



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
Campus Tuxtepec

INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**Efecto de tres métodos de cocción sobre el contenido
nutricional de la mojarra Tilapia (*Oreochromis sp.*)**

T E S I S

Presentado por:

JOSÉ LUIS LORENZO MANZANAREZ

Para obtener el título de:

INGENIERO EN ALIMENTOS

Dra. Fabiola Hernández Sánchez

Director de Tesis

Dra. Leticia G. Navarro Moreno

Codirector de Tesis

San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca.

Diciembre, 2011

El presente trabajo de Tesis fue realizado en las instalaciones de la Universidad del Papaloapan (UNPA) campus Tuxtepec y Loma Bonita. Contó con el apoyo del PROMEP (Programa de Mejoramiento del Profesorado) a través del proyecto “Efecto del tipo de cocimiento sobre el contenido nutricional de la mojarra Tilapia (*Oreochromis sp*) con número de registro 103.5/08/519.

DEDICATORIA

A Dios

Por conceder la oportunidad de vivir y cumplir una de mis metas, eternamente agradecido por la fuerza y voluntad que me diste para finalizar esta carrera.

A mi mamá: Adela Manzanarez Vázquez

Po su amor, comprensión y paciencia que me ha brindado en los momentos malos y buenos de mi carrera, gracias te quiero mamá.

A mi papá: Arnulfo Lorenzo Isidro (Q. E. P. D.)

Gracia por la oportunidad de conocerte, siempre estás en mi mente y corazón.

A mis hermanos: Arnulfo, Tobías y Homero

Por los consejos y ejemplo brindados, el afecto y apoyo incondicional que he recibido para finalizar con éxito mi carrera profesional.

A mis amigos y compañeros

Gracias por formar parte de mi vida, y por compartir experiencias, aventuras, desveladas.
Por los malos y buenos consejos que me dieron, el cariño y la amistad incondicional.

Con cariño y amor.

José Luis Lorenzo Manzanarez

AGRADECIMIENTOS

A la UNPA

Por darme la oportunidad de estudiar una carrera profesional.

A mi directora de tesis

Dra. Fabiola Hernández Sánchez por brindarme su apoyo en la elaboración de la tesis, enseñanza y conocimiento durante la carrera y también por su amistad.

A mi codirectora de tesis

Dra. Leticia G. Navarro Moreno por el conocimiento y experiencia brindada durante la carrera, además por su colaboración en el análisis electroforético y redacción de la tesis.

Al Jefe de carrera de Ingeniería en Alimentos

M. C. Miguel Ángel García Muñoz por las facilidades y apoyo otorgadas durante la carrera y especialmente por su amistad.

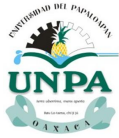
A mis profesores

A cada uno de los profesores que contribuyeron en mi formación profesional, a los que aún continúan laborando en la UNPA y aquellos que ya no están se les recuerda con cariño.

Al Dr. Vladimir Sánchez López por su colaboración en el análisis estadístico e interpretación de los resultados, además por su experiencia en el diseño de experimentos.

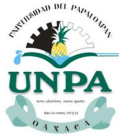
A la Lic. Jennie Renn por haberme ayudado en la traducción del resumen y por su amistad.

Al Dr. José Abad Zavaleta, Dr. Roberto Suárez Orduña y a la M. C. Carolina Antonio E. por su amabilidad y facilidades otorgadas en mi estancia en la UNPA campus Loma Bonita.

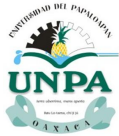


ÍNDICE GENERAL

	Páginas
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
I. INTRODUCCIÓN	1
II. GENERALIDADES	3
2.1. Descripción de la Tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>).	3
2.1.1. Morfología externa.	3
2.1.2. Morfología interna.	3
2.1.3. Hábitos alimenticios.	6
2.1.4. Crecimiento.	7
2.1.5. Respiración.	7
2.2. Taxonomía.	8
2.3. Distribución geográfica.	9
2.4. Importancia económica.	10
2.5. Composición proximal.	13
2.6. Tipos de cocción utilizados en la Tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>).	14
III. ANTECEDENTES	17
IV. HIPÓTESIS	23
V. OBJETIVOS	24
5.1. General.	24
5.2. Particulares.	24
VI. PARTE EXPERIMENTAL	25
6.1. Muestra.	25
6.2. Preparación de la Muestra.	26
6.3. Condición de operaciones de los equipos de cocción.	26
6.3.1. Horno eléctrico.	26



6.3.2. Sistema vapor.	27
6.3.3. Horno de microondas.	28
6.4. Análisis proximal.	29
6.4.1. Determinación de proteínas totales por el método Kjeldahl.	29
6.4.2. Determinación de lípidos totales.	30
6.4.3. Determinación de humedad.	32
6.4.4. Determinación de cenizas.	32
6.5. Análisis fisicoquímico.	34
6.5.1. Determinación de actividad de agua (a_w).	34
6.5.2. Determinación del pH.	35
6.6. Análisis electroforético.	35
6.6.1. Preparación de la muestra.	35
6.6.2. Determinación de proteínas totales.	36
6.6.3. Electroforesis.	38
6.6.4. Tratamiento de la muestra.	40
6.7. Diseño experimental.	40
6.8 Análisis estadístico	41
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
7.1. Condiciones de operación para los equipo.	42
7.1.1. Horno eléctrico.	42
7.1.2. Sistema vapor.	46
7.1.3. Horno de microondas.	46
7.2. Efecto del método de cocción sobre la calidad nutricional de la tilapia.	47
7.2.1. Proteínas totales.	47
7.2.2. Lípidos totales.	48
7.2.3. Humedad.	50
7.2.4. Cenizas.	51
7.2.5. Porcentaje de reducción e incremento de proteínas y lípidos totales.	52
7.3. Efecto de los métodos de cocción sobre los parámetros fisicoquímicos.	53
7.3.1. Actividad de agua (a_w).	54



7.3.2. pH.	55
7.4. Análisis electroforético.	55
7.4.1. Curva de calibración.	55
7.4.2. Perfil electroforético.	57
7.4.2.1. Horno eléctrico.	59
7.4.2.2. Sistema vapor.	60
7.4.2.3. Horno de microondas.	61
7.4.2.4. Métodos de cocción con menor efecto en el perfil electroforético	62
VIII. CONCLUSIONES	64
IX. PERSPECTIVAS	66
X. ANEXO	67
XI. BIBLIOGRAFÍA	68

ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla 1. Clasificación de la mojarra Tilapia según Berg modificado por Trewavas (1983).	9
Tabla 2. Exportación de Tilapia en China en el año 2009. (FAO, 2010).	12
Tabla 3. Producción de Tilapia a nivel nacional y utilidad en el año 2010.	12
Tabla 4. Composición proximal de la tilapia (Base húmeda).	13
Tabla 5. Condiciones de trabajo de los métodos de cocción sobre las muestras de Tilapia.	25
Tabla 6. Preparación de la curva de calibración para el método de Lowry.	37
Tabla 7. Análisis de proteínas totales de la muestra de Tilapia por el método de Lowry.	37
Tabla 8. Diseño estadístico empleado en el experimento.	41
Tabla 9. Porcentaje de humedad de muestras sometidas a cocción por periodos de 30, 40 y 60 min a la temperatura de 60 °C.	44
Tabla 10. Porcentaje de humedad de muestras sometidas a cocción por periodos de 30, 40 y 60 min a la temperatura de 80 °C.	45
Tabla 11. Efecto de los métodos de cocción sobre la composición proximal (g/100 g) de la Tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>).	47
Tabla 12. Porcentaje de reducción de proteínas e incremento de lípidos totales	52
Tabla 13. Efecto de los métodos de cocción sobre la composición fisicoquímica de la Tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>).	54
Tabla 14. Concentración de proteínas totales por el método de Lowry.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Morfología externa de Tilapia (Morales Diaz A., 2003).	4
Figura 2. Aparato reproductor del género Tilapia. A) Macho. B) Hembra. (Saavedra Martínez M., 2006).	5
Figura 3. Morfología interna de Tilapia (Morales Diaz A., 2003).	5
Figura 4. Esquema de la respiración de Tilapia (Saavedra Martínez M., 2006).	8
Figura 5. Distribución geográfica mundial de los cíclidos (Morales Diaz A., 2003).	10
Figura 6. Elatoforegrama de proteínas sarcoplásmicas de las especies estudiadas. (A) Corvina (<i>Cynoscion virescens</i>), (B) Lisa (<i>Mugil curedecimalis</i>), (C) Mero (<i>Epinephelus striatus</i>) y (D) Róbalo (<i>Centropomus undecimalis</i>).	20
Figura 7. Variación de la composición proteica del músculo de Gamitana (<i>Colossoma macropomun</i>) durante su almacenamiento.	21
Figura 8. Repetición de la variación de la composición proteica del músculo de Gamitana (<i>Colossoma macropomun</i>) durante su almacenamiento.	21
Figura 9. Horno de convección para mostrador Hamilton Beach. A) Horno sin aislante de fibra de vidrio y B) Horno con aislante en fibra de vidrio.	27
Figura 10. Dispositivo empleado para la cocción de vapor.	28
Figura 11. Horno de microondas LG [®] empleado para la cocción a microondas.	28
Figura 12. Seguimiento de la temperatura en función del tiempo con termopares tipo K en el horno por convección Hamilton Beach, sin muestra en el secador para una temperatura del aire de secado de 60 °C y velocidad del aire de 3 m/s.	42
Figura 13. Seguimiento de la temperatura en función del tiempo con termopares tipo K en el horno por convección Hamilton Beach, sin muestra en el secador para una temperatura del aire de secado de 80°C y velocidad del aire de 3 m/s.	43
Figura 14. Reducción en porcentaje del contenido de proteínas totales.	53
Figura 15. Incremento en porcentaje del contenido de lípidos totales.	53
Figura 16. Curva de calibración de proteínas medidas por el método de Lowry utilizando albúmina sérica bovina como estándar.	56

- Figura 17.** Perfil electroforético (SDS-PAGE al 12 %) de muestra de Tilapia (*Oreochromis sp.*) expuestas y no expuestas a los diferentes tratamientos. 58
- Figura 18.** Perfil electroforético (SDS-PAGE al 12 %) de Tilapia (*Oreochromis sp.*), expuestas a tratamientos con horno a 60 y 80 °C y el control. 59
- Figura 19.** Perfil electroforético (SDS-PAGE al 12 %) de Tilapia (*Oreochromis sp.*), expuestas a tratamientos con vapor a 60 y 80 °C y el control. 60
- Figura 20.** Perfil electroforético (SDS-PAGE al 12 %) de Tilapia (*Oreochromis sp.*), expuestas a tratamientos con microondas a 140 y 1400 Watts y el control. 61
- Figura 21.** Perfil electroforético (SDS-PAGE al 12 %) de Tilapia (*Oreochromis sp.*), expuestas a tratamientos con microondas a 140, 1400 Watts y vapor a 60°C y el control. 62

RESUMEN

En este proyecto se estudió el efecto de tres métodos de cocción sobre la calidad nutricional de la tilapia (*Oreochromis sp.*) y sobre dos parámetros fisicoquímicos (actividad de agua a_w y pH). Así, se utilizó un diseño experimental completamente al azar mediante dos réplicas con tres repeticiones, donde los tratamientos fueron: horno a 60 y 80 °C, vapor a 60 y 80 °C y microondas a 140 y 1400 Watts y las variables de respuesta fueron: porcentaje de proteína, lípidos, cenizas y humedad, A_w y pH. Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se efectuó análisis de varianza (ANOVA) y comparativo de medias con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Con el fin de evaluar de manera cualitativa el efecto sobre las proteínas totales también se efectuó análisis electroforético. Los resultados de la composición proximal de la muestra fresca de la Tilapia fueron: proteína 22.16 ± 0.04 %, lípidos 1.3 ± 0.01 %, cenizas 1.14 ± 0.008 % y humedad 78.11 ± 0.18 %, similares a lo reportado en la literatura. Los valores de los parámetros fisicoquímicos de la muestra fresca fueron: actividad de agua de 0.98 ± 0.008 y pH de 6.64 ± 0.008 . La composición proximal y los parámetros fisicoquímicos de la Tilapia fueron afectados significativamente ($P < 0.05$) por los tres métodos de cocción. Los mejores tratamientos para la conservación de proteínas fueron: microondas a 140 y 1400 Watts y el método que mostró mayor pérdida de proteína fue el horno 80 °C. Por otra parte, se observó una mayor pérdida de lípidos en los tratamientos de vapor a 60 °C y microondas a 140 Watts en comparación con los métodos de cocción horno a 60 y 80 °C. El análisis electroforético demostró cualitativamente que después de la aplicación, los métodos de cocción a microondas (140 y 1400 Watts) y vapor (60 °C) presentaron más bandas de proteína en comparación con los métodos de horno (60 y 80 °C) y de vapor (80 °C). En el método de cocción horno eléctrico con las dos temperaturas empleadas (60 y 80 °C) se observó menor cantidad de bandas proteicas. Los resultados de este estudio sugieren la aplicación del método de cocción por microondas y por vapor para mayor aprovechamiento de las proteínas de la Tilapia y para los lípidos el horno convectivo.

Palabras clave: Tilapia (*Oreochromis sp.*), métodos de cocción, lípidos, proteínas.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effects of three different cooking methods on nutritional properties of Tilapia fish (*Oreochromis ps.*) and two physiochemical parameter (water activity a_w and pH). A completely randomized experimental design with two replicas with three repetitions was used, the treatments were: electric oven at 60 and 80 °C, vapor at 60 and 80 °C, and microwave at 140 and 1400 Watts and the response variable were: protein, lipids, ash, moisture, a_w and pH contents. For the statistical analysis of data analysis of variance (ANOVA) was used and the mean values were compared using the Tukey test ($P < 0.05$). The effects of the qualitative study on total proteins were determined by electrophoresis. The proximal compositions of the Tilapia fish were: protein 22.16 ± 0.04 %, lipids 1.3 ± 0.01 %, ash 1.14 ± 0.008 % and moisture 78.11 ± 0.18 %, similar to those of other fish reported in literature on previous research. The values of the physiochemical parameter were: water activity of 0.98 ± 0.008 and pH of 6.64 ± 0.008 . The proximal compositions and physiochemical parameter were significantly affected ($P < 0.05$) The best treatments for the conservation of proteins were microwave at 140 and 1400 Watts, and the method that most greatly decreased proteins was the oven at 80 °C. On the other hand, there was decrease of fat in the vapor treatment at 60 °C and in the microwave treatment at 140 Watts compared with electric oven treatment at 60 and 80 °C. The electrophoresis analysis showed qualitatively that after the application of cooking methods in the microwave (140 and 1400 Watts) and vapor (60 °C) there were more protein bands, compared with the electric oven (60 y 80 °C) and vapor (80 °C). The electric oven treatment (60 y 80 °C) showed fewer protein bands. The results of this study suggest the application of the microwave and vapor cooking methods for better utilization of proteins, and the electric cooking method for lipids.

Keywords: Tilapia (*Oreochromis sp.*), cooking methods, lipids, proteins.

I. INTRODUCCIÓN

La Tilapia (*Oreochromis sp.*) es un pez nativo de África cuyo cultivo se inició en 1820. De este continente se ha extendido a gran parte del mundo, siendo considerada la tercera especie más cultivada después de las carpas y los salmónidos. La Tilapia se encuentra representada aproximadamente por 100 especies, muchas de ellas han sido introducidas en diversos países del mundo. Esta especie es resistente a enfermedades, se reproduce con facilidad, consume una gran variedad de alimentos y tolera agua con bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Comúnmente, es cultivada en estanques, jaulas y arrozales inundados. La mayoría de las especies de Tilapia pueden crecer en agua dulce y algunas se adaptan al agua de mar, donde pueden alcanzar un peso de unos 3 Kg, el peso comercial es de 230 g en promedio. Todas estas características hacen que la Tilapia sea una especie de cultivo apta en la mayoría de los países en vías de desarrollo.

En México en el año 1964, la Dirección General de Pesca, del entonces Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras (hoy Instituto Nacional de la Pesca), introdujo a la Tilapia procedente de Auburn, Alabama, EUA, la cual fue depositada en la estación piscícola de Temascal, Oaxaca (Morales Díaz, 2003). Las especies que se incluyeron en aquel tiempo fueron *T. aurea*, *T. melanopleura* y *T. mossambica*. Posteriormente, en 1978, se introdujo la *T. nilotica*. En 1981, se introduce una variedad de Tilapia roja (FAO, 1979), esta especie se originó como resultado de las siguientes cruzas:

- a) *O. mossambicus* y *O. niloticus* en Taiwán.
- b) *T. mossambica* y *T. urolepis hornorum* provenientes de Florida, EUA.

En 1986, llegó a México la Tilapia nilotica roja procedente de la Universidad de Stirling en Inglaterra, con dos variedades, negra y roja, depositándose en Zacatepec, Morelos.

En la región del Papaloapan se produce una gran cantidad de Tilapia según datos recabados del censo más reciente de la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) a través de CONAPESCA (Comisión Nacional de



Acuicultura y Pesca) del anuario 2010, donde reportan que la producción a nivel nacional fue de 77,702 ton (de los cuales 757 ton fueron producidas en Oaxaca y 14,836 ton en Veracruz); así la producción en la cuenca representó un 20 % de la producción nacional. Lo anterior denota la importancia de esta región en la producción de Tilapia a nivel nacional. Por lo cual, sería necesario impulsar el consumo de Tilapia en el mercado local que es la región donde se cultiva y aún más en lugares donde no se puede producir, esto con el fin de aprovechar los beneficios de este pez que aporta en elementos nutritivos.

La Tilapia es una de las especies comerciales más importante en la Cuenca del Papaloapan debido a su gran aceptación en el consumo. Se distingue como una especie de rápido crecimiento y fácil adaptación en ambientes controlados y no controlados. La escasez de información sobre trabajos relacionados con la composición bioquímica y fisicoquímica del músculo de la Tilapia antes y después de varios procesos de cocción hace importante este estudio, el cual está relacionado con la obtención de datos en relación a porcentajes de proteínas, lípidos, ceniza, humedad, pH y actividad de agua (a_w) después de la aplicación de tres diferentes métodos de cocción.

II. GENERALIDADES

2.1. Descripción de la Tilapia (*Oreochromis sp.*).

Morales-Díaz (1991) presenta las siguientes características para tipificar a la Tilapia que se localiza dentro del territorio mexicano.

2.1.1. Morfología externa.

La familia Cichlidae se caracteriza por presentar peces de coloración oscura grisácea con manchas negras, principalmente nativos de África, América Central y la parte tropical de Sudamérica. Presenta un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal.

El cuerpo, es generalmente comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado; en muchas especies, la cabeza del macho invariablemente más grande que la de la hembra; algunas veces con la edad y el desarrollo se presentan en el macho tejido grasos en la región anterior y dorsal de la cabeza (Dimorfismo sexual).

La boca protráctil, generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos; las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Presentan membranas branquiales unidas por 5 ó 6 radios branquióstegos y un número de branquispinas, según las diferentes especies. En la figura 1 se observan algunas características físicas de la morfología externa de la Tilapia.

2.1.2 Morfología interna

El sistema digestivo en la Tilapia, se inicia en la boca, que presenta en su interior, dientes mandibulares que pueden ser unicúspides, bicúspides y tricúspides según las distintas especies, continúa en el esófago hasta el estómago, el intestino es de forma de tubo hueco y redondo que se adelgaza después del píloro.

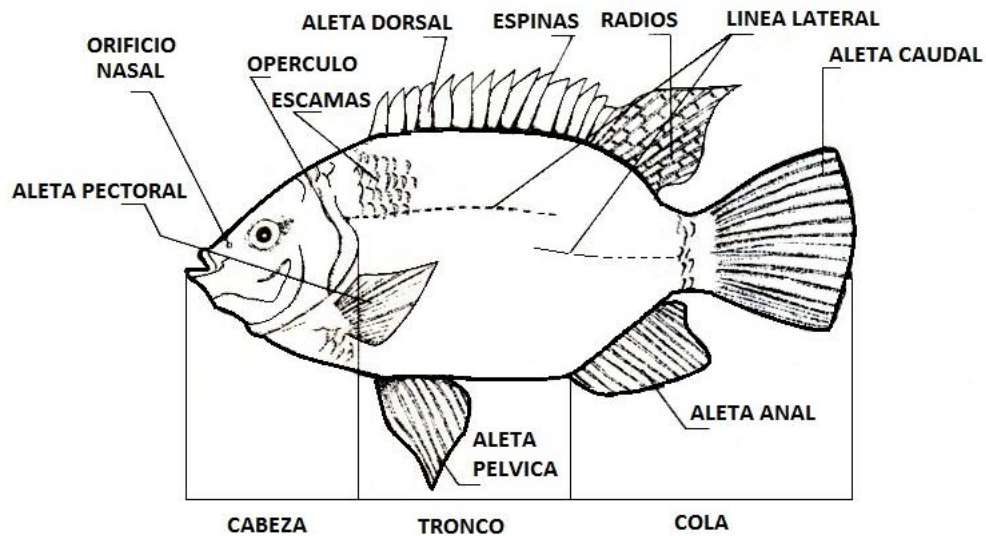


Figura 1. Morfología externa de Tilapia (Morales Díaz, 2003).

El intestino mide 7 veces que la longitud total del cuerpo. Asociado con un tracto digestivo, presenta dos glándulas muy importantes, siendo una de ellas el hígado, que es un órgano grande en tamaño y de forma alargada. En su parte superior y sujeta a éste, se presenta una estructura pequeña y redonda de coloración verdosa llamada vesícula biliar, la cual se comunica con el intestino por un pequeño y diminuto tubo, el cual recibe el nombre de conducto biliar.

El riñón, es un filtro de forma ovoide que presenta un solo glomérulo, la sangre fluye a través de éste mediante unos tubos hacia los uréteres, que secretan en la vejiga y posteriormente secretan al exterior.

El sistema circulatorio, representado por el corazón, es un órgano de forma redonda generalmente bilobular compuesto por tejidos musculares, localizado casi en la base de la garganta.

El aparato reproductor se diferencia por la parte externa, el cual se basa en que el macho presenta dos orificios bajo el vientre: el ano y el orificio urogenital, mientras que la hembra posee tres: el ano, el poro genital y el orificio urinario. El ano está siempre bien visible; es

un agujero redondo. El orificio urogenital del macho es un pequeño punto. El orificio urinario de la hembra es microscópico, apenas visible a simple vista, mientras que el poro genital se encuentra en una hendidura perpendicular al eje del cuerpo (Figura 2).



Figura 2. Aparato reproductor del género Tilapia. A) Macho. B) Hembra. (Saavedra Martínez M., 2006).

El esqueleto de la Tilapia, se presenta completamente clasificado, con una columna vertebral bien definida, a lo largo con espinas en las tres cuartas, hasta su terminación en unos huesecillos llamados hipurales, en donde se forma la aleta caudal (Figura 3).

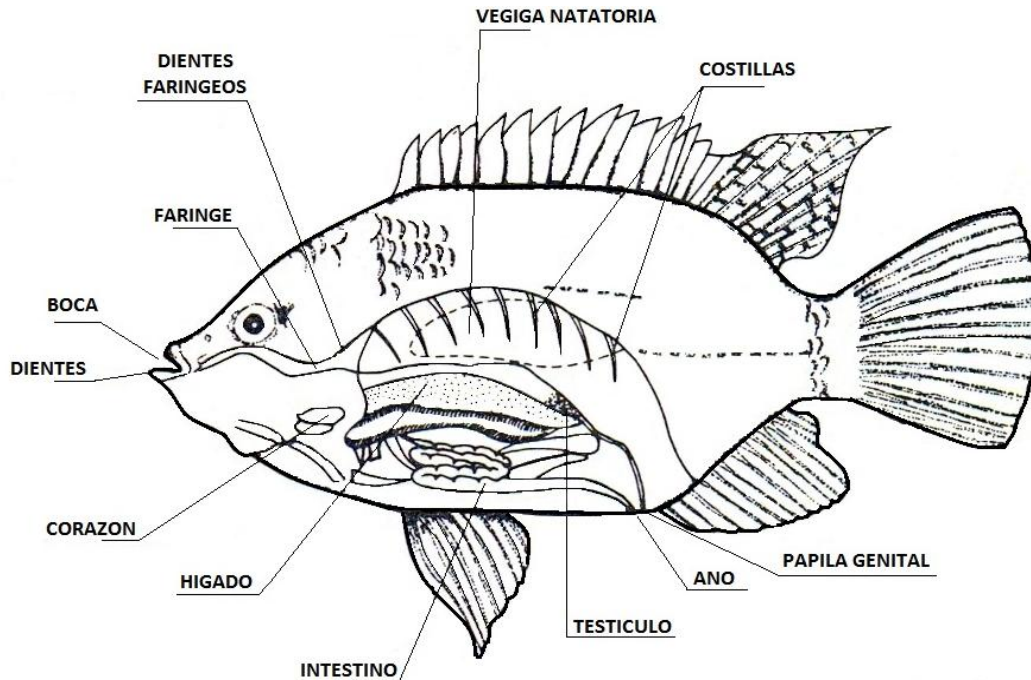


Figura 3. Morfología interna de Tilapia (Morales Díaz, 2003).

2.1.3. Hábitos alimenticios.

El género *Oreochromis* se clasifica como omnívoro, por presentar mayor diversidad en los alimentos que ingiere, variando desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares y bacterias, tendiendo hacia el consumo de zooplancton.

El género Tilapia encuentran constituido por branquispinas con las cuales pueden filtrar el agua para obtener su alimento, el cual consiste de algas y otros organismos acuáticos microscópicos. Los alimentos ingeridos pasan a la faringe donde son mecánicamente desintegrados por los dientes faríngeos. Esto ayuda en el proceso de absorción de macromoléculas (carbohidratos, proteína y lípidos) en el intestino.

Una característica de la mayoría de las Tilapias es que se adaptan con mucha facilidad a los alimentos suministrados artificialmente. Para su cultivo se han empleado diversos alimentos, tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales, todos ellos empleados en forma suplementaria. La base de la alimentación de la Tilapia la constituyen los alimentos naturales que se desarrollan en el agua y cuyo contenido proteico es de un 55 % (peso seco) aproximadamente. De forma general y en base a sus hábitos alimenticios predominantes, el género Tilapia se clasifica en tres grupos principales:

- a) Especies omnívoras (que se alimentan tanto de plantas como de animales): *O. mossambicus* (especie que presenta mayor diversidad en los alimentos que ingiere), *O. nilóticos*, *O. spilurus* y *O. aureus*.
- b) Especies fitoplanctófagas (que se alimentan de las algas y organismos microscópicos conocidos como fitoplancton): *O. macrochir*, *O. alcalicus*, *O. galilaeus* y *S. melanotheron*
- c) Especies herbívoras (se alimentan exclusivamente de plantas): *T. rendalli*, *T. zillii*, *T. sparmanni*.

Los usos más importantes del alimento absorbido lo constituyen el mantenimiento y el crecimiento de las especie. El exceso de alimento es almacenado en forma de grasa una vez satisfechos los requerimientos nutricionales.

2.1.4. Crecimiento.

El ciclo de vida de la Tilapia comprende cuatro etapas:

- a) Alevín: etapa el desarrollo subsecuente al embrión y a la eclosión, dura alrededor de 3 a 5 días; en esta fase, el alevín, se caracteriza porque presenta un tamaño de 0.5 a 1 cm y posee un saco vitelino en el vientre que es de donde se alimenta los primeros días de nacido.
- b) Cría: cuando los peces han absorbido el saco vitelino y comienzan a aceptar alimento balanceado, y han alcanzado una talla de 1 a 5 cm de longitud.
- c) Juvenil: peces con una talla que varía entre 5 y 10 cm, la cual alcanzan a los 2 meses de edad y aceptan alimento balanceado para su crecimiento.
- d) Adulto: Es la última etapa del desarrollo, los individuos presentan tallas entre 18 y 25 cm y pesos de 150 a 300 g, características que obtienen alrededor de los 3.5 meses de edad.

La Tilapia crece de manera longitudinal. En todas las etapas de su desarrollo a partir del alevín. El crecimiento depende de varios factores como la temperatura, oxígeno disuelto, pH, turbidez, altitud, luz o luminosidad y tipo de alimentación principalmente. La mayor tasa de crecimiento la presentan los machos de 6 a 8 meses, el crecimiento promedio de estos es de 18 a 25 cm, con un peso de 150 a 300 g (Morales Diaz A., 2003).

2.1.5. Respiración.

La respiración de la Tilapia se realiza por medio de branquias, estas se encuentran en la cavidad opercular, el cual consiste en una serie de hendiduras branquiales que comunican la faringe con las cámaras branquiales situadas a ambos lados de la cabeza. Estas cámaras se comunican con el agua exterior, pero pueden estar cubiertas por una serie de huesos llamados conjuntamente opérculos. En el interior de la cámara y las hendiduras branquiales están las branquias, que adoptan la forma de delgadas láminas o filamentos a través de los cuales circula la sangre. Cuando el pez absorbe agua y la expulsa a través de las branquias, el oxígeno disuelto en ella atraviesa la delgada membrana de las branquias y se disuelve en la sangre, mientras el dióxido de carbono sale de ésta y se disuelve en el agua (Figura 4).

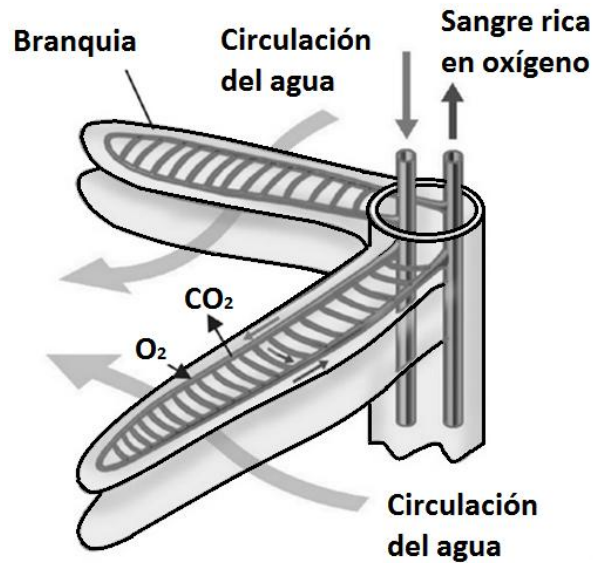


Figura 4. Esquema de la respiración de Tilapia (Saavedra Martínez, 2006).

La respiración se define como el consumo de oxígeno y está en relación directa con la temperatura, alimentación, talla y época del ciclo de vida. El genero Tilapia, por su capacidad de adaptación, puede vivir en condiciones ambientales adversas, puesto que soporta una concentración muy baja de oxígeno disuelto. Esto se debe principalmente a que posee la cualidad de saturar su sangre de oxígeno y de reducir su consumo cuando la concentración de éste en el medio es inferior a los 3 mg/l. La cantidad de oxígeno disuelto ideal para la Tilapia es mayor de 4.5 mg/l.

2.2. Taxonomía.

En nuestro país las especies existentes pertenecen a los géneros *Oreochromis* y *Tilapia*. La Tilapia pertenece a la familia de los cíclidos y está representada por cerca de 100 especies, la mayor parte de ellas se encuentran en África y algunas en Asia Menor. Muchas de estas han sido introducidas en otras partes del mundo, en aguas dulces y salobres. La mayor producción de Tilapia a nivel mundial, deriva de 5 especies.

Tabla 1. Clasificación de la mojarra Tilapia según Berg modificado por Trewavas (1983).

Clasificación de las Tilapias existentes en México			
<i>Phylum</i>	Chordata		
<i>Subphylum</i>	Vertebrata		
<i>Superclase</i>	Gnathostomata		
<i>Serie</i>	Pisces		
<i>Clase</i>	Actinopterygii		
<i>Orden</i>	Perciformes		
<i>Suborden</i>	Percoide		
<i>Familia</i>	Cichlidae		
<i>Género</i>	Tilapia	Especies	<i>melanopleura o rendalli</i>
	Oreochromis	Especies	<i>Aureus</i>
			<i>Niloticus</i>
			<i>Mossambicus</i>
			<i>urolepis hornorum</i>

Trewavas y Berg (1983) realizaron esta clasificación taxonómica de Tilapia en Londres, Inglaterra (Tabla 1).

2.3. Distribución geográfica.

La mayor distribución mundial de los cíclidos, se localiza entre los trópicos de Cáncer y Capricornio (Figura 5, líneas punteadas). En América esta región comprende México, Cuba, y el río de plata Argentina (1, área indicada en la figura 5); la mayor parte de África, Madagascar y Ceylán (2, área indicada en la figura 5) e India (3, área indicada en la figura 5). La distribución geográfica de la familia Cichlidae, se presenta en el mapa que se muestra en la figura 5.

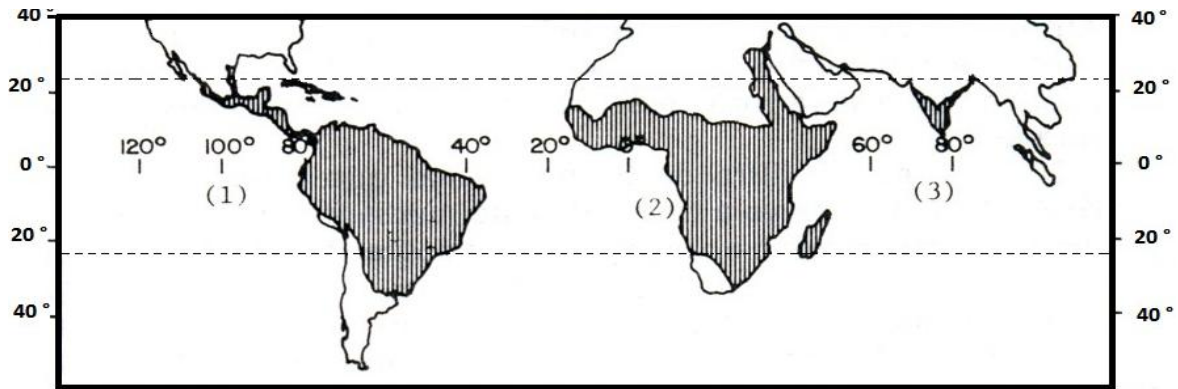


Figura 5. Distribución geográfica mundial de los cíclidos (Morales Díaz, 2003).

En la región que se localiza entre las líneas punteadas (Figura 5), se encuentra los países con mayor distribución debido a las condiciones ambientales (temperatura, humedad, precipitaciones o lluvias, flora y fauna acuática) de los trópicos de Cáncer y Capricornio. México se encuentra entre ellos.

2.4. Importancia económica.

A nivel mundial, el consumo per cápita de los productos derivados de la actividad acuícola ha presentado un rápido crecimiento; entre 1970 y 2006 pasó de 0.7 kg a 7.8 kg, mostrando en el periodo una tasa anual de crecimiento de 6.9 % (FAO, 2009). Como consecuencia de lo anterior la producción de Tilapia se ha visto incrementada: a inicios de la década de los cincuenta se produjo cerca de un millón de toneladas mientras que para el 2006 se reportaba una producción de 51.7 millones de toneladas, con un valor de 78.8 miles de millones de dólares, lo que representa una tasa anual de crecimiento cercano al 7 %. (FAO, 2009).

La región de Latinoamérica y el Caribe registró, en el periodo 1970-2006, la tasa promedio anual de crecimiento acuícola más alta del mundo: 22 % (FAO, 2009).

El cultivo de Tilapia se ha ido expandiendo gradualmente alrededor del mundo desde 1970. En los Estados Unidos, Canadá, México y el Caribe el cultivo es relativamente nuevo; este inicia en la década de los sesenta a pequeña escala, principalmente con un propósito de subsistencia. El primer registro de producción de Tilapia en México se da en 1970 (200

toneladas). Durante el periodo de 1984 al 2002, la producción se incrementó progresivamente a una tasa anual de 12.75 %. Para el 2006, la producción oficial reportada por la CONAPESCA fue de 70,823 toneladas, con un valor de \$ 810, 919,000 pesos (CONAPESCA, 2006). Se estima que la producción de Tilapia en China se encuentra alrededor de 1.0 millón de toneladas.

Las exportaciones de Tilapia de China hacia los Estados Unidos de America y México han resultado sustanciales, mientras que las exportaciones de los Estados Unidos de America se redujeron levemente. Sin embargo, es probable que el consumo de Tilapia en este país se incremente pronto, una vez que la crisis económica sea superada. En los primeros nueve meses de 2009, las exportaciones de Tilapia china fueron de 176 500 toneladas, 10 % más que lo registrado en el mismo periodo de 2008. El valor de las exportaciones ascendió a \$490 millones de dólares, bastante similares a lo registrado en el 2008.

En la tabla 2 se observa que el principal país importador fue Estados Unidos de America, con 91 600 toneladas, con 15 % más que en el año anterior. México, el segundo mayor importador de Tilapia china, reportó menores importaciones en el 2009, probablemente como reacción a la crisis económica mundial. Casi 25 300 toneladas de Tilapia china fueron importadas por este país en los primeros nueve meses de 2009, 10 % menos que durante el año anterior. Las importaciones rusas de Tilapia china se expandieron fuertemente durante el 2009, hasta alcanzar 19, 000 toneladas (FAO, 2010).

Tabla 2. Exportación de Tilapia en China en el año 2009. (FAO, 2010).

Exportación de Tilapia: China					
	2006	Junio-Diciembre 2007	2008	Junio-Septiembre 2008	2009
	(1000 Toneladas)				
USA	104.7	122	118.6	79.7	91.6
México	32.9	39.3	36.5	28.1	25.3
Rusia	5.5	19.3	17.1	16.3	19
Israel	3.7	4.1	4.2	2.9	4.9
Alemania	1.7	1.2	1.7	1.1	1.5
China	1.7	1.5	0.3	0.2	0.8
Bélgica	1.4	1.4	2.3	1.5	1.1
Puerto Rico	1.3	1.3	1.7	0.9	0.8
Rep. Dominicana	1	1.4	0.5	0.4	0.8
Canadá	1	0.7	0.6	0.4	1.5
Otros	26.9	23	40.9	28.9	29.2
Total	181.8	215.2	224.4	160.4	176.5

En México, CONAPESCA reporta en su anuario 2010 una utilidad de la Tilapia de \$1,121,257,972 pesos, a nivel nacional, para el Estado de Oaxaca una utilidad de \$16,517,898 pesos y en Veracruz de \$236,925,053 pesos. Donde ambos estados generan una utilidad del 35.8 % a nivel nacional (Tabla 3), es decir mas de una tercera parte de la utilidad nacional.

Como se observa en la tabla 3, la Tilapia es de gran importancia económica para los dos estados de la república, y por consiguiente en la región del Papaloapan.

Tabla 3. Producción de Tilapia a nivel nacional y utilidad en el año 2010.

Producción de Tilapias en año 2010 (CONAPESCA, anuario 2010)			
	Nivel nacional	Veracruz	Oaxaca
Producción (toneladas)	77,702	14,836	757
Utilidad (\$ M.N.)	1,121,267,972	236,925,053	16,517,898

2.5. Composición proximal.

La composición proximal de la Tilapia (Tabla 4) varía considerablemente según las condiciones de cultivo (temperatura, oxígeno disuelto, pH, salinidad, turbidez, altitud, luz o luminosidad, etc.) y en función de las especies, dependiendo de la edad, sexo, medio ambiente y estación del año. Así, las especies criadas en acuicultura también pueden mostrar variaciones en su composición, pero en este caso varios factores son controlados (temperatura, pH del agua, salinidad, turbidez y la dieta o alimentación) y por lo tanto se puede predecir mejor la composición proximal de la Tilapia.

Andrade *et al.*, (1995); Puwastien *et al.*, (1999); Izquierdo (1999); Visentainer *et al.*, (2005); Yanar *et al.*, (2006); Gonzáles *et al.*, (2006); De Castro *et al.*, (2007) y Perea *et al.*, (2008), realizaron estudios de la composición proximal de la Tilapia, la tabla 4 muestra un porcentaje de los valores encontrados.

Tabla 4. Composición proximal de la Tilapia (Base húmeda).

Compuesto	%
Humedad	72-80
Proteínas	13- 25
Lípidos totales	0.79-8.5
Carbohidratos	<1
Cenizas	0.5-1.5

Es de notar que el contenido de proteínas y lípidos se encuentra en mayor cantidad con respecto del contenido de carbohidratos y cenizas. Por lo cual la mayoría de los investigadores han centrado sus estudios sobre estos dos componentes bioquímicos evaluando el efecto que el calor y otros factores físicos, químicos o medioambientales ejercen en su composición.

En general, el contenido de proteínas de los peces es muy variable; va de 12 a 23 % (base húmeda) y están distribuidas como sigue: de 70 a 80 % son globulinas, de 10 a 20 % son albúminas y de 2 a 4 % son queratina y colágeno (Badui., 2006).

Izquierdo en 1999, encontró el siguiente perfil de ácidos grasos (g/100 g de grasa) para la Tilapia: ácidos grasos saturados de 6.5 %, ácidos grasos monoinsaturados 13.9 %, ácidos grasos poliinsaturados de 80.4 % y ácidos grasos insaturados de 94.3 %.

2.6. Tipos de cocción utilizados en la Tilapia (*Oreochromis sp.*).

La aplicación de calor permite preservar los productos alimenticios debido a que elimina microorganismos patógenos y digestibilidad. Sin embargo, un mal tratamiento de calor acelera reacciones químicas o fisicoquímicas de deterioro, desnaturalización de nutrientes y afectación de las propiedades sensoriales. Entre los procesos que involucran el uso del calor en la industria de los alimentos se encuentran los siguientes: pasteurización, horneado, tostado, freído, evaporación y condensación (Charley, 2001).

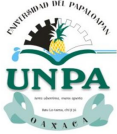
En el caso del pescado Tilapia el cocimiento es aplicado para alterar su textura, desarrollar su sabor y destruir a los microorganismos presentes (Charley, 2001).

Los métodos de cocimiento más utilizados son:

- a) Freído: Proceso de cocimiento de alimentos resultante de la inmersión del material alimenticio en aceite o grasa, que se encuentra a una temperatura de 150 a 200 °C. Durante este proceso, la transferencia de calor se realiza por mecanismos de conducción y convección. El fenómeno de conducción ocurre en el alimento sólido y es influenciada importantemente por las propiedades físicas del producto, mismas que están cambiando su magnitud a lo largo del proceso. El calentamiento inicial del alimento alcanza temperaturas ligeramente superiores al punto de ebullición del agua, aunque el agua es el componente mayoritario la presencia de solutos causa un efecto coligativo ocasionando un incremento en la temperatura. Posteriormente el inicio del burbujeo, el alimento incrementa su temperatura alcanzando paulatinamente superiores, cercanas a la temperatura del medio (150 a 200 °C). Por otro lado, el fenómeno convectivo se desarrolla entre el aceite y la superficie del alimento, la presencia de burbujas de vapor afecta este fenómeno en sentido opuesto: la constatación de generación de burbujas contribuye a la turbulencia del medio

que favorece la transferencia de calor. Ciertamente, la cantidad de vapor eliminado decrece con el avance del proceso debido a que la cantidad de agua dentro del alimento está disminuyendo (Valderrama J., 1999).

- b) Horneado: Método de cocción, en el cual el alimento es introducido en un espacio caliente y cerrado, llamado horno. A pesar de que el horno debe permanecer cerrado durante la cocción, adentro hay aire circulado. En general, se hornea encendiendo la unidad de calentamiento, cuya energía hace que el aire cercano se caliente y circule hacia arriba lo que origina, a la vez, que el aire menos caliente de la parte superior se mueva hacia abajo y así sucesivamente y se generen corrientes de convección durante el horneado. En este proceso convectivo, el calentamiento es más uniforme en el centro del horno. La temperatura tiende a ser más caliente en el fondo y en la parte más alta de un horno, y en la parte posterior y a los lados. (Marín R. Z., 1996).
- c) Microondas: proceso de cocción donde se introduce a la Tilapia dentro del horno. el alimento es cocinado por medio de las microondas que hacen girar a las moléculas de agua dipolar del alimento. Las microondas calientan principalmente el contenido de agua de los alimentos. La microonda, como toda onda electromagnética, es un campo de fuerza oscilante que empuja a las cargas eléctricas en la materia, y aunque la molécula de agua es neutra en su totalidad, tiene dos polos de carga: uno positivo y otro negativo. La onda empuja los extremos de las moléculas en direcciones opuestas, haciendo que éstas tiendan a girar y golpearse entre ellas violentamente a la frecuencia de funcionamiento de la microonda, hecho que genera una energía cinética que se traduce en calor (Marín R. Z., 1996).
- d) Vapor: Se lleva a cabo por el contacto directo del alimento con el vapor de agua, menos denso que ella y por lo tanto sus moléculas hacen contacto menos frecuentemente con el alimento. En este proceso ocurren dos fenómenos de transporte: convectivo y conductivo. El fenómeno convectivo, ocurre cuando se libera de manera continua el vapor generado en el sistema y por diferencia de



densidades de vapor, el vapor más caliente hace contacto con la superficie del producto alimenticio. El fenómeno conductivo, ocurre cuando el agua del alimento alcanza temperaturas de ebullición, donde domina la transferencia de calor entre el agua y el soluto del alimento (Valderrama J., 1999).

Diferentes estudios han demostrado que algunos de estos métodos pueden afectar el valor nutricional de la mojarra Tilapia, algunos autores que han estudiado lo anterior son Steiner-Asiedu M. *et al* (1991); Azizah A. H. *et al* (2002); Ferreira de Castro F. A. *et al* (2007) y Chukwu O. (2009).

III. ANTECEDENTES

En la literatura se ha estudiado el efecto de los diferentes tipos de procesamientos y métodos de cocción sobre la composición nutricional de la Tilapia. En primer lugar podemos citar el trabajo de Steiner-Asiedu M. y colaboradores (1991) quienes evaluaron el efecto de 3 métodos de cocimiento (cocido a la estufa, freído y ahumado) sobre la composición química y bioquímica (contenido en proteínas y cenizas), perfil de ácidos grasos y análisis de algunos minerales (Na, K, Mg, Ca, P, Fe, Cu, Zn y As) de 2 tipos de peces marinos (*Sardinella sp.* y *Dentex sp.*) y sobre Tilapia (*Oreochromis sp.*), para realizar sus experimentos aplicaron una temperatura por encima de los 80 °C por dos horas para los métodos de cocción ahumado y estufa. Para el freído se utilizó la misma temperatura a un tiempo entre 20 a 30 min. En este estudio se encontró que los métodos antes citados no causaron un efecto significativo sobre la composición química de las 3 especies de peces estudiados. Al evaluar el perfil de ácidos grasos se obtuvieron los mismos resultados que para el caso de la composición química.

El grupo dirigido por Atta M.B (1997) evaluó el efecto del tipo de cocimiento (vapor y horneado) sobre el contenido en metales pesados de Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*), cultivadas en condiciones de aguas ricas en cadmio, cobre, plomo y zinc a concentraciones de 5, 10 y 15 ppm. Ellos concluyeron que las concentraciones de metales disminuyeron por el efecto de estos 2 métodos de cocimiento pero se obtuvo una mayor disminución con el cocimiento por vapor. De esta forma se podría proponer una aplicación benéfica al uso de la cocción por vapor y horneado en el caso de requerir de la eliminación de metales pesados en Tilapia cultivadas bajo estas condiciones o cuando se encuentren expuestas a metales en su medio ambiente.

Así mismo, Azizah (2002) y colaboradores evaluaron la calidad nutricional es decir el contenido en proteínas, lípidos, cenizas, humedad y digestibilidad *in vitro* del hidrolizado de proteína de Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) después de ser secado por atomización. Las temperaturas de secado fueron: ($T_{\text{entrada}}/T_{\text{salida}}$) 150 °C/76 °C y 180 °C/90 °C,

respectivamente. Ellos observaron una disminución en el contenido de proteínas y lípidos para las 2 temperaturas utilizadas. A la temperatura más elevada se obtuvo un polvo con una humedad del 1.6 %. La digestibilidad se vio favorecida bajo las 2 temperaturas evaluadas.

Posteriormente, en el trabajo realizado por Aparecida y colaboradores (2007), utilizando cuatro especies de pez: Carpa común (*Cyprinus carpio*), Tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*), Tambaqu, un híbrido de Tambaqui (*Colossoma macropomum*) y Pacu (*Piaractus mesopotamicus*), se analizaron el contenido de lípidos totales y el perfil de ácidos grasos utilizando cromatografía de gases en muestras de pescado fresco, rostizado y al vapor con o sin piel. Además se estudiaron el efecto del almacenamiento a 15, 30 y 45 días a una temperatura de -20 °C. Se observó que la composición de ácidos grasos no presentó grandes variaciones por los tratamientos sobre las especies estudiadas, indicando que el almacenamiento y el método de cocimiento no interfieren en la composición de ácidos grasos. Sin embargo, al eliminar la piel se observó una disminución en el contenido total de lípidos, lo cual indica que la piel de los peces tiene un elevado contenido de lípidos o retiene el contenido lipídico durante los procesos.

Dentro de los estudios realizados sobre el secado por convección y por microondas en otras especies de pescados Wu T. y colaboradores (2008) evaluaron el efecto del secado por convección y por microondas sobre las propiedades nutritivas y aromáticas de la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*), tales como composición proximal, solubilidad de la proteína, la composición de aminoácidos, la composición de ácidos grasos, índice de peróxidos, valor de anisidina (niveles de aldehídos como indicador del material oxidado en aceites) y la evaluación de olor (se realizó por un panel de diez personas utilizando un escala del 1 al 9). Se observó un aumento significativo de proteínas, una disminución sobre el contenido de lípidos así como de los ácidos grasos saturados y monoinsaturados. Sin embargo, el perfil de ácidos grasos poliinsaturados, aumentó en un promedio de 23.8 % después de secarse por convección, se observó que las muestras en el horno de microondas presentaron una pérdida en el contenido de lípidos, una mayor solubilidad de la proteína y en anisidina. En lo que respecta al olor no se encontraron diferencias significativas entre los 2 métodos de cocción utilizados, (convección y microondas).

Por otro lado, Chukwu O. (2009), evaluó el efecto de dos diferentes métodos de secado (horno eléctrico y cocimiento en horno ahumador) sobre las siguientes propiedades nutricionales de Tilapia (*Oreochromis niloticus*): humedad, contenido en proteínas, lípidos, cenizas, fibra y carbohidratos, además de vitaminas (A y C) y algunos minerales (P y K). Utilizo un intervalo de temperatura de 70 a 85 °C por 20 horas para el ahumado y 110 °C por 45 min para el horno eléctrico. El investigador concluyó que existieron diferencias significativas entre los dos métodos estudiados sobre dichas propiedades, sin embargo, no se evaluó el método de cocción por vapor y el impacto de éste sobre la calidad sobre las proteínas y lípidos.

Entre los investigadores que utilizaron el análisis electroforético como herramienta para la identificación o comportamiento de las variaciones de las proteínas presentes en peces similares a la Tilapia se mencionan los siguientes puntos.

En 1999 Ferrari y colaboradores, realizaron una separación de proteínas sarcoplásmicas por electroforesis en gel de agarosa como método para la identificación de algunas especies de pescado. Las muestras (filetes de la zona dorsal de los peces) de Corvina (*Cynoscion virescens*), Lisa (*Mugil curedecimalis*), Mero (*Epinephelus striatus*) y Robalo (*Centropomus undecimalis*) fueron homogenizados y desionizados, luego homogenizaron y filtraron las muestras y los extractos fueron sometidos a electroforesis a 95 Voltios por 35 min utilizando un buffer barbital con pH de 8.6. Posteriormente los electroforegramas fueron analizados por densitometría a 520 nm, encontrando varias diferencias, tanto en los patrones electroforéticos, como en los densitogramas de las especies estudiadas. Los electroforegramas obtenidos de las especies estudiadas fueron comparadas entre sí y observaron bandas de diferente movilidad relativa así como distintas intensidades de coloración para cada especie (Figura 6). Debido a la eficiencia del método, se recomienda el uso de la electroforesis de las proteínas sarcoplásmicas de pescado en gel de agarosa para la diferenciación e identificación de las especies estudiadas.

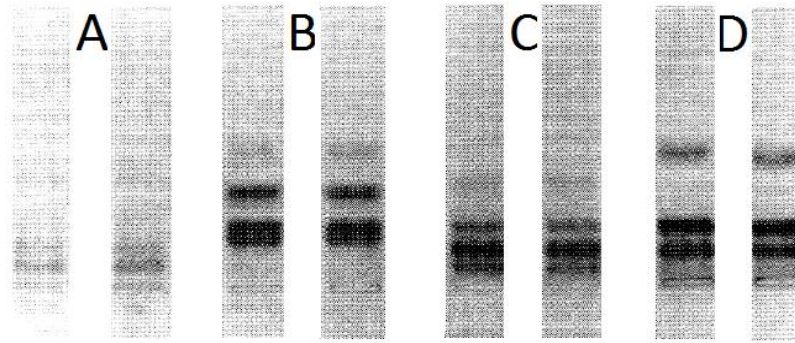


Figura 6. Elatrophoregrama de proteínas sarcoplásmicas de las especies estudiadas. (A) Corvina (*Cynoscion virescens*), (B) Lisa (*Mugil curedecimalis*), (C) Mero (*Epinephelus striatus*) y (D) Róbalo (*Centropomus undecimalis*).

En 2006 Solari G. F. observó variaciones de la composición proteica por electroforesis de *Clolossoma macropomun* (cuvier, 1818) (*characiformes: Charcidae*), proveniente de criaderos durante su almacenamiento. Las condiciones de almacenamiento empleadas fueron con hielo (0 a \pm 4 °C), congelación (\pm 25 °C) y ambiente (25 °C) por un tiempo de un mes. Al final de cada periodo observó que el valor porcentual de la proteína miofibrilar durante su almacenamiento en hielo registro su valor más bajo en el día 14 siendo de 47.9 %. También observó que los geles de electroforesis mostraron que la fracción miofibrilar es la fracción más susceptible a las variaciones durante su almacenamiento en hielo y congelación (Figura 7 y 8).

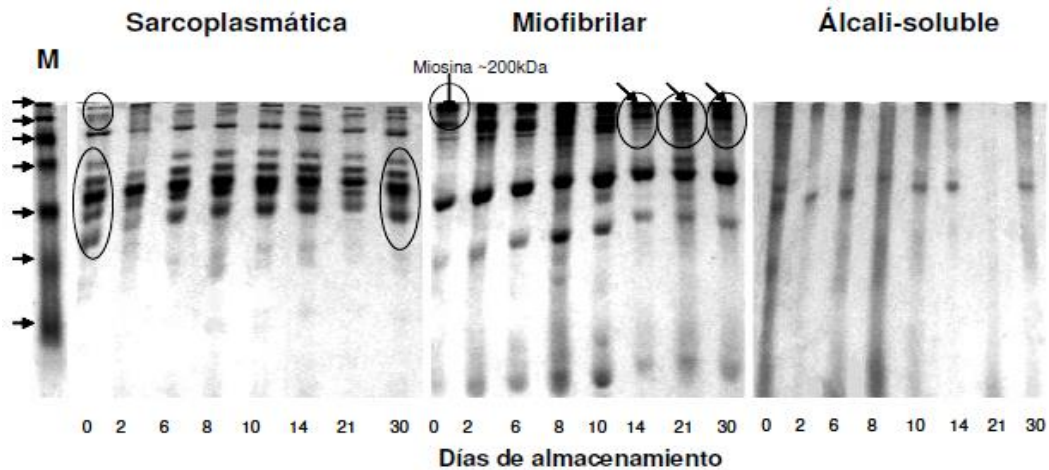


Figura 7. Variación de la composición proteica del músculo de Gamitana (*Colossoma macropomun*) durante su almacenamiento. Patrones en SDS-PAGE (gel 10 %) de las fracciones proteicas: Sarcoplasmática, miofibrilar y álcali-soluble del musculo de “gamitana”, durante el almacenamiento en hielo. Letra “M” representa la columna del marcador de peso molecular.

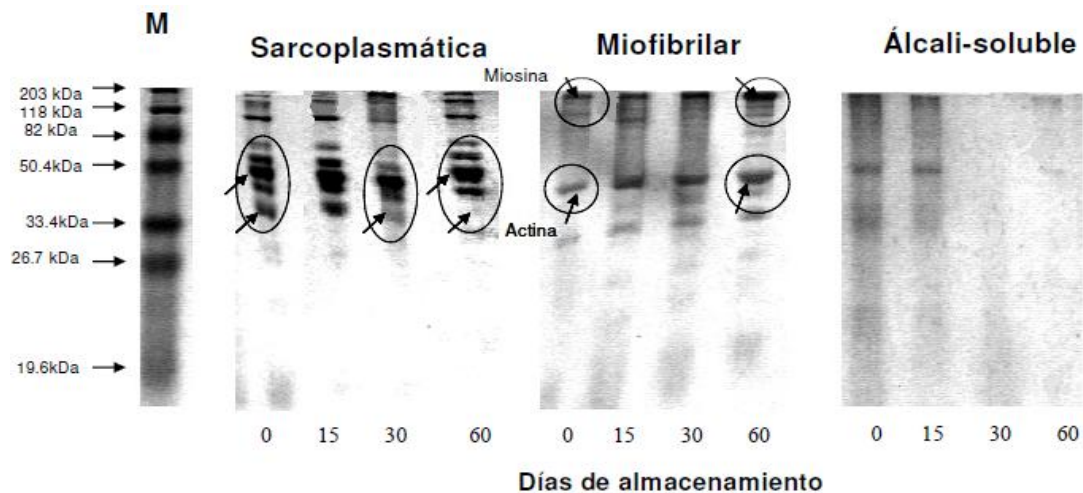


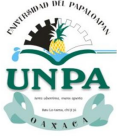
Figura 8. Repetición de la variación de la composición proteica del músculo de Gamitana (*Colossoma macropomun*) durante su almacenamiento. Patrones en SDS-PAGE (gel 10 %) de las fracciones proteicas: Sarcoplasmática, miofibrilar y álcali-soluble del musculo de “gamitana”, durante el almacenamiento en congelación. Letra “M” representa la columna del marcador de peso molecular.



Como ya se ha mencionado, entre los trabajos más recientes realizados sobre la Tilapia existen algunos autores que no encontraron diferencias significativas de cambios en la composición proximal, minerales y perfil de ácidos grasos de Tilapia al aplicar distintos método de cocción, en contradicción con lo que reportan otros autores, esto debido probablemente a los métodos de análisis utilizados o a las variaciones en composición en las diferentes especies de Tilapia.

También se observó que no se han realizado algunos análisis fisicoquímicos como la actividad de agua y pH sobre la Tilapia al aplicar distintos métodos de cocción. Esto como indicador de proliferación de microorganismo y tiempo de anaquel de la Tilapia, para el buen manejo y almacenamiento después de cada proceso de cocción.

Por otra parte cabe mencionar el poco uso del análisis de electroforesis para el estudio cualitativo de las proteínas presentes en Tilapia antes y después de la aplicación de los métodos de cocción. Es de considerar que la aplicación de un método de cocción ya sea el vapor o el horneado sobre Tilapia puede tener un efecto benéfico en muestras de Tilapia cultivadas en aguas contaminadas con metales pesados.



IV. HIPÓTESIS

El empleo de los métodos de cocción: cocción a vapor (60 y 80 °C), horno de microondas con 2 potencias (1400 y 140 Watts) y en horno eléctrico (60 y 80 °C) tendrá un efecto significativo sobre la calidad nutricional de la Tilapia.

V. OBJETIVOS

5.1. General.

Estudiar el efecto de tres métodos de cocción (vapor, horno eléctrico y horno de microondas) sobre el contenido de proteínas, lípidos totales, humedad, cenizas, actividad de agua y pH en la mojarra Tilapia producida en la región del Papaloapan.

5.2. Particulares.

5.2.1 Establecer las condiciones de cada proceso de cocción propuesto: vapor, horno eléctrico y horno de microondas.

5.2.2 Caracterizar fisicoquímicamente a la mojarra Tilapia, analizando pH y actividad de agua.

5.2.3 Evaluar el efecto de tres métodos de cocimientos: sobre la calidad nutricional de la mojarra Tilapia mediante el análisis electroforético de las proteínas de la Tilapia.

VI. PARTE EXPERIMENTAL

6.1. Muestra.

Se utilizaron peces del género *Oreochromis sp.* “Tilapia” provenientes del Mercado Central de la Ciudad de Tuxtepec Oaxaca. Los peces adquiridos tuvieron un peso aproximado 300 a 400 g y 20 a 25 cm de longitud total (talla comercial), los cuales fueron depositados rápidamente en un recipiente con hielo y luego trasladados al Laboratorio de Alimentos de la Universidad del Papaloapan (UNPA), para su posterior análisis. Las condiciones para los distintos tipos de cocimientos (vapor, horno eléctrico y horno de microondas) así como un control (muestra cruda) fueron realizadas tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Condiciones de trabajo de los métodos de cocción sobre las muestras de Tilapia.

Método de cocción	Humedad inicial X(kg de agua/kg de materia húmeda)	Características del tamaño inicial de la muestra (cm ³)	Temperatura (°C) ó potencia de cocción (Watts)	Tiempo
Horno eléctrico	78.11 ± 0.18	2.5	60 y 80	40 min
Vapor	78.11 ± 0.18	2.5	60 y 80	40 min
Microondas	78.11 ± 0.18	2.5	1400 y 140	10 s
Control	78.11 ± 0.18	2.5	Temp. ambiente	-

En la tabla 5 se describe las condiciones de operación de los equipos de cocción y las características de las muestras. El horno eléctrico y el sistema vapor fueron operados con las siguientes condiciones: 60 y 80 °C a 40 min. Para el horno de microondas se manejaron dos potencias: 140 y 1400 Watts en 10 s. Las muestras utilizadas fueron de 2.5 cm³ y con un porcentaje de humedad de 78.11 ± 0.18 %.

6.2. Preparación de la muestra.

Se realizaron cortes longitudinales en el músculo de la zona dorsal de la Tilapia, para obtener filetes y posteriormente muestras con un tamaño aproximado de 2 cm de ancho por 2.5 cm de largo por 0.5 cm de espesor (2.5 cm^3), los cuales se pesaron en una balanza analítica Citizen modelo CX220. Las muestras de Tilapia utilizadas presentaron pesos aproximados entre 1.50 a 1.70 g.

6.3. Condiciones de operaciones de los equipos de cocción.

Se estudió el funcionamiento y comportamiento de los equipos de cocción involucrados en este proyecto, cuidando su buen manejo para lograr así su mejor aprovechamiento.

6.3.1. Horno eléctrico.

La elección del horno eléctrico (Hamilton Beach) en este proyecto se debe al tipo de cocción que realiza (cocción por calor seco), igual al proceso de horneado de alimentos.

Se realizó la medición de la temperatura interna del horno de convección Hamilton Beach por triplicado mediante el uso de un sistema de termopares para establecer en qué condiciones se obtenía la mejor distribución de calor. Las temperaturas que se emplearon fueron 60 y 80°C (temperaturas de operación más estables en el horno de convección) a una velocidad constante de 3 m/s (aire del ventilador del equipo).

Se observaron diferencias de la temperatura de cocción (60 y 80 °C) del horno eléctrico (Figura 9, A), el cual no se mantuvo constante.

Posteriormente se recubrió el horno con un aislante de fibra de vidrio (Figura 9, B), permitiendo de esta manera que el controlador del horno trabajara en mejores condiciones de cocción y mantuviera una temperatura constante de cocción para llevar a cabo el proceso.

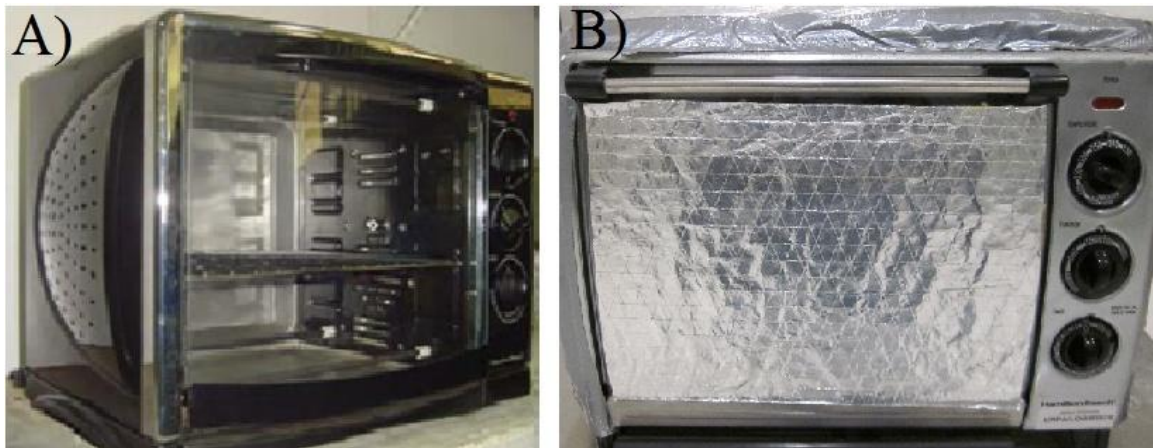


Figura 9. Horno de convección para mostrador Hamilton Beach. A) Horno sin aislante de fibra de vidrio y B) Horno con aislante en fibra de vidrio.

6.3.2. Sistema vapor.

La elección de sistema vapor como método de cocción se debió al gran uso en el arte culinario para la cocción de la Tilapia (empapelado).

Para este proceso, se generó vapor al interior de un recipiente con agua, a través de una parrilla eléctrica (Wise Stir ® modelo MSH-20) con temperatura controlada (85 a 100 °C). Se colocaron las muestras envueltas de papel aluminio dentro del sistema de vapor (Figura 10). Posteriormente se monitorearon las temperaturas internas de las muestras (60 y 80 °C) y externas de 85 a 100 °C durante 40 min. La lectura de temperaturas se realizó con termopares tipo K adaptados a un lector de temperaturas.



Figura 10. Dispositivo empleado para la cocción de vapor.

6.3.3. Horno de microondas.

Debido a las nuevas tendencias de cocción de alimentos, se optó por utilizar el horno de microondas como otro método de cocción de la mojarra Tilapia.

Para llevar a cabo este proceso se utilizó un horno de microondas doméstico marca LG[®] modelo MH1449/00 con una potencia de trabajo de 1400 Watts con dos niveles de potencia: alto (1400 Watts) y bajo (140 Watts) en la función característica “cooking” del equipo (Figura 11).



Figura 11. Horno de microondas LG[®] empleado para la cocción a microondas.

6.4. Análisis proximal.

El análisis proximal tiene como propósito determinar en porciento el contenido de proteínas, lípidos, humedad y ceniza en un alimento.

Para realizar este análisis se plantearon las siguientes determinaciones: contenido de proteínas, de lípidos, de humedad y de cenizas en muestras dorsales (2.5 cm³) de Tilapia antes y después de la aplicación de cada uno de los métodos de cocción.

6.4.1. Determinación de proteínas totales por el método Kjeldahl.

Las proteínas existen en los alimentos en combinación con carbohidratos o lípidos. Las glucoproteínas y las lipoproteínas afectan las propiedades reológicas de las soluciones alimenticias o poseen aplicaciones técnicas como emulsificantes comestibles. El “envejecimiento” de la carne está relacionado con cambios químicos en las proteínas. Las proteínas naturales puras poseen poco sabor. Durante el proceso de calentamiento (ebullición, panificación, asado) las cadenas laterales de aminoácidos se degradan o interactúan con otros componentes de los alimentos (ejemplo, la lisina con los azúcares reductores) para conferir sabores típicos. El calentamiento excesivo puede, por otro lado, reducir el valor nutritivo (James C., 1999).

El contenido de proteínas totales se realizó por triplicado mediante el método de macro Kjeldahl que consiste en la determinación de nitrógeno proveniente de las uniones de cadenas polipeptídicas. Se siguió el método descrito por la Association of Official Analytical Chemist (AOAC, 981.10, 1990).

Se pesó 1 g de muestra en una balanza analítica Citizen modelo CX220 y se transfirió a un matraz Kjeldahl, y se añadieron 2 g de la mezcla catalizadora (Anexo 1), para acelerar la reacción del ácido sulfúrico con la materia orgánica, 15 ml de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₂) y 4 perlas de ebullición (volumen aproximado de 0.52 cm³). Después se colocó el matraz en el digestor y se calentó cuidadosamente a baja temperatura, hasta que todo el material se carbonizó. Posteriormente se aumentó la temperatura lentamente hasta que la

solución quedó completamente clara y se dejó por 30 min más en el digestor. Una vez frío se añadieron 200 ml de agua destilada para disolver completamente la muestra. Se agregaron 6 granallas de zinc y 5 ml de una solución al 40 % de hidróxido de sodio (NaOH) por cada ml de ácido sulfúrico (H_2SO_2) más 10 ml de exceso. Posteriormente, se conectó al aparato de destilación y se recibió el destilado en un matraz Erlenmeyer de 500 ml, el cual contenía 50 ml de una solución al 4 % de ácido bórico (H_3BO_3) y 3 gotas de indicador de Wesslow (Anexo 1). Como siguiente paso la muestra se destiló hasta separar todo el amoníaco (NH_3) (aproximadamente 300 ml). Por último se tituló el destilado con una solución al 0.1 N de ácido clorhídrico (HCl).

Los cálculos se llevaron a cabo empleando la siguiente ecuación.

$$\%N = \frac{(v)(N)(0.0014)}{P} \times 100$$

En donde:

%N= Porcentaje de nitrógeno.

v= Mililitros de ácido clorhídrico gastado en la titulación.

N= Normalidad de la solución de ácido clorhídrico.

P= Peso de la muestra.

0.014= mili equivalentes del nitrógeno.

El porcentaje de nitrógeno (% N) se multiplico por un factor de 6.25 para convertir el % N a porcentaje de proteína cruda. El porcentaje de nitrógeno en proteína para carnes es de 16 % y su factor de conversión es de 6.25 (AOAC, 981.10, 1990).

6.4.2. Determinación de lípidos totales.

Los lípidos son grupos de compuestos constituidos por carbono, hidrogeno y oxigeno que integran cadenas hidrocarbonadas alifáticas o aromáticas, aunque también contiene fósforo y nitrógeno. Desempeñan muchas funciones en los tejidos, además de que son la fuente energética más importante, ya que cada gramo genera 9 Kcal. (38.2 kJ.), porque en su estructura contiene más átomos de carbono que las proteínas y los hidratos de carbono. Las

grasas y los aceites son los principales lípidos que se encuentran en los alimentos, y contribuyen a la textura y, en general, a las propiedades sensoriales y de nutrición. El método Soxhlet utiliza un sistema de extracción cíclica de los componentes solubles en éter que se encuentran en el alimento, al aumentar la temperatura y por diferencia de polaridad estos componentes son extraídos hasta el matraz (James C., 1990).

El contenido de lípidos totales se realizó por triplicado para cada muestra, siguiendo la metodología descrita por la Association of Official Analytical Chemist (AOAC, 960.39, 1990). Se pesaron 2 g de muestra seca en una balanza analítica Citizen modelo CX220 y se colocaron en un cartucho o dedal, el cual fue cubierto con una porción de algodón. Se transfirió el cartucho dentro del extractor Soxhlet. En la parte inferior del extractor se ajustó un matraz con perlas de ebullición (llevados previamente a peso constante por calentamiento a 100-110 °C, en un horno marca BarnsteadInternational® modelo 403 por 24 horas.) y en la parte superior del extractor se colocó un refrigerante de rosario. Posteriormente, se añadió éter de petróleo por el extremo superior del refrigerante en cantidad suficiente para tener 2 ó 3 descargas del extractor (alrededor de 60 ml por descarga) luego se hizo circular agua por el refrigerante. Se calentó (60 a 70 °C) la parrilla del equipo Soxhlet hasta que se obtuvo una frecuencia de 2 gotas por segundo y se dejó ejecutando la extracción durante un periodo de 4 a 5 horas. Finalmente, se dejó evaporar el éter a 65 °C en horno estufa y se pesaron los matraces.

Los cálculos se llevaron a cabo empleando la siguiente ecuación.

$$\% \text{Extracto etéreo} = \frac{(P - p)}{M} \times 100$$

En donde:

P= peso en g del matraz con grasa.

p= peso en g del matraz sin grasa.

M= peso de la muestra en g.

6.4.3. Determinación de humedad.

Todos los alimentos, cualquiera que sea el método de industrialización a que hayan sido sometidos, contienen agua en mayor o menor proporción. Las cifras de contenido en agua varían entre un 60 y un 95 % en los alimentos naturales. En los tejidos vegetales y animales, puede decirse que existe en dos formas generales: “agua libre” Y “agua ligada”. El agua libre o absorbida, que es la forma predominante, se libera con gran facilidad. El agua ligada se halla combinada o absorbida. Se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas y a las moléculas de sacáridos y absorbida sobre la superficie de las partículas coloidales (Hart, 1991).

El análisis del contenido de humedad se realizó por triplicado, siguiendo la metodología descrita por la Association of Official Analytical Chemist (AOAC, 950.46, 1990). El contenido de humedad se obtuvo por la pérdida de peso de la muestra, al evaporarse el agua contenida, mediante convección natural del aire caliente ($60 \pm 2^\circ \text{C}$) por 24 h. Con la pinza se pesaron los crisoles a peso constante en una balanza analítica Citizen modelo CX220 y se anotó el valor. Se colocaron las muestras de 1.5 g en los crisoles; éstos se secaron en un horno a 65°C durante 24 horas. Pasado el tiempo se retiraron las muestras del horno y se colocaron dentro de un desecador durante 20 minutos. Finalmente se pesaron las muestras.

Los cálculos se llevaron a cabo empleando la siguiente ecuación.

$$\% \text{Humedad} = \frac{(M_i - M_f)}{M_i} \times 100$$

En donde:

M_i = peso inicial de la muestra.

M_f = peso final de la muestra (peso del crisol con muestra seca - peso del crisol).

6.4.4. Determinación de cenizas.

Las cenizas de un alimento representan un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas normalmente, no

son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes. El valor principal de la determinación de cenizas (y también de las cenizas solubles en agua, la alcalinidad de las cenizas y las cenizas insolubles en ácido) es que supone un método sencillo para determinar la calidad de ciertos alimentos. Las cenizas de los alimentos deberán estar comprendidas entre ciertos valores, lo cual facilitará en parte su identificación (Pearson, 1993).

El análisis del contenido de ceniza se realizó por triplicado, siguiendo la metodología descrita por la Association of Official Analytical Chemist (AOAC, 938.08, 1990). Con la ayuda de una pinza se pesaron los crisoles en una balanza analítica Citizen modelo CX220. Después se pesaron las muestras de 1.5 g dentro de los crisoles. En seguida las muestras (1.50 a 1.70 g) fueron colocadas en una parrilla y las muestras fueron quemadas lentamente hasta que el material no desprendía más humo, evitando que la muestra se proyectara fuera del crisol. Posteriormente, se introdujo el crisol en una mufla a 550°C y se efectuó la calcinación completa, en un tiempo de aproximadamente entre 3 a 4 horas. Transcurrido el tiempo, los crisoles se dejaron enfriar en la mufla y al llegar a la temperatura adecuada, los crisoles se transfirieron a un desecador para su completo enfriamiento. Por último se peso el crisol con la ceniza.

Los cálculos se llevaron a cabo empleando la siguiente ecuación.

$$\%Ceniza = \frac{(P-p)}{M} \times 100$$

En donde:

P= Masa del crisol con las cenizas en gramos.

p= Masa del crisol vacío en g.

M= Masa de la muestra en g.

6.5. Análisis fisicoquímico.

El análisis fisicoquímico se ocupa en la cuantificación de componentes físicos y químicos presentes en el alimento, mediante las siguientes determinaciones: actividad de agua (a_w), pH, acidez titulable, textura, color entre otros.

Se realizaron dos tipos de análisis fisicoquímico (determinación de la actividad de agua y pH) a las muestras de Tilapia antes y después de la aplicación de los métodos de cocción. Se ha observado, que estos parámetros sufren cambios después de la aplicación de un método de cocción.

6.5.1. Determinación de actividad de agua (a_w).

La actividad del agua (a_w) es considerada la propiedad más importante en un sistema alimenticio. El cual indica la fuerza con la que el agua se encuentra atada, estructural o químicamente, a un alimento. La actividad del agua es un concepto termodinámico refiriéndose a una condición de equilibrio, describe la habilidad de actuar como solvente y participar en reacciones químicas y bioquímicas a si como también en el crecimiento microbiano. La actividad del agua se representa como la relación entre la presión de vapor del aire alrededor de un alimento (p) y la presión de vapor del agua pura (p_0), ambos permaneciendo a una misma temperatura (Fennema, 1990).

El valor de la actividad de agua se midió por triplicado con el equipo Decagon AQUA LAB (Decagon Devices Inc., Pullman, WA, USA). La muestra se colocó en un recipiente metálico cilíndrico; con un radio de 2 cm y 1 cm de largo y se colocó en el equipo. Se encendió el equipo y se presionó dos veces el botón izquierdo (I); el contenido de actividad del agua (a_w) quedó determinado cuando el equipo emitió tres sonidos que indicó la finalización de la toma de la lectura.

6.5.2. Determinación del pH.

El pH puede definirse como una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala, que varía entre 0 y 14. El principio básico de la medida del pH se fundamenta en el registro potenciométrico de la actividad de los iones hidrógeno por el uso de un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia, o un electrodo combinado. El pH es un buen indicador del estado general del producto ya que tiene influencia en múltiples procesos de alteración y estabilidad de los alimentos, así como en la proliferación de microorganismos (Fennema, 1990).

El análisis del pH se midió por triplicado. Las muestras de 1.5 g de peso aproximadamente se molieron y homogenizaron en equipo Ultra Turrax[®] modelo T18 en 20 ml de agua destilada. Los valores de pH se midieron con un potenciómetro modelo 210 (Haana Instruments) utilizando estándares de pH para su calibración.

6.6. Análisis electroforético.

La electroforesis se utiliza para lograr la separación de moléculas de proteínas al paso de una corriente eléctrica continua y para lograr la migración y separación de moléculas, al aplicar un campo eléctrico. La separación se basa en la carga neta y la densidad de carga de cada molécula. Las que tiene carga neta positiva migran hacia el cátodo y las que tienen carga neta negativa migran hacia el ánodo; de aquí que la migración neta sea directamente proporcional a la densidad de la carga de la molécula (Laemmli, 1970).

Se realizó este análisis para evaluar de manera cualitativa el efecto de los métodos de cocción sobre las proteínas presentes en Tilapia antes y después de la aplicación de cada proceso de cocción. Los pasos de este análisis son los siguientes.

6.6.1. Preparación de la muestra.

Las muestras con pesos de 1.5 a. 1.7 g. y 2.5 cm³ de tamaño, fueron homogenizadas en 20 ml de agua destilada con un equipo homogenizador Ultra Turrax[®] modelo T18 a una

velocidad constante de 7000 rpm por un tiempo de 5 min, con el objetivo de romper las membranas de las células y liberar la mayor cantidad de proteína de la muestra.

6.6.2. Determinación de proteínas totales.

Para normalizar la concentración total de proteínas por muestra, se realizó una determinación de proteína total del homogenizado por el método de Lowry (1951) que es un método colorimétrico de valoración cuantitativa de las proteínas totales de la muestra. Las proteínas reaccionan formando un complejo colorido al formarse un complejo de coordinación entre el cobre y los grupos aminos, siendo la intensidad de color proporcional a la concentración de proteínas.

Para determinar la concentración de proteínas de la muestra problema se construyó una curva de calibración a partir de una solución patrón de Albúmina Sérica Bovina (BSA) a una concentración de 1 mg/ml. Para la curva de calibración se utilizó el reactivo Folín y se prepararon las siguientes soluciones:

- a) Solución A: 0.18 M de carbonato de sodio (Na_2CO_3), 0.1M de hidróxido de sodio (NaOH) y 0.001M de Tartrato sodio ($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{Na}$).
- b) Solución B: 0.03 M de sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).
- c) Solución C: una relación de 50:1 de solución A + B.
- d) Solución E: 1 % de Desoxicolato de sodio ($\text{C}_{24}\text{H}_{39}\text{NaO}_4$).

La curva de calibración se utilizó como se indica en la tabla 6. El tubo 1 se utilizó como blanco de calibración.

Tabla 6. Preparación de la curva de calibración para el método de Lowry.

Tubo	Volumen de Albúmina (1mg/ml) (μl).	Volumen del agua (μl).	Volumen de sol. E (μl).	Volumen de sol. C (μl).	Volumen del reactivo Folin (1:2) (μl).
Blanco	0	800	100	2000	100
1	5	795	100	2000	100
2	10	790	100	2000	100
3	15	785	100	2000	100
4	20	780	100	2000	100
5	25	775	100	2000	100
6	30	770	100	2000	100
7	35	765	100	2000	100
8	40	760	100	2000	100
9	50	750	100	2000	100
10	70	730	100	2000	100

Las muestras se incubaron por 15 min a temperatura ambiente, posteriormente, se leyeron en un espectrofotómetro UV/VIS (Perkin Elmer® Lambda 25) a 750 nm utilizando el blanco para la calibración.

Para determinar la concentración de proteína en muestras de Tilapia sometidas a diferentes métodos de cocción se siguió el procedimiento indicado en la tabla 7.

Tabla 7. Análisis de proteínas totales de la muestra de Tilapia por el método de Lowry.

Tubo	Volumen de muestra (μl).	Volumen de agua (μl).	Volumen de sol. E en (μl).	Volumen de sol. C (μl).	Volumen del reactivo Folin (1:2) en μl.
<i>Blanco</i>	0	800	100	2000	100
<i>Muestra</i>	10	790	100	2000	100

En un tubo de ensaye se colocaron 10 μl (para poder comparar de manera homogénea las concentraciones de proteínas presentes en un volumen 3 ml) de muestra problema, posteriormente se adicionaron 790 μl de agua destilada, 100 μl de solución E y 2000 μl de

solución C. Por último se agregaron 100 µl el reactivo de Folin, las muestras se agitaron dejaron a temperatura ambiente (25 °C) por 15 min en reposo, posteriormente se realizó la toma de lectura de la absorbancia en un equipo de UV/VIS (Perkin Elmer® Lambda 25) a 750 nm.

6.6.3. Electroforesis.

Se siguió la metodología utilizada por Laemmli, (1970) preparándose un gel de acrilamida-bisacrilamida en condiciones desnaturalizantes al 12 % (SDS-PAGE). Para el montaje se utilizaron dos placas de vidrio en buen estado y se limpiaron con algodón humedecido en alcohol, posteriormente se colocaron dos separadores entre las placas. Las placas de vidrio se ajustaron paralelamente con los separadores a cada extremo presionando de manera uniforme con las pinzas respectivas. Una vez hecho lo anterior se procedió al montaje de este sistema de placas sobre la base del equipo. Luego del montaje se revisó que el sistema no presentara fugas.

El sistema de electroforesis se constituyo con dos geles de poliacrilamida: el gel concentrador y el gel separador. Para la formación de los geles se usaron diferentes soluciones, misma que se prepararon como se indica a continuación.

- a. Solución A: 0.8 % de bis-acrilamida ($C_7H_{10}N_2O_2$) y 30 % de acrilamida (C_3H_5NO) en agua bidestilada y se mantuvo a 4 °C.
- b. Solución B: solución al 1.5 M de trizma-HCl ($C_4H_{11}NO_3-HCl$), a un pH de 8.8.
- c. Solución C: solución al 10 % de dodecil sulfato de sodio (SDS, $C_{12}H_{25}O_4SNa$) en agua bidestilada. Se guardó en temperatura ambiente.
- d. Solución D: solución al 0.5 M de trizma-HCl (SDS, $C_{12}H_{25}O_4SNa$), a un pH 6.8.
- e. Solución E: solución al 1 % persulfato de amonio ($(NH_4)_2S_2O_8$) en agua bidestilada. Se preparó al momento de usarse.
- f. Solución F: TEMED (N,N,N',N'- tetrametiletilendiamino). Se ocupó directo del frasco y se mantuvo en hielo.

- g. Solución fijadora: 40 % de metanol (CH_3OH) más 10 % de ácido acético (CH_3COOH)
- h. Solución para desteñir de bajo metanol (CH_3OH): 30 % de metanol (CH_3OH) más 7.5 % de ácido acético (CH_3COOH).
- i. Solución de tinción: solución de 0.2 % de azul de coomassie R-250 disuelto en 50 % de metanol (CH_3OH). Se agregó 7 ml de ácido acético (CH_3COOH). por cada 100 ml del volumen total.
- j. Amortiguador para la cámara: 10 ml de solución C, 14.4 g de glicina ($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$), 3.0 g de Trizma-HCl (SDS, $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O}_4\text{S}\cdot\text{Na}$) y se aforó con agua bidestilada a un volumen final de 1L con pH de 8.3.
- k. Amortiguador para la muestra: 5.0 ml de glicerol ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$), 2.5 ml de solución D, 1.0 ml de solución C, 0.1 ml de β -mercaptoetanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{OS}$), 0.1 mg de colorante de azul de bromofenol ($\text{C}_{19}\text{H}_{10}\text{Br}_4\text{O}_5\text{S}$) y se aforó a 100 ml con agua bidestilada.

Utilizando las soluciones anteriores se preparó un gel separador de acrilamida al 12 % de la siguiente manera: 2.025 ml de agua bidestilada, 1.875 ml de solución B, 3.0 ml de solución A, 0.075 ml de solución C, 0.54375 ml de solución E y se añadieron 0.00375 ml de solución F. La polimerización comenzó en cuestión de segundos por lo que se agregó el gel entre las placas de vidrio inmediatamente con la ayuda de una pipeta Pasteur, una vez realizado lo anterior se agregó isopropanol con el objetivo de que la superficie del gel quedara homogénea. Cuando el gel se polimerizó se retiró el isopropanol y se limpió el exceso con papel filtro, colocándolo cuidadosamente en la superficie del gel polimerizado.

El gel concentrador se preparó mezclando 1.425 ml de agua bidestilada, 0.250 ml de solución A, 0.00625 ml de solución C, 0.625 ml de solución D, 0.175 ml de solución E y se añadió 0.0025 ml de solución F. Se homogenizó agitando y rápidamente se colocó sobre el gel separador. Se colocó de inmediato el peine para la formación de los pozos, donde son colocadas las muestras. Una vez polimerizado el gel (aproximadamente 10 min) se retiró el peine y se lavaron los pozos formados con amortiguador de la cámara.

6.6.4. Tratamiento de la muestra

Con una micropipeta automática se colocaron 50 μ l de muestra en un tubo Eppendorf más 50 μ l de la solución amortiguadora. Esta mezcla se agitó y se calentó a 100 °C en un baño María por 3 min y al terminar este tiempo, la mezcla se dejó enfriar a temperatura ambiente (25 °C). Se colocó el volumen de muestra requerida para que en cada pozo se lograra obtener la misma concentración de proteínas totales. Una vez colocadas las muestras sobre el gel concentrador se realizó la corrida a temperatura ambiente con la adición del amortiguador para la cámara y cerrando el circuito eléctrico en un equipo de electroforesis Thermo SCIENTIFIC a 60 amperios. La corrida fue interrumpida cuando el frente de azul de bromofenol coincidió con la línea de “stop” del equipo.

Al término de la corrida los geles fueron colocados por 15 min en la solución fijadora y al terminar este tiempo se colocaron por una hora en la solución de tinción azul de Coomassie. Luego, los geles se transfirieron a la solución para desteñir de bajo metanol por periodos de 20 min, hasta observar las bandas de color azul y el fondo transparente.

Para calcular los peso moleculares se utilizó un catalogo con número 10748-010 en donde se observaron los estándares de peso molecular de la marca BenchMark™ Pre-Stained Protein Ladder, los cuales muestra bandas de pesos moleculares de 180, 115, 82, 64, 49, 37, 26, 19, 15 y 6 kDa. Una alícuota de estos estándares se colocó en el pozo número 1 de cada gel. Para observar las bandas se utilizó un transiluminador marca UVP White/UV.

6.7. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, el experimento se realizó con dos réplicas con tres repeticiones, y se utilizaron todos los datos para su análisis. Los tratamientos fueron: T1: Microondas a 140 Watts; T2: Microondas a 1400 Watts; T3: Vapor a 60 °C; T4: Vapor a 80 °C; T5: Horno a 60 °C; T6: Horno a 80 °C y T7: Control a temperatura ambiente. Las variables respuestas fueron: contenido de Proteína (%), Lípidos (%), Cenizas (%) y Humedad (%), además la actividad de agua (a_w) y pH (tabla 8).

Tabla 8. Diseño estadístico empleado en el experimento.

Métodos de cocción	Condiciones de trabajo de los métodos de cocción			
	140 Watts	1400 Watts	60 °C	80 °C
Horno de microondas	—, —, —	—, —, —		
Vapor			—, —, —	—, —, —
Horno convencional			—, —, —	—, —, —

6.8 Análisis estadístico.

Para el análisis estadístico de los datos experimentales se empleó un análisis de varianza (ANOVA) donde se utilizó el paquete estadístico SAS (version 6.12, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) y las medias se compararon con la prueba Tukey ($P = 0.05$).

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Condiciones de operación para los equipo.

7.1.1. Horno eléctrico.

De acuerdo a las mediciones realizadas de la temperatura en función del tiempo (60 min) con termopares tipo K en el interior de horno por convección Hamilton Beach, sin muestra y con una velocidad del aire de 3 m/s, se observaron grandes variaciones en las dos temperaturas seleccionadas (60 y 80 °C). Lo anterior podría deberse a que horno pierde mucho calor por las paredes. Debido a lo anterior se propuso la aplicación de un aislante de fibra de vidrio. Con la aplicación del aislante se logró disminuir las variaciones de temperatura en función del tiempo así como tiempo de respuesta que necesita el controlador para mantener una temperatura constante. La figura 12 muestra la variación de la temperatura de 60 °C en función del tiempo del horno sin aislante y del mismo horno con aislante. La variación de la temperatura de 80 °C en función del tiempo en un horno sin aislante y del mismo horno con aislante se observa en la figura 13.

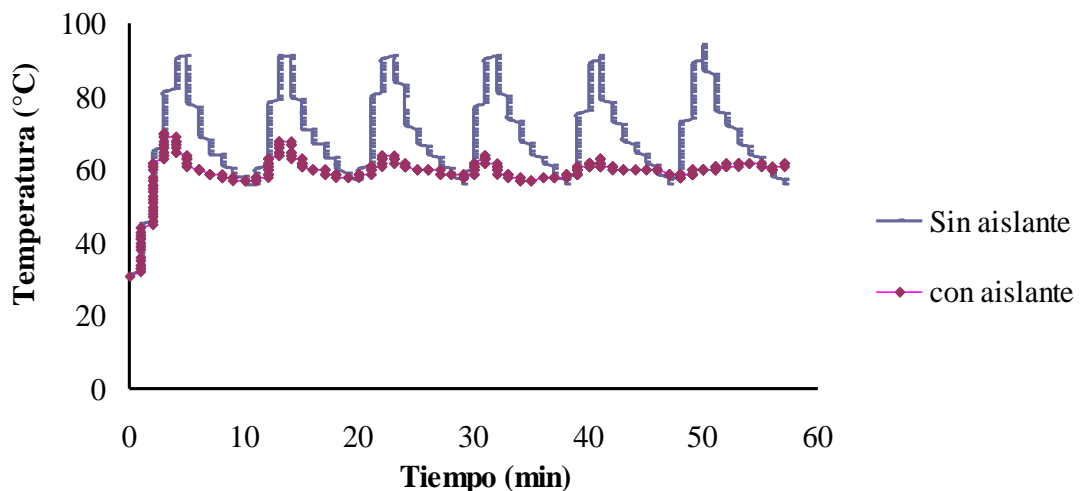


Figura 12. Seguimiento de la temperatura en función del tiempo con termopares tipo K en el horno por convección Hamilton Beach, sin muestra en el secador para una temperatura del aire de secado de 60 °C y velocidad del aire de 3 m/s.

En la figura 12 se observa el comportamiento de la temperatura ($60\text{ }^{\circ}\text{C}$) en el interior de un horno sin aislante y del mismo horno con aislante en función del tiempo. En el horno sin aislante se observa que la temperatura no es constante, al mostrar la presencia de oscilaciones durante todo el proceso, con picos de $90 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a diferentes tiempos (5, 13, 23, 32, 42 y 51 min aproximadamente) y valles de $58 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a diferentes tiempos (10, 20, 28, 38 y 47 min aproximadamente). Mientras que con la aplicación del aislante la temperatura interna de horno presentó menor variación: en los primeros 20 min se observó un pico de $70 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ para los tiempos de 4 y 15 min. Posterior a los 20 min la temperatura se mantuvo de manera constante ($60 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$).

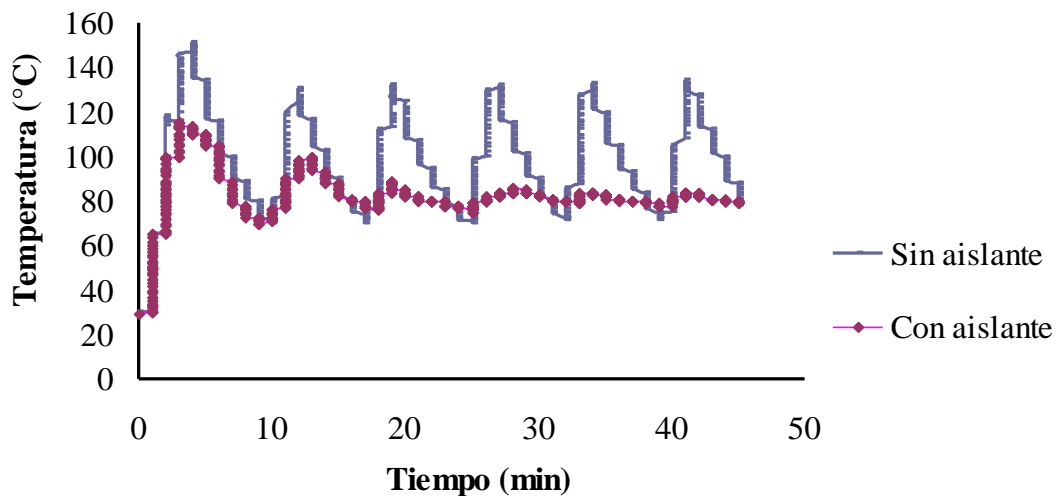


Figura 13. Seguimiento de la temperatura en función del tiempo con termopares tipo K en el horno por convección Hamilton Beach, sin muestra en el secador para una temperatura del aire de secado de $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ y velocidad del aire de 3 m/s .

La figura 13 se muestra el comportamiento de la temperatura a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el interior de un horno sin aislante y del mismo horno con aislante en función del tiempo. En el horno sin aislante se observa que la temperatura no es constante, al mostrar la presencia de oscilaciones (semejantes a lo ocurrido con la temperatura a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante todo el proceso, con picos de $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ a los 5 min, $135 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a diferentes tiempos (13, 21, 29 y 42 min aproximadamente) y valles de $70 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a diferentes tiempos (10, 18, 25, 34 y 40 min

aproximadamente). Con la aplicación del aislante las variaciones de la temperatura disminuyeron considerablemente. En los primeros 18 min, aproximadamente, tan solo se observaron dos picos, uno correspondiente a los 120 ± 2 °C en el minuto 4 y el otro a 100 °C a los 13 min. Posterior a los 22 min se observó una mejoría en la temperatura que se mantuvo constante (80 ± 2 °C) hasta el final del proceso.

Debido al comportamiento de las temperaturas de 60 y 80 °C, se decidió introducir las muestras a partir de los 22 min después del encendido del horno con aislante, puesto que el controlador del equipo mantuvo una temperatura (60 y 80 °C) con una variación de ± 2 °C a partir de este tiempo.

Después de los 20 min de encendido del horno con aislante se colocaron las muestras por periodos de 30, 40 y 60 min a las temperaturas de 60 y 80 °C. Las muestras fueron evaluadas por 10 jueces comerciales mediante una escala del 0 al 9 y se determinó el contenido de humedad (AOAC, 1980) después de cada tiempo (Tabla 9 y 10).

Tabla 9. Porcentaje de humedad de muestras sometidas a cocción por periodos de 30, 40 y 60 min a la temperatura de 60 °C ^a.

Tiempo (min)	% de humedad
30	75.87 ± 0.21
40	67.27 ± 0.18
60	57.84 ± 0.27

^a Valores promedio de tres repeticiones \pm error estándar.

En la tabla 9 se presenta el porcentaje de humedad de las muestras sometidas a cocción a 60 °C por diferentes tiempos. A los 30 min la muestra presentó una humedad del 75.87 ± 0.21 %, a esta humedad la textura de la muestra fue similar a la de una muestra cruda es decir sin cocción, por lo tanto este tiempo de cocción se descartó. Por otro lado a los 40 min la muestra obtuvo una humedad del 67.27 ± 0.18 %, con esta humedad el tejido de la muestra fue suave y óptimo para ser consumido (avaluado por jueces consumidores). El tiempo de 40 min se consideró un buen tiempo de cocción. A los 60 min la muestra obtuvo una

humedad del 57.84 ± 0.27 %, el tejido a esa humedad resultó seco y duro para ser consumido y por lo tanto, se descartó este tiempo.

Tabla 10. Porcentaje de humedad de muestras sometidas a cocción por periodos de 30, 40 y 60 min a la temperatura de $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^a.

Tiempo (min)	% de humedad
30	71.18 ± 0.31
40	58.50 ± 0.31
60	50.12 ± 0.15

^a Valores promedio de tres repeticiones \pm error estándar.

La tabla 10 presenta el porcentaje de humedad de las muestras sometidas a cocción a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a tres tiempos diferentes. Con el tiempo de 30 min la muestra presentó una humedad del 71.18 ± 0.31 %. A esta humedad la textura de la muestra fue similar a la muestra cruda y a la muestra tratada a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 30 min, por lo tanto, este tiempo de cocción también fue descartado. A los 40 min la muestra obtuvo una humedad del 58.50 ± 0.31 %. Con esta humedad el tejido de la muestra fue suave y óptimo para ser consumido, por lo tanto, se consideró a este como un tiempo ideal para la cocción. A los 60 min la muestra obtuvo una humedad del 50.12 ± 0.15 %. El tejido de la muestra a esa humedad resultó seco y duro para ser consumido, por tal motivo el tiempo de cocción a los 60 min fue descartado.

La humedad de la prueba a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 60 min fue similar al de la prueba de $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a un tiempo de 40 min, pero la muestra de la segunda presenta características más óptimas para su consumo, Camilla B. (2004) menciona que a menor temperatura de cocción ($65\text{ }^{\circ}\text{C}$) se requiere mayor tiempo y esto provoca mayor evaporación de la humedad de la carne y una textura más rígida, en comparación con una temperatura más elevada ($80\text{ }^{\circ}\text{C}$) se requiere menor tiempo de cocción y se obtiene mejor calidad sensorial de la carne.

En base a los resultados anteriores se eligieron las siguientes condiciones de cocción para el horno de convección Hamilton Beach con aislante.

- Cocción a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 40 min.
- Cocción a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 40 min.

7.1.2. Sistema vapor.

En el sistema vapor se colocaron las muestras durante 30, 40 y 60 min a dos temperaturas diferentes (60 y 80 °C); la temperatura externa se mantuvo en un intervalo de 85 a 100 °C. Las temperaturas internas de las muestras fueron de 60 ± 1 y 80 ± 1 °C (medidas con termopares tipo K). El tiempo óptimo de cocción de la muestra fue de 40 min, mismo en que se obtuvieron las humedades de 78.58 ± 0.01 % a 60 °C y 76.00 ± 0.22 % a 80 °C. A estas humedades el tejido de la muestra fue suave y óptimo para ser consumido (evaluado por 10 jueces consumidores).

En base a los resultados anteriores se eligieron las siguientes condiciones de cocción para el sistema vapor.

- a) Cocción a 60 °C por un periodo de 40 min.
- b) Cocción a 80 °C por un periodo de 40 min.

7.1.3. Horno de microondas.

En el caso del microondas se trabajó con dos potencias, la alta (1400 Watts) y la baja (140 Watts) de acuerdo con el manual del equipo (microondas doméstico marca LG[®] modelo MH1449/00). Para definir el tiempo de cocción de las muestras en el microondas, primero se utilizó el tiempo recomendado por el manual esto es de 5 y 7 min, bajo estas condiciones se observó que las muestras de Tilapia se carbonizaron y por lo tanto se descartaron. Posteriormente se utilizaron 2 y 1.5 min de cocción, sin embargo las muestras se carbonizaron. Como tercer paso se decidió usar el tiempo de 10 s. Con este tiempo de cocción las muestras presentaron características agradables y óptimos para ser consumido (evaluado por jueces consumidores).

7.2. Efecto del método de cocción sobre la calidad nutricional de la Tilapia.

Se observó que la composición proximal (porcentaje de proteínas, humedad, cenizas y lípidos) de la Tilapia resultaron afectada significativamente por los tres métodos de cocción utilizados (Tabla 11).

Tabla 11. Efecto de los métodos de cocción sobre la composición proximal (g/100 g) de Tilapia (*Oreochromis sp.*)^a.

Equipo	Proteína ^b (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)
Control	22.16 ± 0.04 a	1.30 ± 0.01 f	1.14 ± 0.008 e	78.11 ± 0.18 a
Microondas				
140 Watts	19.90 ± 0.13 b	1.54 ± 0.01 e	1.19 ± 0.008 d	65.11 ± 0.21 d
1400 Watts	19.10 ± 0.02 c	2.04 ± 0.008 c	1.31 ± 0.008 c	59.50 ± 0.14 e
Vapor				
60 °C	18.16 ± 0.04 d	1.56 ± 0.004 e	1.08 ± 0.008 f	78.58 ± 0.01 a
80 °C	17.86 ± 0.04 e	1.97 ± 0.004 d	1.05 ± 0.008 f	76.00 ± 0.22 b
Horno				
60 °C	16.22 ± 0.01 f	4.31 ± 0.004 b	1.43 ± 0.02 b	67.22 ± 0.18 c
80 °C	14.50 ± 0.03 g	4.83 ± 0.01 a	1.79 ± 0.008 a	58.50 ± 0.31 f

^a Valores promedio de tres repeticiones ± error estándar. Los valores seguidos por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes a $P < 0.05$.

^b N x 6.25

7.2.1. Proteínas totales.

El valor del contenido de proteína en la muestra fresca o control, fue de 22.16 ± 0.04 % (Tabla 11), lo cual revela que el filete de la Tilapia tiene alto contenido proteico. Stansby (1962) menciona que con este valor se consideran a la Tilapia como una especie de alto valor proteico, siendo los valores de proteína comparables con otras carnes tales como la bovina, ovina y porcina.

Estudios en Tilapia (*Oreochromis niloticus*) reportan valores promedios de proteína de 23.34 % (Izquierdo *et al*, 2000) y 23.06 % (Chukwu, 2009), otros investigadores para la misma especie encontraron valores promedios de 16 a 19 % (Steiner-Asiedu, 2006; Yanar, 2006; Aparecida, 2007;). El valor de proteína encontrada puede relacionar con la dieta a la cual fue alimentada o al hábitat donde fue cultivada.

Después de la aplicación de los métodos de cocción todos los tratamientos presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el contenido de proteína. En los métodos de cocción se observó una disminución en el contenido de proteína comparado con el control. El tratamiento que afectó menos la concentración de proteína fue el horno microondas (140 Watts) con 19.90 ± 0.13 % y el tratamiento que afectó más la concentración de proteína fue horno eléctrico a 80 °C con 14.50 ± 0.03 %, estos resultado son similares a los reportados por Steiner-Asiedu (2006) (cocción: 17 %). Mustafa-Medeiros (1985) y Hoffman *et al* (1994) quienes acuerdan que el incremento o disminución del contenido de proteína de la Tilapia por la cocción en base húmeda es un reflejo de la pérdida de humedad, no así un incremento o disminución absoluto de proteína.

Los tres métodos de cocción tienen el efecto común de disminuir el contenido de proteínas totales, esto se debe al efecto de la temperatura (60 y 80 °C) y la potencia (1400 y 140 Watts) aplicada en cada método de cocción, ya que desnaturalizaron a las proteínas presentes en las muestras de Tilapia, esto se comprueba con el análisis electroforético realizado mostrado más adelante, en donde se observó que efectivamente hubo separación de las bandas de proteínas y que el método que más afecta el contenido de las proteínas fue el horno eléctrico (80 °C) y el que menos afectó fue es el horno de microondas (140 Watts).

7.2.2. Lípidos totales.

El valor encontrado para lípidos en la muestra fresca o control fue de 1.30 ± 0.01 % (Tabla 11), valor considerado bajo. Stansby (1962) describe un intervalo de contenido de grasas empleado para comparar las especies de peces, este intervalo comprende: especies grasas con más del 15 %, semi-grasas del 5 al 15 % y magras con menos del 5 % de contenido graso.

Se han realizado varios estudios relacionados con la Tilapia (*Oreochromis nilotieus*) en los cuales se han reportado contenidos promedio de lípidos de 2.26 % (Izquierdo *et al*, 2000), 2.64 ± 0.04 % (Yanar, 2006), 0.79 % (Aparecida, 2007), y 0.97 ± 0.35 % (Garduño, 2007), valores que se sitúan dentro del intervalo de grasas magras (menor al 5 %). Sin embargo, Chukwu (2009) encontró un valor de lípidos más elevado (12.85 ± 0.05 %). De acuerdo al valor bajo en el contenido de lípidos encontrado en este trabajo se considera a la Tilapia de la región del Papaloapan una especie magra. Lo anterior puede estar relacionado con la dieta, misma que podría haber tenido un bajo contenido de lípidos, así como también, a la degradación de los mismos por el metabolismo o debido a alimentos con bajo contenido lipídico.

El contenido de lípidos varió significativamente ($P < 0.05$) en función de los métodos de cocción. El contenido más alto lo obtuvo el tratamiento con horno eléctrico a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (4.83 ± 0.01 %) y el contenido más bajo lo presentó el control (1.30 ± 0.01 %). Los tratamientos con microondas a 140 Watts (1.54 ± 0.01 %) y vapor a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1.56 ± 0.004 %) no afectaron el contenido de lípidos. Se encontró un aumento de estos compuestos después de cada método de cocción, similar a lo reportado por Steiner-Asiedu (2006) un incremento mayor del 18 %. Chukwu (2009) menciona que este hecho puede deberse a que la grasa puede liberarse con la evaporación de la humedad durante la cocción en horno eléctrico. Esta humedad puede aumentar o disminuir la cantidad de los lípidos. Según Silva, Kuga, y Filho (1993) existen otros factores que afectan al contenido de lípidos, la temperatura de cocción, el tamaño de las especies y la superficie de contacto pueden afectar la composición de los lípidos en los peces después de la cocción.

Si tomamos en cuenta sólo los métodos de cocción, particularmente el método de cocción a vapor (60 y $80\text{ }^{\circ}\text{C}$) y microondas (1400 y 140 Watts), se observó una disminución en el contenido de lípidos, debido probablemente a la formación de emulsiones, es decir, gotas de agua generadas durante el proceso de cocción, las cuales se perdieron por arrastre durante la cocción. El aumento del contenido lipídico para el horno eléctrico (60 y $80\text{ }^{\circ}\text{C}$) se debe a que la humedad generada solo exudó los lípidos a la superficie de la muestra.

7.2.3. Humedad.

El valor encontrado en la muestra control fue de 78.11 ± 0.18 % (Tabla 11), lo cual indica que se trata de una especie con un alto contenido de humedad. Sikorski (1990) menciona que el pescado es considerado magro cuando presenta valores altos de humedad como los que se determinaron en este trabajo. Se encontró un valor similar a lo reportado por Aparecida (2007) de 78.49 % de humedad. Otros estudios reportan valores promedio de 76.87 ± 0.03 % (Yanar, 2006), 76.3 ± 1.22 % (Garduño, 2007) y 70.15 ± 0.04 % (Chukwu, 2009).

El elevado contenido de humedad en el músculo de Tilapia favorece el crecimiento de microorganismos así como el rápido deterioro causado por las reacciones enzimáticas por ejemplo la proteólisis y la oxidación de lipoxidasas (Fennema, 1985). Por lo que podría resultar interesante aplicar los métodos de cocción y así disminuir el contenido de humedad y poder conservar mejor las características nutricionales de Tilapia.

Después de someter las muestras de Tilapia a los diferentes métodos de cocción, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los diferentes tratamientos sobre contenido de humedad. El tratamiento que presentó mayor contenido de humedad en el producto final fue el de vapor a 60 °C (78.58 ± 0.01 %) y resultando estadísticamente igual al control (78.11 ± 0.18 %), el tratamiento que presentó menor contenido de humedad en el producto final fue el horno a 80 °C (58.50 ± 0.31 %). Este resultado es similar a lo encontrado por Steiner-Asiedu (2006) 72 % de humedad. Yanar (2006) y Chukwu (2009) quienes observaron una disminución en el contenido de humedad de Tilapia después ser sometida a diferentes métodos de cocción.

La disminución de la humedad en el horno eléctrico está relacionado con la temperatura (60 y 80 °C) aplicada y a la velocidad de secado del equipo (3 m/s), los cuales afectan y aceleran la liberación de la humedad de la muestra con respecto al tiempo de cocción (40 min). En el horno microondas también se observó una disminución de la humedad esto debido a la potencia (1400 y 140 Watts) aplicada a la muestra, donde las microondas provocaron una elevada vibración de las moléculas de agua y además de los aceites y

grasas. En el sistema vapor se observó un aumento en el contenido de humedad, debido probablemente al vapor generado en el sistema y a las gotas que liberaron algunas partículas de lípidos y minerales.

7.2.4. Cenizas.

El valor determinado del contenido de cenizas para la muestra control fue de 1.14 ± 0.008 % (Tabla 11). El contenido de cenizas está relacionado con las condiciones del medio ambiente en las que habita la Tilapia, así como en la dieta suministrada en criaderos. Estudios realizados reportan valores promedio de 1.08 ± 0.08 % (Garduño, 2007), 1.94 % (Izquierdo et al., 2000) y 1.09 ± 0.02 % (Yanar, 2006).

Como resultado de la aplicación de los métodos de cocción se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los diferentes tratamientos sobre el contenido de cenizas. El tratamiento que afectó más el contenido de cenizas fue horno a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1.79 ± 0.008 %) y los que alteraron menos fueron vapor a 60 y $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ con 1.08 ± 0.008 % y 1.05 ± 0.008 % respectivamente. Los datos fueron estadísticamente no diferentes ($P < 0.05$). Mustafa-Medeiros (1985) encontró, al utilizar diferentes métodos de cocción, un aumento en el contenido de cenizas al emplear el freído.

Al emplear el método de cocción por vapor se observó mayor disminución en el contenido de cenizas, posiblemente asociado por la volatilización (Kirk R. y colaboradores, 2009); arrastres de la humedad ó gotas de agua generadas durante el proceso. También se observó esta tendencia al disminuir el contenido de cenizas al emplear el método de cocción por horno de microondas, debido posiblemente a una menor volatilización. El método de cocción en horno eléctrico presentó mayor contenido de cenizas, esto debido posiblemente a la temperatura (60 y $80\text{ }^{\circ}\text{C}$) y velocidad de secado (3 m/s) aplicada a la muestra, formando se una corteza en la parte superior de la muestra la cual impidió la volatilización de las cenizas.

7.2.5. Porcentaje de reducción e incremento de proteínas y lípidos totales.

Considerando que las proteínas y lípidos son los componentes con mayor valor nutritivo en el caso de Tilapia, en la tabla 12 se muestra el porcentaje de la reducción e incremento de proteínas y lípidos después de la aplicación de cada uno de los métodos de cocción.

Tabla 12. Porcentaje de reducción de proteínas e incremento de lípidos totales.

Equipo	Reducción de Proteína (%)	Incremento de Lípidos (%)
Control	0	0
Microondas		
140 Watts	10.19	18.46
1400 Watts	13.80	56.92
Vapor		
60 °C	18.05	20.00
80 °C	19.40	51.53
Horno		
60 °C	26.80	231.53
80 °C	34.56	271.53

De acuerdo a la tabla 12, se presentó una mayor reducción en proteínas para el método de cocción por horno convencional a 60 °C (26.80 %) y 80 °C (34.56 %), seguido del método de cocción por vapor a 60 °C (18.05 %) y 80 °C (19.40 %) y el método de cocción con menor efecto en la reducción de proteínas fue el microondas a 140 Watts (10.19 %) y 1400 Watts (13.80 %). Por otra parte, el método de cocción con mayor incremento fue horno convencional a 60 °C (231.53 %) y 80 °C (271.53 %), seguido de los métodos de cocción por microondas a 1400 Watts (56.92 %) y vapor a 80 °C (51.53 %) y los métodos de cocción con menor efecto en el incremento del contenido lipídico fueron vapor a 60 °C (20.00 %) y microondas a 140 Watts (18.46 %).

Otra manera de presentar dichos resultados es mediante las figuras 14 y 15 donde se observa de manera gráfica la reducción del contenido de proteínas y el incremento de los lípidos totales después de la aplicación de los métodos de cocción.

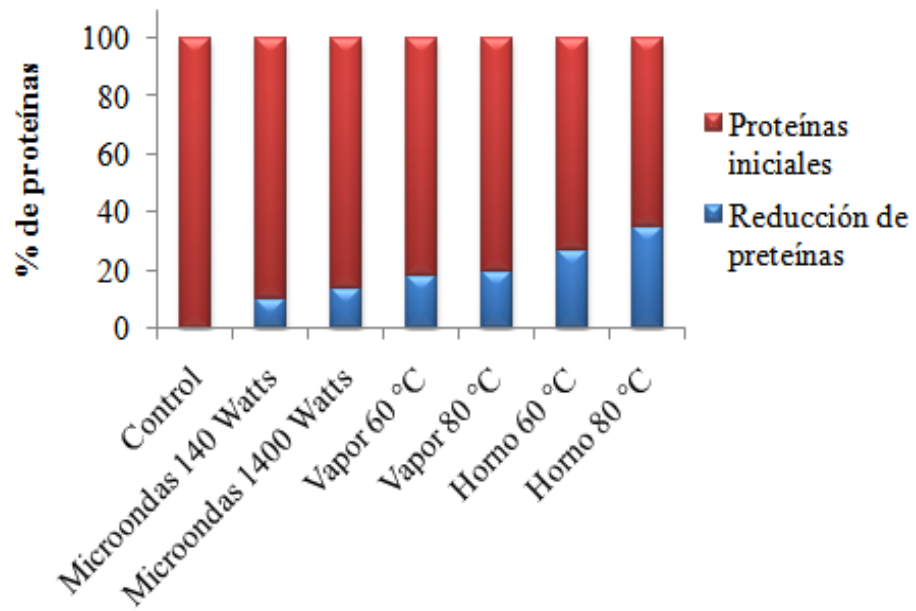


Figura 14. Reducción en porcentaje del contenido de proteínas totales.

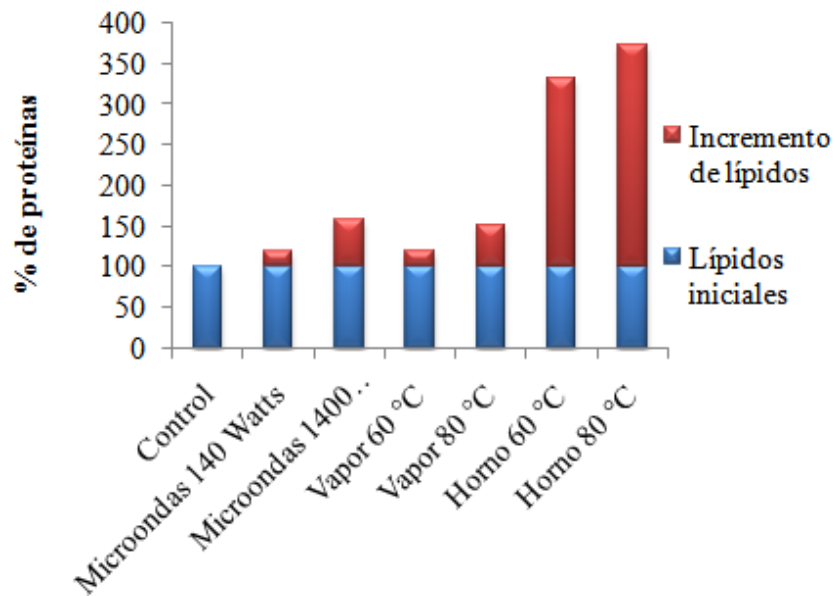


Figura 15. Incremento en porcentaje del contenido de lípidos totales.

7.3. Efecto de los métodos de cocción sobre los parámetros fisicoquímicos.

La tabla 13 muestra como los parámetros fisicoquímicos (actividad de agua y pH) de Tilapia se vieron afectados significativamente por los tres métodos de cocción empleados.

Tabla 13. Efecto de los métodos de cocción sobre la composición fisicoquímica de la Tilapia (*Oreochromis sp.*)^a.

Equipo	a_w	pH
Control	0.98 ± 0.008 a	6.64 ± 0.008 b
Microondas		
140 Watts	0.96 ± 0.008 b	6.75 ± 0.008 a
1400 Watts	0.91 ± 0.008 d	6.64 ± 0.008 b
Vapor		
60°C	0.97 ± 0.008 a	6.50 ± 0.008 c
80°C	0.93 ± 0.008 c	6.73 ± 0.008 a
Horno		
60°C	0.95 ± 0.008 b	6.74 ± 0.008 a
80°C	0.93 ± 0.008 c	6.63 ± 0.008 b

^a Valores promedio de tres repeticiones \pm error estándar. Valores seguidos por la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes a $P < 0.05$.

7.3.1. Actividad de agua (a_w).

La actividad de agua (a_w) determinada para el control fue de 0.98 ± 0.008 % (Tabla 13). Fennema (1985) menciona que en una actividad de agua de 0.98 se desarrollan muchos microorganismos los cuales alteran la textura, sabor, color, gusto, valor nutricional del producto y el tiempo de conservación.

Parias (2008) encontró un valor de 0.95 de actividad de agua para filetes de Tilapias en condiciones de cautiverio.

En este trabajo también se encontraron diferencias significativas entre los diferentes métodos de cocción sobre el contenido de actividad de agua (a_w), donde el tratamiento que causó menos efecto fue el vapor a 60 °C con 0.97 ± 0.008 y el tratamiento que ocasionó más efecto fue el horno de microondas a 1400 Watts con 0.91 ± 0.008 ($P < 0.05$). Los tratamientos microondas a 140 Watts y Horno a 60 °C presentaron el mismo efecto.

7.3.2. pH.

El valor de pH encontrado para el control fue de 6.64 ± 0.008 (Tabla 13), Este valor puede estar relacionado con la dieta a la cual fue sometida el pez en cautiverio o a las condiciones del entorno donde habitaba. Rundruangsak y Utne (1981) argumentan que la acidez de las dietas reduce la aceptación de los alimentos y afecta la actividad de las proteasas en el intestino de los peces, por lo tanto, es necesario contar con una dieta cercano al pH neutro.

Se han realizado estudios con Tilapias (*Oreochromis niloticus*) crecidas en condiciones de cautiverio, reportando valores promedio de pH de 6.6 (Sánchez G., 1999).

Al emplear los diferentes métodos de cocción se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) de pH. Los métodos de cocción por Microondas a 140 Watts (6.75 ± 0.008), Vapor a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (6.73 ± 0.008) y Horno a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (6.74 ± 0.008) causaron mayor efecto sobre el pH y resultaron estadísticamente no diferentes ($P < 0.05$). Los métodos de cocción por Microondas a 1400 Watts (6.64 ± 0.008) y Horno a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (6.63 ± 0.008), causaron menor efecto sobre el pH y fueron estadísticamente iguales ($P < 0.05$). El método de cocción por Vapor a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (6.50 ± 0.008) causó el menor efecto sobre el pH.

7.4. Análisis electroforético.

7.4.1. Curva de calibración.

Se realizaron cuatro curvas de calibración a partir de una solución patrón de albúmina sérica bovina (BSA) encontrando diferentes coeficientes de variación. En la figura 9 se presenta la curva con mejor coeficiente de variación, la cual se utilizó para calcular la concentración de proteína presente en las muestras de Tilapia (Figura 16).

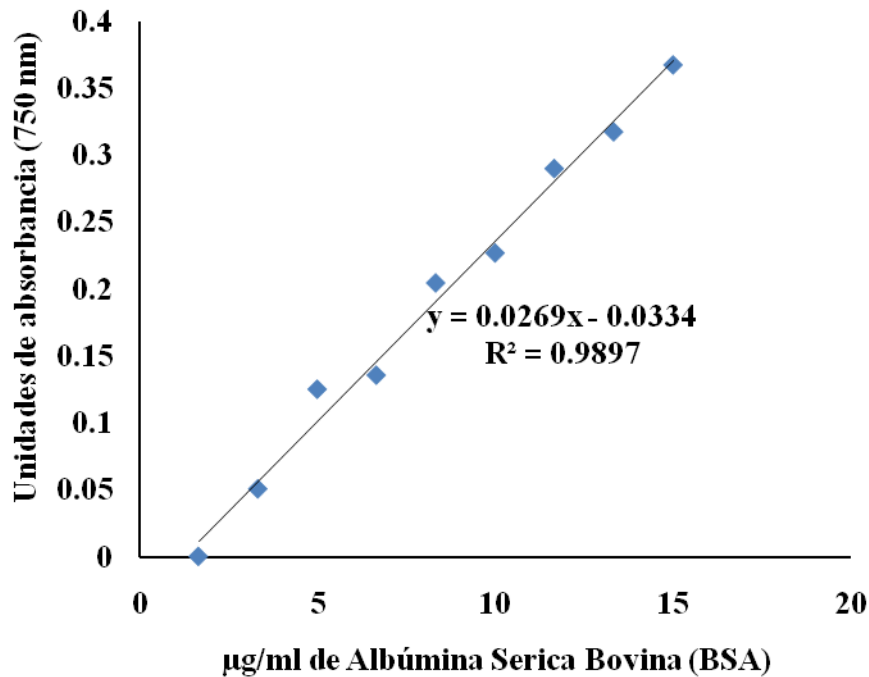


Figura 16. Curva de calibración de proteínas medidas por el método de Lowry utilizando albúmina sérica bovina como estándar.

La curva de calibración presenta un coeficiente de correlación del 0.9841, el cual es un valor muy confiable para la determinación de la concentración proteínas totales presentes en las diferentes muestras de Tilapia obtenidas bajo los diferentes tratamientos.

Se obtuvo la ecuación lineal $y = 0.0269x - 0.0334$, donde “y” es la absorbancia a 750 nm y “x” es la concentración de proteínas en µg/ml.

Utilizando la curva de calibración y el método de Lowry se determinó la concentración de proteínas totales de las muestras de Tilapia. Los datos se muestran en la tabla 14. En ella podemos observar que el control tiene mayor concentración de proteína (09.42 ± 0.05 µg/ml) que los diferentes tratamientos. Comparando los tratamiento podemos observar que el de mayor concentración de proteínas fue horno por microondas a 140 Watts (06.13 ± 0.03 µg/ml) y el de menor concentración fue horno eléctrico a 80 °C (04.38 ± 0.02 µg/ml). Por este método se puede corroborar que el efecto de los diferentes tratamientos depende

del método de cocción, siendo estos resultados concordantes con los obtenidos por la determinación de proteínas por el método Kjeldahl (AOAC, 1990).

Tabla 14. Concentración de proteínas totales por el método de Lowry ^a.

Equipo	Proteína (µg/ml)
Control	09.42 ± 0.05
Microondas	
140 Watts	06.13 ± 0.03
1400 Watts	05.40 ± 0.02
Vapor	
60 °C	05.24 ± 0.04
80 °C	04.69 ± 0.04
Horno	
60 °C	05.56 ± 0.01
80 °C	04.38 ± 0.02

^a Valores promedio de tres repeticiones ± error estándar.

7.4.2. Perfil electroforético.

El análisis electroforético de los seis tratamientos así como del control se muestran en la figura 10, donde se observa la presencia de bandas proteicas similares en algunas fracciones de diferente peso molecular (PM), así como la ausencia de otras bandas, debido probablemente al efecto que cada método de cocción ocasionó sobre el patrón normal de proteínas de las muestras de Tilapia.

En el control se pueden distinguir siete bandas con pesos moleculares aproximado de 22, 38, 48, 65, 70, 110 y 120 kDa. En el caso del tratamiento con el horno eléctrico a 60 °C solo se encontraron dos bandas proteicas con peso molecular aproximado de 22 y 100 kDa; en el tratamiento con horno eléctrico a 80 °C se observaron tres bandas cuyos PM aproximados fueron de 22, 38 y 110 kDa; en el caso tratamiento de vapor a 60 °C se detectaron cinco bandas correspondientes a 22, 48, 65, 97 y 110 kDa aproximadamente; para el tratamiento vapor 80 °C se observaron tres bandas proteicas de PM aproximado de 22, 70 y 110 kDa; para el tratamiento de microondas a 1400 Watts se visualizaron cuatro bandas de PM aproximado de 22, 48, 65 y 110 kDa y por último en el tratamiento de

microondas a 140 Watts se observaron cuatro bandas de PM aproximados de 22, 50, 82 y 110 kDa (Figura 17).

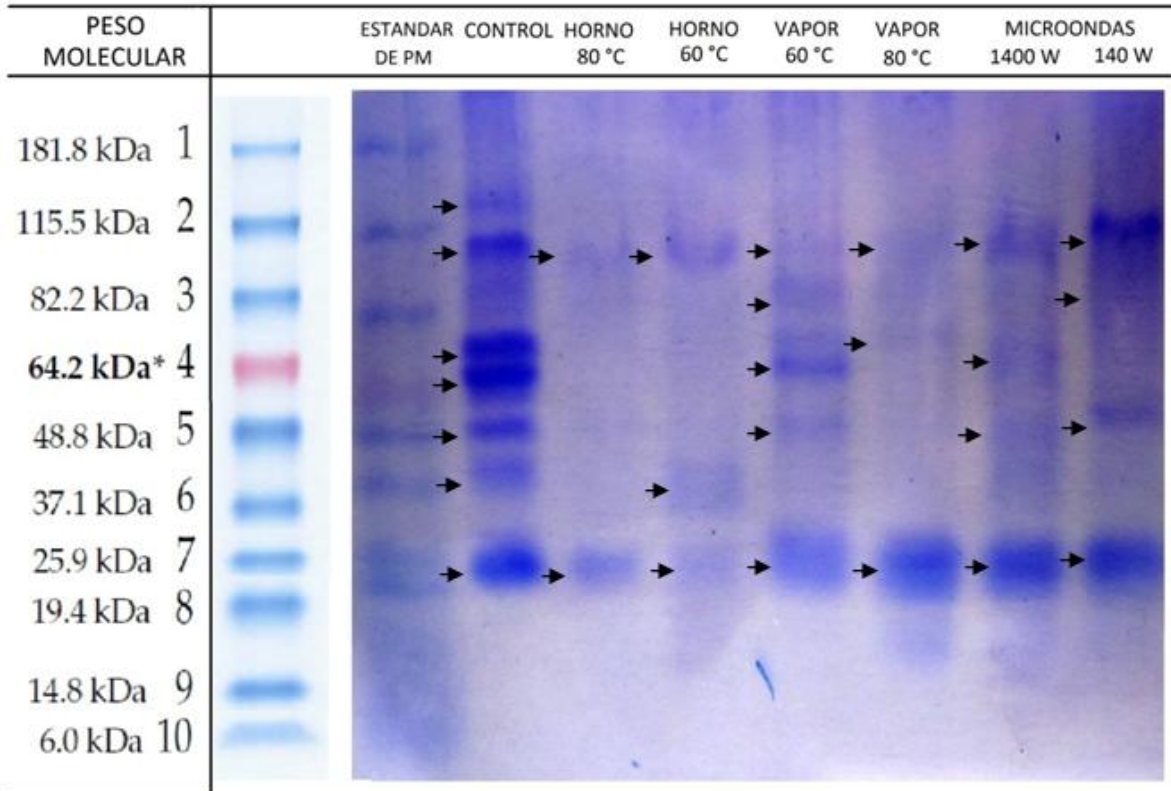


Figura 17. Perfil electroforético (SDS-PAGE al 12 %) de muestra de Tilapia (*Oreochromis sp.*) expuestas y no expuestas a los diferentes tratamientos.

Comparando el control con todos los tratamientos, en la figura 17 se observa que las bandas correspondientes al control presentaron un color azul más intenso debido, posiblemente, a que existe mayor concentración de proteína en la banda o proteínas que comparten pesos moleculares semejantes y se puedan visualizar en la misma región, mientras que en los demás tratamientos se observa una pérdida de la intensidad de las mismas, lo anterior debido posiblemente al efecto de los métodos y las temperaturas aplicadas al tejido de la Tilapia. El fragmento correspondiente al PM aproximado de 22 kDa está presente en el control y en todos los métodos de cocción, aunque hay mayor intensidad en el control,

vapor (60 y 80 °C) y microondas (140 y 1400 Watts) y menor intensidad en los métodos de horno a 60 y 80 °C.

7.4.2.1. Horno eléctrico

En la figura 18 se compara el control con los tratamientos en horno eléctrico empleando las temperaturas de 60 y 80 °C. Se observan dos fragmentos predominantes del mismo PM aproximado (110 y 22 kDa) a ambas temperaturas. La figura también muestra que las bandas fueron claramente afectadas por el calor; sin embargo al comparar los resultados en ambas temperaturas, para el método de cocción horno eléctrico a 60 °C se observa una banda de PM aproximado de 37 kDa y dos bandas más intensa correspondiente al PM aproximado de 22 y 110 kDa en comparación con el horno a 80 °C,

Lo anterior podría indicar que la aplicación del método de cocción por horno eléctrico a ambas temperaturas (60 y 80 °C) afectó el patrón normal de proteínas presente en la muestra control de Tilapia.

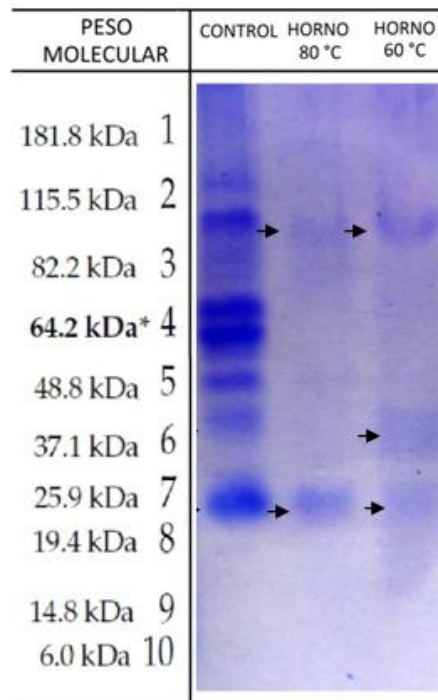


Figura 18. Perfil electroforético (SDS-PAGE al 12 %) de Tilapia (*Oreochromis sp.*), expuestas a tratamientos con horno a 60 y 80 °C y el control.

7.4.2.2. Sistema vapor

En la figura 19 se comparan el control y dos métodos de cocción vapor a 60 y 80 °C. Se observan dos bandas principales con PM aproximado de 110 y 22 kDa. El patrón electroforético de la muestra control presentó mayor número de bandas proteicas, seguido del método de cocción a vapor a 60 °C y por último el tratamiento con vapor a 80 °C mismo que mostró menor número de bandas proteicas. Para el método vapor a 60 °C se observan cinco bandas principales con PM aproximado de 22, 48, 65, 97 y 110 kDa. En el método de cocción con vapor a 80 °C se observan tres bandas principales con PM aproximado de 22, 70 y 110 kDa. Comparando el método de cocción vapor a 60 con 80 °C se observa mayor números de fragmentos de bandas proteicas en el método de vapor a 60 °C, debido a que las proteínas presentes en Tilapia no resisten la temperatura de 80 °C.

Lo anterior indica que la temperatura del método de cocción por vapor (60 y 80 °C) afecta el patrón electroforético de la Tilapia (control).

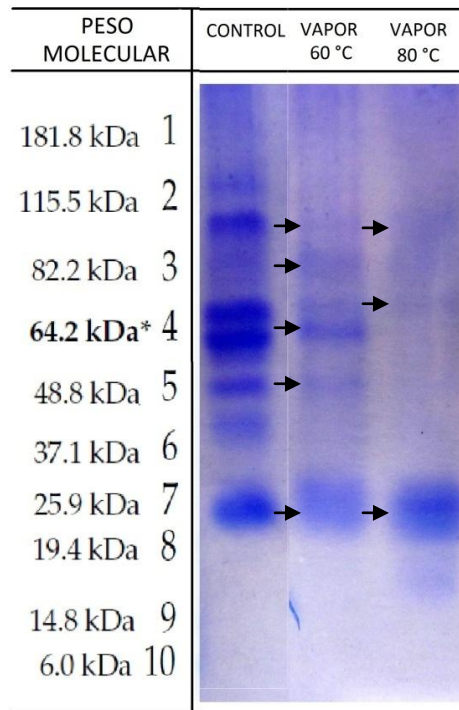


Figura 19. Perfil electroforético (SDS-PAGE al 12 %) de Tilapia (*Oreochromis sp.*), expuestas a tratamientos con vapor a 60 y 80 °C y el control.

7.4.2.3. Horno de microondas.

En la figura 20 se comparan el control con los tratamientos en microondas a 1400 y 140 Watts. El patrón electroforético de la muestra control presentó mayor número de bandas proteicas, seguido del método de cocción con microondas a 140 Watts y por último el tratamiento con microondas a 1400 Watts, método que presentó menor número de bandas. Al observar el corrimiento electroforético del método con microondas a 140 Watts se observaron bandas proteicas con PM aproximado de 22, 50, 82 y 110 kDa. Comparando el método de cocción microondas a 140 y a 1400 Watts se observó mayor número de de bandas proteicas en el método de microondas a 140 Watts, debido a que las proteínas presentes en Tilapia se ven menos afectadas por la intensidad de 140 Watts que al utilizar el microondas a 1400 Watts.

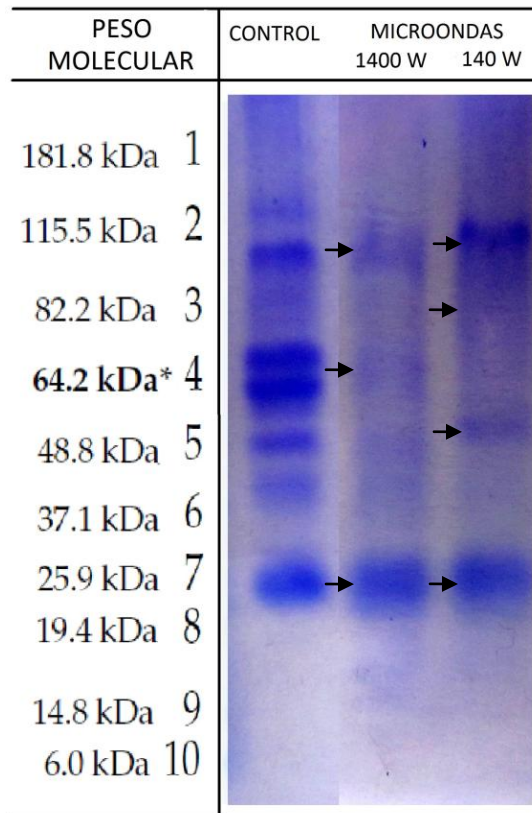


Figura 20. Perfil electroforético (SDS-PAGE al 12 %) de Tilapia (*Oreochromis sp.*), expuestas a tratamientos con microondas a 140 y 1400 Watts y el control.

7.4.2.4. Métodos de cocción con menor efecto en el perfil electroforético.

La figura 21 compara el patrón de proteínas correspondientes al control y los métodos de cocción microondas a 140 y 1400 Watts y vapor a 60 °C, los cuales fueron los métodos de cocción con mayor presencia de bandas proteicas después de la aplicación de temperatura (°C) y potencia (Watts). El control presentan mayor cantidad de bandas e intensidad en el color a comparación con los otros tratamientos, estos tres métodos de cocción conservan bandas de PM aproximado de 22, 48, 65 y 110 kDa. El método de cocción donde se observa un menor efecto de los tratamientos sobre las bandas proteicas es el horno microondas a 140 Watts, posteriormente el de 1400 Watts y por último el método vapor a 60 °C.

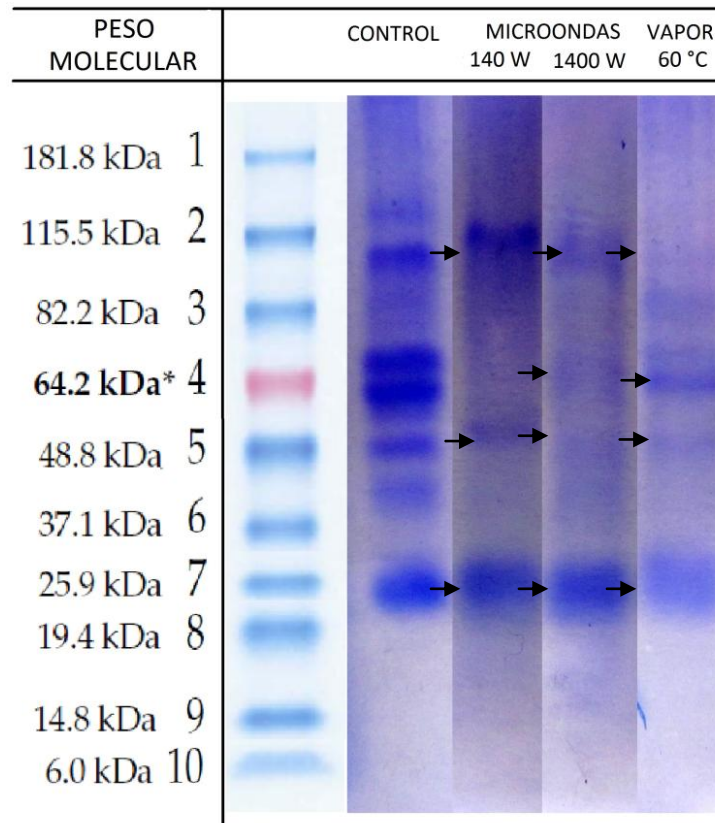


Figura 21. Perfil electroforético (SDS-PAGE al 12 %) de Tilapia (*Oreochromis sp.*), expuestas a tratamientos con microondas a 140, 1400 Watts y vapor a 60 °C y el control.

Los resultados del análisis electroforético y de proteínas totales por el método de Lowry concuerdan con los datos obtenidos al medir la concentración de proteínas por el método de Kjeldahl (AOAC 1984). En la tabla 10 se observa que los tratamientos con menor afecto ($P < 0.05$) en la concentración de proteína fueron el horno por microondas a 140 Watts (19.90 ± 0.13 %), horno por microondas a 1400 Watts (19.10 ± 0.02 %) y vapor a 60 °C (18.16 ± 0.04 %).

Lo cual indica que existe una relación entre los análisis de proteínas (electroforesis, Lowry y determinación de proteínas toles por el método Kjeldahl) aplicados en la muestra de Tilapia antes y después de cada proceso de cocción. Por lo tanto el contenido de las proteínas resultan menos afectado con los tratamientos de cocción con microondas a 140, 1400 Watts y vapor a 60 °C ya que estas dañan menos el contenido de proteína y el perfil electroforético de las mismas.

VIII. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio sugieren que la aplicación de un aislante alrededor del horno disminuye las variaciones de las temperaturas (60 y 80 °C) en función del tiempo. En el sistema de vapor no se necesitó la aplicación de una aislante, porque no se observaron variaciones de las temperaturas.

Los valores de la composición proximal de Tilapia (*Oreochromis sp.*) fueron: contenido de humedad 78.11 %, grasa 1.3 %, cenizas 1.14 % y proteína 22.16 %. El alto valor en humedad puede contribuir a la actividad proteolítica. También muestra que se trata de una especie de pescado con alto valor proteico y bajo nivel de lípidos. Por otra parte los valores de la caracterización fisicoquímica de la Tilapia fueron: actividad de agua de 0.98 y pH de 6.64. El valor encontrado de actividad de agua es muy alta lo indica que es un alimento que tiene una textura más jugosa, tierna y masticable, pero favorece la proliferación de muchos microorganismos por lo cual su consumo debe realizarse en las primeras horas después de su captura.

El diseño que se aplicó en este estudio para determinar el efecto de los métodos de cocción sobre la calidad nutricional de Tilapia, demostró que hubo una gran influencia de los procesos de cocción sobre las variables medidas (proteínas, humedad, lípidos, ceniza, actividad de agua y pH). Estos resultados muestran que los distintos componentes nutricionales de Tilapia experimentan cambios significativos ($P < 0.05$) a dos temperaturas (60 y 80 °C) y a dos potencias (140 y 1400 Watts). Sin embargo, el análisis estadístico demostró que la cocción en microondas a 140 y 1400 Watts presentó mejor contenido en proteínas, en comparación con los otros métodos de cocción. Por otro lado el método de cocción vapor (60 °C) y microondas (140 Watts), mostraron mayor pérdida de contenido de lípidos, en comparación al rendimiento mayor obtenido en el horno (60 y 80 °C).

El análisis electroforético, demostró cualitativamente, que después de la aplicación de los tratamientos, los métodos de cocción microondas (140 y 1400 Watts) y vapor (60 °C)



presentan mayor concentración de bandas proteicas en comparación con los métodos horno (60 y 80 °C) y vapor (80 °C). A las temperaturas utilizadas (60 y 80 °C) el horno desnatura más las proteínas.

La información obtenida en este trabajo podrá influir en la población consumidora de Tilapia proporcionándoles mayor información sobre los métodos de cocción y los equipos empleados.

Dependiendo de los nutrientes que se requieran ingerir por un consumidor, el método de cocción por microondas y vapor presenta mayor cantidad de proteína de Tilapia después de la cocción, pero si desea ingerir mayor cantidad de lípidos se puede utilizar el método de cocción horno convectivo el cual retiene mayor contenido lipídico en la tilapia.

IX. PERSPECTIVAS

1. Establecer condiciones para la medición de la temperatura (°C) interna y superficial de las muestras dentro del microondas, con el fin de relacionar la potencia (Watts) aplicada a la muestras con una temperatura interna de cocción.
2. Iniciar el estudio del efecto del método de cocción por freído sobre el contenido nutricional de la mojarra Tilapia (*Oreochromis sp.*).
3. Determinar el perfil de ácidos grasos (g/100g) de las muestras de Tilapia (Folch, *et al.*, 1957), para conocer el daño que provocan los diferentes tratamientos sobre los ácidos graso presente en la muestra control y en los diferentes tratamientos.
4. Determinar la composición de aminoácidos (g de aminoácidos/100 g de proteína) de las muestras de Tilapia siguiendo el método descrito por Castrillón, *et al.* (1996), con la finalidad de conocer la calidad proteica de muestras antes y después de cada método de cocción.
5. Determinar el contenido de calcio, hierro, magnesio, manganeso y fósforo (mg/100 g) presentes en la Tilapia en muestras fresca (control) y en los diferentes tratamientos, para tener un estudio nutricional más completo de la Tilapia.
6. Realizar el estudio electroforético de proteínas de interés de Tilapia por los métodos de electroforesis nativa, electroforesis de doble dimensión y caracterización por aislamiento mediante electroelución y métodos de inmunohistoquímico.

X. ANEXO

1.- Preparación de reactivos para la determinación de proteínas por el método Kjeldahl

- a) Mezcla de catalizadores: mezclar de 2.5 a 4.0 g de sulfato de sodio (Na_2SO_4) o potasio (K_2SO_4) y 0.1 a 0.3 g de sulfato de cobre (Cu_2SO_4), homogenizar perfectamente.
- b) Solución de Wesselow: mezclar un aparte de la solución del indicador ácido base, al 2 % de rojo de metilo en etanol, con una parte del indicador al 1 % de azul de metilo en agua como indicador de pantalla.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Al-Saghir S., Thurner K., Wagner K.H. *et al.* Effects of different cooking procedures on lipid quality and cholesterol oxidation of farmed salmon fish (*Salmo salar*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52, 5290–5296, **2004**.
- Andrade A. D., Rubira A. F., Matsushita M., Souza N. E., ω -3 Fatty acids in freshwater fish from south Brazil. *Journal American Oil Chemistry*. 72(10), 1207–1210, **1995**.
- AOAC. *Official Methods of Analysis*, 15th Ed., (W. Horwitz, ed.) Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC. 938.08, **1990**.
- AOAC. *Official Methods of Analysis*, 15th Ed., (W. Horwitz, ed.) Association of official Analytical Chemists, Washington, DC. 950.46, **1990**.
- AOAC. *Official Methods of Analysis* 15th Edition, (W. Horwitz, ed.) Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC. 960.39, **1990**.
- AOAC. *Official Methods of Analysis*, 15th Edition, (W. Horwitz, ed.) Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC. 981.10, **1990**.
- Aparecida Ferreira de Castro F., Pinheiro Sant'Ana H. M., Milagres Campos F., Brunoro Costa N. M., Coelho Silva M. T., Salaro A. L., Castro Franceschini S. C., Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes, *Food Chemistry*, 103, 4, 1080-1090. **2007**.
- Atta M. B., L. A. El-Sebaie, M. A. Noaman, H. E. Kassab. The effect of cooking on the content of heavy metals in fish (*Tilapia nilotica*), *Food Chemistry*, 58, 1-2, 1-4. **1997**.
- Azizah Abdul-Hamid., Jamilah Bakar., Gan Hock Bee., Nutritional quality of spray dried protein hydrolysate from Black Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Food Chemistry*, 78, 1, 69-74. **2002**.



- Badui Dergal S., *Química de los alimentos. Proteínas: proteínas de algunos alimentos.* Editorial Pearson. **2006.**
- Bello Gutiérrez J., *Ciencias bromatológicas. Principios generales de los alimentos.* Editorial Díaz de Santos, S. A. **España. 2000.**
- Camilla Bejerholm., *The influence of cooking technique and core temperature on results of a sensory analysis of pork—depending on the raw meat quality, Food Quality and Preference, 15, 1, 19-30. 2004.*
- Charley H., *Tecnología de Alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos.* Ed. Limusa. 10a ed. 608-611, **2001.**
- Chukwu O., *Influences of Drying Methods on Nutritional Properties of Tilapia fish(Oreochromis nilotieus).*, *World Journal of Agricultural Sciences.*, 5, 256-258, **2009.**
- CONAPESCA., *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2006.*, Mazatlán, Sin., **2006.**
- FAO., *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008.*, Roma, (FAO, ed.) Food and Agriculture Organization., 176, **2009.**
- FAO., *Informe del mercado de la tilapia.*, *Globefish.*, Food and Agriculture Organization., **2010.**
- Fennema O., *Food Chemistry. Part I.* 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 54-57, **1985.**
- Fennema, O. R. *Food Chemistry, 2nd Edition.* Marcel Dekker, Inc. N.Y. Labuza, T. P. *Properties of water as related to the keeping quality of foods. Proceedings of the the Third International Congress of Food Science and Technology, Washington, DC. 1990 .*
- Ferrari Torre G., Izquierdo Corser P., Márquez Salas E., Barboza Y., *Separación sarcoplásmicas por electroforesis en gel de agarosa como método para la identificación de algunas especies de pescado. Revista científica FCV LUZ.*, 23-26. **1999.**



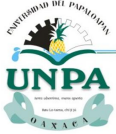
- García-Arias M. T., Pontes E. A., García-Linares M.C., García-Fernández M.C., Sánchez-Muñiz F. J., Grilling of sardine fillets., Effects of frozen and thawed modality on their protein quality., *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie.*, 36, 763–769, **2003**.
- Garduño-Lugo M., Herrera-Solís J. R., Angulo-Guerrero J. O., Muñoz-Córdova G., Cruz-Medina J., Nutrient composition and sensory evaluation of fillets from wild-type Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and a red hybrid (Florida red tilapia x red *O. niloticus*), *Aquaculture Research.*, 38, 1074-1081, **2007**.
- Gokoglu N., Yerlikaya P., Cengiz E., Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*), *Food Chemistry.*, 84, 19–22, **2004**.
- Gonzales Jr. J. M., Brown P.B., Nile tilapia *Oreochromis niloticus* as a food source in advanced life support systems: Initial considerations. *Advances in Space Research.*, 38, 6, 1132-1137. **2006**.
- Hart F. L., Análisis moderno de los alimentos, Acribia. Zaragoza (España), **1991**.
- Hoffman L.C., Prinsloo J.F., Casey N.H., Theron J., Effects of five cooking methods on the proximate, fatty acid and mineral composition of fillets of the African Sharptooth Catfish (*Clarias garipinus*), *Die SA Tydskrif vir Voedselwetenskap en Voeding*, 6, 146–152. **1994**.
- Izquierdo Córser P., Torres Ferrari G., Barbosa de Martínez., Márquez Salas E., Allara Cagnasso M., Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela., *Arch Latinoamer Nutr.*, 50: 187-194, **2000**.
- JAMES C.S., *Analytical Chemistry of Foods*. Second Edition, ASPEN Publishers. New York **1999**.
- Kirk R. S., Sawyer R., Egan H., *Composición y análisis de alimentos de Pearson: Métodos químicos generales*. Editorial Patria. **2009**.



- Kituu G.M., Shitanda D., Kanali C.L., Mailutha J.T., Njoroge C.K., Wainaina J.K., Silayo V.K., Thin layer drying model for simulating the drying of Tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) in a solar tunnel dryer. *Journal of Food Engineering.*, 98, 3, 325-331, **2010**.
- Laemmli U.K., Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4. *NATURE.*, 227: 680-685, **1970**.
- Mai J., Shimp J., Weihrauch J. y Kinsella J.E., Lipids of fish fillets: changes following cooking by different methods., *Journal of Food Science.*, 43, 1669–1674, **1978**.
- Marín Rodríguez Z. R., Elemento de nutrición humana, **1996**.
- Morales Díaz A. Biología, Cultivo y Comercialización de la tilapia. Ed. AGT Editor. S. A. 4ta ed. México D.F. **2003**.
- Mustafa F.A., Medeiros D.M., Proximate composition, mineral content, and fatty acids of catfish (*Ictalurus punctatus*, Rafinesque) for different seasons and cooking methods. *Journal of Food Science*, 50, 585–588. **1985**.
- Parias Cardenas., Y. J., Caracterización Físico - Química y Microbiológica de Filetes de Tilapias Fenotípicamente Rojas y Negras, Criadas en Condiciones de Cautiverio. Biblioteca Central UDO-Monagas. 664, 949, 222, **2008**.
- Pearson. D. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Acribia. S.A. Zaragoza (España) **1993**.
- Perea A., Gómez E., Mayorga Y., Triana C. Y., Caracterización nutricional de pescados de producción y consumo regional en Bucaramanga, Colombia. *Archivos latinoamericanos de nutrición.*, Órgano oficial de la sociedad latinoamericana de nutrición., 58 (1), 91-97, **2008**.
- Puwastien P., Judprasong K., Kettwan E., Vasanachitt K., Nakngamanong Y., Bhattacharjee L., Proximate composition of raw and cooked Thai freshwater and marine fish., *Journal of Food Composition and Analysis.*, 12, 9–16, **1999**.



- Rungruangsak K., Utne F., “Effect of Different Acidified Wet Feeds on Protease Activities in the Digestive Tract and on the Growth Rate of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*)”. *Aquaculture.*, (22): 67-79, **1981**.
- Saavedra Martínez M., *Manejo del cultivo de tilapia*. Managua, Nicaragua, **2006**.
- Sanchez G., *Ciencia Básica de la Carne*. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Fondo Nacional Universitario. Bogotá, Colombia. 185 Págs, **1999**.
- Sikorski Z. E., Kolakowska A., Pa, B. S., Composición nutritiva de los principales grupos de organismos alimenticios marinos., In-*Tecnología de los productos del mar: recursos, composición nutritiva y conservación*, ed. Z. E. Sikorski. Acribia, Zaragoza, pp. 42-72. **1990**.
- Silva S., M. C. S. da. Kuga., E. K., Filho J. M., Efecto del procesamiento sobre ácidos grasos polinsaturados de la fracción lipídica de la sardina (*Sardinella brasiliensis*) y de taína (*Mugil cephalus*)., *Revista de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Sao Paulo*, 29(1), 41–46, **1993**.
- Solari Godiño F. A., Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Marcos, Lima Peru, **2006**
- Stansby M. E., Proximate composition of fish. In: HEEN E.; KREUZER R. (Ed.). *Fish in nutrition.*, London: Fishing News Books Ltda. 1-59, **1962**.
- Steiner-Asiedu M., Julshamn K., Lie O., Effect of local processing methods (cooking, frying and smoking) on three fish species from Ghana: Part I: proximate composition, fatty acids, minerals, trace elements and vitamins., *Food Chemistry.*, 40, 309–321, **1962**.
- Trewavas E., Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. *British Mus. Nat. Hist.*, London, UK., 583, **1983**.



- Valderrama Jose O., Información tecnológica. Centro de información tecnológica. Volumen 10, 2. **1999**
- Visentainer J. V., Souza N. E., Makoto M., Hayashi C., Franco M.R. B., Influence of diets enriched with flaxseed oil on the alinolenic, eicosapentaenoic and docosahexaenoic fatty acid in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)., *Food Chemistry*., 90, 557–560, **2005**.
- Wohlfarth W. G., Moav R., Genetic testing of common carp in cages.2. Influence of variation in initial weight on weight gain., *Aquaculture*., 109: 245-256, **1993**.
- Wu Tao Linchun Mao., Influences of hot air drying and microwave drying on nutritional and odorous properties of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets. *Food Chemistry*, Volume 110, Issue 3, 1, 647-653, **2008**.
- Wu W., Lillard D.A., Cholesterol and proximate composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fillets-changes following cooking by microwave heating, deep-fat frying, and oven baking., *Journal of Food Quality*., 21, 41–51, **1998**.
- Yanar Y., Çelik M., Akamca E., Effects of brine concentration on shelf-life of hot-smoked tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4 °C., *Food Chemistry*., 97, 2, 244-247, 2006.
- Secretaría de Agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Anuario 2010 viewed 8-10-2011 < http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario/anuario_2010>