



28

FECHA viernes, 1 de febrero de 2019

Señores

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

BIBLIOTECA

Ciudad

| | |
|------------------------|-----------------|
| UNIDAD REGIONAL | Sede Fusagasugá |
|------------------------|-----------------|

| | |
|--------------------------|------------------|
| TIPO DE DOCUMENTO | Trabajo De Grado |
|--------------------------|------------------|

| | |
|-----------------|------------------------|
| FACULTAD | Ciencias Agropecuarias |
|-----------------|------------------------|

| | |
|---|----------|
| NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO | Pregrado |
|---|----------|

| | |
|---------------------------|------------------|
| PROGRAMA ACADÉMICO | Zootecnia |
|---------------------------|------------------|

El Autor(Es):

| APELLIDOS COMPLETOS | NOMBRES COMPLETOS | No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN |
|----------------------------|--------------------------|--|
| Parada Macana | Eduin Eduardo | 1022982961 |

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

| APELLIDOS COMPLETOS | NOMBRES COMPLETOS |
|----------------------------|--------------------------|
| Contreras Marquez | David Esteban |



TÍTULO DEL DOCUMENTO

INCLUSIÓN DE FUENTES DE OMEGA 3 EN LA DIETA DE TILAPIA NILÓTICA (*Oreochromis niloticus*) Y SU EFECTO EN EL PERFIL LIPÍDICO DE LA CARNE Y POTENCIAL COMO ALIMENTO FUNCIONAL

SUBTÍTULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía

Zootecnista

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO

19/11/2018

NÚMERO DE PÁGINAS

46

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

| ESPAÑOL | INGLÉS |
|-----------------|-----------|
| 1. Adición | Addition |
| 2. Alimentación | Feeding |
| 3. Bienestar | Wellness |
| 4. Foshu | Foshu |
| 5. Nutrición | Nutrition |
| 6. Omega 3 | Omega 3 |



RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Resumen

El objetivo de reconocer el efecto de la inclusión de fuentes de omega 3 en la dieta de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), sobre el perfil lipídico y potencial de la carne como alimento funcional. Se realizó una revisión de literatura utilizando los principales buscadores científicos, con palabras claves como: ácidos grasos poliinsaturados, alimentos funcionales, calidad de la carne, omega 3, salud, tilapia) que permitieron identificar la información requerida, sin considerar restricciones de idioma. Los resultados demuestran que los mejores valores de ácido graso alfa-linolénico (ALA) y los ácidos grasos totales de la serie omega 3, fueron hallados en tratamientos con duraciones de 90 días, mientras para el ácido graso docosahexaenoico (DHA) fueron detallados en tratamientos con duración de 20 días, en tanto, suplementaciones con aceite de linaza reportan niveles de ALA de hasta 15.3g/100g de ácidos grasos, mientras la suplementación aceite de pescado evidencian concentraciones de ácido graso eicosapentaenoico (EPA) de 2.45mg/g⁻¹ de ácidos grasos, mientras la suplementación con aceite de pescado detalla valores de DHA de 9.30 mg/g⁻¹ de ácidos grasos, así mismo, los valores más altos de ácidos grasos totales de la serie omega 3, fueron informados para suplementaciones con linaza, igualmente, el consumo de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) de la serie omega 3 tiene beneficios en la salud como la reducción en la presentación de cáncer. La suplementación con diferentes fuentes lipídicas y durante diferentes periodos de tiempo tienen efectos positivos sobre los contenidos de AGPI de la serie omega 3 en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

Abstract

The objective of recognizing the effect of the inclusion of sources of omega 3 in the diet of nilotic tilapia (*Oreochromis niloticus*), on the lipid profile and potential of meat as a functional food. A literature review was carried out using the main scientific search engines, with key words such as: polyunsaturated fatty acids, functional foods, meat quality, omega 3, health, tilapia) that allowed to identify the required information, without considering language restrictions. The results show that the best values of alpha-linolenic fatty acid (ALA) and total fatty acids of the omega 3 series were found in treatments with durations of 90 days, while for the fatty acid docosahexaenoic acid (DHA) they were detailed in treatments with duration of 20 days, meanwhile, supplementations with flaxseed oil report ALA levels of up to 15.3g / 100g of fatty acids, while fish oil supplementation show concentrations of eicosapentaenoic fatty acid (EPA) of 2.45mg / g⁻¹ of fatty acids, while supplementation with fish oil detailed DHA values of 9.30 mg / g⁻¹ of fatty acids, likewise, the highest values of total fatty acids of the omega 3 series, were reported for supplementation with flaxseed, Likewise, the consumption of polyunsaturated fatty acids (PUFA) of the omega 3 series has health benefits such as a reduction in the presentation of cancer. Supplementation with different lipid sources and during different periods of time have positive effects on the contents of PUFA of the omega 3 series in nilotic tilapia (*Oreochromis niloticus*).



AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "X":

| AUTORIZO (AUTORIZAMOS) | SI | NO |
|--|-----------|-----------|
| 1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer. | X | |
| 2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet. | X | |
| 3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones. | x | |
| 4. La inclusión en el Repositorio Institucional. | X | |

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en



cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI** ___ **NO** X.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de



5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

| Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf) | Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.) |
|---|---|
| 1. EduinParada_2019 | Texto |
| | |

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

| APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS | FIRMA (autógrafa) |
|-------------------------------|----------------------|
| Eduin Eduardo Parada Macana | |
| | |
| | |
| | |

Código Serie Documental (Ver Tabla de Retención Documental).



INCLUSIÓN DE FUENTES DE OMEGA 3 EN LA DIETA DE TILAPIA NILÓTICA
(*Oreochromis niloticus*) Y SU EFECTO EN EL PERFIL LIPÍDICO DE LA CARNE Y
POTENCIAL COMO ALIMENTO FUNCIONAL

EDUIN EDUARDO PARADA MACANA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
FUSAGASUGA
2018

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional



INCLUSIÓN DE FUENTES DE OMEGA 3 EN LA DIETA DE TILAPIA NILÓTICA
(Oreochromis niloticus) Y SU EFECTO EN EL PERFIL LIPÍDICO DE LA CARNE Y
POTENCIAL COMO ALIMENTO FUNCIONAL

EDUIN EDUARDO PARADA MACANA

Monografía para optar al título de zootecnista

Asesor:

DAVID ESTEBAN CONTRERAS MARQUEZ

Médico veterinario zootecnista, Magister y Doctor en nutrición y alimentación de Rumiantes

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
FUSAGASUGA
2018



Nota de aceptación.

Presidente del Jurado

Nury Beatriz Sánchez Lozano

Jurado 1

Nelson Enrique Arenas Suarez

Jurado 2

Fusagasugá, enero 31 de 2018.



Tabla de contenido

| | Pág. |
|---|------|
| Resumen | 10 |
| Abstract | 11 |
| 1. Introducción | 12 |
| 1.1. Alimentos funcionales | 12 |
| 1.2. Factores que afectan la calidad de la carne | 13 |
| 2. Planteamiento del problema | 17 |
| 3. Justificación | 18 |
| 4. Objetivos | 19 |
| 4.1. Objetivo General | 19 |
| 4.2. Objetivos específicos | 19 |
| 5. Metodología | 21 |
| 6. Resultados y discusión | 21 |
| 6.1. Inclusión de ácidos grasos omega 3 en la dieta de Tilapia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>) y su efecto sobre el perfil lipídico del filete | 21 |
| 6.1.1. Efecto de la suplementación en diferentes periodos de tiempo | 21 |
| 6.1.2. Efecto de la suplementación con diferentes materias primas | 24 |
| 6.2. Efecto de los ácidos grasos de la serie omega 3 en la salud | 36 |
| 7. Conclusiones | 39 |
| 8. Recomendaciones | 36 |
| 9. Bibliografía | 40 |



Lista de tablas

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Composición lipídica de los filetes de tilapia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>) en los diferentes periodos de tiempo de la suplementación con aceite de linaza. | 22 |
| Tabla 2. Composición de ácidos grasos en el tejido muscular de tilapia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>) suplementadas con aceite de soya y aceite de linaza en diferentes periodos de tiempo. | 23 |
| Tabla 3. Perfil lipídico muscular de la Tilapia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>) suplementados con diferentes fuentes lipídicas. | 25 |
| Tabla 4. Composición lipídica de juveniles de tilapia nilótica suplementados con diferentes fuentes lipídicas, a temperatura de 22°C durante 12 semanas. | 28 |
| Tabla 5. Composición lipídica de juveniles de tilapia nilótica suplementados con diferentes fuentes lipídicas, a temperatura de 28°C durante 9 semanas. | 28 |
| Tabla 6. Perfil lipídico de los filetes de tilapia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>) suplementadas con diferentes dietas. | 31 |
| Tabla 7. Composición lipídica de tilapia nilótica suplementados con aceite de Tung. | 32 |
| Tabla 8 Composición lipídica tilapia nilótica suplementados con diferentes fuentes lipídicas a razón de 5% de lípidos adicionados a dietas. | 34 |
| Tabla 9 Composición lipídica del músculo blanco de tilapia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>), con inclusión de diferentes fuentes lipídicas en diferentes proporciones. | 35 |



Glosario

Ácido graso: Es una biomolécula orgánica de naturaleza lipídica formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal, de número par de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo. Cada átomo de carbono se une al siguiente y al precedente por medio de un enlace covalente sencillo o doble. Al átomo de su extremo le quedan libres tres enlaces que son ocupados por átomos de hidrógeno

Ácido graso alfa-linolénico: El ácido α -linolénico (ALA) es un ácido graso poliinsaturado esencial de la serie omega-3. Es un componente de muchos aceites vegetales comunes y es importante para la nutrición humana, su fórmula molecular es $C_{18}H_{30}O_2$.

Ácido graso eicosapentaenoico: es un ácido graso poliinsaturado esencial de la serie omega 3, su fórmula molecular es $C_{20}H_{30}O_2$.

Ácido graso docosahexaenoico: es un ácido graso esencial poliinsaturado de la serie omega-3. Químicamente es, como todos los ácidos grasos, un ácido carboxílico, su fórmula molecular es $C_{22}H_{32}O_2$.

Ácido graso monoinsaturado: Son un tipo de grasa que se caracteriza por la presencia de un doble enlace entre sus cadenas de carbono. Se clasifican dentro del grupo de las grasas insaturadas

Ácido graso poliinsaturado: ácidos carboxílicos con grupos laterales de cadena larga, que presentan dos o más dobles enlaces.

Ácido graso saturado: Son ácidos grasos sin dobles enlaces entre carbonos; tienden a formar cadenas extendidas y a ser sólidos a temperatura ambiente, excepto los de cadena corta.

Alimento funcional: los alimentos que tiene funciones fisiológicas, incluyendo la regulación de los biorritmos, el sistema nervioso, el sistema inmunológico y la defensa corporal más allá de las funciones de nutrientes.



Efecto: su acepción principal presenta al efecto como a aquello que se consigue como consecuencia de una causa, el vínculo entre una causa y su efecto se conoce como causalidad.

Lípidos: Los lípidos son un conjunto de moléculas orgánicas, compuestas de carbono e hidrógeno, oxígeno, fósforo, azufre y nitrógeno. Se caracterizan por ser hidrofóbicas, es decir insoluble en agua, pero solubles en alcohol, bencina, benceno, etc.

Omega 3: ácido graso poliinsaturado que, dependiendo del número de átomos de carbono, el número de dobles enlaces, y la posición del primero de ellos contando a partir del carbono terminal no carboxílico, ubicado en el tercer carbono.

Suplementación: se define como el aporte de sustancias nutricionales complementarias a la dieta con el fin de mantener una buena salud, así como para prevenir o tratar enfermedades.



Lista de abreviaturas

AL: aceite de linaza

ADA: American diabetes asociation

AGS: ácidos grasos saturados

AGMI: ácidos grasos mono insaturados

AGPI: ácidos grasos poliinsaturados

AGT: ácidos grasos totales

AL: aceite de linaza

ALA: ácido linolénico

AP: aceite de pescado

APL: aceite de palma

AUNAP: Autoridad nacional de acuicultura y pesca de Colombia

DANE: Departamento administrativo nacional de estadística

DHA: ácido docosahexaenoico

EPA: ácido eicosapentaenoico

FAO: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura y fundación iberoamericana de nutrición

g: gramo

Kg: kilogramo

Kcal: kilocalorías

Mcal: mega calorías

mg: miligramos



MINSALUD: ministerio de la protección social Colombia

ND: no detectado

NR: no reportado

OMS: organización mundial de la salud

p: valor de significancia

PB: proteína bruta

pH: potencial de hidrogeno

PSE: pálida suave y exudativa

RN: gen de rendimiento napole

SC: semilla de chíá

SL: semilla de linaza



Resumen

El objetivo de este trabajo, es reconocer el efecto de la inclusión de fuentes de omega 3 en la dieta de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), sobre el perfil lipídico y potencial de la carne como alimento funcional, para ello se realizó una revisión de literatura utilizando los principales buscadores científicos (Google académico, Aquaculture, PubMed, ScienceDirect, Scielo), teniendo en consideración palabras claves (ácidos grasos poliinsaturados, alimentos funcionales, calidad de la carne, omega 3, salud, suplementación, tilapia) que permitan identificar de manera precisa la información requerida, sin considerar restricciones de idioma. Los resultados demuestran que los mejores valores de ácido graso alfa-linolénico (ALA) ($6.6 \pm 0.1\%$ de ácidos grasos totales) fueron hallados en tratamientos con duraciones de 90 días, mientras para el ácido graso docosahexaenoico (DHA) ($1.9 \pm 0.24\%$ de ácidos grasos totales) fueron detallados en tratamientos con duración de 20 días, y los ácidos grasos totales de la serie omega 3 se indican valores de $10.3 \pm 0.1\%$ de ácidos totales en tratamientos de 90 días, en tanto, suplementaciones con aceite de linaza reportan niveles de ALA de hasta $15.3\text{g}/100\text{g}$ de ácidos grasos, mientras la suplementación aceite de pescado dan a conocer niveles de ácido graso eicosapentaenoico (EPA) de hasta $2.45\text{mg}/\text{g}^{-1}$ de ácidos grasos, mientras la suplementación con aceite de pescado detalla valores de DHA de hasta $9.30\text{ mg}/\text{g}^{-1}$ de ácidos grasos, así mismo, los valores más altos de ácidos grasos totales de la serie omega 3, fueron informados para la suplementación con linaza, así mismo, el consumo de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) de la serie omega 3 tiene beneficios en la salud como la reducción en la presentación de cáncer. Como conclusión, la suplementación con fuentes lipídicas durante diferentes periodos de tiempo, así como la suplementación con diferentes fuentes lipídicas tienen efectos positivos sobre los contenidos de AGPI de la serie omega 3 en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

Palabras clave: Adición, Alimentación, Bienestar, Foshu, Nutrición.



Abstract

The objective of this work is to recognize the effect of the inclusion of omega 3 sources in the diet of nilotic tilapia (*Oreochromis niloticus*), on the lipid profile and potential of the meat as a functional food, for this a literature review was carried out. using the main scientific search engines (Google academic, Aquaculture, PubMed, ScienceDirect, Scielo), taking into account key words (polyunsaturated fatty acids, functional foods, meat quality, omega 3, health, supplementation, tilapia) to identify Accurate the required information, without considering language restrictions. The results show that the best values of alpha-linolenic fatty acid (ALA) ($6.6 \pm 0.1\%$ of total fatty acids) were found in treatments with durations of 90 days, while for the fatty acid docosahexaenoic acid (DHA) ($1.9 \pm 0.24\%$ of total fatty acids) were detailed in treatments lasting 20 days, and the total fatty acids of the omega 3 series are indicated values of $10.3 \pm 0.1\%$ of total acids in treatments of 90 days, while, supplementations with linseed oil report ALA levels of up to 15.3g / 100g of fatty acids, while fish oil supplementation disclose levels of eicosapentaenoic fatty acid (EPA) up to 2.45mg / g-1 of fatty acids, while supplementation with fish oil details DHA values of up to 9.30 mg / g-1 of fatty acids, likewise, the highest values of total fatty acids of the omega 3 series, were informed for the supplementation with flaxseed, likewise, the consumption of polyunsaturated fatty acids (PUFA) of the omega 3 series has health benefits as the reduction in the presentation of cancer. In conclusion, supplementation with lipid sources during different periods of time, as well as supplementation with different lipid sources have positive effects on the PUFA contents of the omega 3 series in nilotic tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Keywords: Addition, Feeding, Well-being, Foshu, Nutrition.



1. Introducción

1.1. Alimentos funcionales

Los modelos de vida saludables permiten el pleno desarrollo biofísico de las personas, brindan beneficios al ser humano. A partir de ello, el desarrollo tecnológico de los alimentos juega un importante papel en la generación de alternativas que permitan optimizar las cualidades de los productos alimenticios. En relación, los primeros avances de tecnología de alimentos que buscaban las cualidades nutricionales de los alimentos con el potencial de producir efectos benéficos a la salud de los consumidores fueron presentados por el ministerio del trabajo salud y bienestar del gobierno de Japón, Según Fujimaki (1988) citado por Arai (1996), el origen de la búsqueda de estas cualidades se debe a la escases de alimentos en Japón a raíz de los resultados de la segunda guerra mundial y debido a la escases extrema de los mismos, impulsaron investigaciones que evaluaran los parámetros nutricionales de los alimentos de tal manera que pudieran suplir los requerimientos necesarios para la supervivencia. Sin embargo, en 1980 debido a las condiciones de población envejecida en Japón se impulsaron investigaciones sistemáticas de gran escala apoyadas por el ministerio de educación, ciencia y cultura, dichos estudios de investigación buscaban obtener una visión científica de la función terciaria de los alimentos, que pudieran contribuir con la prevención de enfermedades mediante la intervención del sistema nervioso, inmune, endocrino, circulatorio y digestivo; las investigaciones se basaron, en el uso de alimentos de consumo cotidiano, producto de estas investigaciones, en 1984 se asumió el término “alimento funcional” según el cual dichos alimentos deben actuar en la prevención de enfermedades. Así mismo, algunos alimentos contienen cantidades insignificantes de sustancias terciarias, por tanto, para poder ofrecer estas sustancias en cantidades adecuadas, se utiliza la tecnología para purificación de los constituyentes (concentrando las sustancias terciarias) y para enriquecimiento de dichas sustancias terciarias en los alimentos. En 1995 fueron presentados 58 elementos nutricionales con estas características, dentro de los cuales se encuentra el ácido graso eicosapentaenoico (EPA) (Arai 1996), Tanaka (2003), citado por: Tanaka et. al. (2004), reportaron como ingredientes activos de los alimento saludables el ácido graso alfa-linolenico (ALA), ácido graso eicosapentaenoico (EPA) y ácido graso Docosahexaenoico (DHA), igualmente, Shimizu (2003) relacionó tres condiciones esenciales



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAar113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 20 de 53 |

que deben tener los alimentos que pueden catalogarse como funcionales, la primera de las condiciones es que deben tener función nutricional, la segunda característica es que deben tener función sensorial o de satisfacción sensorial, y la tercera es la presencia de una función fisiológica, tal como la regulación del biorritmo, del sistema inmunológico y de la defensa del organismo.

De acuerdo a la relación de las características nutricionales que deben tener los alimentos, con los nuevos avances conseguidos en las investigaciones en tecnología de alimentos, se hace necesario la consecución de elementos que permitan ofrecer al consumidor, productos de alta calidad y que brinden contenidos nutricionales de alto valor biológico, es así, como se requiere la búsqueda de recursos funcionales que ayuden al consumidor a mantener condiciones de salud optimas, en los cuales primen además las condiciones nutricionales, sobre la cantidad de alimento que pueda ser consumido por el individuo.

1.2. Factores que afectan la calidad de la carne

Para hablar de calidad de los productos alimenticios, existen diferentes valores como los genotípicos y los fenotípicos que pueden afectar en diferente grado las condiciones de calidad de los alimentos, de esta forma, Camacho et. al. (2013), para la calidad de carne relacionan la presencia de los genes *RYRI* o gen halotano y el gen *PRKAG3* o gen de rendimiento napole (RN). Soria y Corva (2004), menciona características de la calidad de la carne bovina en relación con la ternera, según la cual aspectos como la definición del nivel de ternera. para lo cual actúan una serie de enzimas y cofactores como las catepsinas lisosomales, las proteasas externas del músculo que son activadas por calcio, como las calpains que son cistein-proteasas y de las que se conoce que son isoformas ubicuas, junto a ellas se encuentra el inhibidor natural de las mismas, la calpastatina, para el caso del colágeno está a cargo de las metaloproteinasas de la matriz extracelular. Por su parte, Torrescano et. al. (2009) refieren que “la longitud del sarcómero es un indicador de la contracción de las fibras del músculo y que viene acompañado de una mayor pérdida de jugos cárnicos y por lo tanto de endurecimiento de la carne” (Torrescano et. al. 2009). De igual manera, Vásquez et. al. (2007), indica la influencia en la ternera de la carne por parte de aspectos como la genética, la edad, la alimentación y el manejo



dado al animal, además refiere factores como la jugosidad y la cantidad de tejido conjuntivo también están ligados con la terneza de la carne. resultados similares son reportados por Priore y Bianchi (2011), en el cual concluyeron que factores como la raza sexo y edad tienen influencia sobre el pH de la carne. Adicionalmente, Vásquez et. al. (2007) describe que una alimentación en la cual la cantidad energética de la dieta sea elevada, mejora el contenido de grasa intramuscular lo que trae como consecuencia la reducción del valor de resistencia de corte, proporcionando además productos con mejores características de terneza. Adicionalmente las características anteriormente mencionadas influyen en las condiciones de calidad de la carne, existen factores como el perfil lipídico que, de igual manera, tienen relación directa con la calidad. En consecuencia, durante el desarrollo del presente trabajo, se realizará revisión de literatura acerca de las características que determinan la calidad de la carne, visto desde el factor lipídico como determinante de la misma, la caracterización de los lípidos y el beneficio de los mismos a la salud humana. Por tanto, es necesario reconocer el valor nutricional de los lípidos presentes en la carne de diferentes especies animales consumidas por el hombre, en busca del valor nutricional más adecuado en relación con los AGPI de la serie omega 3, que puedan ofrecer al consumidor la posibilidad de mantener un estado de salud óptimo.

En consecuencia, Rossato et. al. (2009), en un estudio realizado en bovinos, en el cual los contenidos de ácidos grasos del músculo *longissimus dorsi*, fueron descritos con valores de AGS de 51.35% del total de ácidos grasos, en tanto para el valor de AGMI, indicaron valores de 43.94% del total de ácidos grasos, mientras los valores de AGPI fueron de 4.70% de ácidos grasos totales, en tanto para los ácidos grasos de la serie omega 3 del tipo ALA, los valores correspondieron 0.17% del total de ácidos grasos, en tanto para los AGPI del tipo EPA los valores descritos ascendieron a 0.11% el total de ácidos grasos y los valores de la variable tipo DHA fueron de 0.07% del total de ácidos grasos, así mismo los valores para los AGPI de la serie omega 3 totales ascendieron a 0.64% del total de ácidos grasos.

En relación, la capacidad de infiltración de grasa intramuscular en ganado bufalino, Cedrés et. al. (2013), reportan datos de animales alimentados con sistema de pastoreo tradicional y suplementado, de acuerdo al estudio los niveles de ácidos grasos intramusculares que hallaron corresponden en la variable de AGS a 55.92% del total de ácidos grasos, en la variable de AGMI a 44.08% del total de ácidos grasos y para los AGPI's corresponden a 4.79% del total de ácidos



grasos, en relación con ácidos grasos de la serie omega 3 los contenidos ácidos descritos corresponden a 8,37 mg/g de grasa.

En tanto, Arruda et. al. (2002), dieron a conocer los resultados acerca de la composición lipídica de la carne de caprinos de la zona nordeste de Brasil, según los cuales las composiciones lipídicas de los mismos están altamente influenciadas por ácidos grasos de cadena corta y media además de muy pocas cantidades de ácidos grasos de cadena larga. Igualmente, Juárez et. al. (2009), mencionaron la concentración de ácidos grasos en el músculo *longissimus dorsi* caprino, según el cual, para los AGS alcanzan niveles de 44.93% del total de ácidos grasos, en tanto, para los AGMI alcanzaron valores de 40.68% del total de ácidos grasos, mientras que los resultados de los AGPI, fueron citados en 14.78% del total de ácidos grasos, así mismo, la concentración de AGPI del tipo ALA fue documentada en 0.30% del total de ácidos grasos y los datos para la variable EPA fueron mencionados en 0.15 % del total de ácidos grasos.

Por su parte, Madruga et. al. (2006) sobre el perfil lipídico de la carne ovina, se presentan niveles altos de AGS con 44.47% del total de ácidos grasos, en relación con los AGMI's, pueden representar concentraciones con niveles de 43.205% del total de ácidos grasos, en tanto los niveles de AGPI's alcanzan niveles de 18.62% del total de ácidos grasos. De igual manera, Madruga et. al. (2008), da a conocer datos sobre el perfil lipídico de la carne de corderos, según los cuales la cantidad de ácidos grasos provistos en la carne de los animales, corresponden en un 48.77% a AGS, en 40.82% a AGMI y para la variable de AGPI's denota datos de 10.40% y dentro de los cuales la cantidad de ácidos grasos de la serie omega 3 corresponden a 0.21%. En tanto, Mamani y Gallo (2013) en un estudio acerca de la calidad del perfil lipídico del músculo *longissimus lumborum* de ovino reportó niveles de concentración de ácidos grasos saturados (AGS) de 44.8%, para los ácidos grasos mono insaturados (AGMI) de 45% y AGPI's de 10.3% del total de ácidos grasos, para ácidos grasos de la serie omega 3 del tipo alfa linolénico (ALA) C18:3n-3 indicó valores de 1.07, para los de tipo Eicosapentaenoico (EPA) C20:5n-3 valores de 0.34 y para los de tipo Docosahexaenoico (DHA) C22:6n-3 no reporto valores de concentración.

Así mismo, Madrid et. al. (2018) dan cuenta de las variables para perfil lipídico en pollo de engorde, alimentados con una dieta exclusiva de concentrado comercial, según datos reputados los AGS corresponden a 47.59% del total de ácidos grasos, para la variable de AGMI evidencian datos de 38.42% del total de ácidos grasos y para los AGPI's reportan datos de 14.0% del total



de ácidos grasos de la pechuga de pollo, en tanto, para las mismas variables en perfil lipídico de contra-muslos los resultados fueron de 57.27% de AGS, 33.6% de AGMI y 9.07 de AGPI. En relación con los valores para los ácidos grasos de la serie omega 3, Sorrentino (2013) reporta para ALA en pollo de campo valores que oscilan desde 2.5-2.6% y los valores de EPA desde 0.3-0.4%, mientras que para pollos industriales los valores se ven reflejados para ALA 1.0-1.3% y para EPA los valores reflejados son desde 0.3-0.4%.

En relación con el perfil lipídico de los peces, Gordon et. al. (2001), informa los valores de ácidos grasos en el músculo del salmón, según el informe, los AGS tienen un valor de 24.5g/100g de ácidos grasos, en tanto, los AGMI alcanzan niveles de 42.3g/100g de ácidos grasos, mientras que los AGPI son informados con una concentración de 32.3g/100 g de ácidos grasos, así mismo, los AGPI de la serie omega 3 totales son descritos con valores de 27.7g/100 g de ácidos grasos, para los AGPI del tipo ALA, estos son mencionados con concentraciones de 1.4g/100 g de ácidos grasos, para los del tipo EPA corresponden a 5.8g/100 g de ácidos grasos, y para los de tipo DHA se informan valores de 14.8g/100 g de ácidos grasos.



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 24 de 53 |

2. Planteamiento del problema

Datos de World Health Organization WHO (2018), dan cuenta de la situación que se vive a nivel mundial por cuenta de las enfermedades cardiovasculares, pues las muertes registradas por estas enfermedades alcanzaron los 15.2 millones de muertes en el año 2016, siendo la primera causa de muertes en el mundo, según estimaciones de la Organización mundial de la salud OMS esta cifra podría llegar a 23.3 millones de muertes por esta causa para 2030. Colombia no es ajena a esta situación ya que, en el año 2012, el 18% de las víctimas mortales en Colombia fue a causa de enfermedades cardiovasculares (Roselli et. al. 2014) sin embargo, existen factores predisponentes hacia estas enfermedades y que no pueden ser modificables, como la edad, el género, etnia, genética y otros como hipertensión arterial, tabaquismo, obesidad, colesterol total, y colesterol de baja densidad, niveles séricos de colesterol de alta densidad, diabetes mellitus tipo 2, hipertrofia ventricular izquierda y factores psicosociales que pueden ser modificables como los hábitos de alimentación y práctica regular de ejercicio (Ministerio de salud y protección social Colombia (MINSALUD) 2015). Al disminuir los factores de riesgo como las dietas malsanas, la obesidad, la inactividad física, la hipertensión arterial, la diabetes (Roselli et. al., 2014) el manejo adecuado de factores como la reducción del consumo de grasas saturadas, grasas trans y colesterol, fibra viscosa y fito esteroides y el aumento de la actividad física, así como el incremento del consumo de ácidos omega 3 pueden resultar en el mejoramiento del perfil lipídico (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION (2016). Cuevas y Alonso (2016), recomiendan consumos de alimentos como el aceite de lino, aceite de canola y aceite de soja, que contienen niveles importantes de ácido graso alfa-linolénico (ALA), mientras que aceites de pescado, especialmente los peces azules contienen niveles importantes de ácido eicosapentaenoico (EPA), ácido docosapentaenoico (DPA), y ácido docosahexaenoico (DHA) (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura y fundación iberoamericana de nutrición (FAO), 2012).



3. Justificación

La disminución en los factores de riesgo, así como el consumo de peces azules como el atún y el salmón entre otros, pueden prevenir la presencia de enfermedades cardiovasculares y ayudar en la búsqueda de estados de salud adecuados, sin embargo, Los registros de consumo de pescado en Colombia indican que el consumo per cápita en el país ha tenido un aumento significativo en los últimos 20 años al pasar de 3,7Kg/año en 1996 a 6,7Kg/año en 2016, es decir un incremento de 81%; a pesar de estas cifras, el consumo en Colombia es significativamente bajo si se tiene en cuenta que Japón manifiesta consumos per cápita de 54 kg/año, España con 38 kg/año y Latinoamérica con 18 kg/año (Autoridad nacional de acuicultura y pesca de Colombia AUNAP, 2016). Esto podría explicarse en parte por los elevados precios en Colombia. Esto tiene consecuencia en la búsqueda de estados de salud óptimos si se tiene en cuenta que el consumo de pescado puede ayudar a suplir los requerimientos de EPA y DHA, ya que estos son aportados de forma insuficiente en una dieta tradicional, debido probablemente a los costos que esto significa, pues el kilogramo de salmón puede oscilar entre \$37.000 COP y \$46.000 COP (Departamento administrativo nacional de estadística DANE, 2017), una opción de salmónidos con la que cuenta el mercado colombiano para poder suplementar este tipo de ácidos grasos es la trucha arcoíris de producción nacional (AUNAP, 2016), pero que no aporta las cantidades suficientes de estos ácidos por el sistema de producción. Para contrarrestar el efecto de los altos precios de los pescados que aportan cantidades significativas de omega 3, se sugiere como alternativa, la suplementación con diferentes fuentes lipídicas, que puedan representar un efecto en el mejoramiento del perfil lipídico de la especie suplementada, con un costo más asequible a todo tipo de consumidores. Un ejemplo de ello, es la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), de acuerdo a los valores dados a conocer por Justi et. al. (2003) se evidencian niveles de AGS de 26.3% del total de ácidos grasos, AGMI de 28.9% del total de ácidos grasos, y valores AGPI de 44.7% del total de ácidos grasos, en relación con los niveles de AGPI de la serie omega 3 totales, indican valores de 3.64% del total de ácidos grasos, así mismo los valores para los AGPI del tipo ALA son mencionados con 1.04% del total de ácidos grasos, para los del tipo EPA corresponden a 0.12% del total de ácidos grasos, y para los del tipo DHA ascienden a 1.39% del total de ácidos



grasos, cuyo valor comercial por kilogramos puede variar entre \$7.000 COP hasta \$11.000 COP (DANE, 2017). Por consiguiente, durante el desarrollo del siguiente trabajo se ofrecerá una respuesta a la pregunta ¿Qué efecto tiene la inclusión de fuentes de omega 3 en la dieta de tilapia nilótica (*oreochromis niloticus*) y cuál es su efecto en el perfil lipídico de la carne y su potencial como alimento funcional?



4. Objetivos

4.1. Objetivo general

- Analizar el efecto de la inclusión de fuentes de omega 3 en la dieta de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y su efecto en el perfil lipídico de la carne y potencial como alimento funcional

4.2. Objetivos específicos

- Identificar el efecto de la inclusión de fuentes lipídicas durante diferentes periodos de tiempo en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*).
- Conocer el efecto de la inclusión de fuentes de omega 3 en la dieta de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y su efecto en el perfil lipídico.
- Indicar la relación de los ácidos grasos poliinsaturados de la serie omega 3 en la prevención y conservación de estados de salud óptimos.



5. Metodología

Para el desarrollo de la presente monografía se buscó bibliografía reciente, en las principales bibliotecas virtuales como Google académico, Aquaculture, PudMed, ScienceDirect, Scielo, en repositorios virtuales de diferentes universidades como la universidad de Sao Paulo, la universidad de Córdoba, la universidad nacional de Colombia. Los cuales ofrecieron certeza, veracidad y confiabilidad acerca de la información consultada, se tuvieron en cuenta artículos que fueron publicados en revistas científicas, se revisaron artículos en español, inglés, portugués, y cualquier otro idioma que pudo aportar información relevante para el desarrollo de la investigación literaria, se revisaron artículos que en su título, resumen o introducción hicieron mención acerca de la información requerida para alcanzar los objetivos planteados. Las principales palabras clave usadas fueron: ácido graso vegetal, ácido graso animal, ácidos grasos poliinsaturados, ácido graso alfa-linolénico, ácido graso docosahexaenoico, ácido graso eicosapentaenoico, adición, alimentos funcionales, beneficio, bienestar, calidad de la carne, efecto en la salud, inclusión, lípidos, omega 3, perfil lipídico, salud, suplementación, tilapia nilótica. Para el desarrollo de esta revisión bibliográfica se usaron los recursos humanos del autor de la monografía, así como del docente asesor a cargo y diferentes personas que se consideraron convenientes para el esclarecimiento de dudas y/o asesorías que contribuyeron a alcanzar los objetivos.



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAar113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 29 de 53 |

6. Resultados y discusión

6.1. Inclusión de ácidos grasos omega 3 en la dieta de *Tilapia nilótica (Oreochromis niloticus)* y su efecto sobre el perfil lipídico del filete

6.1.1. Efecto de la suplementación en diferentes periodos de tiempo.

Los contenidos de ácidos grasos omega 3 de algunas fuentes de origen vegetal, hacen que pueda ser considerada su participación en la suplementación dietaria de algunas especies animales, pues algunas materias primas tienen relación con aportes significativos de ácidos grasos, como el aceite de linaza usado en reemplazo del aceite de girasol, el cual fue evaluado por Justi, et. al. (2003), en el laboratorio del departamento de acuicultura y biología de la universidad estatal de Maringa, Brasil, para ello utilizaron 100 individuos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), con pesos de 41.66 ± 0.56 g, distribuidos en 20 estanques, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, los tratamientos experimentales consistieron en la suplementación del aceite de linaza y en reemplazo del aceite de girasol, por diferentes periodos de tiempo: 10, 20 y 30 días. Los resultados obtenidos por Justi et. al. (2003), en relación a los parámetros de evaluación, evidencian que, para la variable ALA, el mejor resultado $p < 0.05$, se presentó en el tratamiento con una duración de 30 días, el cual es dado a conocer con valores de $4.06 \pm 1.15\%$ del total de ácidos grasos y que representa una diferencia significativa sobre los tratamientos con duraciones de 20 y 10 días con valores de $0.17 \pm 0.05\%$ y $0.12 \pm 0.02\%$ del total de ácidos grasos respectivamente. En cuanto a la variable EPA y la variable DHA, con valores $p > 0.05$, indican la no existencia de diferencia significativa, así mismo, para la variable de ácidos grasos de la serie omega 3 totales, se indican datos superiores $p < 0.05$, del tratamiento con duración de 30 días, en el cual se muestran valores de $7.77 \pm 1.25\%$ del total de ácidos grasos y en el cual existieron diferencias significativas sobre los tratamientos con duración de 20 y 10 días y valores de $6.15 \pm 0.64\%$ y $1.30 \pm 0.31\%$ del total de ácidos grasos respectivamente (Tabla 1).



Tabla 1

Composición lipídica de los filetes de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en los diferentes periodos de tiempo de la suplementación con aceite de linaza

| Ácido graso | Tiempo (días) | | | | P-valor |
|-----------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|---------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | |
| ALA | 1,04±0,22 ^b | 2,11±0,70 ^b | 2,51±0,58 ^b | 4,06±1,15 ^a | <0,05 |
| EPA | 0,12±0,01 ^a | 0,12±0,02 ^a | 0,17±0,05 ^a | 0,16±0,01 ^a | >0,05 |
| DHA | 1,39±0,17 ^a | 1,30±0,31 ^a | 1,90±0,24 ^a | 1,60±0,44 ^a | >0,05 |
| Omega 3 totales | 3,64±0,30 ^c | 4,74±0,78 ^{bc} | 6,15±0,64 ^b | 7,77±1,25 ^a | <0,05 |

ALA: ácido graso α -linolénico

EPA: ácido graso eicosapentaenoico

DHA: ácido graso Docosahexaenoico

^{a,b,c} letras diferentes indican diferencia estadística ($p<0.05$) o ($p<0.1$) o ($p<0.01$)

% total de ácidos grasos.

$P<0.05$

Tabla adaptada de (Justi et. al., 2003).

La adición de aceite de linaza en la dieta de tilapia durante diferentes periodos de tiempo, puede representar una alternativa para mejorar los niveles de AGPI de la serie omega 3 y tipo ALA. En especial cuando se realiza suplementación hasta por 30 días, en los cuales los valores de ALA y omega 3 totales muestran los mejores valores en comparación con los demás tratamientos. Mientras que la suplementación con aceite de linaza, no representan diferencias significativas en los tratamientos con diferentes periodos de tiempo, esto puede estar relacionado a las características de la fuente con que fueron suplementados los animales, ya que al ser una fuente de origen vegetal, las diferencias significativas se vieron reflejadas en los ácidos grasos característicos de origen vegetal y que a su vez ayudó a elevar los niveles de ácidos grasos de la serie omega 3 totales (Justi et. al., 2003).

De igual forma, la duración de los periodos experimentales también tiene efectos sobre el perfil lipídico de los animales tratados, de este modo, tratamientos con duraciones prolongadas evidencian aumentos porcentuales altos al comparar materias primas similares en diferentes periodos de tiempo, en los cuales los principales AGPI's mejorados corresponden a los característicos de origen vegetal.

En relación al estudio realizado por Tonial et. al. (2009), en el municipio de Guaira, Estado Paraná, Brasil, comparó los niveles de omega 3 en el perfil lipídico de tilapia nilótica



(*Oreochromis niloticus*) durante 90 días con mediciones cada 15 días, para lo cual utilizó una dieta comercial ajustada a los requerimientos nutricionales de los animales (iso-cálcicas, iso-fosfóricas, isocalóricas e iso-proteicas), en el que incluyó aceite de linaza a razón de 70 g/Kg⁻¹ y aceite de soya a razón de 70 g/Kg⁻¹. Los resultados se pueden observar en la tabla 2, para la variable de evaluación tipo ALA, evidenciaron diferencias significativas con valores $p < 0.05$, entre los tratamientos con duración de 90 días (6,6±0,1% total de ácidos grasos), 75 días (6,5±0,2% total de ácidos grasos), 60 días (6,5±0,2% total de ácidos grasos) y 45 días (6,3±0,1% total de ácidos grasos) con respecto de los tratamientos con duración de 30 días (5,9±0,1% total de ácidos grasos) y 15 días (4,9±0,1% total de ácidos grasos), con los cuales existió diferencias significativas. Para la variable DHA, evidencian valores $P < 0.05$ para los tratamientos con duración de 90 días (1.2±0.1% total de ácidos grasos), 75 días (1.2±0.2% total de ácidos grasos), 60 días (1.2±0.1% total de ácidos grasos) y 45 días (1.2±0.2% total de ácidos grasos), con respecto de los tratamientos con duraciones de 30 días (1.0±0.2% total de ácidos grasos) y 15 días (1.0±0.1% total de ácidos grasos) y con los que existió diferencias significativas. En cuanto a la variable de ácidos grasos de la serie omega 3 totales, se indican datos $p < 0.05$ para los tratamientos con duraciones de 90 días (10.3±0.1% total de ácidos grasos), 75 días (10.2±0.1% total de ácidos grasos), 60 días (10.1±0.1% total de ácidos grasos) y 45 días (9.8±0.1% total de ácidos grasos), con respecto de los tratamientos con duraciones de 30 días (8.5±0.1% total de ácidos grasos) y 15 días (7.4±0.2% total de ácidos grasos) y con los que existió diferencias significativas.

Tabla 2

Composición de ácidos grasos en el tejido muscular de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) suplementadas con aceite de soya y aceite de linaza en diferentes periodos de tiempo

| Ácido graso | Tiempo días | | | | | | | P- valor |
|----------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | |
| ALA | 0,4±0,1 ^d | 4,9±0,1 ^c | 5,9±0,1 ^b | 6,3±0,1 ^a | 6,5±0,2 ^a | 6,5±0,2 ^a | 6,6±0,1 ^a | <0,05 |
| EPA | 0.1±0.0 | 0.1±0.0 | 0.1±0.0 | 0.1±0.0 | 0.1±0.0 | 0.1±0.0 | 0.1±0.0 | >0,05 |
| DHA | 0.9±0.1 ^b | 1.0±0.1 ^{ab} | 1.0±0.2 ^{ab} | 1.2±0.2 ^a | 1.2±0.1 ^a | 1.2±0.2 ^a | 1.2±0.1 ^a | <0,05 |
| Total n-3 | 1.8±0.1 ^d | 7.4±0.2 ^c | 8.5±0.1 ^b | 9.8±0.1 ^a | 10.1±0.1 ^a | 10.2±0.1 ^a | 10.3±0.1 ^a | <0,05 |

ALA: ácido graso α -linolénico

EPA: ácido graso eicosapentaenoico

DHA: ácido graso docosahexaenoico

a,b,c,d letras diferentes indican diferencia estadística ($p < 0.05$) o ($p < 0.1$) o ($p < 0.01$)

% total de ácidos grasos.



$P < 0.05$

Adaptado de (Tonial et. al. 2009).

Así mismo, la suplementación con aceite de soya y aceite de linaza durante periodos de tiempo prolongados, refleja incrementos significativos para las variables ALA y AGPI de la serie omega 3 totales. Estos incrementos significativos se ven relacionados hasta un periodo de tiempo determinado, a partir del cual las variables no representan diferencias significativas, de tal manera que esta suplementación, puede ser tenida en cuenta para mejorar el tenor de ácidos grasos de la tilapia sin exceder los 45 días de suplementación previos al sacrificio, tiempo en el cual se evidencian los mejores resultados en cuanto a incremento del perfil de ácidos grasos tipo ALA y AGPI de la serie omega 3 totales. Sin embargo, esta adición de nutrientes en la dieta de la tilapia no representa significancia en los niveles de AGPI de tipo EPA y DHA, en ningún periodo de tiempo con suplementación, esto puede estar relacionado con el origen de las materias primas de la suplementación (Tonial et. al. 2009).

6.1.2. Efecto comparativo de la suplementación con diferentes fuentes lipídicas.

La utilización de diferentes fuentes de origen animal, en comparación con fuentes de origen vegetal, da como resultado el aumento porcentual de los AGPI's tipo ALA cuando la suplementación fue con materias primas de origen vegetal, mientras que la suplementación con fuentes de origen animal mejora los AGPI's tipo EPA y DHA. En razón, reportes como la investigación realizada por Ng y Wang (2011) en Malaysia, para la cual formularon dietas para reproductoras de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) las cuales fueron iso-proteicas con 25% de proteína cruda, e iso-lipídicas (10%), la composición de ingredientes de todas las dietas fue igual. En el primer tratamiento con 100% de aceite de pescado (AP), en el segundo tratamiento con 50% de aceite de pescado (AP) y 50% de aceite de palma crudo (APC), en el tercer tratamiento con 100% de aceite palma crudo (APC), en el cuarto tratamiento 100% de aceite de linaza (AL), la duración del experimento fue de 25 semanas, y contó con 12 animales de prueba, al final de la prueba se corroboró el efecto de la inclusión de diferentes fuentes lipídicas sobre el perfil lipídico de la carne. La interpretación de la tabla 3, en la cual se consigna los datos del estudio refleja que para la variable ALA, los mejores resultados $p < 0.05$ los obtuvieron con el tratamiento de suplementación de AL, donde los valores alcanzaron



11.6±0.4% del total de ácidos grasos, con diferencia significativa y en comparación con los demás tratamientos del estudio, para los cuales indicaron valores $p < 0.05$ de 1.1±0.2% total de ácidos grasos para la suplementación con AP, valores $p < 0.05$ de 0.6±0.1% total de ácidos grasos para el tratamiento AP+APC, en tanto para el tratamiento con suplementación de APC, revelaron valores de 0.2±0.0 % del total de ácidos grasos. Así mismo, para la variable EPA los resultados muestran que las suplementaciones con AL representó los mejores resultados $p < 0.05$ el cual alcanzó valores de 1.9±0.3% del total de ácidos grasos y la suplementación con AP que alcanzó valores $p < 0.05$ de 1.5±0.1% del total de ácidos grasos, en comparación con los demás tratamientos, que alcanzaron valores $p < 0.05$ de 0.9±0.1% del total de ácidos grasos para la suplementación de AP+APC, mientras la suplementación con APC alcanzó valores $p < 0.05$ de 0.2±0.0% del total de ácidos grasos. En cuanto a los valores presentados para la variable DHA, Ng y Wang (2011) reportan el tratamiento con suplementación de AP como el más significativo $p < 0.05$, para el cual manifiesta datos de 19.0±0.1% del total de ácidos grasos, comparado con los demás tratamientos que relacionaron valores $p < 0.05$ de 15.4±0.1% del total de ácidos grasos para el tratamiento con suplementación de AP+APC, 13.1±0.3% del total de ácidos grasos para la suplementación con AL y valor $p < 0.05$ de 4.3±0.0% del total de ácidos grasos, para la suplementación con APC. Así mismo, se puede observar que la variable de ácidos grasos totales de la serie omega 3 representó los mejores valores $p < 0.05$, cuando fueron suplementados con el tratamiento AL y cuyos valores ascendieron a 34.3±1.9% de los ácidos grasos totales, en comparación con los demás tratamientos, cuyos valores para la suplementación AP $p < 0.05$ y ascendió a 27.3±1.7% del total de ácidos grasos, valores $p < 0.05$ de 20.5±0.8% de los ácidos grasos totales para la suplementación de AP+APC, en tanto, para la suplementación con APC indico valores $p < 0.05$ de 5.5±0.3% de los ácidos grasos totales.

Tabla 3
 Perfil lipídico muscular de la Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) suplementados con diferentes fuentes lipídicas

| Ítems | Tratamientos | | | | P-valor |
|-----------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------|
| | AP | AP+APC | APC | AL | |
| ALA | 1.1±0.2 ^b | 0.6±0.1 ^b | 0.2±0.0 ^b | 11.6±0.4 ^a | <0.05 |
| EPA | 1.5±0.1 ^a | 0.9±0.1 ^b | 0.2±0.0 ^c | 1.9±0.3 ^a | <0.05 |
| DHA | 19.0±0.1 ^a | 15.4±0.1 ^b | 4.3±0.0 ^c | 13.1±0.3 ^b | <0.05 |
| Total n-3 | 27.3±1.7 ^b | 20.5±0.8 ^c | 5.5±0.3 ^d | 34.3±1.9 ^a | <0.05 |

ALA: ácido graso α -linolénico



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAar113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 34 de 53 |

EPA: ácido graso eicosapentaenoico

DHA: ácido graso Docosaheptanoico

AP aceite de pescado

APC aceite de palma crudo

AL aceite de linaza

^{a,b,c,d} letras diferentes indican diferencia estadística ($p < 0.05$) o ($p < 0.1$) o ($p < 0.01$)

% total de ácidos grasos

$P < 0.05$

Adaptado de (Ng y Wang. 2011)

La relación del origen de las materias primas sobre las variables de AGPI de la serie omega 3, tipos ALA, EPA y DHA, se reflejaron en este estudio, según el cual la variable característica de origen vegetal ALA, indico los valores más significativos para la suplementación con aceite de linaza. Así mismo, esta suplementación mostró los mejores valores para la variable EPA que tiene predominancia a ser de origen animal, pero que también puede ser encontrada con buenos niveles en fuentes de origen vegetal, en tanto, la suplementación con fuentes de origen animal como el aceite de pescado, reflejaron los mejores valores para la variable con característica primordial de origen animal (AGPI tipo DHA). De igual manera, las suplementaciones con aceite de linaza y aceite de pescado representan los mejores incrementos para los AGPI de la serie omega 3 totales, siendo que la fuente de origen vegetal obtuvo el mejor resultado debido a su relación con el AGPI del tipo ALA, característico de origen vegetal. En tanto, en la suplementación con aceite de pescado dichos niveles de AGPI de la serie omega 3 totales fueron impulsados por los valores obtenidos en los AGPI del tipo DHA, característicos de origen animal, sin embargo, la suplementación con estas fuentes representa aumentos significativos en las concentraciones de AGPI de la tilapia, Ng y Wang (2011).

Independientemente de la ubicación geográfica, los estudios experimentales relacionan de manera positiva los resultados, ya que estos fueron similares al suplementar fuentes de origen animal y fuentes de origen vegetal. La dependencia de la duración de los tratamientos y la temperatura se relacionan directamente con los resultados obtenidos. De esta manera, las fuentes de origen vegetal, mejoran de manera altamente significativa los AGPI's tipo ALA, mientras que las fuentes de origen animal, tiene incrementos en los niveles de AGPI's tipo DHA. Lo anterior fue confirmado en estudios como el conducido por Correa et. al. (2017), en la Universidad de Santa Catarina, Brasil, en el cual usaron juveniles de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) que fueron alimentados dietas iso-lipídicas, correspondientes con los requerimientos nutricionales de



los animales de estudio, las cuales fueron adicionadas con aceites de pescado, linaza, girasol, oliva y coco, con el objetivo de determinar el efecto de las suplementaciones sobre el perfil lipídico del músculo, los tratamientos fueron comparados a diferentes temperaturas y diferentes periodos, de tal manera que el tratamiento que se condujo a una temperatura de 28°C tuvo una duración de 9 semanas y el tratamiento a temperatura de 22°C una duración de 12 semanas.

De acuerdo a lo que se puede ver en la tabla 4, en la cual se observan los resultados de la suplementación a una temperatura de 22°, durante 12 semanas, los datos mostrados para la variable ALA, muestran que los valores más altos $p < 0.001$ son indicados para el tratamiento con suplementación de linaza, el cual registra valores de 7.23% del total de ácidos grasos, comparativamente con los demás tratamientos, los que registraron valores $p < 0.001$ de 0.35% del total de ácidos grasos para la suplementación con aceite de pescado, valores $p < 0.001$ de 0.35% del total de ácidos grasos para el tratamiento con suplementación de aceite de coco, en tanto para el tratamiento con suplementación de aceite de oliva mostraron valores $p < 0.001$ de 0.31% del total de ácidos grasos y valores $p < 0.001$ de 0.22% del total de ácidos grasos para la suplementación con aceite de girasol. En relación con la variable EPA, evidenciaron diferencias significativas en el tratamiento con suplementación de pescado, con valores $p < 0.001$ de 0.49% del total de ácidos grasos, en comparación con los demás tratamientos cuyos valores reportados fueron de 0.10% del total de ácidos grasos para el tratamiento con suplementación de aceite de linaza, en tanto, para los tratamientos con suplementación de aceite de oliva, aceite de coco y aceite de girasol, los ácidos grasos serie omega 3 del tipo EPA no fueron detectados en las muestras. Para la variable DHA, el tratamiento con suplementación de aceite de pescado, fue el más significativo con valores $P < 0.001$ de 2.19% del total de ácidos grasos, que representó diferencias significativas en comparación con los demás tratamientos como el de suplementación con aceite de linaza cuyos valores $p < 0.001$ fueron de 0.65% del total de ácidos grasos, en tanto, la suplementación con aceite de coco evidenció valores $p < 0.001$ de 0.34% del total de ácidos grasos, para la suplementación con aceite de oliva obtuvo valores de $p < 0.001$ de 0.16% del total de ácidos grasos y para el tratamiento con suplementación de girasol con valor $p < 0.001$ fueron de 0.06% del total de ácidos grasos.

En comparación los datos anteriores en la tabla 5, se muestran los datos para el tratamiento con temperaturas 28°C y una duración de 9 semanas, en relación, Correa et. al. (2017), manifestó que



para la variable ALA los datos para los valores más altos $p < 0.001$ fueron representados para el tratamiento con suplementación de aceite de linaza con diferencias estadísticas sobre los demás tratamientos valores de 6.25% del total de ácidos grasos de la muestra, mientras los demás tratamientos con valores < 0.001 de 0.19% del total de ácidos grasos para la suplementación de aceite de pescado, mientras la suplementación con aceite de coco indicó valores $p < 0.001$ de 0.16% del total de ácidos grasos, para la suplementación con aceite de oliva el estudio muestra valores $p < 0.001$ de 0.15% del total de ácidos grasos y para la suplementación con aceite de girasol con valores $p < 0.001$ de 0.12% del total de ácidos grasos. Para la variable de EPA, el estudio con la suplementación con aceite de pescado reflejó valores de 0.31% de ácidos grasos totales, el cual demostró diferencias significativas, mientras que para la suplementación con aceite de linaza mostró valores $p < 0.001$ de 0.10% del total de ácidos grasos, así mismo, el estudio revela que los tratamientos con suplementaciones de aceite de girasol, aceite de oliva y aceite de coco, no fueron detectados en las muestras. En relación a la variable DHA, los autores refieren el tratamiento con inclusión de aceite de pescado con valores $p < 0.001$ de 1.16% del total de ácidos grasos que presentó diferencias significativas con los demás tratamientos, como el tratamiento con suplementación de aceite de linaza cuyos valores $p < 0.001$ fueron reportados en 0.38% del total de ácidos grasos, mientras que los tratamientos con aceite de girasol, aceite de oliva y aceite de coco, no fue detectada esta variable en las muestras de los estudios.

Tabla 4
 Composición lipídica de juveniles de tilapia nilótica suplementados con diferentes fuentes lipídicas, a temperatura de 22°C durante 12 semanas

| Ácido graso | Dietas | | | | | P-valor |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------|
| | Pescado | Linaza | girasol | oliva | Coco | |
| ALA | 0.35 ^b | 7.23 ^a | 0.22 ^b | 0.31 ^b | 0.35 ^b | <0.001 |
| EPA | 0.49 ^a | 0.10 ^b | ND ^c | ND ^c | ND ^c | <0,001 |
| DHA | 2.19 ^a | 0.65 ^b | 0.06 ^c | 0.16 ^{bc} | 0.34 ^{bc} | <0,001 |

ALA: ácido graso α -linolénico

EPA: ácido graso eicosapentaenoico

DHA: ácido graso docosahexaenoico

ND no detectado

^{a,b,c} letras diferentes indican diferencia estadística ($p < 0.05$) o ($p < 0.1$) o ($p < 0.01$)

% total de ácidos grasos

$P < 0.001$

Adaptado de (Correa et. al. 2017)



Tabla 5

Composición lipídica de juveniles de tilapia nilótica suplementados con diferentes fuentes lipídicas, a temperatura de 28°C durante 9 semanas

| Ácido graso | Dietas | | | | | P-valor |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|
| | Pescado | Linaza | girasol | oliva | Coco | |
| ALA | 0.19 ^b | 6.25 ^a | 0.12 ^b | 0.15 ^b | 0.16 ^b | <0.001 |
| EPA | 0.31 ^a | 0.09 ^b | ND ^c | ND ^c | ND ^c | <0,001 |
| DHA | 1.16 ^a | 0.38 ^b | ND ^c | ND ^c | ND ^c | <0,001 |

ALA: ácido graso α -linolénico

EPA: ácido graso eicosapentaenoico

DHA: ácido graso docosahexaenoico

ND no detectado

^{a,b,c} letras diferentes indican diferencia estadística ($p<0.05$) o ($p<0.1$) o ($p<0.01$)

% total de ácidos grasos

$P<0.001$

Adaptado de (Correa et. al. 2017)

La relación de la temperatura y de la duración de los experimentos, tienen relación con los contenidos de AGPI de la serie omega y de los tipos ALA, EPA y DHA, también la calidad de las materias primas utilizadas en los diferentes tratamientos, determina los valores que se obtienen al final del experimento. Es así como en este estudio, se usaron diferentes materias primas de origen vegetal, no todas representaron la misma significancia al evaluarlas en relación con su efecto sobre los AGPI del tipo ALA, en la que la suplementación con aceite de linaza presentó la mayor significancia en los tratamientos con diferentes temperaturas y duración. En tanto, la suplementación con aceite de pescado reporto los mejores resultados en relación con las variables EPA y DHA. Así mismo la suplementación de materias primas como aceite de girasol, aceite de oliva y aceite de coco no evidencian valores para la variable EPA. Por tanto, la suplementación con aceite de pescado y linaza pueden representar una alternativa para mejorar los niveles de AGPI de la serie omega 3 y los tipos ALA, EPA Y DHA. Sin embargo, la suplementación con aceite de oliva, girasol y coco no representan significancia para mejorar niveles de AGPI, por lo cual no representan alternativas para mejorar AGPI del tipo EPA y DHA (Correa et. al. 2017).



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAR113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 38 de 53 |

Por otra parte, en estudios realizados en Colombia, adaptados a las condiciones climáticas, geográficas y ambientales propias del país como el realizado por Moreno (2013) en la represa de Betania, Departamento del Huila, Colombia, suplemento 10.080 ejemplares de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) durante 45 días, con cuatro dietas extruidas a las cuales les adiciono diferentes fuentes lipídicas, aceite de pescado (AP), aceite de palma (APL), semilla de chía (SC) y semilla de lino (SL), hasta alcanzar concentraciones de 60g/Kg-1 del total de lípidos de la formulación. En relación con los resultados presentados por Moreno (2013), en la tabla 6, para la variable ALA, la inclusión de SC en la dieta representa los datos más significativos $p < 0.05$ de mejora en los niveles concentración de ácidos grasos esenciales, con valores de $9.82 \pm 0.55\%$ del total de ácidos grasos, se reportaron diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos, superando así los niveles de la suplementación con SL que tuvo resultados $9.05 \pm 0.49\%$ del total de ácidos grasos de la muestra, en tanto, la suplementación con AP indicó valores $p < 0.05$ de $1.31 \pm 0.05\%$ del total de ácidos grasos, mientras que la suplementación con APL reveló datos $p < 0.05$ de $1.22 \pm 0.11\%$ del total de ácidos grasos. Así mismo para la variable EPA, los valores de mayor significancia $p < 0.05$ fueron conseguidos en el tratamiento con inclusión de SC, que evidenció valores de $0.58 \pm 0.1\%$ del total de ácidos grasos, seguido por el tratamiento con suplementación con semilla de lino con valores de $0.47 \pm 0.04\%$ del total de ácidos grasos, con el cual no existió diferencias significativas, pero en los demás tratamientos se determinaron valores $p < 0.05$ de $0.35 \pm 0.04\%$ del total de ácidos grasos para el tratamiento con suplementación de APL, mientras la suplementación con AP reveló valores $p < 0.05$ de $0.33 \pm 0.4\%$ del total de ácidos grasos. En cuanto a la variable DHA, los autores muestran datos superiores $p < 0.05$ para los tratamientos con suplementaciones de SC ($4.68 \pm 0.33\%$ del total de ácidos grasos) seguido por la suplementación con SL ($4.22 \pm 0.21\%$ del total de ácidos grasos) y el tratamiento con suplementación de AP ($4.13 \pm 0.23\%$ del total de ácidos grasos), tratamientos en los cuales no existieron diferencias significativas entre sí, en los demás tratamientos se reportan valores de $3.52 \pm 0.41\%$ del total de ácidos grasos para el tratamiento con suplementación de APL. Con respecto a la variable de ácidos grasos totales de la serie omega 3, refiere los valores más altos $p < 0.05$, los presentados con la suplementación con SC con valores porcentuales del total de ácidos grasos de $16.72 \pm 1.00\%$ en relación con los valores presentados por los demás tratamientos, cuyos resultados $p < 0.05$ son de $15.24 \pm 0.60\%$ del total de ácidos grasos para el tratamiento con suplementación de SL, valores $p < 0.05$ de $6.84 \pm 0.31\%$ del total de



ácidos grasos para la suplementación con AP y valores $p < 0.05$ de $6.07 \pm 0.58\%$ del total de ácidos grasos para el tratamiento con suplementación de APL.

Tabla 6

Perfil lipídico de los filetes de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) suplementadas con diferentes dietas

| Ácido graso | Dietas | | | | P-valor |
|-------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|---------|
| | Aceite de palma | Aceite de pescado | Semilla de chía | Semilla de lino | |
| ALA | 1.22±0.11 ^c | 1.31±0.05 ^c | 9.82±0.55 ^a | 9.05±0.49 ^b | <0,05 |
| EPA | 0.35±0.04 ^b | 0.33±0.4 ^b | 0.58±0.1 ^a | 0.47±0.04 ^a | <0,05 |
| DHA | 3.52±0.41 ^b | 4.13±0.23 ^a | 4.68±0.33 ^a | 4.22±0.21 ^a | <0,05 |
| Total n-3 | 6.07±0.58 ^c | 6.84±0.31 ^c | 16.72±1.00 ^a | 15.24±0.60 ^b | <0,05 |

ALA: ácido graso α -linolénico

EPA: ácido graso eicosapentaenoico

DHA: ácido graso docosahexaenoico

^{a,b,c} letras diferentes indican diferencia estadística ($p < 0.05$) o ($p < 0.1$) o ($p < 0.01$)

% del total de ácidos grasos

$P < 0.05$

Adaptado de (Moreno 2013)

La calidad de las materias primas con las que se realice la suplementación de la dieta de la tilapia puede determinar también la calidad de producto obtenido. Se evidencia que la utilización de dos materias primas de origen vegetal como la semilla de chía y la semilla de lino, representaron diferencias significativas con los demás tratamientos y en relación con la variable ALA, característica de origen vegetal. Sin embargo, demostraron los mismos efectos para la variable EPA cuya característica principal es su origen primordial de tipo animal, y similitud en la significancia comparada con fuentes de origen animal como el aceite de pescado para la variable DHA, características de origen animal, así como las significancias más relevantes para los AGPI de la serie omega 3 totales. Lo cual demuestra que la calidad de las materias primas utilizadas en la suplementación de tilapia, determinan la calidad del perfil lipídico de los productos obtenidos (Moreno 2013).

Igualmente, la innovación el desarrollo en la tecnología de alimentos, busca a partir de fuentes de origen natural no tan comunes beneficios que puedan ser trasladados desde una materia prima hasta el consumidor final de un producto determinado. Bonafe et. al. (2013), en la universidad



estatal de Máringa, estado de Paraná, Brasil, en un estudio acerca del efecto de la incorporación de aceite de tung sobre el perfil de ácidos grasos en filete de en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), que fueron suplementadas con aceite de girasol como tratamiento control de adaptabilidad y aceite de tung, como tratamiento experimental, el cual tuvo una duración de 10 días. Con respecto a los resultados presentados en la tabla 7 es posible apreciar para la variable ALA, el mejor resultado $p < 0.05$ fue conseguido con el tratamiento en el cual se incluyó aceite de tung, que representa valores de $1.08 \pm 0.01 \text{g}/100\text{g}^{-1}$ de lípidos totales con diferencia significativa respecto al tratamiento control cuyos valores $p < 0.05$ fueron de $0.88 \pm 0.00 \text{g}/100\text{g}^{-1}$ de lípidos totales. Para la variable EPA, los datos más altos $p < 0.05$ fueron conseguidos con el tratamiento control (suplementación con aceite de girasol) y valores de $3.22 \pm 0.01 \text{g}/100\text{g}^{-1}$ de lípidos totales, en el cual se evidencia diferencia significativa con respecto del tratamiento con aceite de tung, según el cual dicho tratamiento indicó valores $p < 0.05$ de $2.85 \pm 0.06 \text{g}/100\text{g}^{-1}$. Así mismo, los valores para la variable DHA muestran que el tratamiento control tuvo diferencias significativas con respecto al tratamiento con aceite de tung, con resultados $p < 0.05$, $3.79 \pm 0.02 \text{g}/100\text{g}^{-1}$ de lípidos totales para el tratamiento control, esto comparado con el tratamiento de estudio que obtuvo valores $p < 0.05$ de $3.08 \pm 0.02 \text{g}/100\text{g}^{-1}$.

Tabla 7

Composición lipídica de tilapia nilótica suplementados con aceite de Tung

| Ácido graso | Aceite | | P-valor |
|-------------|-------------------|-------------------|----------|
| | Girasol | Tung | |
| ALA | 0.88 ± 0.00^b | 1.08 ± 0.01^a | < 0.05 |
| EPA | 3.22 ± 0.01^a | 2.85 ± 0.06^b | $< 0,05$ |
| DHA | 3.79 ± 0.02^a | 3.08 ± 0.02^b | $< 0,05$ |

ALA: ácido graso α -linolénico

EPA: ácido graso eicosapentaenoico

DHA: ácido graso Docosahexaenoico

^{a,b} letras diferentes indican diferencia estadística ($p < 0.05$) o ($p < 0.1$) o ($p < 0.01$)

$\text{g}/100\text{g}^{-1}$ lípidos totales

$P < 0.05$

Adaptado de (Bonafé et. al. 2013)

La utilización de materias primas poco comunes puede ser usadas como fuente de suplementación de la dieta de tilapias, como el aceite de tung, permite mejorar los niveles de



AGPI del tipo ALA, mientras la suplementación con aceite de girasol puede mejorar los niveles de AGPI del tipo EPA y DHA (Bonafé et. al. 2013).

Por su parte Wolf (2008), utilizó machos sexados de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticu*) con el objetivo de evaluar diferentes fuentes lipídicas en la dieta y el efecto en la composición lipídica del músculo. Para ello evaluaron 160 individuos que fueron alimentados con dietas isoenergéticas de 3200 Kcal e iso nitrogenadas de 32% de proteína cruda, cada tratamiento constó de la adición de una fuente lipídica en 5%, las dietas contenían adición de aceite de soya, aceite de maíz, aceite de linaza aceite de pescado y aceite de oliva. Se encontró que para la variable ALA los datos de mayor significancia fueron los obtenidos con la suplementación de aceite de linaza con valores $p < 0.05$ de $7.73 \pm 0.39 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales reflejo diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos, con valores $p < 0.05$ y datos de $1.43 \pm 0.49 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales para la suplementación con aceite de pescado, valores $p < 0.05$ de $1.22 \pm 0.67 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales para el tratamiento que fue suplementado con aceite de maíz, valores $p < 0.05$ de $1.19 \pm 0.48 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales para el tratamiento con suplementación de aceite de soya y para la suplementación con aceite de oliva los datos fueron de $1.18 \pm 0.46 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales. En tanto, para la variable DHA, el tratamiento con aceite de pescado mostró los valores más significativos $p < 0.05$ de $9.30 \pm 0.69 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales, que obtuvieron diferencia significativa con los demás tratamientos, con datos $p < 0.05$ de $4.86 \pm 1.46 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales para el tratamiento con suplementación de maíz, para el tratamiento con suplementación de linaza el estudio mostró valores $p < 0.05$ de $5.00 \pm 1.11 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales, mientras para la suplementación con aceite de soya el estudio indicó valores $p < 0.05$ de $5.52 \pm 1.46 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales y para la suplementación con aceite de oliva los valores $p < 0.05$ fueron de $5.87 \pm 0.99 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales. En cuanto a los ácidos grasos de la serie omega 3 totales, los resultados muestran que la suplementación con aceite de pescado obtuvo datos $p < 0.05$ de $14.18 \pm 1.67 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales y linaza $p < 0.05$ de $14.04 \pm 2.42 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales, con diferencias significativas en comparación con los demás tratamientos, así la suplementación con aceite de soya obtuvo valores $p < 0.05$ de $8.05 \pm 2.53 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales, mientras la suplementación con aceite de oliva mostró resultados $p < 0.05$ de $7.52 \pm 1.54 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales y la suplementación con aceite de maíz, valores $p < 0.05$ de $7.36 \pm 2.45 \text{mg/g}^{-1}$ de ácidos grasos totales (tabla 8).



Tabla 8

Composición lipídica tilapia nilótica suplementados con diferentes fuentes lipídicas a razón de 5% de lípidos adicionados a dietas

| Ácido graso | Dietas | | | | | P-valor |
|-------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|---------|
| | Aceite de soya | Aceite de maíz | Aceite de linaza | Aceite de pescado | Aceite de oliva | |
| ALA | 1.19±0.48 ^b | 1.22±0.67 ^b | 7.73±0.39 ^a | 1.43±0.49 ^b | 1.18±0.46 ^b | <0.05 |
| EPA | 1.35±0.6 ^a | 1.28±0.32 ^a | 1.31±0.92 ^a | 2.45±0.50 ^a | 0.47±0.10 ^a | >0,05 |
| DHA | 5.52±1.46 ^b | 4.86±1.46 ^b | 5.00±1.11 ^b | 9.30±0.69 ^a | 5.87±0.99 ^b | <0,05 |
| Total n-3 | 8.05±2.53 ^b | 7.36±2.45 ^b | 14.04±2.42 ^a | 14.18±1.67 ^a | 7.52±1.54 ^b | <0.05 |

ALA: ácido graso α -linolénico

EPA: ácido graso eicosapentaenoico

DHA: ácido graso Docosahexaenoico

^{a,b} letras diferentes indican diferencia estadística ($p < 0.05$) o ($p < 0.1$) o ($p < 0.01$)

mg/g⁻¹

$P < 0.05$

Adaptado de (Wolff 2008)

La suplementación de las dietas de tilapia con concentraciones lipídicas específicas de 5%, determina igualmente una diferencia en cuanto a las materias primas, pues a pesar de contar con diferentes materias primas de origen vegetal, la mayor diferencia significativa fue encontrada con el tratamiento de suplementación de aceite de linaza, respecto a suplementaciones con aceite de soya, aceite de maíz y aceite de oliva. Así mismo, no se evidencian diferencias significativas para la variable EPA al comparar estas materias primas con materias primas de origen animal como el aceite de pescado. Sin embargo, esta última determina diferencias significativas para la variable DHA, comparadas con las fuentes de origen vegetal. Igualmente, la suplementación con aceite de pescado y aceite de linaza, determinan las diferencias más significativas el momento de hablar de los AGPI de la serie omega 3 totales (Wolff 2008).

Por otra parte, Miky (2018), utilizo tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), que fueron alimentadas con dietas iso nitrogenadas con valores de 321.2g/Kg de proteína, iso calóricas con 17.1 Mcal/Kg e iso lipídicas con inclusión de 73.1 g/Kg, para el desarrollo del experimento utilizó dos dietas consistentes en suplementación con aceite de soya y aceite de linaza, que a su vez, fueron suministradas con dos concentraciones diferentes consistentes en tratamientos con



aceite de soya y concentraciones de 15 y 30 g/Kg y aceite de linaza con concentraciones de 15 y 30 g/Kg. Se encontró que para la variable ALA, los resultados más significativos $p < 0.05$ fueron en el tratamiento con inclusión de aceite de linaza en una proporción de 30 g/Kg, cuyos valores fueron de 20.6 ± 2.3 g/100g de ácidos grasos, que es mostrado con diferencia significativa en comparación con los demás tratamientos, que fueron indicados con valores $p < 0.05$ de 15.3 ± 2.0 g/100g de ácidos grasos en el tratamiento con suplementación de 15g/Kg de aceite de linaza, valores $p < 0.05$ de 1.1 ± 0.1 g/100g de ácidos grasos para el tratamiento con suplementación de 30g/Kg de aceite de soya, mientras la suplementación con aceite 15g/Kg de aceite de soya mostró valores $p < 0.05$ de 0.7 ± 0.1 g/100g, Igualmente, la variable de ácidos grasos de la serie omega 3 totales muestra diferencia significativa para los tratamientos con inclusión de aceite de linaza, con inclusiones de 30g/Kg y 15g/Kg, cuyos valores son de 26.7 ± 1.6 y 24.2 ± 1.4 g/100g de ácidos grasos respectivamente, comparados con los tratamientos con inclusiones de 30g/Kg y 15g/Kg que evidencian valores $p < 0.05$ de 9.7 ± 3.0 g/100g y 5.4 ± 0.9 g/100g de ácidos respectivamente (tabla 9).

Tabla 9

Composición lipídica del músculo blanco de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), con inclusión de diferentes fuentes lipídicas en diferentes proporciones

| Ácido graso | Aceite de soya | | Aceite de linaza | | P-valor |
|-------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|----------|
| | 15 g/Kg | 30 g/Kg | 15 g/Kg | 30 g/Kg | |
| ALA | 0.7 ± 0.1^c | 1.1 ± 0.1^c | 15.3 ± 2.0^b | 20.6 ± 2.3^a | $< 0,05$ |
| EPA | 1.1 ± 0.8 | 1.3 ± 0.7 | 1.1 ± 0.4 | 0.8 ± 0.2 | $> 0,05$ |
| DHA | 1.0 ± 0.1 | 2.2 ± 0.9 | 2.5 ± 1.2 | 1.4 ± 1.2 | $> 0,05$ |
| Total n-3 | 5.4 ± 0.9^b | 9.7 ± 3.0^b | 24.2 ± 1.4^a | 26.7 ± 1.6^a | $< 0,05$ |

ALA: ácido graso α -linolénico

EPA: ácido graso eicosapentaenoico

DHA: ácido graso Docosaheptaenoico

^{a,b} letras diferentes indican diferencia estadística ($p < 0.05$) o ($p < 0.1$) o ($p < 0.01$)

g/100g de ácidos grasos

$P < 0.05$

Adaptado de (Miky 2018)

El comparativo de la utilización de dos materias primas de origen vegetal en concentraciones iguales en la suplementación de la dieta de tilapias, refleja que la calidad de las mismas determina el valor de cada una en cuanto a los beneficios que tienen el momento de mejorar las



concentraciones lipídicas para los AGPI de la serie omega 3 y del tipo ALA. Siendo la suplementación con altos contenidos de aceite de linaza la que tiene efectos igualmente significativos sobre las concentraciones de la variable ALA, esto comparado con concentraciones iguales de fuentes como el aceite de soya. Cabe destacar que las diferentes suplementaciones no representan cambios significativos en relación a la variable EPA y DHA. Sin embargo, la suplementación con diferentes concentraciones de aceite de linaza obtiene diferencias significativas para los AGPI de la serie omega 3, en comparación con concentraciones iguales de fuentes como el aceite de soya (Miky 2018).

6.2. Efecto de los ácidos grasos de la serie omega 3 en la salud humana

Datos analizados por Lumia et. al. (2011) de 2679 madres, a las cuales realizó análisis de la alimentación durante la gestación, el periodo de lactancia y la alimentación de los niños nacidos, pudo comprobar que las madres que tuvieron bajos consumos de ácido graso PUFA tipo ALA, y en general de PUFA's tipo omega 3 totales, tenían una mayor incidencia de enfermedades relacionadas con asma, en un estudio conducido por Wijga et. al. (2006), se evaluó el efecto de los ácidos grasos de la leche materna en relación con la presencia de eccemas en niños de 1 a 4 años, según el cual la leche materna con contenidos altos de omegas 3 disminuye la presencia de eccemas en los niños especialmente si se tiene antecedentes de alergia por parte de las madres.

Según estudios realizados por Hedelin et. al. (2007) y Fradet et. al. (2009), en el cual avalaron el consumo la ingesta de ácidos grasos omega 3, relacionados con el riesgo de padecer cáncer de próstata, pudo constatar que consumir omegas 3 totales, tiene influencia en la reducción del riesgo de padecer de cáncer de próstata. Stern et. al. (2005), Kimura et. al. (2007), Stern et.al. (2009) y Vanamala (2008), encontraron que el consumo de omega 3 tiene efectos benéficos en la prevención y tratamiento de cáncer colo-rectal, estos ácidos grasos tienen efectos positivos en la reducción de presentar cáncer colo-rectal, a diferencia de los ácidos grasos tipo omega 6 que presenta valores inversos. Resultados similares presenta Theodoratou et. al. (2007), en un estudio realizado con pacientes entre 16 y 79 años en Escocia, según el cual el consumo de omegas 3 y ácidos grasos eicosapentaenoico y docosahexaenoico, tienen efectos inversos y dependientes de la dosis, en relación con el cáncer colo-rectal.



| | |
|---|-----------------------------|
| MACROPROCESO DE APOYO | CÓDIGO: AAAr113 |
| PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO | VERSIÓN: 3 |
| DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL | VIGENCIA: 2017-11-16 |
| | PAGINA: 45 de 53 |

Así mismo, Gago-Dominguez et. al. (2004) indico que el consumo de ácidos grasos omega 3 marinos tiene efecto en la reducción del riesgo de padecer cáncer de mama, igualmente, Dimri et. Al. (2009), indicaron el efecto del tratamiento de células de cáncer de mama con AGPI de la serie omega 3, del tipo EPA y DHA, de acuerdo a los resultados mostrados, el tratamiento con AGPI del tipo EPA y DHA, sobre estas células representa una disminución en la presentación de proteínas relacionadas con varios tipos de cáncer incluido el cáncer de mama. Igualmente, Manickam et. al. (2010), mostró el efecto de la adición del AGPI tipo EPA, en el cual evaluaron la capacidad del mismo para suprimir la acumulación de lípidos, el resultado fue positivo pues evidenciaron valores en la reducción de acumulación lipídica de hasta un 20%, así mismo los AGPI de la serie omega 3 pueden ayudar en la disminución de los procesos inflamatorios, pues son precursores de las resolvinas de la serie E, la cual permite que los tejidos inflamados vuelvan a la homeostasis (Otaegui, 1994), de la misma manera la capacidad de los AGPI de la serie 3 para producir eicosanoides es una de sus propiedades antiinflamatorias (Yaqoob y Calder, 1995), igualmente los AGPI de la serie omega 3 han sido usados clínicamente para el tratamiento de artritis reumatoide, psoriasis, reducción de complicaciones en pacientes críticos y en la prevención de eventos adversos después de un infarto de miocardio (Calder, 2010).



7. Conclusiones

La inclusión de fuentes lipídicas en la dieta de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) representa una alternativa para incrementar los niveles naturales de ácidos grasos poliinsaturados de la serie omega 3 y sus tipos ALA y DHA en músculo, sin exceder el tiempo de la suplementación por más de 45 días previos al sacrificio, ya que suplementaciones posteriores no evidenciaran aumentos significativos en el perfil lipídico muscular.

la inclusión de diferentes fuentes lipídicas de origen vegetal como el aceite de linaza y el aceite de chía, así como la inclusión de fuentes lipídicas de origen animal como el aceite de pescado en la dieta de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), mejora de forma significativa el perfil lipídico natural del musculo de la tilapia, especialmente los ácidos grasos poliinsaturados de la serie omega 3 y sus tipos ALA, EPA y DHA.

Los AGPI de la serie omega 3 tienen efectos positivos en la salud del ser humano, algunos efectos nombrados son la reducción de eccema y asma en niños menores y la reducción del riesgo de padecer diferentes tipos de cáncer y problemas cardiovasculares.



8. Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios de viabilidad económica para la obtención de carne de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), cuyo perfil lipídico natural sea mejorado mediante la inclusión de aceite de chía, aceite de linaza o aceite de pescado en la dieta, en condiciones propias de la geografía nacional y los recursos actuales con los que cuenta el país.

Se recomienda desarrollar investigación técnica que permita estandarizar los procesos de producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) con perfil lipídico natural mejorado mediante la inclusión de diferentes fuentes lipídicas en la dieta, a fin de obtener productos que se puedan catalogar como alimentos funcionales y que permitan el aprovechamiento del potencial total de dichos productos.



9. Bibliografía

- American Diabetes Association. (2016). Evaluación de la enfermedad cardiovascular. Guías distinguidas disglucemia y diabetes Recomendaciones para el cuidado integral del paciente diabético. p.12-14.
- Arai, S. (1996). Studies on functional foods in Japan-state of the Art, Bioscience, Biotechnology and Biochemistry. *60* (1). p. 9-15. Doi: 10.1271.bbb.60.9
- Arruda, S., Bisconti, T., Costa, R., Madruga, M., Santa Cruz, S. y Schulleri, A. (2002). El perfil de ácidos grasos de la carne en mestizos de caprinos del seminario del nordeste brasileño. En Peris, B., Molina, P., Lorente, M y García, Á. (Ed). XXVII Jornadas científicas y VI jornadas internacionales de sociedad española de ovinotecnia y caprinotecnia. (p 244-247). Valencia, España. Servicio de publicaciones.
- Autoridad nacional de acuicultura y pesca AUNAP, Colombia (2016). Aumenta el consumo de pescado en el país. NotiAunap. (206). p. 1-4.
- Bonafe, E., Rodrigues, D., Figueredo, L., Souza, N., Santos, O., Claus, T., Visentainer, J. (2013). Incorporation and profile of fatty acids in tilapia fillets (*Oreochromis niloticus*) fed with tung oil. Ciencia e tecnología de alimentos. *33* (1). p. 47-51
- Calder, P., Jensen, G., Koletzko, B., Singer, P., Wanten, G. (2010). Lipid emulsions in parental nutrition of intensive care patients: current thinking and future directions. Intensive med care. *36*. p. 735-749.
- Camacho, M., Arechavaleta, M., Braña, D. y Ramirez, F. (2013). Factores genéticos que influyen en la calidad de la carne de cerdo. Mexico D.F. Mexico. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias.
- Cedrés, J., Rébak, G., Patiño, E., Sánchez, M. y Tuñón, G. (2013). Ácidos grasos de lípidos intramusculares y grasa de cobertura en búfalos suplementados con aceite de pescado. Revista veterinaria. *24* (2). p.124-128.



- Correa, C., Nobrega, R., Mattioni, B., Block, B. y Fracalossi, D. (2017). Dietary lipid sources affect the performance of Nile tilapia at optimal and cold, suboptimal temperatures. *Aquaculture nutrition*. p. 1-11. Doi: 10.1111/anu.12469
- Cuevas, A., y Alonso, R., (2016). Dislipidemia diabética. *Revista médica clínica las condes*. 27 (2). 152-159.
- Departamento administrativo nacional de estadística (DANE). (2017). Comportamiento de los precios. *Boletín semanal precios mayoristas 10/03/2017*. (247). p. 38.
- Dimri, M., Bommi, P., Sahasrabuddhe, A., Khandekar, J. y Dimri G. (2009). Dietary omega-3 polyunsaturated fatty acid suppress expression of EZH2 in breast cancer cells. *Carcinogenesis*. 31 (3). p. 489-495.
- Fradet, V., Cheng, I., Casey, G. y Witte, J. (2009). Dietary omega-3 fatty acids, cyclooxygenase-2 genetic variation, and progressive prostate cancer risk. *Clinic cancer research*. 15 (7). p. 2559-2566.
- Fujimaki, M. (1988). Reports of “Systematic analysis and development of food function” (1984-1986 Grant-in-Aid for special research Project. The ministry of education, science and culture of Japan). Abstracts of papers (in English). Gakkai shuppan center.
- Gago- Dominguez. M., Castela. J., Sun. C. (2004). Marine n-3 fatty acid intake, glutathione S-transferase polymorphism and breast cancer risk in post menopausal Chinese women in Singapore. *Carcinogenesis*. 25. p. 2143-2147
- Gordon, J., McEvoy, J., Tocher, D., Mcghee, F., Campbell, P. y Sargent, J. (2001). Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid composition and hepatocyte fatty acid metabolism. *American society of nutritional science*. 131. p. 1535-1543.
- Hedelin, M., Chang, E., Wicklund, F. (2007). Association of frequent consumption of fatty fish with prostate cancer risk is modified by COX-2 polymorphism. *Int J Cancer*. 120. p. 398-405.
- Juarez, M., Micheo, J., García, E., Peña, F. y Polvillo, O. (2009). Efecto del peso de la canal sobre la calidad de la carne de “chivo lechal malagueño”. *ITEA*. 105 (1). p. 28-35.



- Justi, K., Hayashi, C., Visentainer, J., De Souza, N. y Matsushita. (2003). The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed a diet enriched with n-3 fatty acids. *Food chemistry*. 80. 489-493.
- Kimura, Y., Kono, S., Toyomura, K., Nagano, J., Mizoue, T., Moore, M., Mibu, R., Tanaka, M., Kakeji, Y., Maehara, Y., Okamura T., Ikejiri, K., Futami, K., Yasunami, Y., Maekawa, T., Takenaka, K., Ichimiya, H. y Imaizumi N. (2007). Meat, fish and fat intake in relation to subsite-specific risk of colorectal cancer: The Fukuoka colorectal cancer study. *Japanese cancer association*. 98 (4). 590-597.
- Lumia, M., Luukkainen, P., Tapanainen, H., Kaila, M., Erkkola, M., Uusitalo, L., Niinisto, S., Kenward, M., Llonen, J., Simell, O., Knip, M., Veijoa, R. y Virtanen, S. (2011). Dietary fatty acid composition during pregnancy and the risk of asthma in the offspring. *Pediatric allergy and immunology*. 22. p. 827-835.
- Madrid, T., Lopez, A. y Parra, J. (2018). Efecto de la inclusión de aceite esencial de orégano (*Lippia origanoides*) sobre perfil lipídico en carne de pollos de engorde. *Revista de ciencias farmacéuticas y alimentarias*. 25 (2). p. 75-82.
- Madruga, M., Oliviera, W., Hauss, W., Fontes, M., Galvão, M. y Gomes, M. (2006). Efeito do genotipo e do sexo sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros. *Revista brasileira de Zootecnia*. 35 (4). p.1838-1844.
- Mamani, L. Y Gallo, C. (2013). Perfil de ácidos grasos de carne de ovino y caballo criados bajo un sistema de producción extensiva. *Revista de investigación veterinaria Perú*. 24 (3). p. 257-263.
- Manickam, E., Sinclair, A. y Cameron-Smith, D. (2010). Suppressive actions of eicosapentaenoic acids on lipid droplet formation in 3T3-L1 adipocytes. *Lipid in health and disease*. 9 (77). p. 1-8.
- Miky, K. (2018). Desempenho produtivo, perfil de ácidos graxos e qualidade da carne da tilapia do nilo alimentada com dieta suplementada com óleo de soja ou de linhaça. (tesis de maestría). Universidade estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, Brasil



Ministerio de salud y la protección social, Colombia. (2015). Colombia enfrenta epidemia de enfermedades cardiovasculares y diabetes. disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Colombia-enfrenta-epidemia-de-enfermedades-cardiovasculares-y-diabetes.aspx>

Moreno, J. (2013). Cambios en el perfil de ácidos grasos de filete de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* en respuesta a diferentes fuentes lipídicas. (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

Ng, W. y Wang, Y. (2011). Inclusion of crude palm oil in the broodstock diets of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, resulted in enhanced reproductive performance compared to broodfish fed diets with added fish oil or linsed oil. *Aquaculture*. 314. p. 122-131.

Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura y fundación iberoamericana de nutrición (FAO). (2012). Capítulo 2: Resumen de las conclusiones y recomendaciones dietéticas sobre grasa total y ácidos grasos. En: Grasas y ácidos grasos en nutrición humana consulte de expertos. Granada, España. FAO y FINUT. p. 9-20.

Organización mundial de la salud (OMS). (2013) Enfermedad cardiovascular. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/>

Otauegui, A., Amiano, P., Albusto, A., Urdaneta, E., Martinez, P. (2013). Diet, Cognition, and Alzheimer's disease: food for thought. *European Journal of nutrition*. 53. p. 1-23.

Priore, E. y Bianchi. (2011). Jerarquización de factores en la cadena cárnica para modelar el pH de la carne vacuna. *Agrociencia Uruguay*. 15 (2). p. 134-143.

Rossato, L., Bressan, M., Rodrigues, É., de Carvalho, M., Branquinho, R. y Pereira S. (2009), Composição lipídica de carne bovina de grupos genéticos taurinos e zebuínos terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38 (9). p. 1841- 1846.

Roselli, D., Tarazona, N., Aroca, A., (2014). La salud en Colombia 1953-2013: un análisis de estadísticas vitales. *Medicina*. 36 (2). 120-135.

Shimizu, T. (2003). Health claims on functional foods: the Japanese regulations and an international comparison. *Nutrition research reviews*. 16. p. 241-252.



- Soria, L. y Corva, P. (2004). Factores genéticos y ambientales que determinan la terneza de la carne bovina. *Archivos latinoamericanos de animal*. 12 (2). p. 73-88.
- Sorrentino S. (2013). Evaluacion nutricional y sensorial de pollo de campo e industrial. (tesis de pregrado). Universidad de la fraternidad de agrupaciones Santo Tomas de Aquino. Argentina.
- Stern, M., Butler, L., K., Corral, R. (2009). Polyunsaturated fatty acids, DNA repairs single nucleotide polymorphism and colorectal cáncer in singapore Chinesse healt study. *J nutrigenet nutrigenomics*. 2. p. 273-279.
- Stern, M., siegmund, K., K., Corral, R. (2005). XRCC1 and XRCC3 polymorphism and their role as effect modifiers of unsaturated fatty acids and antioxidant intake on colorectal adenomas risk. *Cancer epidemiol Biomarkers Prev*. 14. p. 609-615.
- Tanaka, H. (2003). Safety of health foods. *Journal science council of Japan*. 8 (11). p. 47-53.
- Tanaka, H., Kaneda, F., Suguro, R. y Baba, H. (2004). Current system for regulation of healt foods in Japan. *JAMJ*. 47 (9). p. 436-450.
- Theodoratou, E., McNeil, G., Cetnarskyj, R., Farrington, S., Tenesa, A., Barnetson, R., Porteous, M., Dunlop, M. y Campbell, H. (2007.) Dietary fatty acids and colorectal cáncer: a case-control study. *American journal of epidemiology*. 166 (2). 181-195.
- Tonial, I., Stevanato, F., Matsushita, M., De Souza, N., Furuya, W. y Visentainer, J. (2009). Optimizaction of flaxseedoil feeding time length in adult nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) as a function of muscle omega n-3 fatty acids composition. *Aquaculture nutrition*. 15. 564-568.
- Torrescano, G., Sánchez, A., Peñuñuri, F., Velázquez, J. y Sierra, T. (2009). Características de la calidad de la carne de ovinos pelibuey, engordados en Hermosillo, sonora. *Biocencia*. 11 (1). p. 41-50.
- Vanamala, J., Glagolenko, A., Yang, P., Carrol, R., Murphy, M., Neuman, R., Ford, J., Braby, L., Chapkin, R., Turner, N. y Lupton, J. (2008). Dietary fish oil pectin anhance colonocyte apoptosis in part through supression of PPARS/PGE₂ and elevation of PGE₃. *Carcinogénesis*. 29. (4). p. 790-796.



- Vásquez, R., Ballesteros, H. y Muñoz, C. (2007). Factores asociados con la calidad de la carne. I parte: la terneza de la carne bovina en 40 empresas ganaderas de la región caribe y el magdalena medio. *Revista Corpoica – Ciencia y tecnología agropecuaria*. 8 (2). p. 60-65.
- Wijga, A., Von, Houwelingen, A., Kerldhof, M., Tabak, C., de Jongste, J., Gerritsen, J., Boshuizen, H., Brunekreef, B. y Smit, H. (2006). Breast milk fatty acids and allergic disease in preschool children: The prevention and incidence of asthma and mite allergy birth cohort study. *American academy of allergy, asthma and immunology*. 117 (2). p. 440-447.
- Wolf, M. (2008). Fontes de óleos da dieta na composição do músculo, lipoproteínas plasmáticas, imunidade inata e resistência de tilapias do nilo (*Oreochromis niloticus* L 1757). (tesis de doctorado). Universidad federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, Brasil.
- World Health Organization. (2018). The top 10 causes of death. Recuperado de: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>.
- Yaqoob, p., Calder, p. (1995). Effects of dietary lipid manipulation upon inflammatory mediator production by murine macrophages. *Cell Immunol*. 163. p. 120-128.