

# UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICO-BIOLÓGICAS

**Efecto de la Adición de Nuez Pecanera (*Carya illinoensis*)  
y/o Linaza (*Linum usitatissimum L.*) sobre la Calidad de  
Hamburguesas de Carne de Res**



**Rocío Vanessa Murillo Ortega**

Hermosillo, Sonora

Diciembre de 2015

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



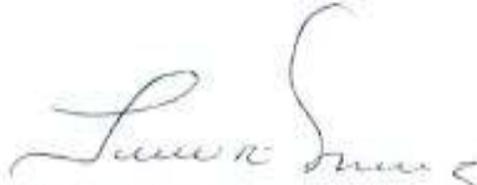
Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

## FORMA DE APROBACIÓN

Los miembros del jurado designado para revisar la Tesis Profesional de Rocio Vanessa Murillo Ortega la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el Título de Químico en Alimentos



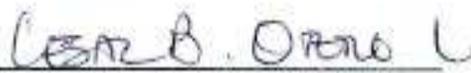
I.Q. Luis Germán Cumplido Barbeitia  
Presidente



M.C. María Guadalupe Cañez Carrasco  
Secretario



M.C. Socorro Herrera Carbajal  
Vocal



Q.B. César Benjamín Otero León  
Suplente

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad de Sonora**, agradezco por los conocimientos impartidos desde el inicio de mis estudios y a lo largo de estos años.

Al **Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.** por brindarme la oportunidad de formar parte del programa de servicio, prácticas y sobre todo haber podido realizar mi tesis.

Un sincero agradecimiento a mi director de tesis **I.Q. Luis Germán Cumplido Barbeitia**, por darme la oportunidad de trabajar bajo su dirección y sobre todo por darme el honor de ser su primera tesista titulada. Sin duda por los conocimientos transmitidos durante el desarrollo de este trabajo y todos los años, así como su gran paciencia y cariño durante estos años. Pero sobre todo por creer en mí.

**M.C. María Guadalupe Cañez Carrasco, M.C. Socorro Herrera Carbajal, y Q.B. Cesar Benjamín Otero León**, como miembros comité de mi tesis, a cada uno de ustedes muchas gracias por su participación, tiempo y observaciones durante este trabajo.

A **Q.B. Thalia Yamileth Islava Lagarda**, por todo el tiempo dedicado, por su apoyo, paciencia, sencillez, conocimientos transmitidos en este trabajo, sobre todo por su valiosa amistad desde mi llegada.

A **M.C. Martín Valenzuela Melendres** por la asesoría, paciencia, disposición y las facilidades brindadas en este trabajo. MUCHAS GRACIAS.

A **M.C. Libertad Zamorano** por sus enseñanzas, consejos, apoyo, cuidados y su amistad. Por ser una madre para mí, todo este tiempo en CIAD.

Un infinito agradecimiento a mis **maestros** por los conocimientos, amistades, motivaciones, y consejos brindados en estos años en especial a María Virginia Fernández Ramírez, , Rosalina Ramírez Olivas, Abril Zoraida Graciano Verdugo que fueron mis maestras ya en área. Pero no hago menos a los demás que estuvieron en mi camino ayudándome a realizar esta meta, que por más tiempo que haya pasado con ellos; sin duda alguna me llevo algo de cada uno de ellos. No les puedo agradecer la demasiada paciencia que tuvieron, amistad, consejos, pero sobre todo la fe en mí y alentarme.

Por último pero no menos importante a **mi familia de Cárnicos**, por su valiosa participación, aportaciones, enseñanzas, consejos y apoyo durante este trabajo. Pero sobre todo por tu excelente amistad. GRACIAS.

**No tengo palabras para expresarles mi agradecimiento absoluto.**

## DEDICATORIA

*A Dios, por darme las fuerzas y paciencia de seguir adelante siempre en cada momento, poder levantarme en cada caída y tropiezo en mi camino. Por ayudarme a tomar algunas decisiones muy difíciles en mi vida, de caminar lejos o seguir tratando con más fuerzas. Pero sobre todo por llenarme de bendiciones a lo largo de mi vida, así como mi hermosa familia que no cambio por nada. Por permitirme llegar a realizar todas mis metas que me proponga, aunque estas sean difíciles; pero satisfactorias al final.*

*A mis padres, María Delia Ortega Lares y Eugenio Murillo Riesgo. Por ser mis más grandes tesoros, por el gran amor, apoyo, consejos y confianza. Sin ustedes no sería posible cumplir esta meta, cumpliendo mis sueños estando a mi lado en todo momento. Por hacer de mi lo que hoy soy hasta ahora e ir creciendo cada vez más como persona, siendo mis modelos a seguir. Hoy por fin les cumpla su sueño, ilusión, y gran anhelo. Sus esfuerzos por fin ya se están viendo y dando frutos, espero seguir así y no defraudarlos nunca. MUCHO AMOR!*

*A mis hermanos, Maru y Brandon por su apoyo, amor, y amistad. Por hacerme sonreír por cada una de sus historias y ocurrencias y chistes. Todo el tiempo junto de travessuras y bueno y malos momentos, así como las enseñanzas q me ha dado cada uno. LOS AMO!*

*A mi cuñado, Christian por ser parte ahora de mi familia y apoyarme aunque sea con bromas. Gracias.*

*A mis 5 y 1/2 amigas por su amistad, compañía, su apoyo en todo momento. Por sus palabras y consejos en las buenas y malas. Por todos los agradables y recurrentes momentos que hemos pasado juntas; y esperando más de ellos. Que no importa el tiempo y distancia siempre están ahí cuando las necesito. Por las bromas, los viajes, las vergüenzas y apuestas juntas; y que vengan muchas más juntas. Las quiero mucho!*

*Así como a mi gordo recurrente y mi loco que no pueden faltar. Gracias por todo este tiempo de amistad y estar a mi lado siempre en las buenas y malas. Por sus miles de consejos, regaños, por abrirme los ojos cuando lo necesito y hablarme siempre con la verdad por más dura que sea. Espero seguir teniéndolos a mi lado con sus bromas y todo, alegrándome la vida siempre, por muchos años más.*

*A mis chicas súper poderosas por la ayuda en este camino en el cual nos encontramos todas, y lo terminamos juntas. Gracias por su amistad y cariño, y por todas las vivencias que tuvimos juntas, todos los trabajos con desvelos, pero con buenos resultados a lo largo de este trayecto.*

*A mi banda gangrena por todo el cariño, apoyo y ayuda que me brindaron. Por animarme y hacerme reír con sus ocurrencias.*

*A mis niños por estar a mi lado y brindarme sus amistades incondicionales, así como su gran apoyo, consejos, y regaños. Por las grandes e increíbles anécdotas que vivimos juntos, por las fiestas y comidas que fuimos compartiendo y con unos desde mi llegada a la UMI. Siempre los recordare. Espero que estas amistades sigan, aunque sé que unas se van; también he podido ver como unas buenas amistades pase lo que pase, siempre estarán ahí a mi lado. GRACIAS, los quiero mucho mis estimados ridículos!*

*A mis hermanos de carnes por todo el apoyo incondicional, enseñanzas (word, análisis, procesos, todo), consejos y convivencias personales. Por la ayuda en el desarrollo de este trabajo, los días interminables de análisis, y sobre todo por la excelente amistad durante este tiempo. Desde los que ya se fueron pero siguen ahí con su amistad y apoyo desde lejos. Por hacer más fácil mi tiempo ahí con todas sus risas, bromas, cafecitos, comidas y ocurrencias, haciendo que pasara más rápido el tiempo hasta que alguien prendiera la mecha.*

*A mi saya por ser una grúa para mí, por ayudarme a levantarme y seguir en todo momento. Por prestarme su hombro para llorar en mis momentos de desesperación y oírme, alentándome a seguir adelante. Gracias por no dejarme caer nunca. Por tu gran amistad en todo momento que sin ella, esto no hubiera sido un poco más fácil. Por tu gran paciencia a ayudarme a terminar esto que te a dé a ver hartado, descuida por fin acabo. Mil gracias por estar ahí siempre para mí en todo momento, y sacarme una sonrisa cuando más lo necesito.*

*Y a toda mi familia y amistades familiares, que en cada oportunidad me han demostrado su cariño y apoyo. Y a las que ya no se encuentran conmigo pero sé que esperaban grandes cosas de mi se los agradezco mucho su cariño y enseñanzas, espero puedan verlo desde donde estén y volver a verlos un día.*

*Por ultimo agradezco a todos aquellos compañeros, personas que no he mencionado que estuvieron en todo este trayecto a mi lado. No por eso son menos importantes, pero de igual manera estoy segura que de alguna manera formaron parte de una de las mejores experiencias de mi vida. Ya que para bien o para mal, no se conoce a la gente por accidente; por alguna razón pasaron por mi camino. En su momento me hicieron feliz y ayudaron, así que no creo que hayan sido un error en mi vida. MUCHAS GRACIAS!!!*

*"Si no te gusta donde estas, muévete. No eres un árbol!" Jim Rohn*

*"If you can dream it, you can do it!" Walt Disney*

## CONTENIDO

FORMA DE APROBACIÓN .....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA .....	4
LISTA DE Tablas .....	9
LISTA DE FIGURAS .....	10
OBJETIVOS .....	11
General .....	11
Objetivos específicos .....	11
RESUMEN.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS .....	15
La carne .....	15
Composición Química de la Carne.....	15
Calidad de la Carne .....	15
Color .....	15
Oxidación de lípidos en carnes .....	17
pH de la carne.....	18
Valor Nutritivo de la Carne de Res y sus Beneficios a la Salud.....	19
Problemas de Salud Asociados con el Consumo de Carne de Res .....	19
Sal .....	19
Enfermedades no Transmisibles .....	20
Obesidad y Sobrepeso .....	20
Cardiovasculares .....	21
Diabetes .....	21
Alimentos Funcionales .....	22
Nuez .....	23
Composición química .....	24
Beneficios a la salud .....	24
Linaza.....	24
Composición química .....	25
Beneficios a la salud .....	25
MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
Proceso de Elaboración de Hamburguesas .....	27
Obtención y Preparación de la Materia Prima.....	27

Formulación de Hamburguesas .....	27
Cocción de Hamburguesas.....	28
Análisis del Producto Terminado .....	28
Materia prima.....	29
Análisis Químico .....	29
Determinación de humedad .....	29
Determinación de cenizas AOAC (2000) Método 923.03 .....	29
Extracción de grasa por Goldfish AOAC (2000) Método 920.39 .....	30
Determinación de Proteína por micro Kjeldahl AOAC (2000) Método 960.52 .....	31
Antioxidantes .....	32
Determinación de fenoles.....	32
Actividad antioxidante .....	32
Análisis Físicoquímicos.....	33
Actividad de agua.....	33
Potencial de hidrógeno.....	33
Color CIE L*a*b* .....	33
Análisis Físicos .....	34
Textura.....	34
Análisis de perfil de textura (APT) .....	34
Análisis Sensorial .....	36
Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
Caracterización de la Materia Prima.....	37
Análisis Físicoquímicos .....	38
Potencial de hidrógeno (pH) .....	40
Actividad de agua .....	40
Color CIE L* a* b* .....	41
Análisis Físico .....	43
Análisis de Perfil de Textura .....	43
Dureza .....	43
Cohesividad .....	44
Masticabilidad .....	45
Resilencia .....	46
Análisis Sensorial.....	47
Color.....	49
Sabor.....	49

Firmeza .....	50
Jugosidad .....	50
Satisfacción Global .....	51
Antioxidantes.....	52
Determinación de Fenoles .....	52
Actividad Antioxidante.....	53
Análisis Químico .....	54
Humedad .....	57
Proteína .....	58
Grasa.....	58
Cenizas .....	59
Carbohidratos .....	59
CONCLUSIÓN.....	61
RECOMENDACIONES.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	

## LISTA DE TABLA

Tabla		Página
1	Factor que influyen en la oxidación de lípidos	17
2	Contrastes Ortogonales	37
3	Análisis químico de la materia prima utilizada	38
4	Características fisicoquímicas de las hamburguesas de res adicionadas con nuez y linaza	39
5	Análisis sensorial de las hamburguesas de res adicionadas con nuez y linaza	48
6	Composición química de las hamburguesas de carne de res incorporadas con nuez y linaza	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Estructura simplificada del grupo hemo de la mioglobina	16
2	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de hamburguesas	28
3	Curva típica obtenida en un análisis de perfil de textura.	35
4	Resultados de dureza para cada uno de los tratamientos con diferentes niveles de incorporación de nuez y linaza	43
5	Resultados de cohesividad para cada uno de los tratamientos con diferentes niveles de incorporación de nuez y linaza	45
6	Resultados de masticabilidad para cada uno de los tratamientos con diferentes niveles de incorporación de nuez y linaza	46
7	Resultados de resiliencia para cada uno de los tratamientos con diferentes niveles de incorporación de nuez y linaza	47
8	Resultados del contenido de fenoles para cada uno de los tratamientos con diferentes niveles de incorporación de nuez y linaza	53
9	Resultados del % de inhibición del radical DPPH para cada uno de los tratamientos con diferentes niveles de incorporación de nuez y linaza	54

## **OBJETIVOS**

### **General**

Determinar el efecto sobre la calidad de hamburguesas de carne de res al adicionar nuez y/o linaza

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar las materias primas: carne de res, linaza y nuez mediante análisis proximal y cuantificación de DPPH y fenoles.
- Evaluar el efecto de la adición de nuez y/o linaza en la calidad de hamburguesas de carne de res.
- Caracterizar física y químicamente el producto terminado mediante determinaciones de pH,  $a_w$ , color CIE  $L^*a^*b^*$ , DPPH, fenoles, análisis de textura y análisis proximal.
- Evaluar mediante un análisis sensorial el producto terminado.

## RESUMEN

La nuez y la linaza son alimentos con un alto valor nutricional, los cuales no han sido muy utilizados en productos cárnicos. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto sobre la calidad de hamburguesas de carne de res al adicionar nuez y/o linaza. Las formulaciones de los tratamientos evaluados fueron: control, 10% linaza, 20% linaza, 10% nuez, 20% nuez, 10% linaza + 10% nuez. Se realizaron análisis químicos (proximal), capacidad antioxidante, pH, actividad de agua ( $a_w$ ), color CIE  $L^*a^*b^*$ , perfil de textura (APT) y un análisis sensorial con un panel semi-entrenado, donde se evaluaron los atributos de color, sabor, firmeza, jugosidad y satisfacción global. Los resultados obtenidos se analizaron mediante el programa estadístico NCSS y una prueba de comparación de medias a través de contrastes ortogonales. El pH,  $a_w$  y color de las hamburguesas aumentó ( $P < 0.05$ ) en los diferentes tratamientos, observándose un mayor efecto en los tratamientos adicionados con linaza. En el APT se presentó una disminución en todos los parámetros al adicionar linaza o nuez con respecto al tratamiento control. Los tratamientos con linaza presentaron valores más bajos en todos los parámetros de textura ( $P < 0.05$ ). El sabor, la firmeza y la satisfacción global de las hamburguesas con 20% de nuez fueron las mejor evaluadas en el análisis sensorial ( $P < 0.05$ ). Los tratamientos adicionados con linaza presentan un aumento en el contenido de fenoles ( $P < 0.05$ ). El porcentaje de proteína disminuyó con la adición de linaza o nuez ( $P < 0.05$ ), mientras que el porcentaje de grasa mostró un aumento al adicionarle estos dos ingredientes ( $P < 0.05$ ). La adición de linaza y nuez en la formulación de hamburguesas de res afecta de diferente manera la calidad final del producto. Por sus atributos, ambos ingredientes son factibles para el desarrollo de productos cárnicos; sin embargo, la incorporación de nuez tiene un mayor efecto al mejorar las características sensoriales de las hamburguesas.

## INTRODUCCIÓN

El término carne se define como el tejido muscular de los animales utilizado como alimento (Lawrie, 1977). La carne es una fuente importante de ácidos grasos esenciales y proteínas con alto valor biológico. De la misma manera, ofrece una gran variedad de minerales como hierro, zinc y fósforo, además de vitaminas del complejo B y lípidos (Carvajal, 2005). Sin embargo, el consumo de carne y productos cárnicos es visto como una de las causas de riesgo de padecer enfermedades crónicas como obesidad, sobrepeso, trastornos cardiovasculares y cáncer (Weiss y col., 2010). Estas enfermedades degenerativas son muy comunes en nuestro país. Según Datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el 2008 se registraron una alta cantidad de defunciones provocadas por desnutrición y otras enfermedades nutricionales (INEGI, 2010). Poco a poco ha aumentado el interés del consumidor por cuidar su salud y bienestar, dejando por un lado los alimentos con alto contenido de grasa y adquiriendo aquellos con una imagen más saludable. Esto representa una oportunidad de la industria cárnica para innovar y cambiar sus productos por aquellos que actualmente demande el consumidor (Weiss y col., 2010), una oportunidad para ofrecer alimentos nutritivos que ayuden a disminuir el riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT).

Hoy en día, se ha despertado un gran interés por los alimentos funcionales. Estos son alimentos que se asemejan a los tradicionales, pero con la diferencia de ofrecer beneficios adicionales al organismo, de tal manera que proporcionan un mejor estado de salud y bienestar a quien lo consume (Figuerola y col., 2008). Los alimentos funcionales también ejercen una acción preventiva reduciendo los factores de riesgo que provocan la aparición de enfermedades. Estudios epidemiológicos han mostrado que el consumo regular de frutos secos, en particular la nuez, se correlaciona inversamente con enfermedades del corazón (Jiménez-Colmenero y col., 2010; Reiter y col., 2005; Yang y col., 2009). Esto es debido a su composición lipídica en particular, ya que se caracteriza por tener un alto contenido de lípidos (62%-68%). De los cuales el 18% están compuestos por ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) como el ácido oleico y el 58% y 12% corresponden a ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) linoleico y  $\alpha$ -linolénico respectivamente. También existen otros componentes de interés en este fruto como la fibra (5%-10%), proteína (14%), vitaminas, minerales, fitoesteroles, polifenoles (Jiménez-Colmenero y col., 2010). Por otra parte, ha surgido un gran interés por la semilla de linaza, debido a sus importantes beneficios en la salud (Ramcharitar y col., 2005). Ésta es rica en ácidos grasos  $\omega$ -3, especialmente  $\alpha$ -linolénico (Figuerola y col., 2008).

La combinación de frutas, cereales y leguminosas con la carne es una buena opción para el desarrollo de productos más saludables. Una alternativa para aumentar el consumo

de nuez y linaza puede ser su uso como ingredientes en un alimento de consumo frecuente como lo es la carne de res para hamburguesas.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de la carne de res para hamburguesas con nuez y linaza, todo con el fin de ofrecer al consumidor un producto con alto valor nutritivo.

## ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

### La carne

La carne, se define como todas las partes de un animal que han sido dictaminadas como inocuas y aptas para el consumo humano o se destinan para este fin (FAO, 2010). La carne, además de agua, proporciona un principal aporte de proteínas de alto valor biológico (aminoácidos esenciales), también es una excelente fuente de vitaminas y minerales con un alto grado de biodisponibilidad, es por ello que es un elemento fundamental en la dieta humana. Sin embargo, proporciona elementos que en cantidades inadecuadas pueden presentar un riesgo para la salud humana como lo son el colesterol y los ácidos grasos saturados (AGS) (Arhiara y Ohata, 2010; Weiss y col., 2010).

La carne se agrupa en carnes rojas (res, cordero, ternero y cerdo), carnes blancas (pollo y pavo) y carnes procesadas (incluyendo las carnes curadas y ahumadas como el jamón, tocino, hamburguesas, embutidos y conservas de carne) (McAfee y col., 2010).

### Composición Química de la Carne

La composición de la carne varía considerablemente dependiendo de la cantidad de grasa, hueso y piel incluida en la muestra. La carne de res contiene proteínas de alto valor biológico y es por ello que es de suma importancia en cuanto a la calidad de esta.

Generalmente se puede decir que la carne contiene aproximadamente un 75% de agua, 18% de proteína, 3.5% de sustancias no proteicas solubles y 3% de grasa. Es importante mencionar que la carne es el resultado postmortem de un sistema biológico constituido básicamente por tejido muscular y que este último se halla diferenciado de acuerdo con la función que desempeña en el organismo (Lawrie, 1977).

### Calidad de la Carne

**Color.** El color de la carne es un atributo importante en cuanto a la calidad de esta, ya que es el primero contacto que el consumidor tiene con el producto y la apariencia tiene una gran influencia sobre si se acepta o no.

El color de la carne es principalmente el resultado de la concentración de los pigmentos presentes y de su estado químico; sin embargo, también depende del estado físico o químico de otros compuestos como el depósito de grasa (Lawrie, 1977; Benzzo, 2005). La mioglobina

es la fuente principal del color de la carne, aunque no en su totalidad. La mioglobina está constituida por una parte proteínica también llamada globina, y un grupo prostético hemo constituido por un centro de hierro, rodeado por cuatro pirroles los cuales forman un anillo de porfirina. El hierro, debido a que es un metal de transición, está coordinado con cuatro nitrógenos del anillo de porfirina y a un residuo de la histidina de la globina, sin embargo, queda una sexta posición disponible para unirse con otro ligando de acuerdo con el grado de oxidación del hierro y, por tanto, de esto va a depender el color que se manifieste tal como se muestra en la figura 1 (Badui, 2006). Sin embargo, el contenido de este pigmento varía dependiendo de la especie, raza, sexo, edad, tipo de músculo, ejercicio y tipo de alimentación que recibe el animal (Benzzo, 2005).

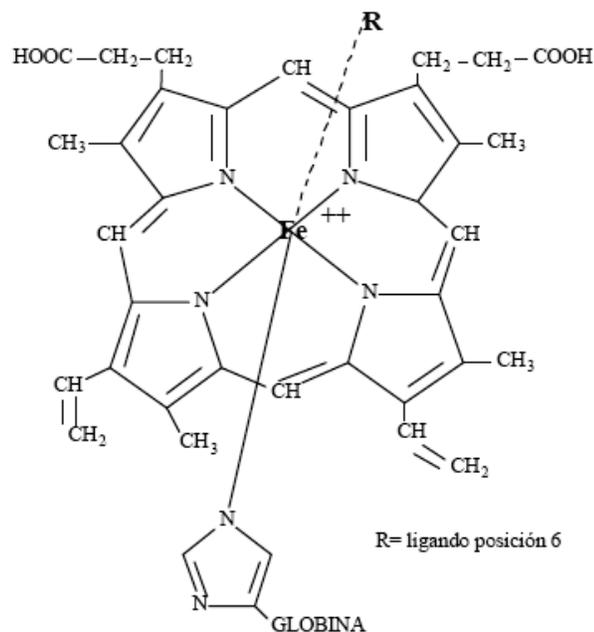


Figura 1. Estructura simplificada del grupo hemo de la mioglobina

El estado de oxidación de la mioglobina varía con las condiciones de almacenamiento y se presentan tres pigmentos distintos derivados del grado de oxidación de los cuales se derivan los siguientes: en la mioglobina el hierro se encuentra en estado reducido y se caracteriza por un color rojo púrpura, en la oximioglobina el hierro también se encuentra en estado reducido el cual da un rojo brillante, y la metamioglobina con el fierro en estado oxidado da un color café-gris. En cuanto a esto, el color de la carne fresca depende de la relación de concentración de estos tres pigmentos (Badui, 2006). Por ello, cuando se maneja carne fresca es importante evitar cualquier agente pro-oxidante como la luz, metales, grasas oxidadas, ya que el pigmento es muy susceptible a oxidarse convirtiéndose en metamioglobina.

**Oxidación de lípidos en carnes.** Los alimentos con un alto contenido de lípidos son muy susceptibles a la oxidación durante el almacenamiento y procesamiento, esto da como resultado el desarrollo de sabores y olores desagradables, además de la pérdida de compuestos nutricionales como vitaminas liposolubles, ácidos grasos esenciales, aminoácidos, proteínas o enzimas. Este tipo de deterioración acorta la vida útil del alimento (Oro y col., 2008). En el caso de la carne, los lípidos tienen un papel importante en el desarrollo de sabores actuando como solvente para los compuestos volátiles que se desarrollan durante la producción, manipulación y tratamiento térmico (Calkins y Hodgen, 2007).

El grado de oxidación de los lípidos en la carne depende de la composición de los fosfolípidos, de la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, las concentraciones de iones metálicos, el oxígeno, la sal y otros pro-oxidantes (tabla1). La oxidación de lípidos forma productos no deseables como aldehídos, lactonas, hidrocarburos, furanos, cetonas. Por otra parte, también crean sabores indeseables como el sabor a rancio (Calkins y Hodgen, 2007).

Tabla 1. Factor que influyen en la oxidación de lípidos

Promotores	Inhibidores
Temperaturas altas	Refrigeración
Metales, Cu, Fe, etc.	Secuestradores
Peróxidos de grasas oxidadas	Antioxidantes
Lipoxidasas	Escaldado
Presión de oxígeno	Gas inerte o vacío
Luz UV, azul	Empaque opaco
Poliinsaturación	Hidrogenación de ácidos insaturados

Fuente: Badui D. S. (2006).

Se cree que la principal causa del deterioro oxidativo de los lípidos es la autooxidación. La oxidación ocurre cuando un átomo cede un electrón a otro átomo distinto mediante el proceso de la reducción (Morrissey y col., 1998). Este fenómeno de autooxidación de los ácidos grasos ocurre en tres etapas:

- a) Iniciación: esta etapa se caracteriza por presencia de HO<sup>•</sup> o por ciertos complejos de hierro-oxígeno (Morrissey y col., 1998).



El ácido graso forma un radical libre el cual reacciona con el oxígeno (O<sub>2</sub>) para formar un radical peróxido (ROO<sup>•</sup>).



- b) Propagación: La etapa de propagación normalmente empieza con la unión de un O<sub>2</sub> a un radical libre para formar un peróxido (ROO<sup>•</sup>), el cual puede reaccionar con otros ácidos grasos para formar un hidroperóxido (ROOH) y otros radicales libres. Haciendo una reacción en cadena, debido a que los hidroperóxidos son altamente reactivos, estos, interaccionan con otras moléculas (Morrissey y col., 1998).



- c) Terminación: en esta etapa los radicales libres se combinan entre sí, formando especies no radicales. Los hidroperóxidos se pueden descomponer para formar alcoholes, aldehídos, ácidos, cetonas y otros compuestos de bajo peso molecular confiriéndole olores. Sin embargo, en esta se generan compuestos muy estables (Dávila, 2006).

d)



**pH de la carne.** Las carnes frescas tienen un rango de 5.5-6.0 y a medida en que el pH de la carne aumenta, hay un aumento en las propiedades de retención de agua en las proteínas. Sin embargo, el pH final elevado, además de favorecer el desarrollo de las bacterias, confiere un aspecto desagradable a los músculos de los bovinos y porcinos (Lawrie, 1977).

## **Valor Nutritivo de la Carne de Res y sus Beneficios a la Salud**

El consumo de carne es uno de los principales aportes de nutrientes esenciales, tales como vitaminas (siendo esta la principal fuente de vitamina B<sub>12</sub> en la dieta) y minerales (hierro hemo y zinc) los cuales son esenciales para la salud, asimismo proporciona una importante fuente de proteínas, aproximadamente 20 g por cada 100 g. Diversos estudios han revelado que la ingesta de proteínas de carne ha mostrado una disminución en la presión arterial sin aumentar los lípidos en sangre. Es importante mencionar que estos nutrientes se encuentran en una mayor biodisponibilidad que en cualquier otra fuente alimenticia (McAfee y col., 2010).

El ácido linoleico conjugado (CLA) es un compuesto bioactivo muy potente que además de sus propiedades anticancerígenas posee propiedades antioxidantes y se encuentra presente en la carne aproximadamente 8.3 mg de CLA por gramo de grasa (Weiss y col., 2010).

## **Problemas de Salud Asociados con el Consumo de Carne de Res**

La dieta representa uno de los principales factores de riesgo de padecer enfermedades no transmisibles y hoy en día el consumo de carne poco a poco se ha visto como un riesgo por atraer este tipo de padecimientos, como las enfermedades cardiovasculares, cáncer y asociándose también a un aumento en el índice de masa corporal (Weiss y col., 2010). Esto, debido a su contenido de ácidos grasos saturados y la manera de preparación de estas mismas por parte de los consumidores. Sin embargo, no se han obtenido datos consistentes en los estudios realizados sobre esta hipótesis (McAfee y col., 2010).

## **Sal**

Desde la antigüedad la sal fue el primer aditivo utilizado en las carnes y sus productos con fines tecnológicos. Las principales funciones de este aditivo es el aporte de sabor, actuar como conservador y aumentar la cantidad de proteína soluble. También determina la impresión del sabor “salado” efecto producido por el aporte del catión sodio libre (Na<sup>+</sup>). Para fines de sabor se admite de 1.8 a 2.5%. Además, favorece la formación del aroma y es un agente bacteriostático, ya que limita el crecimiento de muchas bacterias a concentraciones elevadas (Benzzo, 2005).

En los productos cárnicos la sal es el componente que tiene mayor acción en la disminución de actividad de agua ( $a_w$ ) y por tanto en su conservación. No obstante, la presencia de este componente en los productos cárnicos aumenta la capacidad de retención de agua (CRA) de las proteínas miofibrilares cuando estas se hallan a un pH por encima de su punto isoeléctrico (Benzzo, 2005).

## **Enfermedades no Transmisibles**

### **Obesidad y Sobrepeso**

La OMS (Organización Mundial de la Salud) define a la obesidad y sobrepeso como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. Estos padecimientos son el quinto factor principal de riesgo de defunción en el mundo. Además, enfermedades como la diabetes, la cardiopatía isquémica y algunos cánceres se atribuyen también al sobrepeso y la obesidad (OMS, 2011).

El índice de masa corporal (IMC) está dado por la relación entre el peso y la altura de un individuo, definiéndolo como el peso en kilogramos del individuo por el cuadrado de la estatura en metros ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ). Este, es comúnmente utilizado para estimar si un individuo presenta sobrepeso u obesidad. Por tanto, un individuo adulto presenta obesidad cuando su índice de masa corporal (IMC) es superior a  $30 \text{ kg}/\text{m}^2$  y presenta sobrepeso a un IMC igual o mayor a  $25 \text{ kg}/\text{m}^2$  (Barquera y col., 2007).

Estimaciones presentadas por la OMS en el 2008 dice que 1 500 millones de adultos (20 años o más) presentaban sobrepeso. De esta cifra, más de 200 millones de hombres y cerca de 300 millones de mujeres eran obesos (OMS, 2011). En México de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 (ENSANUT, 2006) se estimó que 52 millones 200 mil padecían de sobrepeso u obesidad (Barquera y col., 2007). Estos trastornos han ido aumentando considerablemente. En tiempos atrás se consideraba un problema particular de los países de ingresos altos; sin embargo, estos desordenes han aumentado en los países de ingresos altos y medianos. En los países en desarrollo se dice que hay cerca de 35 millones de niños con sobrepeso, en tanto que en los países desarrollados alrededor de 8 millones niños padecen de sobrepeso (OMS, 2011).

La causa primordial de estos padecimientos es un desequilibrio energético entre calorías consumidas y gastadas. Ya que en el mundo se ha obtenido un incremento en el consumo de alimentos con alto contenido de calorías (alimentos hipercalóricos) que son ricos

en grasa, sal y azúcares pero pobres en vitaminas, minerales, entre otros nutrientes y también ha habido un decaimiento en la actividad física y el sedentarismo (OMS, 2011).

Para que estos padecimientos se puedan reducir, es necesario que haya un apoyo principalmente de la persona misma ya que ella es responsable de mantener un equilibrio entre lo consumido y la quema de energía que su alimentación le aporte. También, en el ámbito social debido a que todas las personas tengan acceso a alimentos saludables que sean económicos y contar con sitios cómodos para realizar actividades físicas. Además, es importante que las industrias alimentarias promuevan la alimentación saludable ofreciendo productos con un alto valor nutritivo, reducir la sal, azúcar y grasa de los productos y asegurar la disponibilidad de los alimentos sanos (OMS, 2011).

## **Cardiovasculares**

Las enfermedades cardiovasculares (ECV), es decir, del corazón y de los vasos sanguíneos, son la principal causa de muerte en todo el mundo. Las muertes por ECV afecta considerablemente a la población sin importar el sexo. Se estima que en el 2004 murieron 17 millones 100 mil de personas debido a esta causa, representando el 29% del total de las muertes registradas en el mundo (OMS, 2011).

Las principales causas de estas enfermedades son las dietas incorrectas, la inactividad física y consumo de tabaco. Estos son factores de riesgo modificables los cuales son responsables de aproximadamente el 80% de los casos de cardiopatía coronaria y enfermedad cerebrovascular (OMS, 2011).

En México, esta clase de enfermedades constituye un problema de salud pública; como ya se mencionó anteriormente las enfermedades del corazón son la principal causa de muerte. El INEGI en el 2008 reportó 92 mil 679 defunciones por enfermedades isquémicas del corazón (INEGI, 2010).

## **Diabetes**

La diabetes mellitus (MEL-ih-TUS), o simplemente, la diabetes, es un grupo de enfermedades caracterizadas por padecer niveles altos de glucosa en sangre. Esta enfermedad aparece cuando el páncreas no produce insulina suficiente o cuando el organismo no utiliza eficientemente la insulina que produce. La cual es una hormona necesaria para convertir el azúcar, almidones y otros alimentos en energía para el organismo; por tanto, la insulina regula los niveles de azúcar en la sangre (ADA, 2011; OMS, 2011).

La diabetes tipo 1, también llamada insulino-dependiente, juvenil o de inicio en la infancia se caracteriza por una producción insuficiente de insulina y requiere la administración diaria de esta hormona (ADA, 2011).

La diabetes tipo 2, también llamada diabetes mellitus no insulino-dependiente es la forma más común de diabetes, este tipo representa el 90% de los casos a nivel mundial y se debe a que el cuerpo no produce suficiente insulina o las células la ignoran. Este tipo de padecimiento se debe principalmente a un peso corporal excesivo y la inactividad física.

En México, para el año 2008, la diabetes mellitus representó la segunda causa de muerte causando un total de 75 mil 637 defunciones (INEGI, 2010).

### **Alimentos Funcionales**

En los últimos años, ha tenido un gran auge el desarrollo de alimentos con funciones terciarias, las cuales son funciones que presentan los componentes de los alimentos para la prevención de enfermedades mediante la modulación de los sistemas fisiológicos (Arihara, 2006). Los alimentos que presentan éste tipo de funciones se les llama también alimentos funcionales, actualmente definidos como aquel producto dietético natural o procesado que proporciona un beneficio más allá del aroma, sabor o valor nutritivo, afectando a un parámetro fisiológico mensurable y útil en términos de prevención de enfermedades o promoción de la salud de la población (Alberich y col., 2002).

La idea de alimentos funcionales se inició en Japón a mediados de 1980 y este ha establecido normativas para los usos de estos. Entre los años 1988 y 1998, se introdujo al mercado Japonés más de 1 700 de estos productos, lo que produjo una ganancia de 14 mil millones de dólares en ventas en 1999. En los países Europeos el mercado de alimentos funcionales ha aumentado considerablemente. Sin embargo, E.U.A. es el mercado más dinámico, en cuanto a los alimentos funcionales, ya que en el 2008 estimó un mercado de 4-6% del total de las ventas (Zhang y col., 2010).

Un alimento es funcional cuando se ha demostrado satisfactoriamente que afecta favorablemente a una o más funciones diana en el cuerpo, más allá de su efecto nutricional peculiar, de tal manera que proporcione una mejora en el estado de salud y bienestar y/o reduzca el riesgo de padecer enfermedades degenerativas (Jiménez-Colmenero y col., 2010). Por tanto, un alimento funcional tiene que cumplir con tres requisitos primordiales para ser considerado como tal, primeramente debe ser de ingredientes naturales, que puedan y deban consumirse como parte de la dieta y una vez ingerido el alimento los compuestos bioactivos presentes deben implicar en procesos de regulación específica en el organismo incluyendo la

mejora de los mecanismos biológicos de defensa, prevención y tratamiento de enfermedades típicas y retraso en procesos de envejecimiento (Jiménez- Jiménez Colmenero y col., 2001).

En 1991 la Fundación para la Innovación en Medicina definió bioactivo a cualquier sustancia que pueda ser un alimento o parte de un alimento y proporciona beneficios médicos a la salud incluyendo la prevención o tratamiento de algún tipo de enfermedad. La mayoría de los compuestos bioactivos son naturales y pueden ser de fuentes vegetales y animales (Weiss y col., 2010).

Como se ha mencionado anteriormente, la carne y sus derivados presentan una imagen negativa hacia el consumidor debido a que el consumo de carne hoy en día se ha visto poco a poco como un incremento en el riesgo de padecer enfermedades degenerativas como las enfermedades cardiovasculares, obesidad y cáncer. Los alimentos funcionales a base de carne se ven como una oportunidad para mejorar la imagen de los productos cárnicos y así satisfacer las necesidades del consumidor ofreciendo alimentos con un mejor aporte nutricional.

La idea de emplear alimentos con fines de salud en lugar de considerarlo con fin de alimentación da inicio a un nuevo campo tanto para la industria cárnica como en la investigación, ya que para producir alimentos reestructurados es necesario el uso de nuevos ingredientes y/o métodos que afecten las propiedades tecnológicas, microbiológicas y sensoriales de los productos. También, es importante garantizar la biodisponibilidad de los compuestos funcionales durante todas las etapas de procesamiento y almacenamiento (Jiménez-Colmenero y col., 2001).

Para lograr que la carne y derivados de ella sean más saludables incluso que contengan propiedades funcionales, es necesario eliminar o disminuir las sustancias no deseadas e incrementar los niveles de compuestos con propiedades beneficiosas (ingredientes funcionales). Los ingredientes funcionales que comúnmente se añaden a este tipo de productos son los alimentos naturales tales como los vegetales, frutas, verduras, cereales, oleaginosas, etc., debido a que contienen compuestos bioactivos y proporcionan un aporte de nutrientes y sabores no comunes en los productos cárnicos, lo que es más atractivo para el consumidor.

La nuez y linaza, son usadas como ingredientes funcionales ya que contienen compuestos bioactivos. Esto también es una forma de promover el consumo de estos dos componentes, utilizándolos como ingredientes en alimentos consumidos con frecuencia como son los productos cárnicos.

## **Nuez**

La nuez pecanera (*Carya illinoensis*) nativa de América del Norte perteneciente a la familia Juglandaceae, este fruto seco se encuentra entre los alimentos con mayor contenido de fenoles. Se distribuye con o sin cáscara, en mitades, en pedazos de diferentes tamaños o molidas, además, pueden servir como materia prima para la extracción de aceite (Villarreal-Lozoya y col., 2007; Villarreal-Lozoya y col., 2007; Oro y col., 2008).

**Composición química.** La nuez es un fruto seco compuesto principalmente por grasas (62-68% de materia seca), de los cuales los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) componen el 18% de los ácidos grasos totales y el resto está compuesto por ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) de los cuales se encuentra el linoleico y  $\alpha$ -linolénico componiendo el 58 y 12% respectivamente de los ácidos totales. Son una buena fuente de fitoquímicos, incluyendo fenoles, flavonoides, isoflavonas, terpenos, compuestos organosulfuricos y vitamina E. Además de estos, existen otros compuestos de interés como la fibra con una proporción de 5-10% (de materia seca), proteína (14% de materia seca) y minerales (Jiménez-Colmenero y col., 2010; Yang y col., 2009).

**Beneficios a la salud.** Estudios han demostrado que la nuez puede mejorar el perfil de lípidos en suero de humanos debido a su alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados, y como ya se mencionó anteriormente es un alimento con un alto contenido de compuestos fenólicos, los cuales se ha demostrado que presentan una actividad antirradical y se cree que reduce la incidencia de enfermedades crónica como el Alzheimer, Parkinson, algunos tipos de cáncer, entre otros. Investigaciones han mostrado que el consumo de 42.5 g de nueces como parte de una dieta baja en grasas saturadas y bajo en colesterol puede reducir el riesgo de enfermedades coronarias. En estudios epidemiológicos se ha confirmado que el consumo de frutos secos está relacionado con disminuir el riesgo padece enfermedades cardiovasculares como la cardiopatía coronaria e infarto de miocardio. Por otra parte, la OMS recomienda consumir al menos 400 g de frutas y vegetales diariamente, de los cuales al menos 30 g deben ser frutos secos, legumbres o semillas (Jiménez-Colmenero y col., 2010; Villarreal-Lozoya y col., 2007; Yang y col., 2009; Reiter y col., 2005).

Prineace (1993) encontró que las mujeres que consumían frutos secos dos o cuatro veces por semana reducen el riesgo de padecer enfermedad coronaria fatal. Es importante señalar que el consumo de nuez no causa una ganancia neta en el peso corporal del consumidor (Yang y col., 2009; Reiter y col., 2005).

## **Linaza**

La linaza o semilla de lino (*Linum usitatissimum*L.) se ha conocido como fuente de alimento y cultivo desde los tiempos prehistóricos, en Asia, norte de África, y Europa. El destino de este ha sido la obtención de alimentos y fibra. Actualmente se siembra en más de 50 países. Inicialmente el cultivo de linaza se situó hacia la obtención de aceite de uso industrial; sin embargo, en los últimos años ha surgido un gran interés por esta semilla principalmente por su contenido nutricional y sus beneficios para la salud (Figueroa y col., 2008).

**Composición química.** La linaza es reconocida principalmente por su alto contenido de ácidos grasos de los cuales el 40% de la semilla se deriva de estos, su contenido de fibra dietética (30%) y proteína (20%); sin embargo, su composición proximal varía entre variedades y condiciones de cultivo (Figueroa y col., 2008). La linaza es una oleaginosa, posee un alto contenido de ácido graso poliinsaturado  $\alpha$ -linolénico (ALA) ( $\omega$ -3), presentando un mayor contenido que cualquier otra semilla oleaginosa, el cual representa 50-55% de los ácidos grasos totales, además posee un alto contenido de proteínas, ligninas, vitaminas y minerales (Bilek y Turhan, 2009).

El aceite es el principal componente de la linaza con un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (73% del total de ácidos grasos), de los cuales se encuentran el ácido linoléico ( $\omega$ -6) constituyendo aproximadamente el 16% de los ácidos grasos totales y alrededor de 57% de ácido linolénico. Un contenido moderado de ácidos grasos monoinsaturados (18%) y bajo en ácidos grasos saturados (9%). Sin embargo, la OMS y la FDA recomiendan en la dieta una proporción de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y ácidos grasos saturados (AGS) entre 0.4 y 1.0, mientras que la relación de ácidos grasos poliinsaturados  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 debe ser entre 1 y 4 respectivamente (Weiss y col., 2010; Guillevic y col., 2009; Bilek y Turhan, 2009).

El contenido de proteínas en la mayoría de los cultivos de linaza se encuentra alrededor de 22.5-31.6g/100g, a modo que la composición de aminoácidos en la proteína de linaza es similar a la de la soya, la cual es una de las proteínas más nutritivas de origen vegetal. Las proteínas de esta oleaginosa es rica en arginina, ácido aspártico y ácido glutámico; sus aminoácidos limitantes son lisina, metionina y cisteína; sin embargo, las globulinas y albuminas representa 77% y 27% de la proteína total respectivamente. En cuanto a su contenido de minerales, se encuentra el potasio, fósforo, hierro, zinc y manganeso; por otra parte, nos confiere algunas vitaminas esenciales como vitaminas del grupo B, tocoferoles y tocotrienoles (Figueroa y col., 2008).

**Beneficios a la salud.** La linaza recientemente ha ganado la atención como un alimento funcional debido a su perfil único de nutrientes y sus potenciales beneficios a la salud, reduciendo el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, cáncer dependiente de

hormonas, actividades antiinflamatorias, efectos laxantes, antioxidantes, controlador del metabolismo de la glucosa (Mueller y col., 2010).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C (CIAD.A.C), ubicado en Km. 0.6 Carretera a la Victoria en Hermosillo, Sonora, México.

### Proceso de Elaboración de Hamburguesas

La elaboración del producto cárnico se llevó a cabo en la planta piloto del Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Carne (LaCyTec) del CIAD de Hermosillo.

#### Obtención y Preparación de la Materia Prima

Se empleó carne del músculo *Semimembranosus* (pulpa negra) de bovino la cual se obtuvo de un comercio local, se removió la materia extraña y se lavó con agua corriente. Se cortó en trozos no mayores a 5 cm<sup>3</sup>, se empacó en bolsas al vacío y se almacenó a 4°C hasta su posterior uso.

#### Formulación de Hamburguesas

La carne se molió en un molino Hobart Dayton con una placa de 4 mm de grosor. Una vez molida la carne se pesaron 3 kg para cada tratamiento. Para incorporar los ingredientes se formó una matriz con 20% de la carne a utilizar y los porcentajes de nuez y linaza que se utilizaron en cada tratamiento, esto para darle una mejor homogeneización. Los tratamientos fueron: control, 10% linaza, 20% linaza, 10% nuez, 20% nuez y una mezcla de 10% linaza con 10% nuez. Todos los tratamientos se formularon con una concentración de 2% de NaCl. Una vez incorporados los ingredientes se mezclaron manualmente por 5 min.

Las hamburguesas se elaboraron de forma manual con un diámetro de 9 cm y un espesor de 1 cm para obtener aproximadamente 70 g por hamburguesa. Posteriormente se empacaron y se almacenaron a 4°C, en un cuarto frío armado de 6 m<sup>2</sup>, con un compresor marca BOHN para su posterior análisis. El procedimiento de elaboración de hamburguesas se muestra en la figura 2.

Obtención de la materia prima

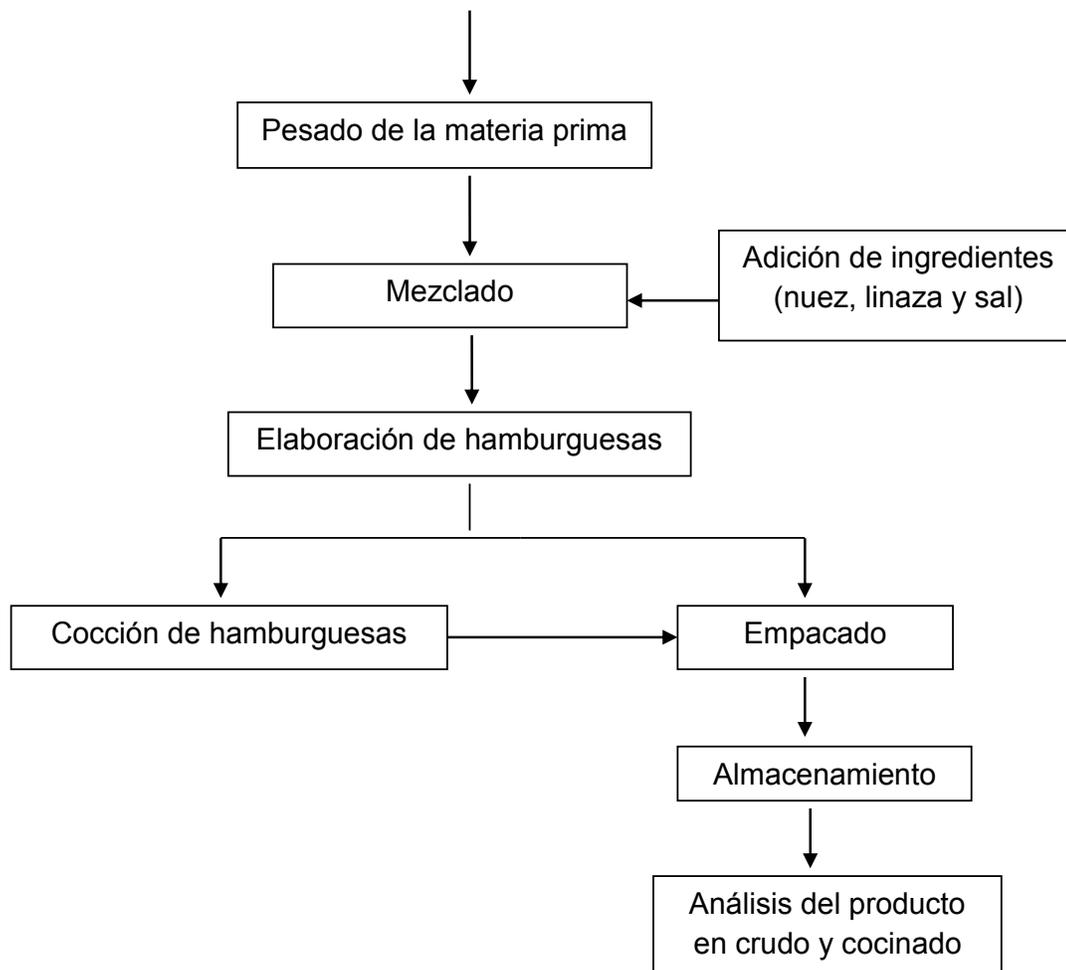


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de hamburguesas.

### **Cocción de Hamburguesas**

Las hamburguesas se cocinaron en plancha a 150°C a una temperatura interna de 72°C por 15 segundos (USDA, 1993). Se enfriaron a 4°C, se midieron y se pesaron.

### **Análisis del Producto Terminado**

Las determinaciones se realizaron inmediatamente antes de cocinarse (muestras crudas) y después de cocinarse (muestras cocidas).

## **Materia prima**

Para realizar el presente estudio se utilizó pulpa de res fresca. La cual fue obtenida de un comercio local, así como la nuez y la linaza. Estos fueron transportados al laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Carne en la Coordinación de Dirección de Tecnología de los Alimentos de Origen Animal del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.

La caracterización de la materia prima es de suma importancia ya que esto permite conocer el valor nutritivo de los alimentos y muestra las proporciones de los componentes mayoritarios de los productos alimenticios. Esto también permite formular un alimento cárnico en base a su contenido proteico.

## **Análisis Químico**

**Determinación de humedad AOAC (2000) Método 950.46.** El agua es uno de los principales componentes en la mayoría de los alimentos. La carne y sus productos presentan un porcentaje de humedad muy alto (60-90%) por lo que son muy susceptibles a ser alterados por microorganismos. Por otro lado, una humedad baja en este tipo de alimentos impacta en la calidad de los productos, ya que el agua toma un papel importante en la textura de los alimentos (Amerling, 2001). Por lo anterior, la determinación de este parámetro es de suma importancia ya que así se puede conocer la calidad del alimento y la susceptibilidad a ser afectado por microorganismos.

Se colocaron capsulas de porcelana en una estufa a 105°C durante 12 horas para llevarlas a peso constante, posteriormente las cápsulas se enfriaron en un desecador y después se pesaron con la muestra (aproximadamente 10 g). Ya pesadas las muestras, se acomodaron en una estufa a 100°C por 12 horas. Después de haber transcurrido este tiempo las cápsulas se sacaron de la estufa y se colocaron en un desecador por un tiempo de 40 min para su enfriamiento. Por último se pesaron en una balanza analítica y se calculó la humedad por diferencia de peso, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad} = \frac{(\text{Peso de cápsula con muestra seca} - \text{peso de cápsula})}{\text{g de la muestra}} \times 100$$

**Determinación de cenizas AOAC (2000) Método 923.03.** Las cenizas representan los minerales que se encuentran en los alimentos, los cuales proporcionan una fuente fiable de nutrientes esenciales en forma equilibrada y biodisponible (Fennema, 2000).

Para la realización de este análisis los crisoles de porcelana se llevaron a peso constante colocándolos en una mufla temperatura constante de 550°C durante 1 hora. Una vez que la temperatura del equipo descendió, se utilizaron unas pinzas para retirar los crisoles tarados y se colocaron en un desecador por un tiempo de 30 min. Los crisoles colocados en el desecador, se pesaron (peso del crisol) y se pesó de 1.5 g a 2 g de muestra problema (peso de la muestra), se colocaron los crisoles en una placa de calentamiento a temperatura media dentro de una campana de extracción, hasta que el crisol dejó de humear. Seguido se trasladaron los crisoles a la mufla a 550 °C por un tiempo de 3 h. Después de transcurrido este tiempo se transfirieron los crisoles al desecador hasta alcanzar temperatura ambiente y se pesó el crisol para calcular el contenido de ceniza por diferencia de peso con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{peso ceniza} - \text{peso crisol})}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

**Extracción de grasa por Goldfish AOAC (2000) Método 920.39.** Este parámetro también es de gran importancia, ya que la grasa le proporciona sabor y textura a los alimentos, por lo tanto juega un papel importante en las características sensoriales de ciertos alimentos; sin embargo, debe de adicionarse en cantidades adecuadas debido a los problemas de salud que se presentan hoy en día como las enfermedades no transmisibles.

Previamente al análisis los vasos de extracción de grasa Goldfish se pusieron a peso constante colocándolos en una estufa con una temperatura constante de 100 °C, por un tiempo no menos de 1 h, después, con la ayuda de unas pinza se pasaron los vasos tarados a un desecador por 30 min. Posteriormente en un papel filtro se pesaron entre 1.5 g a 3 g de muestra (peso de la muestra) se enrolló el papel y se colocó dentro del dedal de celulosa, éste se insertó en una pinza de resorte que lo sostuvo en el condensador. Se pesaron los vasos (peso del vaso); en los vasos de extracción se les agregaron 40 mL de éter, y se engranaron en el condensador con un anillo de cierre y empaque. Se aplicó el calor deslizando la placa del condensador hacia arriba para alcanzar el vaso de precipitado. El tiempo de extracción desde que empieza a gotear el dedal fue de 4 h. Cuando la extracción finalizo, el recipiente de la muestra se retiró y se reemplazó con un tubo de recuperación, cuando solo quedaron pocos milímetros del solvente, el vaso de Goldfish se colocó en una estufa a 100 °C por 1 h, se pasaron al desecador y se dejaron 30 min para posteriormente pesarlo (peso del vaso + grasa). Para el cálculo del porcentaje de grasa se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Grasa} = \frac{(\text{Peso del vaso} + \text{grasa}) - (\text{Peso del vaso})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

**Determinación de Proteína por micro Kjeldahl AOAC (2000) Método 960.52.** Las proteínas son macromoléculas que tienen funciones estructurales, enzimáticas, de regulación, así como propiedades funcionales (solubilidad, viscosidad, gelificación y emulsificación). Es por ello que la medición de este parámetro es de los de mayor importancia en los productos cárnicos, ya que juegan un papel importante en los atributos sensoriales de los alimentos debido a sus complejas interacciones entre diversos componentes del alimento (Fennema, 2000). Por otra parte, también influye de manera significativa en la calidad nutricional de los productos.

Para el desarrollo de esta determinación, se pesaron 0.2 g de la muestra problema (peso muestra) y 1.5 g a 2 g de la mezcla de catalizadores, estos se vertieron dentro de un matraz balón micro Kjeldahl de 100 mL. Seguido de esto, se le añadieron 3 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado y se colocaron en el digestor micro Kjeldahl, bajo campana, a temperatura media hasta que la muestra se encontró totalmente digerida, se dejaron enfriar para su posterior destilado.

Para el destilado, se le agregaron 10 mL de agua destilada al matraz micro Kjeldahl para disolver bien la muestra, se vertieron en el receptor de la muestra del destilador Kjeldahl y se abrió la llave para que la muestra se vertiera en el contenedor. En la salida del equipo se colocó un matraz Erlenmeyer de 50 mL el cual contenía 20 mL de ácido bórico al 4% más dos gotas de indicador rojo de metilo modificado, después, se le agregaron 20 mL de NaOH al 40% en el receptor del destilador Kjeldahl, el cual se fue adicionando hasta que se formó una mezcla uniforme color café. Se cerraron las llaves, se prendió el equipo y se colocó la pinza. A partir del vire de la solución de ácido bórico se tomó un tiempo de 5 min. Se retiró el matraz Erlenmeyer con sumo cuidado, y se abrió la llave del desecho y se enjuagó el equipo con 25 mL de agua destilada.

Para la titulación, se introdujo un magneto en el matraz Erlenmeyer y se colocó sobre una placa de agitación debajo de la bureta, previamente llena con HCl (0.1 N), el cual se añadió por goteo hasta que la solución dió el primer vire de color. Finalmente, se registró el volumen gastado y se calculó el porcentaje de proteína con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Proteína} = \frac{(0.01401)(N \text{ HCl})(\text{Vol. gastado HCl})(\text{Factor proteico})}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

## **Antioxidantes**

Los alimentos cárnicos son muy susceptibles a la oxidación, siendo esta una de las principales causas de deterioro de la calidad ya que estos se someten a procesos como reducción de partículas, adición de agentes oxidantes, entre otros (Lee y col. 2005). Es por ello que actualmente muchas investigaciones están dedicadas a añadir esta clase de compuestos a los productos más susceptibles a la oxidación, o bien para aumentar la funcionalidad de los productos alimenticios.

**Determinación de fenoles.** Para esta determinación se llevó a cabo de acuerdo al método de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rosi, 1965) con ligeras modificaciones. Se pesó 1 g de muestra del producto previamente seco y desgrasado el cual se combinó con 15 mL de metanol al 80%. La solución se colocó en un sonicador por 30 min a 40°C y pasado este tiempo se centrifugó a 1200 x g durante 10 min, se filtró y se guardó el sobrenadante a -20 °C. Seguido, al residuo resultante se le agregaron nuevamente 15 mL de metanol al 80% y se repitió la misma operación que con el anterior. Una vez que se obtuvieron los sobrenadantes se juntaron y se aforaron a 50 mL con metanol al 80%. Después se tomaron 50 µL de esta disolución y se mezclaron con 3 mL de agua destilada y 250 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu 1N. Después de un reposo de 5 min se le agregaron 750 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 20% y 1000 µL de agua destilada. Se agitó la mezcla en un vortex y se dejó reposar por 30 min en obscuridad. Finalmente se leyó la absorbancia de las muestras a 765 nm empleando un espectrofotómetro UV-visible (Spectronic Genesis 5, Termo Electron Corporation, USA). Los resultados se expresan como mg de ácido gálico/g de muestra.

**Actividad antioxidante.** La capacidad de los extractos para inhibir el radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) se evaluó de acuerdo al método descrito por Hatano y col., (1988). Los extractos que se utilizaron para la determinación de fenoles se secaron en rotavapor. Ya obtenidos los extractos secos, se preparó una solución de 100 ppm utilizando metanol al 80%. Después se tomaron 100 µL de esta solución y se combinaron con 5 mL de una solución de DPPH 0.1 mM. Se dejó un tiempo de reposo de 20 min a temperatura ambiente (25°C) en obscuridad; ya transcurrido el tiempo, se leyó la absorbancia a 517 nm en un espectrofotómetro UV-visible (Spectronic Genesis 5, Termo Electron Corporation, USA). Como blanco, se midió 100 µL de metanol y se le agregaron 5 mL de una solución de DPPH 0.1 mM. Finalmente, con los resultados obtenidos se calculó el porcentaje de inhibición del radical libre DPPH de la siguiente manera:

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{Absorbancia del blanco} - \text{Absorbancia de muestra}}{\text{Absorbancia del blanco}} \times 100$$

## **Análisis Físicoquímicos**

**Actividad de agua ( $a_w$ ).** La actividad de agua de un alimento es un factor muy importante para su conservación Serrano y col. (2006), ya que influye en las reacciones físicas, químicas, enzimáticas y microbiológicas; por otra parte, también confieren propiedades coligativas, reológicas y de textura a los alimentos (Fennema, 2000).

Se realizó utilizando un equipo PawKITAquaLab, colocando las rodajas del producto en pequeños recipientes redondos, cuidando que el producto cubriera la mayor superficie posible de este.

**Potencial de hidrógeno (pH).** El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio  $[\text{H}_3\text{O}]^+$  presentes en determinadas disoluciones.

Se utilizó un potenciómetro de electrodo de inmersión Hanna, modelo 211. Primeramente, se calibró el potenciómetro de acuerdo a las indicaciones proporcionadas por el proveedor. Se molió la muestra y se pesaron 5 g de muestra y se colocaron en vasos de precipitado de 100 mL y se le agregaron 45 mL de agua destilada y se homogeneizaron, seguido se introdujo el electrodo y se midió la lectura una vez estabilizada. Las mediciones se realizaron por triplicado.

**Color CIE  $L^*a^*b^*$ .** El color es uno de los atributos más importantes en los alimentos, ya que este es el parámetro principal que el consumidor juzga antes de adquirir un producto y está relacionado con la composición química o el grado de desarrollo o de alteración de un alimento. Generalmente el color preferido para la carne de res es el rojo cereza brillante. Este parámetro está dado principalmente por la proporción de mioglobina (oximioglobina, deoximioglobina y metamioglobina) en la carne.

Los tres parámetros en el modelo representan la luminosidad de color ( $L^*$ ,  $L^*=0$  rendimientos negro y  $L^*=100$  indica blanca), su posición entre rojo y verde ( $a^*$ , valores negativos indican verde mientras valores positivos indican rojo) y su posición entre amarillo y azul ( $b^*$ , valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo)

Para este análisis se tomaron tres hamburguesas de cada tratamiento a las cuales se les realizaron cinco mediciones a cada una, manteniendo siempre la temperatura por debajo de 4°C. Seguido se determinó el color de la superficie de cada muestra a partir de colorimetría de triestímulo, empleando el espacio de color CIE L\*a\*b\*, para ello, se utilizó un espectrofotómetro Konica Minolta modelo CM-2600d.

### **Análisis Físicos**

El análisis físico de un alimento es de suma importancia en la producción y aceptación de un producto por parte del consumidor, ya que la textura es un atributo que los alimentos presentan, resultado de la combinación de las propiedades físicas y las percibidas por órganos sensoriales (Osorio y col., 2005). Así mismo, es de gran importancia en la formulación e investigación de nuevos productos alimenticios para asegurar la calidad de estos.

**Textura.** El análisis de textura se determinó a partir de mediciones de análisis de perfil de textura (APT) las cuales se efectuaron a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .

**Análisis de perfil de textura (APT).** El análisis de perfil de textura (APT) es una prueba empírica utilizada para determinar las propiedades físicas y reológicas de los alimentos, y consiste en una prueba de doble compresión de la muestra simulando el comportamiento de masticado e ingerido de dicho alimento (Osorio y col., 2005).

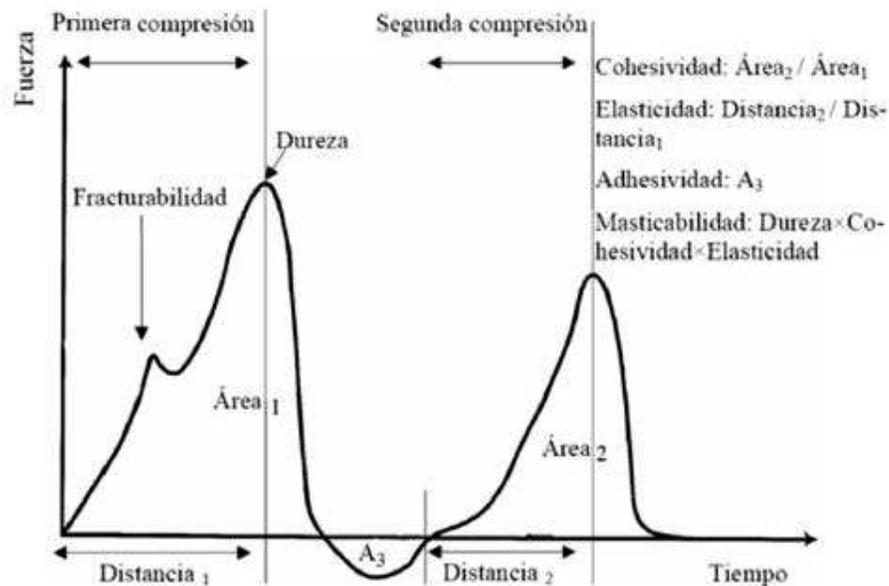
Para esta determinación, las hamburguesas se cortaron en trozos de 1 x 1 x 2 cm para su medición y la determinación se realizó en un equipo Texture Analyzer TAXT2 (Stable Micro Systems, Ltd, Godalming, Surrey UK), el cual cuenta con una computadora con un software Texture Expert para Windows, proporcionando información de diferentes atributos como dureza, masticabilidad, cohesividad, adhesividad, gomosidad, elasticidad y resiliencia.

Se obtuvieron nueve repeticiones por tratamiento, se tomaron muestras cilíndricas de dimensiones uniformes (1 cm de diámetro y 2 cm de altura) utilizando un cortador tubular. Se aplicó una doble compresión al 75 % de deformación con un tiempo de espera de 5 s entre compresiones, bajo las siguientes condiciones: velocidad de cabezal de 2 mm/s y un desplazamiento de 30 mm, los resultados fueron tomados de la curva generada por la fuerza vs tiempo de cada tratamiento como se puede observar en la tabla 2. Los atributos de textura evaluados fueron:

- Dureza (kgf): Resistencia que opone una muestra a la deformación, definida como la fuerza máxima de la primera compresión de la muestra, la cual representa la fuerza de la primera mordida o primer ciclo de compresión.

- Cohesividad: Este parámetro es muy importante en los alimentos, ya que indica la tendencia de las partículas del alimento a mantenerse unidas, evaluando la energía mecánica que se necesita para destruir la estructura interna de la muestra a evaluar, y está dada por la relación existente entre el área debajo de la curva correspondiente a la segunda y primera compresión.
- Masticabilidad ( $g \cdot cm$ ): Es definido como el trabajo requerido para masticar la muestra reduciéndola hasta la lograr la consistencia adecuada para deglutirla. Se obtiene del producto entre la dureza, la cohesividad y la elasticidad.
- Resiliencia: Es la medida en la que se recupera el alimento a perder su forma o posición original al aplicarse una fuerza.

Figura 3. Curva típica obtenida en un análisis de perfil de textura.



Fuente: Bourne, M. (2002)

## **Análisis Sensorial**

El análisis sensorial de los alimentos se define como una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Hernández, 2005). Este análisis es de suma importancia para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes. Así mismo, hoy en día esta herramienta se utiliza para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, en el aseguramiento de la calidad y para su promoción y venta, conociendo así los requerimientos y preferencias del consumidor.

Se evaluaron los atributos característicos de los diferentes tratamientos por medio de un grupo de panelistas semi-entrenados en el aula de evaluación sensorial de la planta piloto de productos cárnicos de la Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Animal (TAOA) del Centro de Investigación de Alimentación y Desarrollo (CIAD, A.C.). El análisis sensorial se llevó a cabo con ocho panelistas y se efectuó un diseño de mediciones repetidas en donde se evaluó características como color, jugosidad, sabor, firmeza y satisfacción global, utilizando una escala hedónica de 9 puntos

Para cada atributo, donde 1 representó una evaluación de disgusto extremadamente y 9 de gusto extremadamente.

## **Diseño Experimental y Análisis Estadístico**

Para evaluar la calidad del producto se realizaron análisis químicos y fisicoquímicos los cuales se efectuaron en crudo, mientras que las determinaciones físicas y sensoriales fueron en el producto cocinado. Los valores obtenidos de todas las determinaciones fueron analizados mediante un análisis de varianza de una vía, donde el efecto principal fueron los tratamientos. Se estimaron significancias a un nivel de probabilidad en el error tipo I de 0.05. Cuando existió efecto del tratamiento, se realizó una prueba de comparación de medias a través de contrastes ortogonales. Se probaron los contrastes ortogonales mostrados en el tabla 2. Todos los datos se analizaron en el paquete estadístico NCSS versión 2007.

Tabla 2. Contrastes Ortogonales

	<b>C<sub>1</sub></b>	<b>C<sub>2</sub></b>	<b>C<sub>3</sub></b>	<b>C<sub>4</sub></b>	<b>C<sub>5</sub></b>
Control	-5	0	0	0	0
10% Linaza	1	+1	0	+1	+1
20% linaza	1	-1	0	+1	0
10% nuez	1	0	+1	-1	+1
20% nuez	1	0	-1	-1	0
10% linaza + 10% nuez	1	0	0	0	-2

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los análisis físico, fisicoquímico, químico y sensorial de cada uno de los tratamientos realizados, incluyendo la caracterización de la materia prima, carne, linaza y nuez.

### Caracterización de la Materia Prima

En el tabla 3 se muestran los resultados de la caracterización de la materia prima utilizada en este experimento, donde se observan que la carne (21.45%) es el principal aporte de proteína, sin embargo la linaza (19.11%) también proporciona un aporte importante de este nutrimento, mientras que la nuez (14.29%) presenta el porcentaje más bajo de este parámetro.

Tabla 3. Análisis químico de la materia prima utilizada

<b>Parámetro</b>	<b>Carne</b>	<b>Linaza</b>	<b>Nuez</b>
Humedad	72.80 ± 2.57	6.90 ± 0.04	2.77 ± 0.11
Proteína	21.45 ± 1.11	19.11 ± 0.10	14.29 ± 0.16
Grasa	5.45 ± 0.35	30.74 ± 0.00	64.84 ± 1.58
Cenizas	1.62 ± 0.01	2.96 ± 0.00	1.38 ± 0.01
Carbohidratos*	-	40.30 ± 0.12	16.42 ± 1,68
Fenoles	2.23 ± 0.02	20.64 ± 0.66	6.61 ± 0.26
DPPH	36.29 ± 0.12	78.40 ± 0.73	94.00 ± 0.07

\* Determinado por diferencia

El contenido de humedad fue significativamente mayor en la carne (72.80%) mientras que el aporte de humedad fue baja en la linaza (6.90%) y nuez (2.77%). Por otro lado se tiene la grasa, la cual en su mayoría es aportada por la nuez (64.84%) seguido por la linaza (30.74%) y por último la carne (5.45%).

### **Análisis Físicoquímicos**

En el tabla 4 se presentan los resultados del análisis físicoquímico de los parámetros de potencial de hidrógeno (pH), actividad de agua ( $a_w$ ) y color CIEL\*  $a^* b^*$ . Estos parámetros son de suma importancia en cuanto a la calidad de un producto cárnico ya que una variación en estos podría influir en la aceptabilidad del consumidor e incluso afectar microbiológicamente.

Tabla 4. Características fisicoquímicas de las hamburguesas de res adicionadas con nuez y linaza

Variable	Tratamientos										Nivel de significancia				
											Contrastes				
	C	L1	L2	L3	L4	L5	EEM	C1	C2	C3	C4	C5			
pH	5.59	5.78	5.81	5.62	5.68	5.73	0.020	***	NS	NS	***	NS			
a <sub>w</sub>	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.94	0.003	***	NS	*	**	***			
L*	39.42	43.63	45.08	42.73	43.28	43.17	0.400	***	*	NS	**	NS			
a*	25.90	19.62	20.13	17.97	16.53	15.36	0.350	***	NS	**	***	***			
b*	12.29	15.18	18.16	12.09	12.34	14.76	0.250	***	***	NS	***	***			

C, Control; L1, adicionado con 10% Linaza; L2, adicionado con 20% Linaza; L3, adicionado con 10% Nuez; L4, adicionado con 20% Nuez; L5, adicionado con 10% Linaza y 10% Nuez

pH: potencial de hidrógeno, a<sub>w</sub>: actividad de agua, L\*a\*b\*: parámetros de color

NS, P > 0.05; \*, P < 0.05; \*\*, P < 0.01; \*\*\*, P < 0.001

C1= C Vs L1 + L2 + L3 + L4 + L5, C2= L1 Vs L2, C3= L3 Vs L4, C4= L1 + L2 Vs L3 + L4, C5= L1 + L3 Vs L5

EEM, error estándar de la media.

## **Potencial de hidrógeno (pH)**

La medición de este parámetro en los productos cárnicos es de suma importancia, ya que influye de manera importante en la calidad de los productos cárnicos y se maneja como indicador de las condiciones higiénicas en las que se prepara un alimento.

El pH indica la concentración de iones hidronio que están presentes en determinadas sustancias. De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 4, se observa que el valor de pH de las hamburguesas vario por los tratamientos, observándose un incremento ( $P<0.05$ ) del pH en el C1 y C4. Con respecto al C1, se encontraron valores de pH más altos en las hamburguesas adicionadas con ingredientes no tradicionales respecto al grupo control (5.59). Serrano y col. (2006), citan este mismo comportamiento en filete de carne reestructurada con diferentes proporciones de nuez, reportando un aumento en el pH conforme aumentan los niveles de nuez. Por lo anterior, se puede inferir que la adición de nuez y linaza en hamburguesas de carne de res cambian considerablemente los valores de pH. En el caso del C4 se encontró una disminución ( $P<0.05$ ) del pH en los tratamientos adicionados con nuez (5.65) con respecto a los tratados con linaza (5.79), esto se debe principalmente a que el pH aproximado de la linaza es de 6.17. Por otra parte, no se encontró efecto ( $P>0.05$ ) en el pH de las hamburguesas al aumentar los niveles de incorporación de linaza y nuez (C2 y C3, respectivamente). De igual manera, no hubo diferencia al agregarle linaza o nuez respecto al grupo adicionado con la combinación de estos (C5).

Es importante mencionar que los resultados de pH obtenidos en las hamburguesas se encuentran dentro del rango normal de 5.5 a 6.0 (Calkins, 2007). Los valores de pH cercanos a la neutralidad favorecen el crecimiento de microorganismos y el obscurecimiento de la carne afectando su calidad.

## **Actividad de agua ( $a_w$ )**

En la tabla 4 se presentan los datos obtenidos de la  $a_w$  de las hamburguesas, encontrándose un efecto en los tratamientos, se observó un aumento ( $P<0.05$ ) en el C1, C3, C4 y C5. En cuanto al C1 se encontraron valores más altos de  $a_w$  en los grupos tratados con linaza y nuez con respecto al grupo control (0.95). Así mismo, se observó el mismo comportamiento al incrementar los niveles de nuez en las hamburguesas (C3). En el caso del C4 se presentó un incremento ( $P<0.05$ ) de la  $a_w$  en los grupos tratados con nuez respecto a los tratamientos con linaza. De igual manera se observó un aumento ( $P<0,05$ ) en la  $a_w$  de los tratamientos adicionados con linaza y nuez respecto al grupo tratado con la combinación de

estos ingredientes (C5). Por otra parte, no se encontró diferencia ( $P>0.05$ ) en la  $a_w$  al aumentar de 10% a 20% de linaza (C2).

Los resultados de  $a_w$  obtenidos en este estudio son altos para un producto cárnico, ya que este se refiere al agua disponible para que se lleven a cabo diferentes reacciones en los alimentos acelerando así el deterioro de estos.

### **Color CIE L\* a\* b\***

En la tabla 4 se muestra que la luminosidad de las hamburguesas se afectó por los tratamientos observándose un incremento ( $P<0.05$ ) del valor  $L^*$  en los C1, C2 y C4. En cuanto al C1 se encontraron valores de  $L^*$  más altos en las hamburguesas adicionadas con ingredientes no tradicionales (43.57) con respecto a los del grupo control (39.42). Esta misma tendencia obtuvo Jiménez-Colmenero y col. (2003), en donde observaron un incremento en la luminosidad conforme aumentaban los niveles de incorporación de nuez encontrando valores de 33.74-41.93 para el grupo control y el filete incorporado con 15% de nuez, respectivamente. En el C2 se observó un aumento ( $P<0.05$ ) en la luminosidad (43.63-45.08) al incrementar los niveles de linaza de 10 a 20%, respectivamente y en el caso del C4 hubo una disminución de la luminosidad en los tratamientos con nuez (44.35) respecto a los tratados con linaza (43.00).

Por otro lado, no se observó efecto de los tratamientos al aumentar los niveles de nuez (C3) ni tampoco a los que se les añadió nuez o linaza con respecto a los adicionados con la combinación de estos dos ingredientes (C5). El valor  $a^*$  indica la variación entre el rojo y el verde, en donde valores positivos se percibirá un color rojo y valores negativos un color verde. En la Tabla 4 se muestran los valores obtenidos para este parámetro, en donde se observa que el valor  $a^*$  de las hamburguesas sufrió cambios por los tratamientos, reportándose una disminución ( $P<0.05$ ) en el C1, C3, C4 y C5. Con respecto al C1 se obtuvieron valores más bajos de  $a^*$  en hamburguesas adicionadas con ingredientes no tradicionales, con un promedio general de 17.92, respecto al grupo control (25.9).

Este mismo comportamiento obtuvieron Serrano y col. (2006), en donde evaluaron las características de filetes de vacuno reestructurado con diferentes proporciones de nuez durante la conservación en congelación. Esto indica una disminución en la coloración rojiza de las hamburguesas debido principalmente al aumento de ingredientes no cárnicos como la linaza y la nuez. Este comportamiento no favorece la imagen de productos cárnicos como lo son las hamburguesas de carne de res, ya que podría haber un rechazo por parte del consumidor. En el caso del C3 se encontró una disminución ( $P<0.05$ ) del valor  $a^*$  al aumentar

los niveles de nuez, obteniéndose valores de 17.97-16.53 para los grupos tratados con 10 y 20% de nuez, respectivamente.

Serrano y col. (2006) observaron una disminución en los valores de  $a^*$  para los tratamientos adicionados con 10 y 20% de nuez (8.38 y 7.78, respectivamente). En el C4 se presentó una disminución ( $P<0.05$ ) en el parámetro  $a^*$  en los grupos adicionados con nuez (17.25) respecto a los tratamientos adicionados con linaza (19.87). De igual manera se tuvo un efecto en el C5 en donde se obtuvieron resultados de 19.62, 17.97 y 15.36 para los tratamientos adicionados con 10% de linaza, 10% de nuez y la combinación de estos, respectivamente. Por otra parte, no se observó efecto en los tratamientos al aumentar los niveles de linaza de 10% a 20% (C2).

El valor  $b^*$  representa la variación entre el amarillo y el azul, en donde un valor positivo indica una coloración amarilla y un valor negativo una coloración azul. En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos de este parámetro, en donde se muestra que el valor  $b^*$  del producto presenta una variación ( $P<0.05$ ) en los C1, C2, C4 y C5. En cuanto al C1 se obtuvieron valores altos ( $P<0.05$ ) en las hamburguesas adicionadas con linaza (15.18-18.16 con adición de 10% y 20%, respectivamente); sin embargo, se observa una ligera disminución en este valor en las hamburguesas con 10% de nuez (12.09) y un pequeño aumento en las tratadas con 20% de nuez (12.34) respecto al grupo control (12.29). Este comportamiento se debe principalmente a la adición de ingredientes no cárnicos, los cuales presentan una variación de color un poco amarillento, aumentando así los valores del parámetro descrito.

En el caso del C2 se encontró un aumento ( $P<0.05$ ) del valor  $b^*$  en las hamburguesas tratadas con 20% de linaza (18.16) en comparación con los tratados con 10% de linaza (15.18), mostrando un efecto en el parámetro  $b^*$  al aumentar los niveles de incorporación de este ingrediente. En el C4 se encontró una disminución ( $P<0.05$ ) en el parámetro  $b^*$  en las hamburguesas tratadas con nuez (12.21) en comparación con las adicionadas con linaza (16.67). El aumento del valor  $b^*$  en las hamburguesas con linaza se debe al color amarillo que presenta éste ingrediente. Para el C5 se presentaron variaciones ( $P<0.05$ ) entre tratamientos, encontrándose resultados de 15.18, 12.09 y 14.74 en los grupos tratados con 10% de linaza, 10% de nuez y la combinación de estos dos ingredientes, respectivamente. Por otro lado, no se encontró efecto ( $P>0.05$ ) al aumentar los niveles de nuez en las hamburguesas (C3).

## Análisis Físico

### Análisis de Perfil de Textura

A continuación se muestran los resultados del APT de las hamburguesas de carne de res, donde se incluyen las determinaciones de dureza, cohesividad, masticabilidad y resiliencia.

**Dureza.** Este parámetro está dado por la resistencia que opone la muestra a ser deformada, es decir, la fuerza del alimento, expresada en gramos o kilogramos.

En la figura 4 se muestran los resultados obtenidos, donde se observa que la dureza de las hamburguesas se ve afectada por los tratamientos, encontrándose una variación ( $P < 0.05$ ) en el C1 y C4.

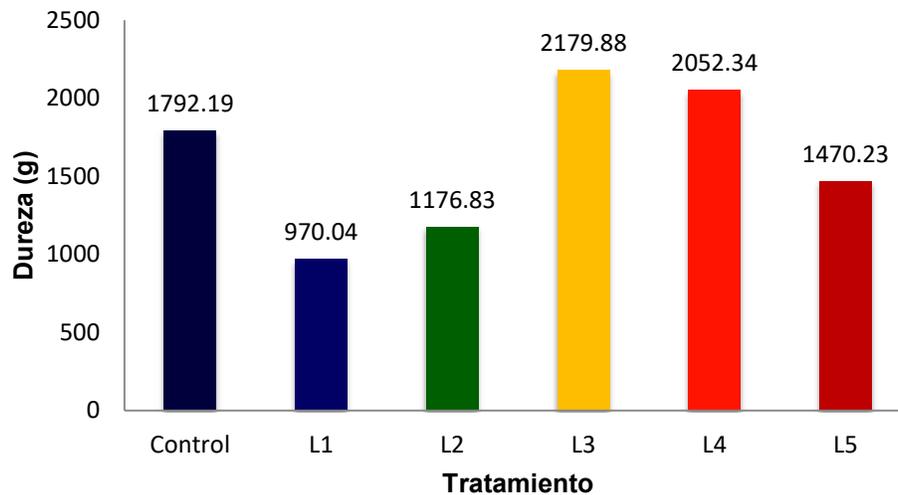


Figura 4. Resultados de dureza para cada uno de los tratamientos con diferentes niveles de incorporación de nuez y linaza.

En cuanto al C1 se observa una ligera disminución ( $P < 0.05$ ) en la dureza de las hamburguesas adicionadas con linaza, mientras que en las adicionadas con 10% y 20%

de nuez presentaron valores más altos (2179.88 g y 2052.34 g, respectivamente) con respecto a las del grupo control (1792.19 g). En el C4 se encontró una disminución ( $P < 0.05$ ) en la dureza de las hamburguesas adicionadas con linaza (1073.43 g) en comparación con las tratadas con nuez (2116.11 g). Por otro lado, no se observó efecto ( $P > 0.05$ ) en la dureza de las hamburguesas al aumentar los niveles de linaza y nuez (C2 y C3, respectivamente). De igual manera, no se encontró efecto en la dureza al agregar linaza o nuez respecto al grupo adicionado con la combinación de estos (C5).

**Cohesividad.** En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos donde se observa que la cohesividad de las hamburguesas se afecta por los tratamientos, encontrándose una variación ( $P < 0.05$ ) en todos los contrastes excepto en el C3, donde no se presentó efecto al aumentar los niveles de nuez de 10 a 20%. En cuanto al C1, se encontraron valores más bajos ( $P < 0.05$ ) en la cohesividad de las hamburguesas a las que se les adicionaron nuez y linaza con respecto a las del grupo control (0.595). En el C2 se observó este mismo efecto de disminución ( $P < 0.05$ ) en la cohesividad de las hamburguesas adicionadas con 20% de linaza (0.277) con respecto a las que se le adicionó solo el 10% de linaza (0.348). En el caso del C4, se presentó un aumento ( $P < 0.05$ ) en las hamburguesas a las que se les añadió nuez (0.537) con respecto a las tratadas con linaza (0,312). Para el C5, se presentaron variaciones ( $P < 0.05$ ) en la cohesividad entre tratamientos, encontrándose valores de 0.348, 0.531 y 0.329 en los grupos adicionados con 10% de linaza, 10% de nuez y la combinación de estos dos ingredientes, respectivamente.

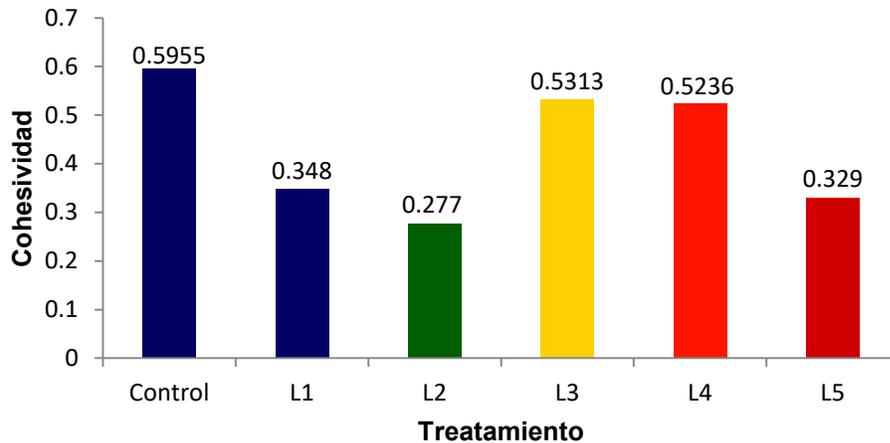


Figura 5. Resultados de cohesividad para cada uno de los tratamientos con diferentes niveles de incorporación de nuez y linaza.

**Masticabilidad.** La masticabilidad es un parámetro relacionado con la dureza, cohesividad y la elasticidad de una muestra y se expresa en g x mm.

En la figura 6 se presentan los resultados obtenidos para dicho parámetro, donde se observa que la masticabilidad de las hamburguesas se ve afectada por los tratamientos, percibiéndose una variación ( $P < 0.05$ ) en los C1, C4 y C5. En cuanto al C1, se observó una disminución ( $P < 0.05$ ) en la masticabilidad de las hamburguesas con ingredientes no tradicionales en comparación con las del grupo control (961.21). En el C4 se presentó una disminución ( $P < 0.05$ ) en los tratamientos a los que se les añadió linaza (167,82) en comparación con los tratados con nuez (923.3). Para el C5 se obtuvo una variación ( $P < 0.05$ ), presentando resultados de 205.20, 958.69 y 259,93 en los tratamientos con 10% de linaza, 10% de nuez y el tratamiento al que se le añadió 10% de nuez más 10% de linaza, respectivamente

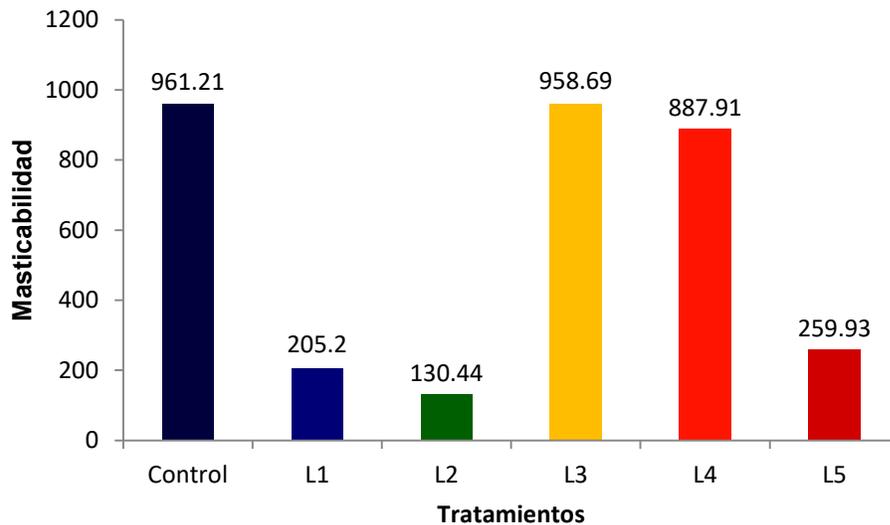


Figura 6. Resultados de masticabilidad para cada uno de los tratamientos con diferentes niveles de incorporación de nuez y linaza

Por otra parte, no se encontró diferencia ( $P > 0.05$ ) en la masticabilidad de las hamburguesas al aumentar los niveles de linaza de 10 a 20% (C2) ni tampoco al aumentar los niveles de incorporación de nuez (C3).

**Resiliencia.** Este parámetro se refiere a la medida en que se recupera la muestra de la deformación, tomando en cuenta la velocidad y fuerza. En la figura 7 se presentan los resultados de dicho parámetro, mostrándose un efecto ( $P < 0.05$ ) en la resiliencia de las hamburguesas, observándose una disminución en el C1, C2, C4 y C5. En cuanto al C1, se observó una disminución ( $P < 0.05$ ) en la resiliencia de las hamburguesas en los tratamientos L1, L2, L3, L4 y L5 en comparación con el grupo control (0.212). En el C2 se observó que al aumentar los niveles de incorporación de linaza de 10% a 20% se presentó una disminución ( $P < 0.05$ ) en la resiliencia de las hamburguesas, obteniéndose resultados de 0.115 a 0.090, respectivamente.

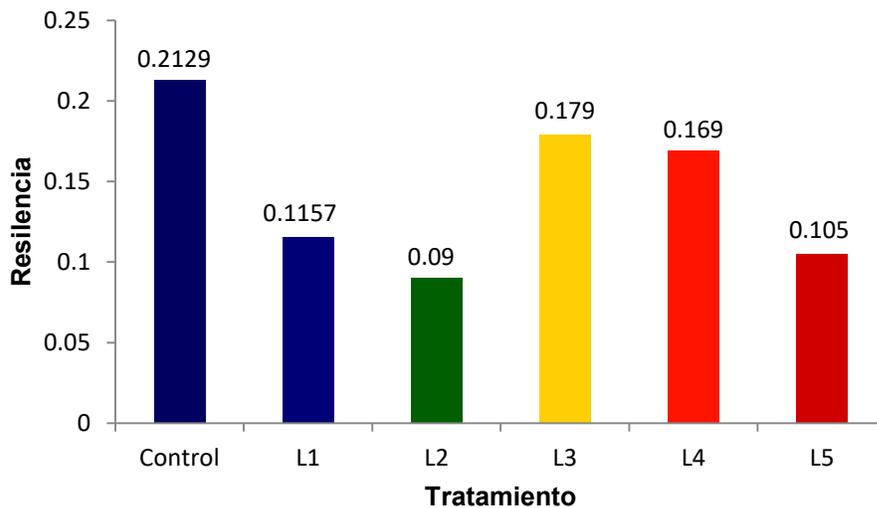


Figura7. Resultados de resiliencia para cada uno de los tratamientos con diferentes niveles de incorporación de nuez y linaza.

Para el C4, se encontró una disminución ( $P < 0.05$ ) en la resiliencia en los grupos tratados con linaza (0.102) en comparación con los adicionados con nuez (0.174). Se observó el mismo efecto de disminución en los tratamientos a los que se les adicionó linaza teniendo resultados de 0.115 en el grupo adicionado con 10% de linaza, 0.179 en el grupo al que se le agregó 10% de nuez y 0.105 en la combinación de estos dos ingredientes. Por otra parte, no se encontró efecto alguno ( $P > 0.05$ ) en la resiliencia al aumentar de 10% a 20% los niveles de nuez (C3).

### Análisis Sensorial

En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos del análisis sensorial de cada uno de los tratamientos evaluados.

Las diferentes características sensoriales se evaluaron con una escala hedónica del 1 al 9, en donde 1 representa una evaluación de disgusto extremadamente y 9 de gusto extremadamente.

Tabla 5. Análisis sensorial de las hamburguesas de res adicionadas con nuez y linaza.

Variable	Nivel de significancia											
	Contrastes											
	C	L1	L2	L3	L4	L5	EEM	C1	C2	C3	C4	C5
<b>Color</b>	6.87	6.25	6.12	5.37	4.87	5.75	0.38	**	NS	NS	**	NS
<b>Sabor</b>	7.00	4.00	3.50	6.87	7.50	3.87	0.42	***	NS	NS	***	**
<b>Firmeza</b>	7.25	4.75	4.12	7.12	7.37	4.37	0.54	**	NS	NS	***	*
<b>Jugosidad</b>	6.87	4.87	5.00	6.12	6.87	5.37	0.54	*	NS	NS	**	NS
<b>SG</b>	7.00	4.62	4.37	6.37	7.25	4.37	0.44	**	NS	NS	***	*

C, Control; L1, adicionado con 10% Linaza; L2, adicionado con 20% Linaza; L3, adicionado con 10% Nuez; L4, adicionado con 20% Nuez; L5, adicionado con 10% Linaza y 10% Nuez.

SG: satisfacción global.

NS, P > 0.05; \*, P < 0.05; \*\*, P < 0.01; \*\*\*, P < 0.001

C1= C Vs L1 + L2 + L3 + L4 + L5, C2= L1 Vs L2, C3= L3 Vs L4, C4= L1 + L2 Vs L3 + L4, C5= L1 + L3 Vs L5

EEM, error estándar de la media.

## Color

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 5, se observa que el color de las hamburguesas se afectó por los tratamientos, presentándose un descenso ( $P < 0.05$ ) en el valor del color en el C1 y C4. En cuanto al C1, se encontraron valores más bajos en los grupos tratados con ingredientes no tradicionales con respecto al grupo control (6.87). Estos mismos resultados se encontraron en el análisis de color por el método de CIE  $L^*a^*b^*$ , en donde el valor de  $a^*$  disminuyó en los tratamientos adicionados con linaza y nuez en comparación con el control. En el C4, se observó un descenso ( $P < 0.05$ ) en el color de las hamburguesas a las que se les adicionó nuez (5.12) con respecto a las adicionadas con linaza (6.18). Sin embargo, al incrementar los niveles de linaza (C2) y de nuez (C3) no impactó de manera significativa ( $P > 0.05$ ) el color de las hamburguesas al igual que a la mezcla de ambos ingredientes (C5).

## Sabor

En el análisis sensorial, se puede observar que el sabor de las hamburguesas se ve afectada por los tratamientos, mostrándose valores bajos ( $P < 0.05$ ) en los grupos a los que se les añadió linaza, con respecto a las del grupo control (7) y a las adicionadas con 10% de nuez (6.87) y 20% de nuez (7.5). Los panelistas fueron capaces de detectar la adición de nuez y gustaron mucho, ya que las describieron como sabor agradable y muy bueno. Este mismo efecto fue reportado por Jiménez-Colmenero y col. (2003) en donde encontraron valores más altos en los tratamientos adicionados con nuez y los panelistas también detectaron la adición de este fruto. En el C4, se observó un descenso ( $P < 0.05$ ) en el sabor de las hamburguesas adicionadas con linaza (3.75) con respecto a las tratadas con nuez (7.18). De igual manera se tuvo un efecto en el C5 en donde se presentaron resultados de 4, 6.87 y 3.87 en los grupos adicionados con 10% linaza, 10% nuez y la combinación de estos dos ingredientes, respectivamente. Por otra parte, no se afectó ( $P > 0.05$ ) el sabor de los tratamientos al aumentar los niveles de incorporación de linaza (C2) y nuez (C3).

## **Firmeza**

Para la firmeza de las hamburguesas se encontró efectos significativos ( $P < 0.05$ ) en los C1, C4 y C5. En el C1, se obtuvo una variación ( $P < 0.05$ ) en la firmeza de los diferentes tratamientos, teniendo valores bajos en los grupos a los que se les adicionó linaza, los cuales los panelistas los encontraron como poco blandos según la escala hedónica que se manejó en este análisis, en comparación con los del grupo control (7.25) y los adicionados con nuez, los cuales fueron moderadamente duros según la evaluación de los panelistas. En cuanto al C4, se encontró un aumento ( $P < 0.05$ ) en la firmeza de los tratamientos adicionados con nuez (7.24), los cuales se calificaron por los panelistas como moderadamente duros con respecto a los adicionados con linaza (4.43) que fueron poco blandos. En el C5, se observó el mismo efecto de variación ( $P < 0.05$ ) en la firmeza de las hamburguesas, donde se obtuvieron valores de 4.75, 7.12 y 4.37 para los grupos tratados con 10% de linaza, 10% de nuez y la combinación de estos dos ingredientes, respectivamente. Sin embargo, los panelistas no encontraron efecto ( $P > 0.05$ ) en la firmeza de las hamburguesas si se aumentan los niveles de linaza (C2) y los niveles de nuez (C3).

## **Jugosidad**

La jugosidad de las hamburguesas presentó una variabilidad solo en los C1 y C4. En donde se observó una disminución ( $P < 0.05$ ) en el valor de las hamburguesas tratadas con linaza en comparación con las del grupo control (6.87); mientras que las tratadas con nuez tuvieron valores similares al control (efecto del C1). En cuanto al C4, aumentó ( $P < 0.05$ ) la jugosidad de los grupos tratados con nuez (6.49) con respecto a los tratados con linaza (4.93). Por otro lado, no se encontró un efecto ( $P > 0.05$ ) en los tratamientos al aumentar los niveles de linaza (C2), ni al aumentar los niveles de nuez (C3), ni tampoco en los grupos adicionados con 10% de linaza y 10% de nuez con respecto al tratamiento adicionado con la combinación de estos dos ingredientes (C5).

## **Satisfacción Global**

En la tabla 5 se muestran los valores obtenidos para cada tratamiento. Encontrándose diferencias significativas en los C1, C4 y C5. En cuanto al C1, se presentó una disminución ( $P < 0.05$ ) en los tratamientos adicionados con ingredientes no tradicionales excepto el adicionado con 20% de nuez (L4), el cual se calificó con un valor de 7.25, con respecto al grupo control (7). Lo mismo se observó en el C4, en donde se obtuvo un aumento ( $P < 0.05$ ) en el nivel de agrado de las hamburguesas adicionadas con nuez (6.37) en comparación con las adicionadas con linaza (4.49), las cuales, según la escala hedónica utilizada, se clasificó por los panelistas como disgusta moderadamente. Por otro lado, se encontró una ligera variación ( $P < 0.05$ ) en el C5, presentándose resultados de 4.62, 6.37 y 4.37 en los tratamientos adicionados con 10% de linaza, 10% nuez y la combinación de estos dos ingredientes, respectivamente.

En forma general, con los resultados mostrados en la tabla 5, se puede inferir que los tratamientos a los que se les agregó linaza no fueron agradables para los panelistas y algunos de ellos detectaron la adición de nuez.

## **Antioxidantes**

### **Determinación de Fenoles**

Los resultados del contenido de fenoles se presentan como mg de ácido gálico/g de muestra, figura 8, en donde se observa un aumento en el contenido de fenoles en los C1, C2 y C4. En cuanto al C1 se presentó un aumento ( $P < 0.05$ ) en los fenoles de las hamburguesas adicionadas con linaza y nuez en comparación con las del grupo control (2.23). En el C2 también se obtuvo un aumento ( $P < 0,05$ ) en el contenido de fenoles al incrementar el nivel de linaza teniendo resultados de 3 para los grupos adicionados con 10% de linaza y 3.88 para los adicionados con el 20% de linaza. El C4, presentó un descenso ( $P < 0.05$ ) en las hamburguesas adicionadas con nuez (2.70) con respecto a los grupos adicionados con linaza (3.44). Por otro lado, no se encontró efecto ( $P > 0.05$ ) en los tratamientos al aumentar los niveles de nuez (C3) ni tampoco se encontró efecto al añadir 10% de linaza o 10% de nuez con respecto al grupo tratado con la combinación de estos dos ingredientes (C5). Por lo tanto, con respecto a los resultados obtenidos, la linaza y la nuez contienen compuestos antioxidantes como fenoles; sin embargo, la linaza presentó un nivel más alto de estos compuestos.

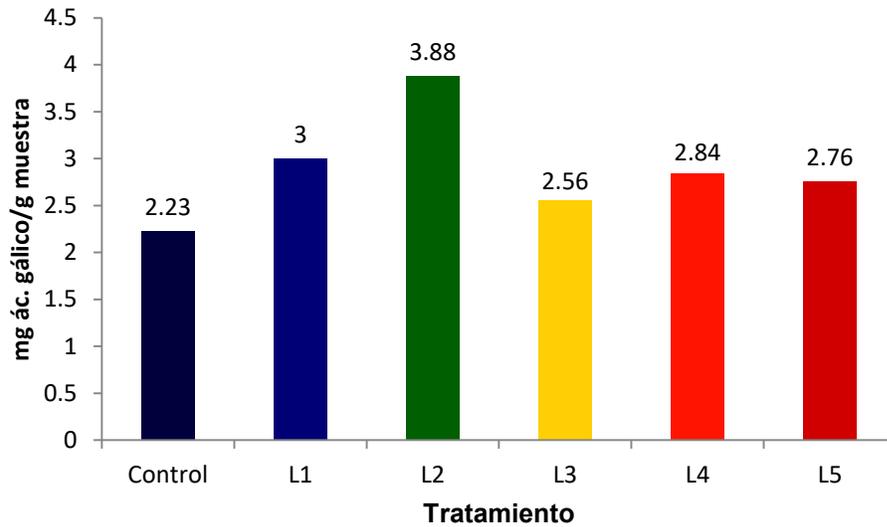


Figura 8. Resultados del contenido de fenoles para cada uno de los tratamientos con diferentes niveles de incorporación de nuez y linaza.

### Actividad Antioxidante

La actividad antioxidante de los tratamientos se determinó midiendo la capacidad de los extractos para inhibir el radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrozil). Los resultados obtenidos en este parámetro se reportan como % de inhibición del radical DPPH, figura 9, donde se aprecia un efecto en los tratamientos presentándose un aumento en el C1, C3, C4 y C5. En cuanto al C1 se obtuvo un aumento ( $P < 0.05$ ) en el % de inhibición de DPPH en los tratamientos adicionados con ingredientes no tradicionales con respecto a los del grupo control (36.29%). En el C3 se observó un aumento ( $P < 0.05$ ) en el % de inhibición al aumentar los niveles de nuez añadida reportándose resultados de 46.66% para hamburguesas con 10% nuez y 55.36% para las de 20% nuez. El mismo efecto se observó en el C4, aumentando ( $P < 0,05$ ) el % de inhibición en las hamburguesas adicionadas con nuez (51.01%) con respecto las adicionadas con linaza (44.72%). En cuanto al C5, se presentó un efecto en los tratamientos observándose una disminución

( $P < 0.05$ ) al adicionar 10% de linaza o 10% de nuez con respecto a la combinación de estos dos ingredientes, obteniéndose resultados de 43.44%, 46.66% y 49.61%, respectivamente. Por otro lado, no se encontró efecto ( $P > 0.05$ ) al aumentar los niveles de incorporación de linaza (C2).

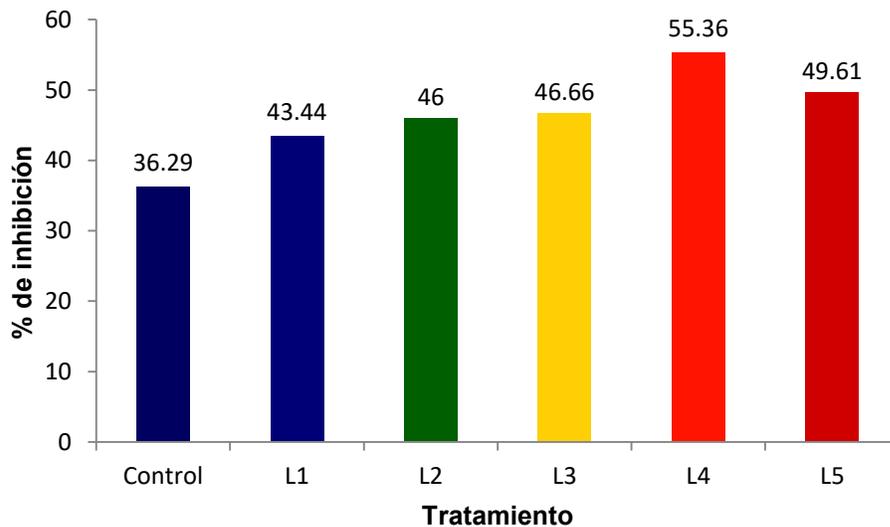


Figura 9. Resultados del % de inhibición de DPPH para cada uno de los tratamientos con diferentes niveles de incorporación de nuez y linaza.

Por lo tanto, con respecto a los resultados se concluye que las hamburguesas adicionadas con ingredientes no tradicionales como la linaza y la nuez aumentan considerablemente el % de inhibición del radical DPPH. Resaltando que los tratamientos adicionados con nuez presenta un % de inhibición más alto que los demás grupos.

## Análisis Químico

Los resultados de la composición química de los diferentes tratamientos realizados se muestran en la tabla 6. En donde se incluyen los parámetros de humedad, proteína, grasa, cenizas y carbohidratos.

Tabla 6. Composición química de las hamburguesas de carne de res incorporadas con nuez y linaza.

Variable	Nivel de significancia											
	Tratamientos					Contrastes						
	C	L1	L2	L3	L4	L5	EEM	C1	C2	C3	C4	C5
<b>Humedad</b>	72.80	63.44	57.49	63.34	56.20	61.45	1.78	***	*	*	NS	NS
<b>Proteína</b>	21.44	21.01	21.19	19.21	19.14	19.12	0.53	*	NS	NS	**	NS
<b>Grasa</b>	5.46	7.68	9.33	11.40	17.64	13.26	0.22	***	**	***	***	***
<b>Cenizas</b>	1.73	1.99	2.27	1.89	1.93	1.44	0.05	*	**	NS	**	***
<b>Carbohidratos*</b>	2.18	5.56	9.68	3.52	5.29	8.34	0.62	***	**	NS	*	*

C, control; L1, adicionado con 10% Linaza; L2, adicionado con 20% Linaza; L3, adicionado con 10% Nuez; L4, adicionado con 20% Nuez; L5, adicionado con 10% Linaza y 10% Nuez.

\* carbohidratos determinados por diferencia.

NS, P > 0.05; \*, P < 0.05; \*\*, P < 0.01; \*\*\*, P < 0.001

C1= C Vs L1 + L2 + L3 + L4 + L5, C2= L1 Vs L2, C3= L3 Vs L4, C4= L1 + L2 Vs L3 + L4, C5= L1 + L3 Vs L5

EEM, error estándar de la media.

## Humedad

En la tabla 6, se observa que la humedad fue afectada por los tratamientos, encontrándose una disminución en los C1, C2 y C3. En el C1 disminuyó ( $P < 0,05$ ) la humedad de los tratamientos adicionados con ingredientes no tradicionales en comparación con el grupo control (72.80%). También se presentó un efecto ( $P < 0.05$ ) al aumentar los niveles de incorporación de linaza (C2), encontrándose valores de 63.44% para el grupo adicionado con 10% de linaza y 57.49% para el adicionado con 20% de linaza. Este mismo efecto se observó en el C3, en donde hubo una disminución ( $P < 0.05$ ) en la humedad de las hamburguesas adicionadas con 20% de nuez (56.20%) con respecto al tratamiento con 10% de nuez (63,34%). Por otro lado, en el C4 no se encontró efecto ( $P > 0.05$ ) en la humedad en los grupos añadidos con linaza (L1 y L2) con respecto a los adicionados con nuez (L3 y L4) obteniéndose resultados de 60.46% y 59.77%, respectivamente. Tampoco se presentó efecto ( $P > 0,05$ ) en la humedad del C5 en donde se obtuvieron valores de 63.44%, 63.34% y 61.45% para los grupos L1, L3 y L5, respectivamente.

Estos resultados concuerdan con los reportados por Serrano y col. (2006), para carne de res reestructurada con diferentes proporciones de nuez, en donde se muestra una reducción en el porcentaje de humedad en los tratamientos adicionados con nuez. En donde se reportaron valores de humedad de 74.69% para el tratamiento control, 68.08% para el tratamiento adicionado con 10% de nuez y 61.12% para la carne con 20% de nuez incorporada. Por otra parte, Jiménez-Colmenero y col. (2003), encontraron resultados similares en carne de res reestructurada con nuez añadida, en el cual realizaron cuatro tratamientos, un control, uno con 5% de nuez, 10% de nuez y 15 % de nuez. En el cual se reportaron valores de 75.3% de humedad para el grupo control, 71.9%, 68.5% y 63.6% para los grupos añadidos con 5%, 10% y 15% de nuez respectivamente.

Esta disminución se debe al bajo contenido de agua de la linaza y la nuez. En el presente estudio se obtuvieron 6.90% y 2.77% de humedad para linaza y nuez, respectivamente.

## **Proteína**

En la tabla 6, se muestran los porcentajes de proteína para cada uno de los tratamientos realizados, observándose una disminución en los valores solo en el C1 y C4. En cuanto al C1, se encontró una disminución ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de proteína en los tratamientos adicionados con linaza y nuez con respecto al grupo control (21.44%). Este mismo efecto encontraron Serrano y col. (2006), en carne de res reestructurada con diferentes porcentajes de nuez, en donde encontraron valores de 20.56% (grupo control), 19.78% (tratamiento con 10% de nuez) y 19.56% (tratamiento con 20% de nuez). Resultados similares a los obtenidos en este trabajo.

En el C4 se observaron valores bajos ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de proteína de los tratamientos adicionados con nuez (19.17%) con respecto a los adicionados con linaza (21.10%). Por otra parte, no se encontró efecto ( $P > 0.05$ ) en el porcentaje de proteína al incrementar el porcentaje de linaza (C2), ni al aumentar los niveles de incorporación de nuez (C3), tampoco al incorporar linaza o nuez con respecto a la combinación de estos dos ingredientes (C5). Con los porcentajes de proteína obtenidos en los diferentes tratamientos realizados, se puede decir que las hamburguesas de carne de res adicionadas con estos dos ingredientes son de alta calidad nutricional.

## **Grasa**

En la tabla 6 se muestran los porcentajes de grasa que se obtuvieron en los diferentes tratamientos y se observa que hubo efecto por los tratamientos en todos los contrastes. En cuanto al C1 se presentó un aumento ( $P < 0.05$ ) significativo en los tratamientos adicionados con linaza y nuez, con respecto a los del grupo control (5.46%). El porcentaje de grasa que se obtuvo en los grupos tratados con linaza y nuez aumentaron considerablemente, ya que estos presentaron un porcentaje de 30.74% y 64.84%, respectivamente. En el C2 se encontró un aumento ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de grasa en el tratamiento al cual se le adicionó 20% de linaza (9.33%), con respecto al adicionado solo con un 10% (7,68%). Este mismo efecto se encontró en el C3, obteniéndose un resultado de 17.64% en el tratamiento adicionado con 20% de nuez y 11.40% al adicionado solo con el 10% de este fruto. El C4 presentó un aumento significativo

( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de grasa en el grupo adicionado con nuez (14.52%) con respecto al adicionado con linaza (8.50%). Por último, se registró una disminución ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de grasa en los tratamientos con 10% de linaza (7.68%) y 10% de nuez (11.40%) con respecto al grupo al cual se le agregó la combinación de estos dos ingredientes (13.26%).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en la caracterización de la materia prima, ya que la linaza y la nuez presentan un alto contenido de grasa. Sin embargo, es importante mencionar que tanto la nuez como la linaza son conocidas principalmente por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, entre los cuales se encuentran el ácido linoleico y ácido linolénico y son bajos en ácidos grasos saturados (Jiménez-Colmenero y col., 2010; Weiss y col., 2010). Por tanto, aportan grandes beneficios a la salud del consumidor.

### **Cenizas**

Los resultados obtenidos para este parámetro se presentan en la tabla 6, en el cual se muestra que el % de cenizas de las hamburguesas es afectado por los tratamientos ( $P < 0.05$ ). Observándose un aumento ( $P < 0.05$ ) en el % de cenizas en los tratamientos a los cuales se les agregó linaza y nuez, con respecto a los del grupo control (1.73%), efecto del C1. Asimismo, se observó el mismo comportamiento al incrementar la adición de linaza de 10% a 20% obteniendo resultados de 1.99% y 2.27%, respectivamente (efecto del C2). En cuanto al C4, se encontró un aumento ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de cenizas de los tratamientos adicionados con linaza (2.13%) con respecto a los adicionados con nuez (1.91%). También se encontró un efecto sobre los tratamientos al añadirle a las hamburguesas 10% de linaza o 10% de nuez con respecto a las adicionadas con la combinación de estos dos aditivos (1.99%, 1.89% y 1.44%, respectivamente). Por otro lado, no se encontró efecto ( $P > 0.05$ ) en los tratamientos al aumentar la incorporación de nuez de 10% a 20% (efecto del C3).

### **Carbohidratos**

Los resultados se muestran en la tabla 6, donde se observa que el C1 presenta una variación ( $P < 0.05$ ) por los tratamientos, obteniéndose valores más elevados en los grupos tratados con linaza y nuez con respecto al grupo control (2.18%). En el C2 se encontraron valores más altos en el porcentaje de cenizas al aumentar la adición de linaza a un 20% (9.68%) con respecto al adicionado solo con un 10% de este compuesto (5.56%). Este mismo efecto se observó en el C4 en donde los tratamientos adicionados con linaza (.62%) son más altos en comparación con los adicionados con nuez (4.40%). Por otro lado, para el C5 se encontró que existe un efecto significativo en las hamburguesas al adicionarles un 10% de linaza (5.56%) o 10% de nuez (3.52%) con respecto al tratamiento al cual se le adicionó la combinación de estos (8.34%); este aumento se debe a la disminución de carne de res en los tratamientos y la adición de dos componentes con un alto contenido de carbohidratos. Por otro lado no se encontró efecto alguno al aumentar la adición de nuez en los tratamientos (efecto del C3).

## CONCLUSIÓN

En base a los resultados obtenidos en este estudio se concluye que la nuez y la linaza pueden utilizarse como ingredientes en productos cárnicos como lo son las hamburguesas de res en diferentes niveles de incorporación, afectando de cierta manera los parámetros de calidad de dicho producto.

El porcentaje de grasa en todos los tratamientos fue superior comparado con el del control, esto debido al alto contenido de ácidos grasos que ofrece la linaza y la nuez, mientras que el porcentaje de proteína no se vio afectado obteniéndose entre 21.44-19.02%.

El pH y la  $a_w$  aumentaron en los tratamientos con linaza y nuez. En el caso del color, la luminosidad y el matiz  $b^*$  aumentaron en los tratamientos con mayor adición en los ingredientes, mientras que el matiz  $a^*$  disminuyó. Sin embargo, los tratamientos adicionados con linaza tuvieron mayor aumento en el color.

Los tratamientos adicionados con la nuez y linaza presentaron un mayor contenido de fenoles y también se obtuvo un alto % de inhibición del radical DPPH.

En el análisis de perfil de textura, todos los parámetros se vieron afectados por la adición de linaza y nuez. En general, la adición de nuez aumenta considerablemente los valores de todos los parámetros de textura, mientras que la linaza los disminuye.

En el análisis sensorial todos los tratamientos tuvieron repercusión en los diferentes parámetros y se detectó el sabor de la nuez, aun así, los tratamientos a los que se les adicionó nuez fueron de gran gusto.

Por lo anterior, es factible la elaboración de productos cárnicos incorporando linaza y nuez, brindando así un producto saludable e innovador para el consumidor.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar la determinación de vida de anaquel de los tratamientos realizados ya que en este trabajo solo se evaluó el efecto sobre la calidad.
- Realizar un análisis de perfil de lípidos a los diferentes tratamientos para identificar exactamente los omegas presentes y determinar su beneficio en la salud.
- Demostrar la funcionalidad del alimento en sistemas biológicos para comprobar realmente su efecto benéfico al organismo.
- Realizar estudios similares con el fin de establecer las bases para que la industria cárnica cuente con las herramientas necesarias para el desarrollo de productos con mayor valor nutricional.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Alberich R. S., Godás-Bonfill G, Salas-Salvadó J, Masana-Marín LI. Efectos de los frutos secos sobre las enfermedades cardiovasculares. 2002. Formación Continuada en Nutrición y Obesidad. 5:194-202.
- American Diabetes Association (ADA). 2011. Diabetes Basics: <http://www.diabetes.org/diabetes-basics/>
- Arihara K. Strategies for designing novel functional meat products. Meat Sci 2006; 74: 219-29.
- Arihara K, Ohata M. Functional meat products. In F. Toldrá (Ed). Handbook of Meat Processing. (pp. 423-439). Ames, Iowa: Wiley-Blackwell. 2010
- Badui D. S. 2006. Química de los Alimentos. 4ª ed. Ed. Pearson Educación de México, S.A. de C.V. México. pp. 433-
- Barquera C.S., Rivera D.J., Campos N.I., Hernández B.L., Burgoa Z.C.S., Durán V.E., Rodríguez C.L., Hernández A.M. 2010. Bases técnicas del Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria. Estrategias contra el sobrepeso y la obesidad. 1ª ed. México, D.F. pp. 14-
- Benzio M. T. 2005. Determinación Objetiva del Color en la Elaboración de Pastas Modelo de Embutidos Crudo-curados. Universidad Nacional del Litoral. pp. 6-20.
- Bilek E. A. y Turhan S. 2009. Enhancement of the nutritional status of beef patties by adding flaxseed flour. Meat Science. 82: 472-477.
- Bourne, M. (2002). *Food texture and viscosity: concept and measurement* (2nd ed.). New York, U.S.A.: Academic Press.
- Calkins C.R., Hodgen J.M. 2007. A fresh look at meat flavor. Meat Science. 77:63-80.
- Carbajal, A. (2005). Evolución del Consumo de carne y derivados. Factores que condicionan su ingesta y papel nutricional en la dieta española. In F. SánchezMuniz, F. Jiménez-Colmenero & B.
- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006. Olaiz-Fernández G, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Rojas R, Villalpando-Hernández S, Hernández-Avila M, Sepúlveda-Amor J. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2006.

- FAO/WHO (2010). Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. FAO FOOD AND NUTRITION PAPER 91. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/013/i1953e/i1953e00.pdf>
- Fennema O.R. 2000. Química de los Alimentos. 2 ed. Ed. Acribia. España. pp. 436-469.
- Figuerola, F., Muñoz, O., Estévez, A.M. (2008). La linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos. Agro sur 36 (2) 49- 58
- Guillevic M., Kouba M., Mouro J. 2009. Effect of a linseed diet on lipid composition, lipid peroxidation and consumer evaluation of French fresh and cooked pork meats. Meat Science. 81:612-618.
- Hernández A.E. 2005. Evaluación Sensorial. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. UNAD. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. pp. 11-12
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. *Estadísticas de Mortalidad*: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=mdemo107&s=est&c=23587>
- Jiménez-Colmenero F., Sánchez-Muniz F.J., Olmedilla-Alonso B., Collaborators. 2010. Design and development of meat-based functional foods with walnut: Technological, nutritional and health impact. Food Chemistry. 123:959-963.
- Lawrie, R. A. 1977. Ciencia de la Carne. 2ª ed. Ed. Acribia Zaragoza (España). pp. 17-
- McAfee A. J., McSorley E. M., Cuskelly G. J., Moss B. W., Wallace J. M. W., Bonham M. P., Fearon A. M. 2010. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. 84:1-13.
- Morrissey P. A., Sheehy P. J. A., Galvin K., Kerry J. P. & Buckley D. J. 1998. Lipids Stability in Meat and Meat Products. Meat Science. 49:75-86.
- Mueller K., Eisner P., Yoshie-Stark Y., Nakada R., Kirchhoff E. 2010. Functional properties and chemical composition of fractionated brown and yellow linseed meal (*Linum usitatissimum* L.). Journal of Food Engineering. 98:453-460.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2011. Obesity and Overweight: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html>
- Oro T., Ogliari P.J., Castanho R.D., Barreras A.D., Block J.M. 2008. Evaluación de la calidad durante el almacenamiento de nueces Pecán [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch] acondicionadas en diferentes envases. Grasas y Aceites. 2:123-138.

- Osorio T. J. F., Ciro V. H. J., Mejía L. G. 2005. Caracterización reológica y textural del queso Edam. *Dyna*. 72:33-45.
- Ramcharitar A., Badrie N., Mattfeldt-Beman M., Matsuo H., Ridley C. 2005. Consumer Acceptability of Muffins with Flaxseed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Food Science*. 70:504-507.
- Reiter R.J., Manchester L.C., Tan D. 2005. Melatonin in walnuts: Influence on levels of melatonin and total antioxidant capacity of blood. *Nutrition*. 21:920-924.
- Serrano A., Cofrades S. y Jiménez-Colmenero F. 2006. Characteristics of restructured beef steak with different proportions of walnut during frozen storage. *Meat Science* 72:108-115.
- Villarreal-Lozoya J.E., Lombardini L., Cisneros-Zevallos L. 2007. Phytochemical constituents and antioxidant capacity of different pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivars. *Food Chemistry*. 102:1241-1249.
- Weiss J., Gibis M., Schuh V., Salminen H. 2010. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Science*. 86:196-213.
- Yang J., Hai R., Halim L. 2009. Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds. *Food Science and Technology*. 42:1-8.
- Zhang W., Xiao S., Samaraweera H., Joo Lee E., Ahn D. U. 2010. Improving functional value of meat products. *Meat Science*. 86:15-3