizarlo en la presente experiencia.

En la **Tabla 15** se muestran los valores de actividad autolítica para la muestra cruda, con valores de: 0,37, 0,29 y 0,88 mmol lisina%. para los lotes I, II y III respectivamente. González y col., (2002) reportaron valores similares a los obtenidos en lote I y II para las sardinas frescas 0,36 mmol lisina%, sin embargo este parámetro va a depender de las condiciones intrínsecas y extrínsecas de la especie, además de las condiciones de captura.

Klomklao y col., 2008 evaluaron la actividad autolítica de la sardina (*Sardinops melanostictus*), indicando que esta depende exclusivamente del pH y la temperatura. La autólisis de esta especie de sardina aumentó notablemente entre 30-60°C, encontrándose en este último valor su pico más alto, para luego empezar la inactivación a temperaturas mayores a esta. Mientras que para pH de 3,5 y también de 9,0 la actividad era mayor, observándose una menor autólisis en el rango de pH 5,5-6.

Por lo anteriormente expuesto, los valores de los tratamientos térmicos son bajos (0,27-0,29 mmol de lisina%) con relación a la muestra cruda y sin diferencias significativas entre los tratamientos térmicos en base húmeda ($p > 0,05$). El lote III es el que presenta los mayores valores de AA (0,46 mmol de lisina%) y entre los tratamientos térmicos (0,27-0,37 mmol de lisina%) se observó una disminución con relación a la muestra cruda (0,51 mmol de lisina%). El análisis estadístico mostró una interacción significativa del factor lote ($p < 0,05$), tanto en base húmeda

como seca, indicando que la época y el tipo de captura pueden influir en la condición enzimática del pescado.

Los resultados obtenidos en base seca presentan un incremento (al eliminar el contenido de agua), pero los mismos tienen una tendencia similar al de base húmeda, es decir, hay diferencias significativas entre los lotes y entre las muestras cocidas ($p < 0,05$), con respecto a cruda. La muestra hervida presenta una mayor AA: 0,94 mmol lisina%, y horno eléctrico el menor valor: 0,89 mmol lisina%.

Tabla 15. Actividad autolítica (mmol lisina%) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.

Tratamiento	Actividad autolítica (mmol lisina%)			
	Lote I	Lote II	Lote III	Promedio
Cruda	0,37±0,04	0,29±0,01	0,88±0,03	0,51 ^a
Hervida	0,21±0,02	0,21±0,01	0,40±0,03	0,27 ^b
Plancha	0,26±0,01	0,23±0,01	0,39±0,04	0,29 ^b
Microonda	0,26±0,04	0,24±0,01	0,33±0,03	0,27 ^b
Horno eléctrico	0,29±0,07	0,21±0,01	0,30±0,03	0,27 ^b
Promedio	0,28 ^a	0,24 ^b	0,46 ^c	
Base seca				
Cruda	1,49±0,11	1,09±0,06	3,37±0,16	1,98 ^a
Hervida	0,71±0,05	0,71±0,04	1,40±0,10	0,94 ^b
Plancha	0,74±0,02	0,67±0,03	1,13±0,13	0,84 ^b
Microonda	0,78±0,11	0,62±0,01	1,19±0,08	0,86 ^b
Horno eléctrico	0,89±0,23	0,67±0,02	1,11±0,12	0,89 ^b
Promedio	0,92 ^a	0,75 ^b	1,64 ^c	

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

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

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

2.4. Índice de TBA

Los productos marinos se caracterizan por presentar en su contenido grasos lípidos con un alto grado de insaturación (poliinsaturados), que los hace muy susceptibles a la autooxidación, la cual se detecta por la presencia de rancidez en el producto. Este tipo de deterioro químico dependerá del contenido de grasa de la especie, así como de su perfil de ácidos grasos, temperatura y condiciones a las cuales está sometido el ejemplar (Delgado, 1999). La oxidación de los lípidos es un factor limitante en el almacenamiento en congelación, particularmente en pescados grasos. Ahora bien, el proceso de cocción antes de la congelación puede retardar los cambios deteriorativos y sensoriales que toman lugar en estos productos. Según autores como Badui (1999) y Charley (2006), el calor inhibiría la acción de las lipasas, que son uno de los factores que pueden iniciar las reacciones autoxidativas de los ácidos grasos.

Para evaluar el grado de oxidación de las muestras se utilizó el índice del ácido tiobarbitúrico (TBA), el cual reacciona principalmente con aldehídos que pueden originarse como subproductos de la oxidación de los lípidos. La metodología se basa en la reacción del aldehído malonaldehído con el ácido tiobarbitúrico, originando un complejo coloreado rosado o rojo cuya intensidad es directamente proporcional al grado de rancidez de la fracción lipídica (Paredes, 2008).

Los resultados de TBA se expresan como mg de malonaldehído/Kg de muestra, lo cual equivale a ppm de malonaldehído. Los resultados en la presente

experiencia se pueden observar en la **Tabla 16.**, se puede señalar que en la sardina cruda se cuantificó un contenido de TBA de 0,69; 0,37 y 0,99 ppm, respectivamente para los lotes I, II y III, sin diferencias significativas para los lotes y en base húmeda ($p>0,05$). En trabajos de esta misma especie, Delgado, (1999) obtuvo valores entre 0,11 y 0,04 ppm, para sardinas (*Sardinella aurita*) enteras y evisceradas; estos resultados son menores a los obtenidos en esta investigación, pero ellos pueden depender del grado de oxidación de la fracción lipídica del producto pesquero. Para los tratamientos térmicos en base húmeda, se cuantificó un aumento en el contenido de malonaldehído, con diferencias significativas ($p<0,05$) entre los tratamientos (1,35-1,81ppm) en relación a cruda (0,69 ppm), siendo hervida y microondas las que presentan valores más similares 1,36 y 1,35 ppm, mientras que en horno eléctrico se obtuvo el mayor aumento con 1,81 ppm.

Tabla 16. Rancidez oxidativa (TBA) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.

Tratamiento	TBA (ppm malonaldehido)			Promedio
	Lote I	Lote II	Lote III	
Cruda	0,69±0,05	0,37±0,06	0,99±0,16	0,69 ^a
Hervida	1,20±0,01	1,25±0,09	1,62±0,06	1,36 ^b
Plancha	1,11±0,07	1,50±0,05	1,87 ±0,08	1,50 ^c
Microonda	1,12±0,05	1,27±0,04	1,67±0,03	1,35 ^b
Horno eléctrico	1,58±0,03	1,60±0,06	2,24±0,12	1,81 ^d
Promedio	1,14 ^a	1,20 ^a	1,68 ^a	
Base seca				
Cruda	2,83±0,17	1,39±0,24	3,82±0,61	2,68 ^a
Hervida	4,05±0,03	4,16±0,24	5,63±0,26	4,62 ^b
Plancha	3,11±0,24	4,28±0,19	5,46±0,21	4,28 ^c
Microonda	3,45±0,17	3,70±0,08	4,92±0,14	4,02 ^d
Horno eléctrico	4,92±0,23	4,52±0,25	6,44±0,41	5,29 ^e
Promedio	3,67 ^a	3,61 ^a	5,25 ^b	

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

Última columna con superíndice diferentes en un mismo parámetro implica que hay diferencias significativas entre tratamiento térmico ($p<0,05$). Última fila con superíndice diferentes en un mismo parámetro implica que hay diferencias significativas en el lote ($p<0,05$).

Las muestras en base seca presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre lote III (5,25 ppm) y los otros dos lotes que son similares (3,67(I) y 3,61 (II)), siendo III el que presenta los mayores valores de TBA. Entre los tratamientos todos presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sí; el valor más bajo, de 4,02 ppm, se cuantificó con microondas y el mayor valor, de 5,29 ppm, fue para horno eléctrico.

Este incremento del contenido de malonaldehído en muestras de pescado sometidas a cocción ha sido reportado también en otros trabajos, como los realizados por Weber y col., (2008), los cuales determinaron un aumento en los valores de TBA en filetes de bagre de arroyo (*Rhamdia quelen*) al utilizar como método de cocción el microondas (2 min.) y el horno convencional (250°C x 20 min.), indicando que estos valores de TBA, se debieron probablemente a las altas temperaturas que promueven la peroxidación de los lípidos, incrementando así el malonaldehído. Paredes, (2008) analizó la estabilidad de los lípidos en porciones de pulpa de cachama (*Colossoma macropomum* x *Plaratus brachypomus*) precocidas, almacenadas a -12°C y de las porciones recalentadas después del almacenamiento congelado, observándose un incremento en la oxidación de todas las muestras cocidas (Vapor 2 min., 4 min., y fritura en aceite), siendo mayor el TBA, al aumentar el tiempo de almacenamiento.

La rancidez oxidativa es el deterioro más común de los lípidos y se refiere a la oxidación de los ácidos grasos insaturados, con lo cual se producen alteraciones en el olor, sabor y otros atributos en el pescado que afectan, por

ejemplo, su calidad nutricional y textura. En general, de los resultados obtenidos en el presente trabajo, se observa que aunque el TBA se incrementó en las muestras cocidas, las porciones se pueden considerar un producto en buen estado, debido a que los valores obtenidos son menores a los señalados por ,Sinhuber y Yu (1958) citado por Bello y Gil (1992), quienes consideran que cantidades mayores de 4 ppm, clasifican al producto como de baja calidad en lo que se refiere a rancidez.

2.5. Color

El color de los alimentos en general y de los productos cárnicos y pescados en particular, es un factor determinante para su elección y aceptación por parte del consumidor (Mac Dougall, 1982). En el presente trabajo se determinó esta característica física a través del Sistema "Hunter", el cual se basa en las mediciones de color por medio de un colorímetro, usando una placa estándar para calcular los parámetros "L" (luminosidad claro/oscuro), "a" relación (rojo/verde) y "b" (relación amarillo/azul).

Las mediciones de "L", "a" y "b" en los lotes I, II y III se señalan en la **Tabla 17**, al respecto el parámetro "L" (luminosidad) presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) para todos los lotes. Para las muestras crudas el II fue el que cuantificó un menor valor (40,44) y el I el mayor valor (48,86). En trabajos con esta misma especie, Valls y Paredes, (2010) reportaron un rango de valores de "L": 40,54 a 46,10 similares a los obtenidos en esta investigación. Con relación a la muestra cruda y los tratamientos térmicos, se observó un incremento de los valores "L"

cocidos (51,96-55,90) en relación a cruda (44,04). Como se puede observar en los valores antes mencionados, las cocidas fueron más luminosas (mayor "L") que las crudas, siendo las hervidas las que presentaron el valor más alto de este índice (55,90). Adicionalmente, en horno eléctrico y microonda no se determinaron diferencias significativas ($p > 0,05$) de este parámetro.

En el caso particular de la sardina, ella presenta un alto contenido de músculo oscuro y por ende de mioglobina y hemoglobina, que producen el típico color rojo de su tejido muscular y se puede señalar que la mioglobina, es la principal responsable del color rojo (Kano y col., 1986), la cual puede ser reflejada por la medición del parámetro de color: "a" (relación rojo/verde). Para la muestra cruda, se obtuvieron valores de: 3,47 (I), 3,77 (II) y 2,51 (III), al respecto Valls y Paredes, (2010) cuantificaron valores en el rango de 6,19 a 6,61 y González y col, (2002) de 6,25., que son mayores a los obtenidos. Estos resultados pueden estar influenciados por características típicas de la especie como sexo, edad del animal, estado de nutrición, actividad muscular, disponibilidad de oxígeno, circulación sanguínea, tipo de músculo etc. Para lotes el parámetro "a" no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre II (1,56) y III (1,65) ($p > 0,05$), pero sí con respecto al lote I (3,45) ($p < 0,05$). Los tratamientos térmicos mostraron una disminución de "a" con relación a frescas, determinando diferencias significativas entre estos ($p < 0,05$) y cruda. El valor de "a" para la plancha es el mayor en relación a los otros tratamientos, producto de la formación de color por el proceso térmico. En general no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en hervido y microondas, las cuales muestran los menores

valores de los tratamientos térmicos. Esta disminución es indicativa de la pérdida de los pigmentos rojos de la carne, principalmente por desnaturalización térmica de la mioglobina, la cual no puede retener oxígeno, disminuyendo por ende el color rojo. (Coenders, 1996). Sánchez-Zapata y col., (2008) realizaron un estudio sobre la colorimetría de pescados ahumados y secos salados vendidos en mercados de España, entre los cuales evaluaron sardina salada (*Sardina pilchardus*) y cuantificaron valores de “a” de: 2,28 inferiores a los valores de los productos frescos, resultado de la pérdida de los hemopigmentos presentes en el músculo de la sardina.

En cuanto al parámetro “b” (relación amarillo/azul), se observó que los lotes II y III no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$), siendo mayor el valor obtenido en I (16,63). Las crudas presentaron valores de: 15,75(I); 12,96(II); 12,27(III). Al comparar estos resultados con otros autores, como Valls y Paredes, (2010), que obtuvieron para “b” en sardinas crudas valores en el rango de: 14,21-18,17, los cuales son superiores a los obtenidos en el presente trabajo. En los tratamientos térmicos de cruda (13,66), hervida (14,02) y microonda (13,84) no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$), Mientras que plancha (16,60) y horno eléctrico (15,02) son las muestras con valores más altos inclusive sobre cruda (13,66).

Tabla 17. Color (L, a, b) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.

Tratamiento	Color									Promedio		
	Lote I			Lote II			Lote III					
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Cruda	48,86	3,47	15,75	40,44	3,77	12,96	42,81	2,51	12,27	44,04 ^a	3,25 ^a	13,66 ^a
	(0,57)	(0,03)	(0,18)	(0,16)	(0,22)	(0,18)	(0,68)	(0,34)	(1,09)			
Hervida	54,01	2,82	15,48	57,38	1,01	13,17	56,30	1,05	12,99	55,90 ^b	1,63 ^b	14,02 ^a
	(0,79)	(0,14)	(0,24)	(0,19)	(0,14)	(0,11)	(0,51)	(0,05)	(0,07)			
Plancha	48,00	4,55	19,21	55,47	1,31	14,92	52,42	2,45	15,67	51,96 ^c	2,77 ^c	16,60 ^b
	(0,67)	(0,12)	(0,21)	(0,43)	(0,10)	(0,35)	(0,28)	(0,17)	(0,11)			
Microonda	53,88	3,13	16,47	57,31	0,45	13,10	52,41	0,98	12,84	54,53 ^d	1,52 ^b	13,84 ^a
	(1,63)	(0,24)	(0,32)	(0,8)	(0,12)	(0,20)	(0,56)	(0,10)	(0,17)			
Horno eléctrico	54,93	3,27	16,70	55,98	1,24	14,58	51,94	1,27	13,78	54,28 ^d	1,93 ^d	15,02 ^c
	(0,01)	(0,08)	(0,10)	(0,45)	(0,13)	(0,15)	(0,56)	(0,13)	(0,29)			
Promedio	51,94 ^a	3,45 ^a	16,63 ^a	53,32 ^b	1,56 ^b	13,75 ^b	51,18 ^c	1,65 ^b	13,51 ^b			

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

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

Última columna con superíndice diferentes en un mismo parámetro implica que hay diferencias significativas entre proceso térmico (p<0,05).

2.5. Pigmentos totales

La mayor o menor cantidad de pigmentos hemo presentes en el músculo del pescado va a depender del modo de vida del animal, por lo tanto, especies como la sardina poseen una musculatura roja o de color oscuro, debido al alto contenido de pigmentos hemo, que le sirve de reservorio de oxígeno, para así poder mantener un movimiento rápido y continuo. La cocción genera cambios en la apariencia externa, entre los que se pueden mencionar alteraciones en los pigmentos, los cuales se “debilitan”, haciéndose más mate o perdiendo su brillo; este efecto se incrementa al deshidratarse (Gutiérrez, 1988).

Según Kisia, 1996 citado por Chaijan y col, 2005., la sardina contiene más fibras musculares oscuras, mas mitocondrias, mioglobina, grasa, glucógeno y citocromos que otras especies de pescados de carne blanca, esto presenta importancia desde el punto de vista fisiológico y microbiológico, pero también desde el punto de vista tecnológico, ya que una vez alcanzado el estado de post-mortem, se van a producir una serie de reacciones de oxidación, que afectan las propiedades sensoriales del mismo más rápido que en especies de carne blanca.

En la **Tabla 18** se muestran los pigmentos totales, se puede señalar que para la muestra cruda y en base húmeda, se cuantificó para cada uno de tres lotes valores de: (I) 19,18; (II) 11,72 y (III) 9,48 mg%. Sin embargo estos resultados son más bajos a los reportados por Chaijan y col., (2005), quienes evaluaron los cambios en el color y pigmentos en el músculo de sardina (*Sardinella gibbosa*) durante almacenamiento en hielo y determinaron inicialmente 55,6 y 9,60 mg% en músculo oscuro y ordinario respectivamente. Si bien en el presente estudio se trabajó con tronquitos de sardinas (que incluyeron piel, esqueleto y los dos tipos

de músculos) y no con los músculos por separado, esto hace que los valores sean un poco más bajos al reportado por estos autores, adicionalmente a las características ya mencionadas, como el hecho de ser otra especie, manipulación del producto, etc.

En las muestras cocidas y en base húmeda se obtuvieron diferencias significativas entre hervida, microondas y horno eléctrico con relación a cruda ($p < 0,05$), este resultado indica que posiblemente los pigmentos fueron alterados por fenómenos de oxidación o desnaturalización. Mientras que a la plancha no presentó diferencias significativas en relación a cruda ($p > 0,05$). Por otra parte, en base seca, se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre cruda y todos los tratamientos ($p < 0,05$). En todos los casos (base húmeda y seca) los valores de cruda fueron superiores a los obtenidos en todos los tratamientos.

Estos resultados pueden indicar que realmente no ocurriera un fenómeno de oxidación, sino que productos del proceso de cocción pueden estar interfiriendo en la formación de color, que es cuantificada a la longitud de onda visible empleada en el espectrofotómetro (640nm), como pudiera ser la reacción de maillard. Según Coenders, (1996), el método a la plancha sólo puede emplearse para piezas de carne tiernas y delgadas, de esta manera se evita que su interior no alcance una temperatura adecuada de cocción, mientras que el exterior por exposición inadecuada del calor, pueda llegar a ser afectado por el fenómeno de pirólisis, produciendo un “quemado” no deseable en su superficie. Por lo tanto, la cocción a la plancha debería ser un proceso relativamente lento y a una temperatura controlada, que va a depender de tipo de carne y del tamaño de la misma.

Tabla 18. Pigmentos totales (mg%) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.

Tratamiento	Pigmentos totales (mg%)			
	Lote I	Lote II	Lote III	Promedio
Cruda	19,18±0,14	11,72±6,37	9,48±0,23	13,46 ^a
Hervida	12,90±0,13	6,86±3,71	5,89±1,12	8,55 ^b
Plancha	19,94±0,33	8,46±4,43	12,97±3,39	13,79 ^a
Microonda	10,70±0,21	4,54±1,46	6,31±0,66	7,18 ^{bc}
Horno eléctrico	11,45±0,12	11,82±5,50	7,35±1,48	10,21 ^{bd}
Promedio	14,84 ^a	8,68 ^b	8,40 ^b	
Base seca				
Cruda	78,44±1,74	43,99±24,34	36,41±0,69	54,95 ^a
Hervida	43,53±0,68	22,75±11,87	20,44±3,95	28,91 ^b
Plancha	56,15±1,99	24,26±13,07	37,87±9,98	39,43 ^c
Microonda	32,85±0,69	13,24±4,29	18,64±2,10	21,58 ^b
Horno eléctrico	35,75±0,50	33,39±15,34	21,05±4,05	30,06 ^b
Promedio	49,35 ^a	27,52 ^b	26,88 ^b	

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

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

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

2.6. Mioglobina

Las dos proteínas hemo que confieren color rojo a los productos cárnicos, son la mioglobina y la hemoglobina. La primera está localizada en las fibras musculares rojas, mientras que la segunda está en la sangre, por lo que se pierde más fácilmente durante la manipulación y almacenamiento, en contraste con la mioglobina, la cual es retenida por la estructura muscular intracelular. Por lo tanto, los cambios de color en la carne se deben principalmente a la reacción de la mioglobina con componentes del músculo, especialmente las proteínas miofibrilares (Chaijan y col., 2005).

La manipulación produce en el pescado cambios bioquímicos, químicos, microbiológicos y cambios en la coloración de los mismos. Según (Haard, 1992 citado por Chaijan y col., 2007) la decoloración del atún durante el almacenamiento congelado es causada por la formación de metamioglobina, este fenómeno puede ser influenciado por factores tales como pH, temperatura, fuerza iónica y reacciones que produzcan consumo de oxígeno (Renerre y Labas., 1987). En el caso de la sardina, Chaijan y col., (2007) caracterizó la mioglobina, en el músculo de sardina (*Sardinella gibbosa*) encontrando que esta era más propensa a la oxidación y desnaturalización por encima de los 40° C y a pH muy ácidos o alcalinos, además su espectro de absorción era dependiente de los estados de oxidación de esta proteína.

Los valores obtenidos de mioglobina (**Tabla 19**), por lote para cruda 2,96 (I), 4,08 (II) y 5,26 (III) mg/g de muestra. Estos son similares a los determinados por (Chaijan y col., 2004) los cuales analizaron el contenido de mioglobina en el músculo oscuro y ordinario de (*Sardinella gibbosa*) cruda, reportando valores de 2,18 - 14,27 mg/g de muestra respectivamente, los mismos se encuentran dentro del rango obtenido en la presenta investigación. Estos valores dependen de la especie, raza, sexo y edad del animal, la formación y la naturaleza de la nutrición, la actividad muscular, la disponibilidad de oxígeno, la circulación sanguínea y el tipo de músculo, así como inclusive la forma de tratar la carne (Chaijan y col., 2005).

Para la variable lote en base húmeda y seca, se determinaron diferencias significativas ($p < 0,05$), mientras que para los tratamientos térmicos se observó una disminución en contenido de mioglobina, con diferencias significativa ($p < 0,05$)

entre cruda y las muestras cocidas, también en base húmeda como en seca. Los valores en base húmeda de hervido (1,96 mg/g de muestra) y microondas (2,29mg/g de muestra) son bastante similares; lo mismo sucede entre plancha (3,07 mg/g de muestra) y horno eléctrico (2,93 mg/g de muestra), por lo que no hay diferencias significativas ($p>0,05$) entre estos tratamientos. Sin embargo en estos dos últimos métodos de cocción existe la posibilidad de desarrollar color durante los procesos térmicos, es decir, hay formación de una costra en la muestra, ocasionando reacciones de oscurecimiento no enzimático, responsables del color y el olor, que pueden interferir con los resultados.

Tabla 19. Mioglobina (mg/g muestra) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.

Tratamiento	Mioglobina (mg/g muestra)			
	Lote I	Lote II	Lote III	Promedio
Cruda	2,96±0,27	4,08±0,05	5,26±1,06	4,10 ^a
Hervida	1,24±0,13	1,32±0,31	3,32±0,53	1,96 ^b
Plancha	4,31±0,17	1,10±0,07	3,79±0,34	3,07 ^c
Microonda	2,19±0,18	1,84±0,14	2,85±0,22	2,29 ^b
Horno eléctrico	2,65±0,15	2,46±0,25	3,69±0,25	2,93 ^c
Promedio	2,67 ^a	2,16 ^b	3,78 ^c	
Base seca				
Cruda	12,11±1,28	15,25±0,26	20,18±3,97	15,85 ^a
Hervida	4,19±0,43	4,44±1,15	11,52±1,79	6,72 ^b
Plancha	12,14±0,68	3,14±0,17	11,04±0,94	8,78 ^c
Microonda	6,73±0,52	5,37±0,46	8,42±0,70	6,84 ^b
Horno eléctrico	8,27±0,48	6,95±0,66	10,59±0,73	8,60 ^c
Promedio	8,69 ^a	7,03 ^b	12,35 ^c	

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

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

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

2.7. Calcio, hierro, fósforo

El pescado es una fuente importante de proteínas animales y también contiene vitaminas y minerales. Una ración de sardina, de 106 gramos, proporciona al consumidor una ingesta diaria de 50% de proteínas, 10% de hierro, 40% de calcio y 20% de vitamina D entre otros beneficios (Gastón, 2000). Sin embargo el valor nutritivo de los peces puede verse afectado por la manipulación y los procesos de elaboración, particularmente la cocción (Gall y col., 1983; Gokoglu, 2004).

En la **Tabla 20**, se muestran los efectos de los diferentes métodos de cocción en los minerales calcio, hierro y fósforo. Las muestras crudas presentaron los siguientes valores promedio: calcio 371,8 mg%, hierro: 2,1 mg% y fósforo: 395,9 mg%. En primer lugar se puede señalar que los niveles de calcio son superiores a los reportados por Huss, (1998) e INN, (2001) de 127 mg%, y Valls y Paredes, (2010), en el rango de 128,3-252,9 mg%. Por otra parte, el hierro (2,1 mg%) es comparable al señalado por Huss, (1998), e INN, (2001), de 2,4 mg% , pero inferior al de Valls y Paredes, (2010) entre 7,8-12,7 mg%, finalmente el fósforo (395,9 mg%) es superior al señalado por Huss, (1998) e INN, (2001), de 303 mg% y dentro del intervalo reportado por Valls y Paredes, (2010) de 236,6-388,4 mg%. Se considera a los valores los minerales como específicos de cada especie, sin embargo pueden variar con la estación del año e inclusive según el estado de alimentación del animal Huss, (1998).

Se puede señalar que el efecto lote genera diferencias significativas ($p < 0,05$) para las muestras de calcio y fósforo, mientras que para hierro no se determinaron diferencias significativas ($p > 0,05$).

En los tratamientos térmicos el calcio presenta diferencias significativas ($p < 0,05$), siendo a la plancha y horno eléctrico los que cuantifican una menor pérdida del valor de calcio, 356,3 y 361,4 mg% respectivamente; a su vez microonda presenta las mayores pérdidas con 276,0 mg%. En hierro no se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos y cruda ($p > 0,05$), observándose la mayor pérdida de este mineral en horno eléctrico con: 1,3 mg%. Los valores de fósforo en hervido, microondas y horno eléctrico presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a cruda, siendo a la plancha el tratamiento que presenta los valores más altos del mineral, 380,9 mg% y hervido el que más disminuye 319,1 mg%.

Gokoglu y col., (2004), en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), evaluaron los métodos de hervido, frito, parrilla, horno y microondas, reportando que los valores de calcio en relación a la cruda (632mg%) disminuyeron en microondas (344mg%) y horno eléctrico (395mg%) mientras que a la plancha (665 mg%) aumentaron y en hervido (609mg%) se mantuvieron similares a los valores de cruda, a pesar de estas variaciones no reportaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos. Para hierro, la cocción por microondas (1,40 mg%) presentó los menores valores en relación cruda (2,10 mg%), en horno eléctrico los valores aumentaron (2,91 mg%), en plancha disminuyeron (1,78 mg%), mientras que en hervido se mantuvieron (2,10 mg%), tampoco reportaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos.

Gall y col, (1983) utilizaron los métodos de cocción (plancha, horno y microondas) en cuatro especies de pescados, mero (*Epinephelus morio*), pargo rojo (*Lutjanus campechanus*), palometa (*Trachinotus carolinus*) y caballa (*Scomberomorus maculatus*), evaluaron el contenido de algunos minerales, reportando para fósforo un incremento para los tratamientos plancha y microondas, mientras que horno eléctrico presentó una disminución en las muestras con un contenido de grasa bajo (mero, pargo y palometa).

En general los métodos a la plancha y horno eléctrico presentan los mejores valores para los minerales calcio y fósforo, mientras que microondas proporciona los mejores valores para hierro, con respecto a la muestra cruda.

Tabla 20. Calcio, hierro y fósforo (mg%) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y procesos térmicos.

Tratamiento térmico	Contenido de calcio, hierro y fósforo (mg%)											
	Lote I			Lote II			Lote III			Promedio		
	Calcio	Hierro	Fósforo	Calcio	Hierro	Fósforo	Calcio	Hierro	Fósforo	Calcio	Hierro	Fósforo
Cruda	390,0 (5,4)	2,9 (0,8)	438,4 (9,2)	363,6 (4,5)	1,7 (0,5)	331,7 (9,5)	353,0 (6,53)	1,5 (0,5)	417,5 (27,0)	371,8 ^a	2,1 ^a	395,9 ^a
Hervidas	336,0 (6,0)	2,1 (0,6)	433,1 (6,2)	317,9 (2,1)	1,3 (0,2)	218,3 (5,2)	300,2 (4,1)	1,6 (0,5)	305,8 (22,4)	318,0 ^b	1,7 ^a	319,1 ^b
Plancha	374,8 (7,8)	1,9 (0,4)	535,1 (6,4)	336,8 (3,0)	1,5 (0,4)	302,5 (5,0)	357,1 (4,7)	1,4 (0,3)	305,0 (15,61)	356,3 ^c	1,6 ^a	380,9 ^a
Microonda	317,7 (3,1)	2,7 (0,6)	425,7 (9,9)	248,0 (6,5)	1,2 (0,3)	254,2 (2,9)	266,2 (6,2)	1,4 (0,5)	286,7 (20,21)	276,0 ^d	1,8 ^a	322,2 ^{bc}
Horno eléctrico	387,7 (7,4)	1,5 (0,5)	489,7 (4,2)	327,7 (7,0)	1,2 (0,4)	280,8 (5,8)	368,4 (8,8)	1,3 (0,5)	310,0 (21,36)	361,4 ^c	1,3 ^a	360,2 ^c
Promedio	363,1 ^a	2,2 ^a	464,4 ^a	318,8 ^b	1,4 ^a	277,5 ^b	328,2 ^c	1,5 ^a	325,0 ^c			

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

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

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

VI. CONCLUSIONES

- Para los tres lotes el valor promedio de la talla fue superior al especificado en la normativa legal, mientras que los pesos promedios en los tres lotes, fue menores a los reportados por otros autores, para esta misma especie. El mayor rendimiento de tronquitos cocidos en relación a la cruda fue en las muestras hervidas.
- En el análisis proximal de la especie de sardina (*Sardinella aurita*), sometida a los tratamientos térmicos, se cuantifico una disminución en el contenido de humedad en relación a la muestra cruda, sobre todo en los tratamientos plancha y horno eléctrico, producto de la deshidratación; esto a su vez genera un aumento del contenido de grasa, proteínas y cenizas. Sin embargo los datos en base seca muestran un incremento en el contenido de proteínas y una disminución en la grasa producto de las altas temperaturas hay una pérdida de agua y del contenido graso.
- El contenido de proteínas solubles y líquido exprimible disminuyó en el tratamiento térmico a la plancha.
- La cocción de la sardina causa oxidación y desnaturalización de los pigmentos, principalmente de la mioglobina, que conduce a la pérdida del color en la carne, especialmente en el tratamiento térmico hervido.
- El método de cocción plancha y horno eléctrico puede interferir en las determinaciones de mioglobina, pigmentos totales y color, ya que el foco de

calor se concentra en las partes externas, permitiendo la formación de una costra de color oscuro en la piel, que genera una pigmentación propia de este tipo de reacciones químicas.

- Los tratamientos a la plancha y horno eléctrico presentan los mejores valores para los minerales calcio y fósforo, mientras que microondas proporciona los mejores valores para hierro.
- Los distintos tratamientos aplicados en los tronquitos de sardina, produjeron diferencias significativas con relación a la muestra cruda. Sin embargo, se puede señalar que el tratamiento de hervido fue el que en definitiva mantuvo las mejores condiciones en cuanto a los parámetros de humedad, proteínas solubles en solución salina, líquido exprimible, pigmentos totales, rancidez, hierro y color (L, a) en relación a las otras condiciones de cocción evaluadas.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar a las muestras sometidas a tratamientos térmicos la composición de aminoácidos esenciales de las proteínas de la sardina, para evaluar el efecto de los tratamientos en el valor nutritivo del producto.
- Realizar a las muestras sometidas a tratamientos térmicos un perfil de ácidos grasos que determine el efecto del tratamiento en el contenido de grasas insaturadas y saturadas.
- Realizar este mismo estudio pero utilizando solo el tratamiento térmico hervido con modificaciones en los tiempos y temperaturas de cocción. De esta manera se establecería el comportamiento de este método para la elaboración de conservas.
- En vista del alto consumo de productos cocción-congelados-recalentados, se recomienda realizar esta investigación a productos cocidos y almacenados por ciertos periodos de tiempo en congelación.

I.X. BIBLIOGRAFÍA

- Andersen, U., Thornassen, M., Beneze, A. 1977. Texture properties of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effect of diet, muscle fat content and time of storage on ice. *J. Sci. Food Agric.* **74**: 347-355.
- Alcalá, F. 2000. Inconvenientes para la adecuada comercialización de la sardina en Venezuela. Memorias del Taller Evaluación, Tecnología e Industrialización de Pequeños Pelágicos "Pablo Herrera". Cumaná, Venezuela. 83-93pp.
- AOAC.2010. Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemist. XVIII ED, 3^{era} revisión. Editado por Horwitz, W y Latimer, G. USA.
- Ashie, I., Smith, J., Simpson, B. 1996. Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and selfish. *Critical Reviews in Food Science and Nutricion.* **36**(1-2): 87-121.
- Aubourg, S. 1999. Efecto de las alteraciones lipídicas sobre la calidad del pescado procesado. *Grasas y aceites.* **50**: 218-224.
- Allara, M., Añez, J., Delgado, P., Izquierdo P., Torres, G. 2001. Contenido de proteínas y perfil de aminoácidos del atún (*Thunnus thynnus*): efecto de tres métodos de cocción. *Multiciencias*, **1**(2): 141-147.
- Ayala, M. 1994. Evaluación sensorial del pescado fresco. X Curso Internacional de Procesamiento de Productos Pesqueros. Lima- Perú.
- Badui, S. 1999. Química de los Alimentos. Tercera Edición. Editorial Pearson Educación. México.
- Bello, R y Gil. 1992. Evaluación y aprovechamiento de la cachama cultivada como fuente de alimento. Proyecto Aquila II. FAO.
- Bello, J. 1998. Ciencia y tecnología culinaria. Ediciones Díaz de Santos, S.A., Madrid, España.
- Bello, R. 2000. Importancia del recurso pesquero: pequeños pelágicos en Venezuela y América Latina. Memorias del Taller: Evaluación, Tecnología e industrialización de pequeños pelágicos "Pablo Herrera". Cumana, Venezuela. 6-15 pp.
- Castillo, Y. 2001. Evaluación del efecto de lavado con una solución de NaHCO₃ al 0,5% sobre las proteínas de la pulpa de sardina (*Sardinella aurita*) congelada a -40°C. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Cabello, A. 1988. Pesquería y comercialización de la sardina en el oriente de Venezuela. Seminario II de Post-grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Cabello, A., Bello, R. 1996. Pesquería y comercialización de la sardina en el oriente de Venezuela. III Consulta de Expertos sobre Tecnología de Productos Pesqueros en América Latina. FAO. Documento técnico de pesca. N° 538. Edo. Nueva Esparta, Venezuela.
- Cárdenas, J. 2008. Se busca cualquier información sobre su paradero será recompensada. Caracas-Venezuela. Periódico Tal Cual. Sección Ambiente. pp 19.

- Caracuel, A. 2008. Técnicas de cocción saludables aplicables a la alimentación mediterránea. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*. **21**: 181-200.
- Cervera, P., Clapes, J., Rigolfas., R. 1993. Alimentación y Dietoterapia. Segunda Edición. Interamericana. Mc Graw-Hill. España.
- Cervigón, F. 1991. Los Peces Marinos de Venezuela. Volumen I. Fundación Científica de Los Roques. Caracas, Venezuela.
- Coenders, A. 1996 Química culinaria. Primera edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- COVENIN. 1982. Norma Venezolana. Alimentos Determinación de calcio. N° 1158. Caracas, Venezuela.
- COVENIN. 1983. Norma Venezolana. Alimentos Determinación de fósforo. N° 1178. Caracas, Venezuela.
- COVENIN. 1983. Norma Venezolana. Alimentos Determinación de hierro. N° 1170. Caracas, Venezuela.
- Charley, H. 2006. Tecnología de alimentos: Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos. Primera Edición. Editorial Limusa Noriega editores S.A. España.
- Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W., Faustman, C. 2004. Characteristics and gel properties of muscles from sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) caught in Thailand. *Food Research International*. **37**:1021-1030.
- Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W., Faustman, C. 2005. Change of pigments and color in sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) muscle during ice storage. *Food Chemistry*. **93**(4): 607-617.
- Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W., Faustman, C. 2007. Characterization of myoglobin from (*Sardinella gibbosa*) dark muscle. *Food Chemistry* **100**: 156-164.
- Cheftel, J., Cheftel, H. 1976. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Vol I. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Cheftel, J., Cuq, J., Lorient, D. 1989. Proteínas Alimentarias. Bioquímica- Propiedades Funcionales, Valor Nutricional, Modificaciones químicas. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza. España.
- Chow, C., Ochial, Y., Watabe, S., Hashimoto, K. 1987. Autoxidation of bluefin tuna myoglobin associated with freezing and thawing. *J. Food. Sci.* **52**(3): 589 – 591
- De Berardinis, R. 2011. Empacado al vacío del lomo de atún aleta azul (*thunnus sp.*) como alternativa para aumentar la vida útil en el almacenamiento congelado a -20 °C Trabajo Especial de Grado de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Delgado, A. 1999. Evaluación física, química, microbiológica y sensorial de la sardina (*Sardinella aurita*) durante su almacenamiento en hielo. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

- Delgado, A., Valls J y González, A. 2000. Evaluación de aminos biógenas, microbiológica y sensorial de sardina (*Sardinella aurita*) durante su almacenamiento en hielo. *Revista Científica FCV-LUZ*. **10** (6): 494-502.
- Delgado, A., Valls, J., González, A. 2001. Evaluación física y química de la sardina (*Sardinella aurita*) durante su almacenamiento en hielo. *Rev. Cientif. FCV-LUZ*. **11** (1): 22-29.
- Diez, F. 2008. Educación del consumidor: Valor nutritivo de los alimentos (I). *ACTA/CL*. **35**:5-11.
- Durazno, E. 2006. Aprovechamiento de los productos pesqueros. Editorial Universidad Autónoma de Baja California. México.
- Fennema, O. 1982. Introducción a la ciencia de los Alimentos. Parte I. Segunda Edición. Editorial Reverte. España.
- Fennema, O. 2000. Química de los Alimentos. Segunda Edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Ferreira, F., Pinheiro, H., Campos, F., Brunoro, N., Coelho, M., Salaro, A., Castro, S. 2007. Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes. *Food Chemistry*. **103**: 1080-1090.
- Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 2006. N° 38.337. Providencia Administrativa que regula la pesca y actividades conexas del recurso hidrobiológico de la especie sardina (*Sardinella aurita*). Capítulo II. De la pesca del Recurso Sardina (*Sardinella aurita*). Artículos 4, 5 y 6. Caracas, Venezuela.
- Gall, K., Otwell, W., Koburger, J., Appledorf, H. 1983. Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish fillets. *J Food Sci*. **48**:1068–1074.
- García-Arias, M., Pontes, E., García-Linares, M., García-Fernández, M., Sánchez-Muniz, F. 2003a. Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. *Food Chemistry*. **83**: 349-356.
- García-Arias, M., Pontes, E., García-Linares, M., García-Fernández, M., Sánchez-Muniz, F. 2003b. Grilling of sardine fillets. Effects of frozen and thawed modality on their protein quality. *Lebensm-Wiss. u.- Technol*. **36** (8): 763-769.
- Gladyshev, M., Sushchick, N., Gubanenko, G., Demirchieva, S., Kalachova, G. 2006. Effect of way of cooking on content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of humpback salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). *Food Chemistry*. **96**: 446-451.
- Gastón, F. 2000. Inconvenientes para la adecuada comercialización de la sardina en Venezuela. Memorias del Taller: Evaluación, Tecnología e industrialización de pequeños pelágicos "Pablo Herrera". Cumaná, Venezuela. 83-93 pp.
- Gokoglu, N., Yerlikaya, P., Cengiz, P. 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry* **84**: 19–22.

- González, N. 1984. Evaluación microbiológica, fisicoquímica y sensorial del pescado fresco almacenado a diferentes temperaturas de refrigeración. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- González, D. 2001. Evaluación física, química y organoléptica de la sardina (*Sardinella aurita*) tipo "round" durante su almacenamiento congelado. Tesis de Magister Scientiarum en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas Venezuela.
- González, D., Valls, J., González, A., 2002. Evaluación física, química y sensorial de tronquitos de sardina (*Sardinella aurita* V) durante su almacenamiento congelado a -18°C. *Rev. Cientif. FCV-LUZ*. **12**(4): 278-285.
- González, D., Valls, J., Paredes, A., Finol, H. 2004. Cambios químicos y estructurales en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita* V.) congelados y almacenados a -40° C. *Rev. Cientif. FCV-LUZ*. **14**(4): 303-310.
- Guzmán, R. 2000. La pesquería de sardina en el Oriente de Venezuela: Seguimiento y evolución. Memorias del Taller: Evaluación, Tecnología e industrialización de pequeños pelágicos "Pablo Herrera". Cumaná, Venezuela. 26-32 pp.
- Gutiérrez, M. 1988. Pigmentos hemo en pescado: Características físico químicas, distribución y concentración, efecto de la congelación y método de cuantificación. Seminario I de Post-grado. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Guzmán, R., Gómez, G. 1998. Aspectos biológicos y pesquería de la sardina (*Sardinella aurita*) en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Zoot. Trop*. **16** (2): 149-162.
- Huq, M. 2003. Estado del conocimiento biológico pesquero de la sardina (*Sardinella aurita*, Valenciennes, 1847) en el Oriente de Venezuela. Pp: 331-356 en: Freón, P y Mendoza, J (eds.), La sardina (*Sardinella aurita*) su medio ambiente y explotación en el Oriente de Venezuela, IRD Editions, París, Francia.
- Huss, H. 1998. El Pescado Fresco: su Calidad y Cambios de su Calidad. FAO. Documento técnico de pesca. N° 348, Roma, Italia.
- INN (Instituto Nacional de Nutrición). 2001. Tabla de composición de alimentos para uso práctico. Instituto Nacional de Nutrición. Serie Cuadernos Azules. Publicación N° 54. Caracas, Venezuela.
- INSOPESCA (Instituto Socialista de la Pesca y Acuicultura). 2008. Estadísticas pesqueras. Producción Pesquera y Acuícola. Cierre 2008.
- Izquierdo, P., Torres, G., González, E., Barboza, Y., Márquez, E., Allara, M. 1999. Efecto de dos tipos de cocción sobre la composición química y perfil de ácidos grasos de filetes de corvina (*Cynoscion maracaiboensis*). *Revista Científica, FCV-LUZ*. **9**(5): 367:371.
- Izquierdo, P., Torres, G., Allara, M., Barros, J., Delgado, P., Añez, J. 2001. Efecto de tres métodos de cocción en la composición proximal y el perfil de ácidos grasos del Atún (*Thunnus thynnus*). *Revista Científica, FCV-LUZ* **11**(4): 367-372
- Kanoh, S., Suzuki, T., Maeyama, K., Takewa, T., Watabe, S., Hashimoto, K. 1986. Comparative studies on ordinary and dark muscle of tuna fish. *Bull. Jpn Soc. Sci. Fish.* **52**: 1807-1816.

- Kingland, R., Arocha, P. 1994. Evaluación del efecto de varios tipos de hielo sobre la calidad del pargo dientón (*Lutjanus griseus*) almacenados en condiciones de refrigeración. Informe de III Consulta de expertos sobre tecnología de productos pesqueros en América Latina. Porlamar. Venezuela. 145pp.
- Kirpal, S. 2003. Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. *Reg. Tox. Pharm.* **38**: 336-344.
- Kreyszig, E. 1979. Introducción a la Estadística Matemática. Principios y Métodos. 4 Ed. Editorial Limusa. Ciudad de México, México.
- Klomkiao, S., Kishimura, H., Benjakul, S. 2008. Endogenous proteinases in true sardine (*Sardinops melanostictus*). *Food Chemistry.* **107**: 213-220.
- Lee, S., Joo, S., Alderton, A., Hill, D., Faustman, C. 2004. Oxymyoglobin and lipid oxidation in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) loins. *J Food Sci.* **68**: 1664-1668.
- López, F. 2001. La conserva y salazón de la sardina. Editorial. Caixanova. Pontevedra, España.
- MAC (Ministerio de Agricultura y Cría). 1998. Sección Pesquerías. En: Anuario Estadístico Agropecuario de 1997." Capítulo VII. Dirección de Estadísticas e Informática. 87-99 pp.
- MAC (Ministerio de Agricultura y Cría). 1982. Informe de Sardinas en el oriente del país. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas, Venezuela.
- Mac Dougall, D. 1982. Changes in the color and opacity of meat. *Food Chemistry.* **9**: 75-88.
- Márquez, Y., Cabello, A., Villalobos, L., Guevara, G., Figuera, B., Vallenilla, O. 2006. Cambios físicos-químicos y microbiológicos observados durante el proceso tecnológico de la conserva de atún. *Zootecnia Tropical* **24**(1):17-29.
- Márquez, R. 2011. Caracterización de filetes de bagre sierra negro (*Oxydoras sifontesi*) antes y después de su conservación en congelación a -30°C. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Meyer, P. 1973. Probabilidad y Aplicaciones Estadísticas. Fondo Educativo Interamericano, S.A. Ciudad de México, México.
- Montecchia C., Roura S., Roldan H., Perez-Borla O., Crupkin M. 1997. Biochemical and Physicochemical Properties of Actomyosin from Frozen Pre-and Post- spawned Hake. *J J. Food Sci.* **62** (3): 491-495.
- Montgomery, D. 2002. Diseño y análisis de experimentos. 2 Ed. Editorial Limusa, México.
- Moreiras, O., Carvajal, A., Cabrera, M. 1998. Tablas de composición de los alimentos. Ediciones Pirámide. España.
- Ordóñez, J., Cambero, M., Fernández, L., García, M., De Fernando, G., De la Hoz, L., Selgas, M. 1998. Tecnología de los Alimentos. Alimentos de origen animal. Volumen II. Editorial Síntesis. Madrid, España.
- Ortiz, H. 1990. Estudio comparativo de la estabilidad de ácidos grasos de carne deshuesada de cachama (*Colossoma macroponum*) y sardina (*Sardinella anchovia*).

Tesis de Magister Scientiarium en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas Venezuela.

- Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sánchez, M., Robles-Burgueno, M. 2000. Postmortem biochemical characteristic of Monterey sardine muscle stored at 0 °C. *J Food Sci.* **65**: 40–47.
- Padrón, N. 1986. Elaboración y evaluación de productos pre-cocidos a partir de carne deshuesada de pescado. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Paredes, A. 2001. Evaluación física, química, microbiológica y sensorial de filetes de sardina (*Sardinella aurita*) empacados al vacío y almacenados en congelación. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Paredes, A. 2008. Efecto de la precocción sobre la estabilidad lipídica de la pulpa de cachama (*Colossoma macropomum xPiaratus brachypomus*) almacenada en congelación. Tesis de Magister Scientiarium. Universidad Central de Venezuela.
- Rhee, K. 1978. Minimization of further lipid peroxidation in the distillation 2-thiobarbituric acid test of fish and meat. *J. Food Sci.* **43** (6): 1776.
- Renner, M., Labas, R. 1987. Biochemical factors influencing metmyoglobin formation in beef muscles. *Meat Science*, **19**: 151–165.
- Rodríguez, C. 2000. El pescado como alimento, especies comerciales. Editorial Gráficas Lar. España.
- Rodríguez, M. 2004. Operaciones básicas de elaboración de conservas de pescados y mariscos. Editorial Ideaspropias. España.
- Salazar, L. 1994. Uso del hielo en la pesquería. Manual: manipuleo y preservación. Instituto Tecnológico Pesquero del Perú. X Curso Internacional de Tecnología de Procesamiento de Productos Pesqueros. Callao-Perú.
- Sánchez-Zapata, E., López-Fernández, J., Sayas, E., Sendra, E., Navarro, C., Pérez-Álvarez, J. 2008. Estudio orientativo para la caracterización colorimétrica de distintos productos de pescados ahumados y secos salados presente en el mercado español. *Opt. Pura Apl.* **41**(3): 273-279.
- Schwedt, G. 2006. Experimentos en la cocina. La cocción, el asado, el horneado. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Sequeira-Muñoz, A., Chevalier, D., Lebail, A., Ramaswamy, H., Simpson, B. 2006. Physicochemical changes induced in carp (*Cyprinus carpio*) fillets by high pressure processing at low temperature. *Innovat. Food Sci. and Emerg. Technol.* **7** (1-2): 13–18.
- Sargent, J. 1997. Fish oils an human diet. *British Journal of Nutrition*, **78** (1): 5-13.
- Shawyer, M., Medina, A. 2005. El uso del hielo en pequeñas embarcaciones de pesca. FAO. Documento técnico de pesca N° 436, Roma, Italia.
- Shenouda, S. 1980. Theories of protein denaturation during frozen storage of fish flesh. *Advances Food Research.* **26**:275-311.
- Statistical Graphics Systems Corporation. 1992. User's Guide. Statgraphics. Versión 6,0. STSC: E.U.A.

- Tanaka, T 1992. Freezing preservation of fish and other marine products. Vol:II In: Science of Processing Marine Products. Kanagawa International Fisheries Centre. Japan International Cooperation Agency (JICA). 10-23pp.
- Tao, W., y Mao, L. 2008. Influences of hot air and microwave drying on nutritional and odorous properties of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets. *Food Chemistry*. **110**: 647-653.
- Tejada, C., Torrejón, S., García, B. 1996. Protein extracts and aggregates forming in miced cod (*Gadus morhua*) during frozen storage. *J. Agric.Food Chem.* **44**: 3308-3314.
- Türkkan, A., Cakli, S., Kilinc, B., 2008. Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). *Food and Bioproducts Processing*. **86**: 163-166.
- Valera, G., Pérez, M., Ruiz-Roso, B. 1990. Changes in the quantitative composition of fat from fish, due to seasonality and industrial and culinary processing. *Bibl. Nutr Dieta*. **46**: 104-109.
- Vallenilla, O., Cabello, A., Mingo, J. 2006. Contenido de grasas en las sardinas. *INIA Divulga*. **8**: 30-32.
- Valls, J. 2000. Metodologías físicas y químicas para evaluar la calidad y frescura de sardinas en condiciones de refrigeración y congelación. Memorias del Taller: Evaluación, Tecnología e Industrialización de pequeños Pelágicos "Pablo Herrera". Cumaná, Venezuela: 114-121.
- Valls, J. 2003. Efecto del Procesamiento sobre el Valor Nutricional de los Alimentos. 1er Ed. Editorial Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela.
- Valls, J., Paredes, A., González, D., González, A. 2004. Evaluación física, química, microbiológica y sensorial de filetes de sardina (*Sardinella aurita* V.) empacados al vacío y congelados a -18° C. *Rev. Cientif. FCV-LUZ*. **14** (2): 115-123.
- Valls, J., Paredes, A., González, D, 2006. Estabilidad de filetes de sardinas (*Sardinella aurita*) en almacenamiento congelado a -18 °C. *Rev. Cientif. FCV-LUZ*. **16**(2): 176-185.
- Valls, J., Paredes, A. 2010. Caracterización física y química de la sardina (*Sardinella aurita*). *Rev. Cientif. FCV-LUZ*. **20** (5): 546-554.
- Watabe, S., Ushio, H., Iwamoto, M. 1989. Rigor-mortis progress of sardine and mackerel in association with ATP degradation and lactate accumulation. *Nippon Suisan Gakkaishi*. **55** (10): 1833-1839.
- Watabe, S. 1992. The chemistry of proteins from marine animal. Vol. I. In: Science of Processing Marine Food Products. Kanagawa International Fisheries Centre. Japan International Cooperation Agency (JICA). 10-23 pp.
- Weber, J., Bochi,V., Ribeiro, C., Victorio, A., Emanuelli, T. 2008. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Ramdia quelen*) fillets. *Food Chemistry*. **106**: 140-146.

- Xiques, A. 2005. Evaluación física, química y sensorial de filetes de lebranche (*Mugil liza*) almacenados en congelación. Tesis de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Consultas en línea:

- Mendoza, J., en comunicación con Centeno, G., 2009. <http://www.diarioregion.com.ve/site/index.articulos.php?idArticulo=49649> [Consulta: 20 de octubre de 2010].
- Statistica 8 portable, 2007. <http://www.filecrop.com/statistica-8.portable.html>. [Consulta: 10 de febrero de 2012].

ANEXOS

ANEXO A

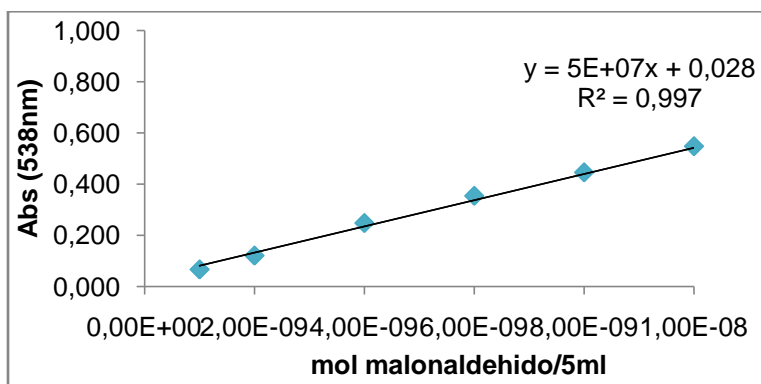


Figura A1. Curva patrón de malonaldehído, para la determinación de TBA.

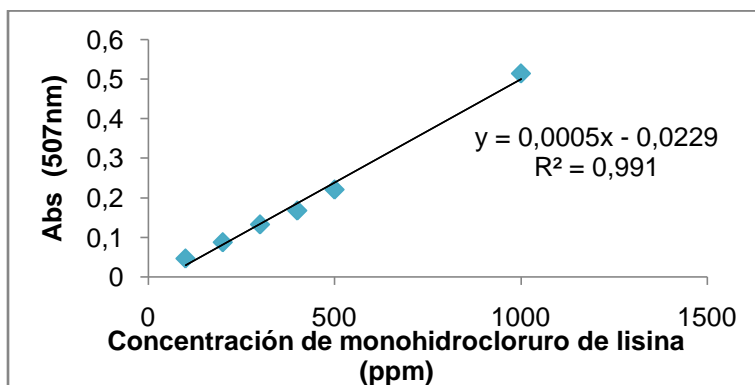


Figura A2. Curva patrón de monohidrocloruro de lisina, para la determinación de actividad autolítica.

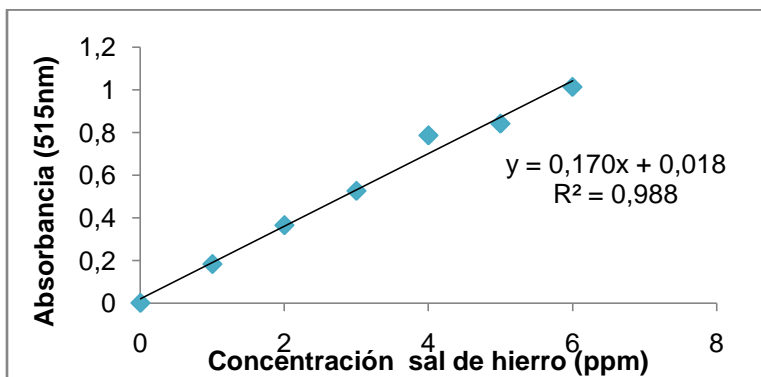


Figura A3. Curva patrón de hierro.

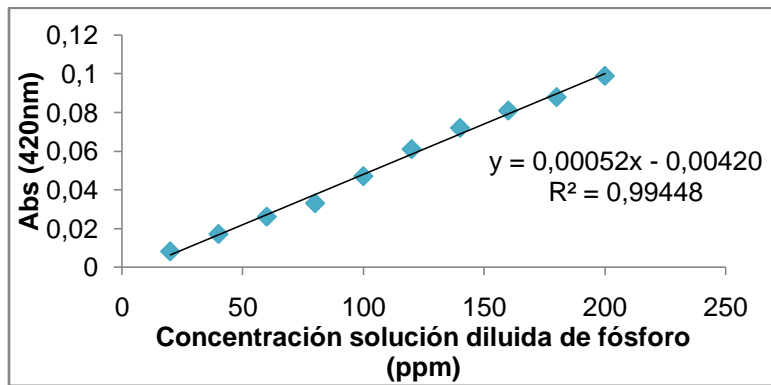


Figura A4. Curva patrón de fósforo.

ANEXO B

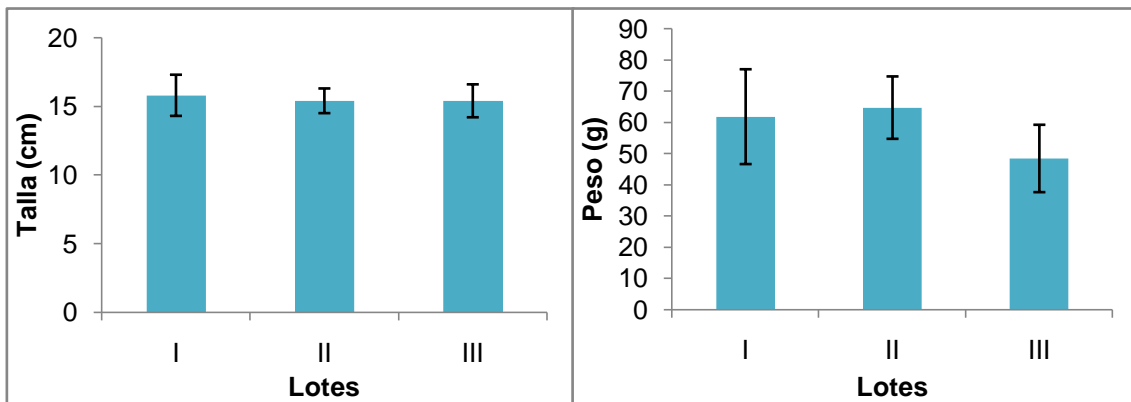


Figura B1. Talla y peso promedio de los ejemplares de sardina (*Sardinella aurita*).

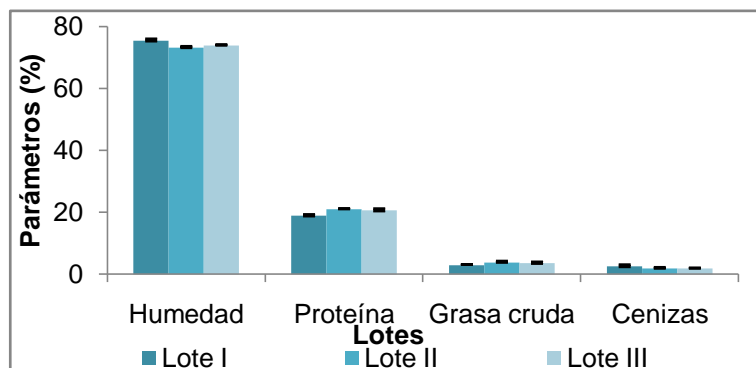


Figura B2. Análisis proximal del lote I, II y III de los tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*) sin proceso de cocción.

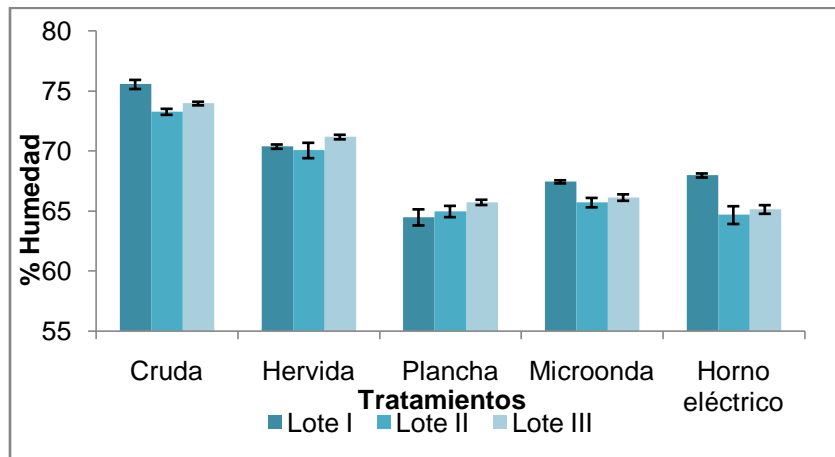


Figura B3. Variaciones en el contenido de humedad en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos.

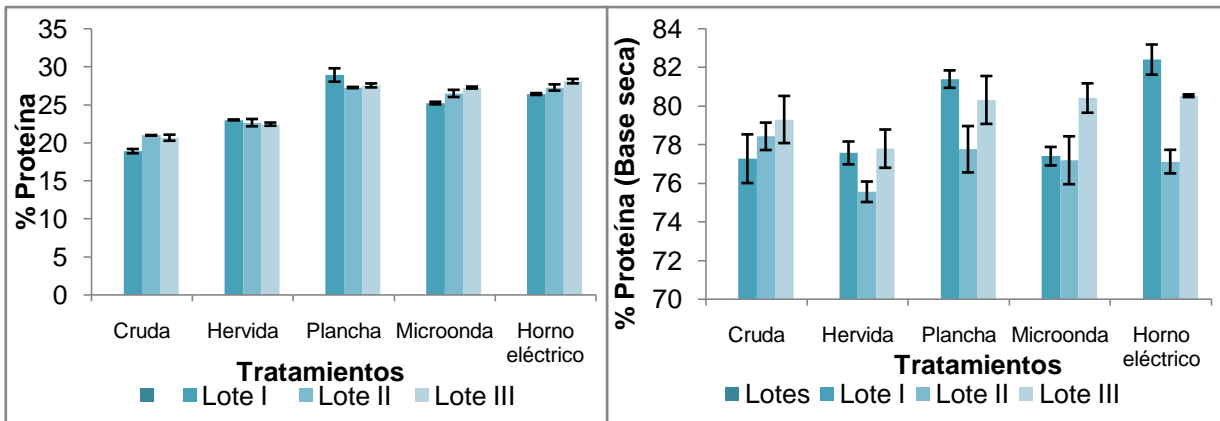


Figura B4. Variaciones en el contenido de proteína (húmeda y seca) en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos.

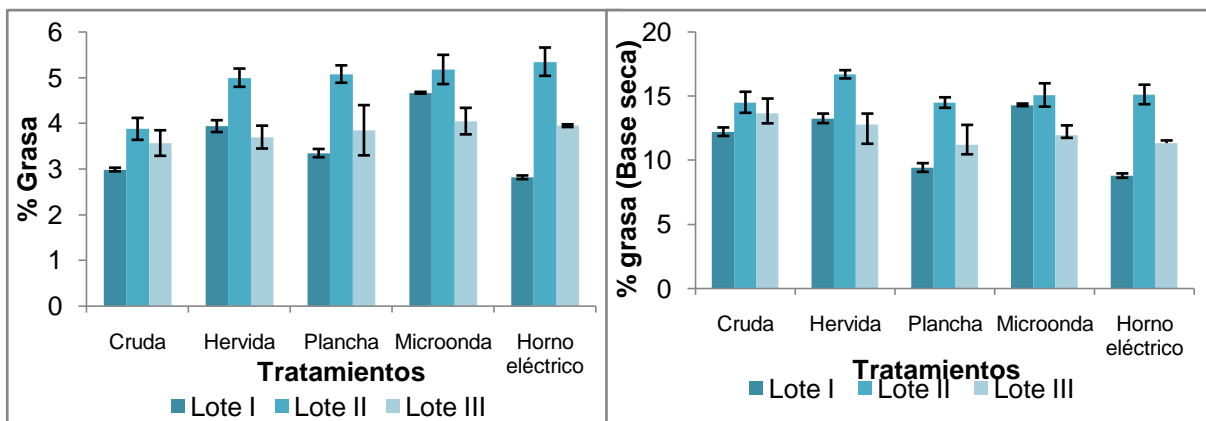


Figura B5. Variaciones en el contenido de grasa (húmeda y seca) en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos

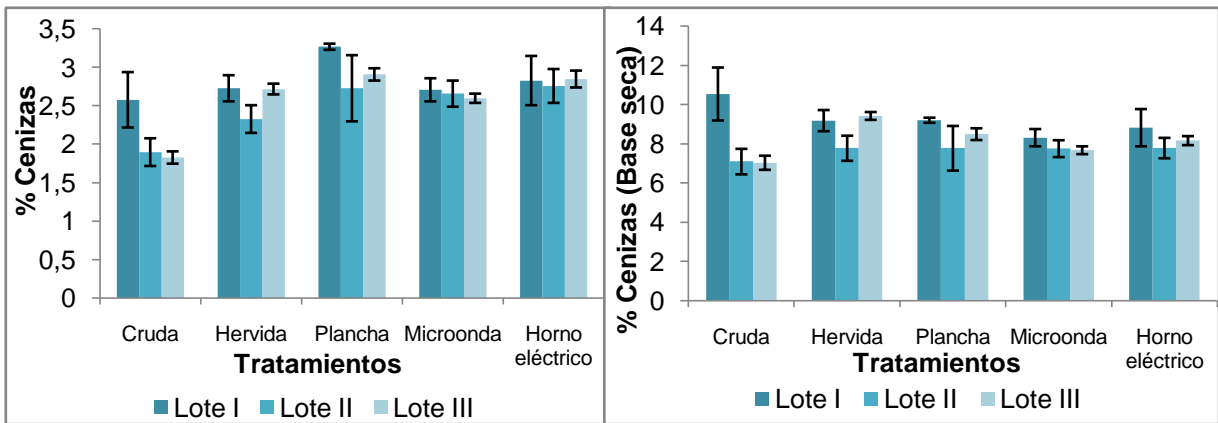


Figura B6. Variaciones en el contenido de cenizas (húmeda y seca) en los tres lotes sometidos a los diferentes tratamientos térmicos

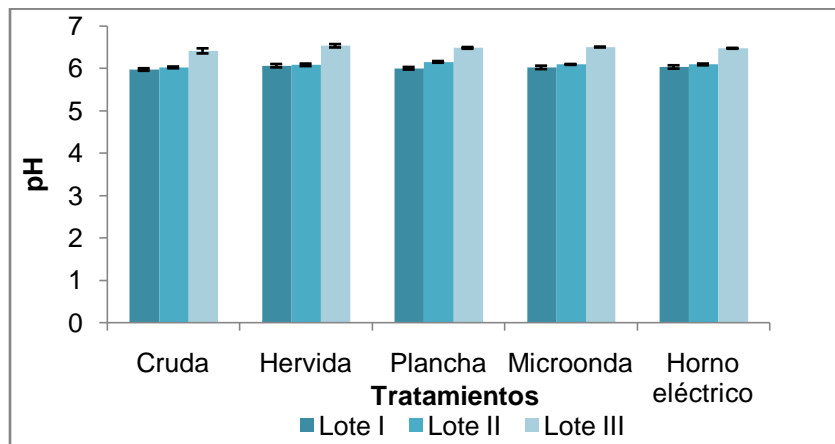


Figura B7. Valores de pH en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.

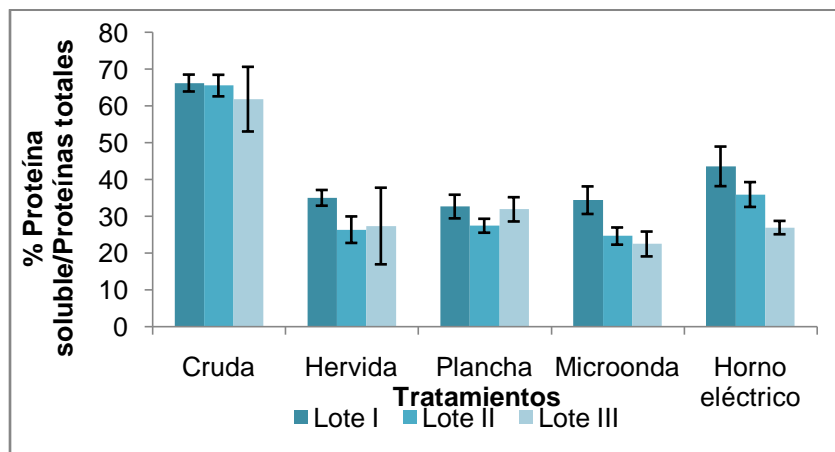


Figura B8. Proteínas solubles en solución salina (%PS/PT) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.

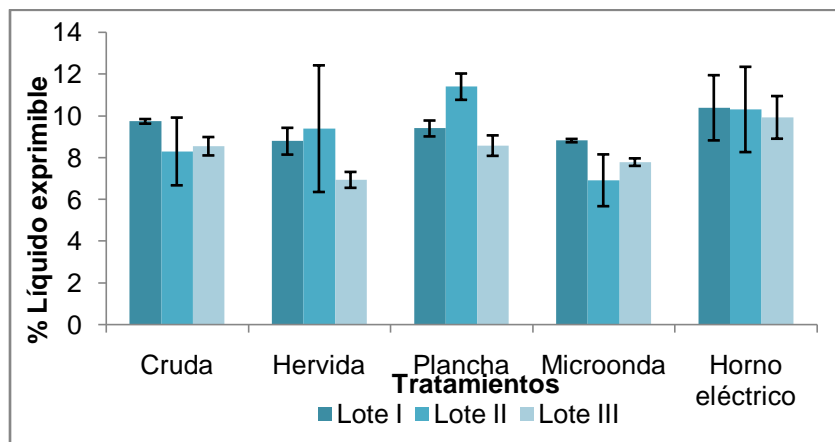


Figura B9. % Líquido exprimible en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.

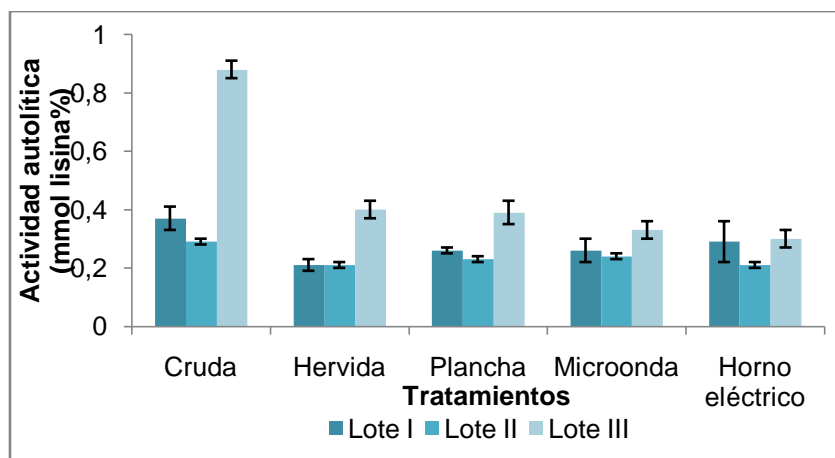


Figura B10. Actividad autolítica (mmol lisina%) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos

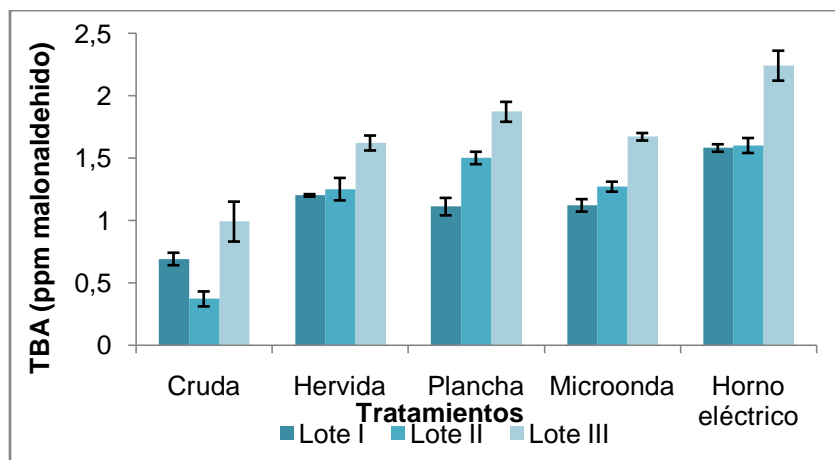


Figura B11. TBA (ppm malonaldehído) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmico.

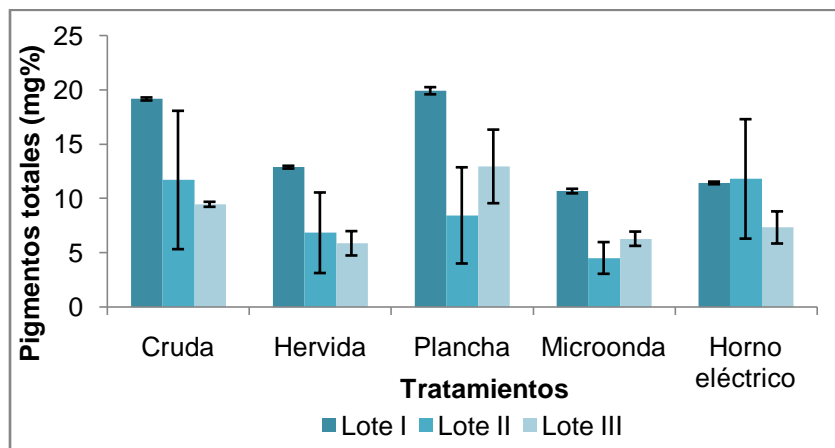


Figura B12. Pigmentos totales ($mg\%$) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.

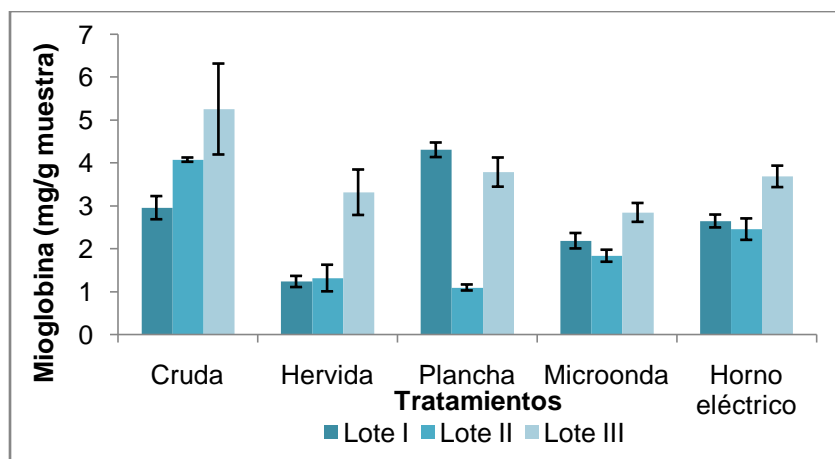


Figura B13. Mioglobina (mg/g muestra) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.

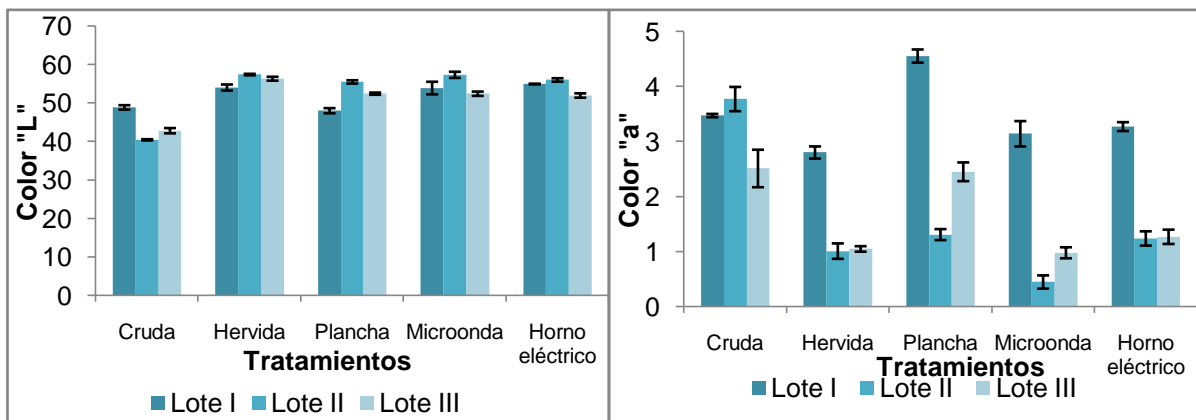


Figura B14. Color (L, a,) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y los procesos térmicos.

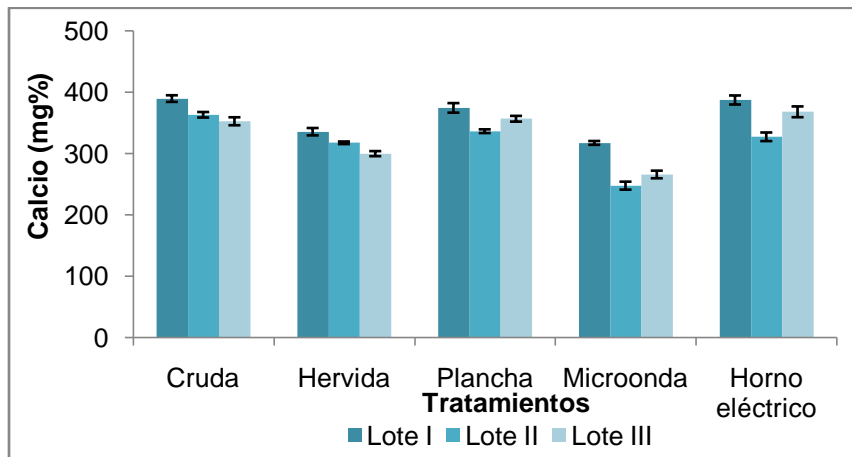


Figura B15. Calcio (mg%) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y procesos térmicos.

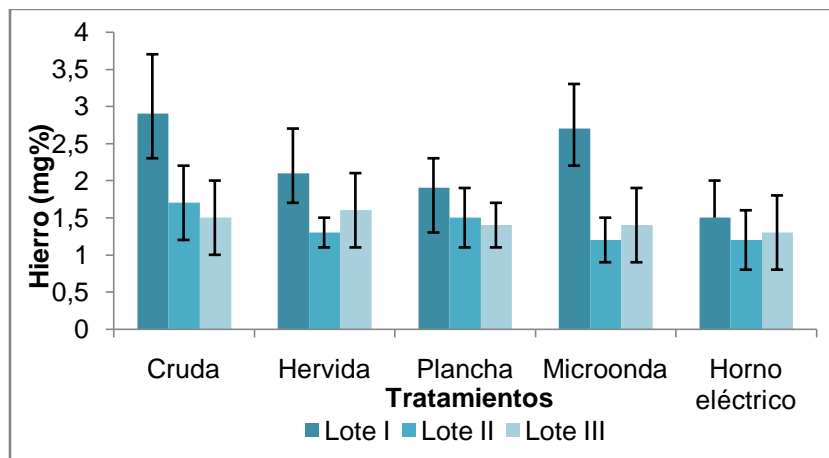


Figura B16. Hierro (mg%) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y procesos térmicos.

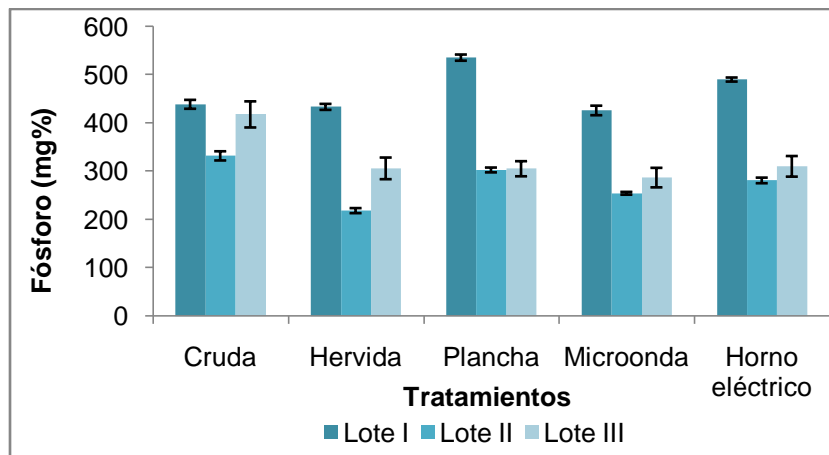


Figura C 17. Fósforo (mg%) en tronquitos de sardina (*Sardinella aurita*), en los lotes I, II y III para muestra cruda y procesos térmicos.