

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICO BIOLÓGICAS

UTILIZACIÓN DE EXTRACTO DE VAINA DE MEZQUITE (*Prosopis alba* y *P. chilensis*) COMO ADITIVO ANTIOXIDANTE EN SALCHICHAS DE CERDO PARA DESAYUNO

TESIS PROFESIONAL PRÁCTICA

TODO LO ILUMINAN

Que para obtener el Título de

QUÍMICO EN ALIMENTOS

Presenta

Dafne Velásquez Jiménez

Hermosillo, Sonora

Mayo de 2018

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

APROBACIÓN

Los miembros del jurado designado para revisar la Tesis Profesional de Dafne Velásquez Jiménez la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el Título de Químico en Alimentos.

Atentamente:



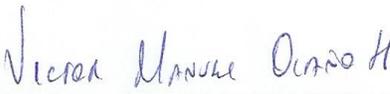
Dra. Armida Sánchez Escalante

Presidente del Jurado



Dr. Ramón Enrique Robles Zepeda

Secretario



Dr. Victor Manuel Ocaño Higuera

Vocal



Dra. Ofelia Rouzaud Sánchez

Suplente

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora, por mi formación académica. Especialmente a los que administran el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas y la licenciatura de Químico en Alimentos. Así como a todos los profesores que intervinieron en mi formación y educación, ya que si logré culminar esta etapa de vida fue gracias a sus enseñanzas.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C, por recibirme y permitirme realizar mi proyecto de tesis en sus instalaciones, así como por la beca otorgada durante mi estancia.

A mi directora de tesis Dra. Armida Sánchez Escalante, por la confianza depositada en mí, su apoyo, sus enseñanzas y los ánimos para avanzar en el desarrollo de este proyecto, muchas gracias doctora.

Al Dr. Ramón Enrique Robles Zepeda, por su apoyo no solo en el proceso de realización de esta tesis, sino a lo largo de toda mi estancia en la Universidad de Sonora, por sus recomendaciones y buenos deseos cada vez que una nueva etapa o reto surgía en mi vida; por enseñarme a tener pasión en lo que hago y por motivarme a continuar aprendiendo día a día. Va de nuevo con mucha fe, muchas gracias doctor.

A los doctores Víctor Ocaño y Ofelia Rouzaud, por aceptar con mucho entusiasmo el brindarme su apoyo en este proyecto y estar siempre ahí para lo que necesitara durante mi formación como química en alimentos, para brindarme asesoría en los temas nuevos y mostrar su apoyo y confianza en mí en cada clase y a lo largo del desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Gastón R. Torrescano Urrutia por su apoyo a lo largo de estos meses, por sus consejos en cada etapa del experimental y por su valiosa aportación al proyecto.

Al maestro José Jesús Sánchez Escalante, encargado del herbario de la Universidad de Sonora, por su ayuda con la identificación de las especies utilizadas en este proyecto.

A María de los Ángeles de la Rosa, quién me apoyó en cada etapa y momento de este proyecto brindándome su sabiduría, consejos, ánimos y amistad; a Alejandro Felician por su amistad y apoyo durante estos meses para hacerlos más llevaderos; a Juan Luis Murillo, por su apoyo y por permitirme enseñarle un poco durante su estancia de investigación; a Carlos Sampieri, por su apoyo, entusiasmo y paciencia para enseñarme estadística; así como al resto de mis

compañeros del Laboratorio de Investigación en Carne y Productos Cárnicos, Rey David Vargas y Brisa del Mar Torres, por sus enseñanzas durante mi estancia.

Al personal de CIAD que colaboró para que este proyecto pudiera salir adelante, especialmente a Miguel Ángel por ayudarme con la colecta de vainas y ramas para su identificación; a María del Carmen Granados, por facilitarme el uso del molino para la obtención de la harina; a Luis Enrique González, por facilitarme el uso de los equipos para la determinación de la composición química proximal y por sus consejos durante el proceso; a los chicos del verano de la investigación científica 2017, que colaboraron durante su estancia, y que hicieron más llevaderos esos meses.

A mi familia, por su apoyo incondicional no sólo en esta etapa, si no a lo largo de toda mi vida. A mis padres por su apoyo, ánimos y confianza para que lograra mis metas, por sus palabras de aliento en los momentos más adecuados y por nunca dejarme sola cuando los necesito. A mis hermanos, Gamaliel y Dámaris por estar siempre apoyándome y dándome ánimos. Los quiero mucho a los cuatro.

A Roberto, por su apoyo y cariño incondicional, por estar ahí en todo momento, tanto buenos como malos, dándome ánimos y motivándome a seguir adelante durante todos estos meses, por sus palabras de aliento y su comprensión cuando las cosas no resultaban de lo mejor. Muchas gracias Beto te quiero mucho.

A mis amigos que me apoyaron durante el proyecto ya fuese de manera intelectual o emocional, Ángel, Ángela, Karla, Sarahí, Daniel, David Corona y Hervey. Además, a mis compañeros de carrera por hacer hermosos estos últimos cinco años de vida: Martín, Katya, Dania, Leira y Yesica.

Y por último, pero el más importante, a Dios por darme salud, fuerza, ánimos y motivación para llevar a cabo mis metas y sueños.

CONTENIDO

APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	4
CONTENIDO	6
LISTA DE TABLAS	10
LISTA DE FIGURAS	11
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos	16
ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	17
Carne y Productos Cárnicos.....	17
Definición de Carne	17
Composición e Importancia Nutricional de la Carne de Cerdo	17
Calidad de la Carne	20
Productos Cárnicos.....	29
Desarrollo de Productos Cárnicos.....	29
Clasificación de los Productos Cárnicos.....	30
Salchichas para Desayuno	31
Problemáticas y Retos de la Industria Cárnica en la Actualidad.....	31
Antioxidantes.....	32
Definición de Aditivos y Antioxidantes.....	32
Mecanismo de Acción de los Antioxidantes	33
Clasificación de los Antioxidantes	34
El Mezquite	37
Generalidades.....	37

Fisiología	37
Distribución y Producción.....	38
Vainas de Mezquite.....	38
Fisiología	38
Usos Tradicionales	39
Composición y Compuestos Funcionales	40
METODOLOGÍA.....	43
Obtención de la Muestra	43
Limpieza y Preparación de la Muestra.....	43
Elaboración de Extractos y Extracciones Múltiples.....	44
Evaluación de la Capacidad Antioxidante.....	44
Actividad inhibidora del Cation Radical del Ácido 2,2'azinobis- (3- etilbenzotiazolina)- 6-sulfónico (ABTS•+).....	45
Ensayo y Determinación de la Actividad Antioxidante por el Método del DPPH•	45
Poder Reductor.....	45
Evaluación del Contenido de Fenoles y Flavonoides Totales	46
Determinación de Fenoles Totales.....	46
Determinación de Flavonoides Totales	46
Evaluación Química Proximal de la Harina y Salchichas para desayuno.....	47
Humedad	47
Grasa Cruda	47
Cenizas.....	47
Proteína	48
Formulación de Salchichas de Desayuno.....	48
Evaluación de Calidad de Salchicha de Desayuno.....	49
Evaluación de pH.....	50
Evaluación de Color.....	50

Oxidación de Lípidos.....	50
Mesófilos Totales	51
Psicrófilos Totales.....	51
Capacidad de Retención de Agua (CRA).....	51
Pérdida de Peso por Cocción.....	52
Textura	52
Análisis Estadístico	52
Etapa 1	53
Etapa 2	53
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
Obtención e Identificación de la Muestra.....	54
Composición Química Proximal de la Harina de Vaina de Mezquite.....	54
Elaboración de Extractos y Cálculo del Rendimiento.....	55
Composición de Fenoles y Flavonoides Totales.....	57
Contenido de Fenoles Totales	57
Contenido de Flavonoides Totales	60
Actividad Antioxidante	61
Poder Reductor.....	61
Actividad Antiradical DPPH.....	63
Actividad Antiradical ABTS.....	66
Evaluación de la Calidad de las Salchichas para Desayuno.....	68
Evaluación de pH.....	68
Evaluación de Color	69
Evaluación de la Capacidad de Retención de Agua.....	76
Evaluación de la Pérdida de Peso por Cocción.....	78
Evaluación de Textura	79
Cuenta Total	80

Evaluación de la Oxidación de Lípidos por TBARS.....	84
Composición Química Proximal	86
CONCLUSIONES	88
BIBLIOGRAFÍA	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición (g/100 g) de la carne de diferentes especies.	18
Tabla 2. Composición de los ácidos grasos de carne y tejido adiposo de puerco.	19
Tabla 3. Mecanismo de reacción para oxidación lipídica.	27
Tabla 4. Composición química proximal de <i>Prosopis alba</i> y <i>P. chilensis</i> expresados en base húmeda (g/100 g).	40
Tabla 5. Formulación de las salchichas para desayuno elaboradas	49
Tabla 6. Composición química proximal de la harina de vaina de mezquite.	54
Tabla 7. Rendimiento de los extractos obtenidos a partir de <i>Prosopis chilensis</i> y <i>Prosopis alba</i> .	56
Tabla 8. Contenido de fenoles y flavonoides totales de los extractos de vaina de mezquite (<i>Prosopis alba</i> y <i>Prosopis chilensis</i>).	58
Tabla 9. Actividad inhibitoria contra el radical ABTS de los extractos de vaina de mezquite (<i>Prosopis chilensis</i> y <i>Prosopis alba</i>) expresado como mmoles eq Trolox/g.	68
Tabla 10. Composición química proximal de las salchichas para desayuno.	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Molécula de Mioglobina.	22
Figura 2. Relación del estado de oxidación y color de la mioglobina.	23
Figura 3. Estructuras de los antioxidantes artificiales.	35
Figura 4. Reacción de los flavonoides con el cloruro de aluminio.	60
Figura 5. Poder reductor de los extractos de vaina de mezquite (<i>Prosopis alba</i> y <i>Prosopis chilensis</i>).	62
Figura 6. Inhibición del radical DPPH de los extractos de <i>Prosopis chilensis</i> y <i>Prosopis alba</i> .	65
Figura 7. Inhibición del radical ABTS de los extractos de vaina de mezquite (<i>Prosopis chilensis</i> y <i>Prosopis alba</i>).	67
Figura 8. Valores de pH en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C).	69
Figura 9. Valores de luminosidad (L*) en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C).	70
Figura 10. Valores de a* en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C).	72
Figura 11. Valores de índice de amarillo (b*) en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C).	73
Figura 12. Valores de saturación (C*) en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C).	75
Figura 13. Valores de h* en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C).	76
Figura 14. Capacidad de retención de agua en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C).	77
Figura 15. Pérdida de peso por cocción en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C).	79
Figura 16. Esfuerzo al corte en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C).	80
Figura 17. Cuenta total de mesófilos en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C).	82
Figura 18. Cuenta total de psicrófilos en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C).	84
Figura 19. Sustancias reactivas al ácido tiobarbiturico (TBARS) en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C).	85

RESUMEN

Una de las principales causas del deterioro en los alimentos es la oxidación lipídica. Los productos derivados de la oxidación de lípidos son los responsables de la rancidez oxidativa y pueden ser formadores de compuestos de riesgo para la salud del consumidor. Para evitar la oxidación de lípidos en los alimentos se utilizan antioxidantes, principalmente sintéticos; sin embargo, actualmente la industria cárnica busca fuentes naturales para la obtención de éstos con el fin de evitar los posibles efectos secundarios que ocasionan los antioxidantes sintéticos. El mezquite ha sido estudiado en el mundo debido a que contiene compuestos funcionales que le confieren propiedades antioxidantes y antimicrobianas, además de ser utilizado como planta medicinal a lo largo de la historia. Estudios previos han evaluado las propiedades funcionales del mezquite en diversas matrices alimentarias; aunque su uso en productos cárnicos es escaso. Las salchichas para desayuno son alimentos altamente perecederos debido a la cantidad de grasa en su composición y la ausencia de tratamiento térmico previo, por lo que la inclusión de aditivos con propiedades antioxidantes mejorará su estabilidad. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto antioxidante de la utilización de extractos de vaina de mezquite (*Prosopis chilensis* y *P. alba*) en la formulación de salchichas de cerdo para desayuno. Las vainas fueron recolectadas, identificadas, lavadas, secadas (100°C x 1.5 h) y molidas para obtener harina de mezquite. Los extractos se obtuvieron en proporción 1:9 de harina-solvente y mediante extracción asistida por ultrasonido a 50°C, utilizando como solventes etanol absoluto y etanol-agua 1:1, además de llevar a cabo extracción simple y doble. A los extractos obtenidos se les evaluó su composición fitoquímica (fenoles y flavonoides) y su capacidad antioxidante (poder reductor, ABTS y DPPH). El extracto que presentó mejores propiedades fue seleccionado para la aplicación en una salchicha para desayuno. En la siguiente etapa, se elaboraron dos formulaciones de salchichas para desayuno con 0.5% de los extractos seleccionados (los elaborados a partir de etanol:agua 1:1 con doble extracción para ambas especies) y un control. La evaluación de los parámetros de calidad de las salchichas consistió en pH, color, oxidación de lípidos, capacidad de retención de agua, pérdida de peso por cocción, textura y análisis microbiológicos durante los días 0, 3, 6 y 9 de almacenamiento en condiciones de refrigeración. El rendimiento de los extractos fue mayor ($p < 0.05$) en aquellos elaborados con la mezcla de etanol-agua independiente del número de extracciones y la especie de mezquite. Los extractos obtenidos sólo con etanol no presentaron diferencias ($p > 0.05$) en el rendimiento con una segunda extracción. El contenido de fenoles se encontró en

el rango de 1.52 a 52.0 g EAG/kg de la harina, dependiendo de las condiciones de extracción. Los resultados más destacados en cuanto a la presencia de fitoquímicos fueron para los extractos obtenidos con la mezcla de solventes y partir de *P. alba*. Los flavonoides variaron de 30.2 a 364.5 g EQ/kg de harina; los mejores resultados los presentaron los extractos obtenidos a partir de ambas especies y utilizando como solvente etanol:agua 1:1 mediante extracción doble. La doble extracción incrementó ($p < 0.05$) el contenido de fitoquímicos. La actividad antioxidante (poder reductor, ABTS y DPPH) fue mayor ($p < 0.05$) en los extractos con el solvente etanol-agua sin mostrar un efecto ($p > 0.05$) del número de extracciones, no observándose influencia ($p > 0.05$) de la especie de mezquite utilizada. Los parámetros de pH, CRA, PPC y textura de las salchichas fueron similares a lo largo del almacenamiento y entre tratamientos; mientras que el recuento de la flora microbiana total (mesófilos y psicrófilos) aumentó a través de los días de almacenamiento siendo mayor ($p < 0.05$) para los tratamientos con extracto añadido. El color se vio afectado ($p < 0.05$) a lo largo del almacenamiento con una disminución de a^* (rojo) y un aumento de h^* pero sin mostrar un efecto por parte de la adición de extracto. Las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) aumentaron ($p < 0.05$) a través de los días de almacenamiento; al día 9 hubo una protección de casi el 90% en los tratamientos a los que se adicionaron los extractos, presentando valores por debajo de 0.5 mg MDA/kg de salchicha. La adición de extractos de vaina de mezquite en las salchichas para desayuno logró retrasar la oxidación lipídica sin afectar los parámetros de calidad ni la composición de estas durante su almacenamiento en condiciones de refrigeración. Por lo anterior, se concluye que los extractos de vaina de mezquite tienen un potencial uso como aditivo antioxidante en productos cárnicos.

INTRODUCCIÓN

La carne y los productos cárnicos pueden oxidarse por diferentes razones, tales como una alta concentración de ácidos grasos insaturados, deficiencia de antioxidantes endógenos, alta concentración de prooxidantes o de iniciadores de radicales, alta concentración de sal adicionada, así como de oxígeno incorporado al momento de elaborar un producto cárnico. El oxígeno puede convertirse en diferentes especies reactivas, dando como resultado la oxidación de lípidos. Los productos de la oxidación lipídica son los responsables de la rancidez oxidativa y pueden ser formadores de compuestos peligrosos para la salud del consumidor (Decker y Hultin, 1992; Jian y Xiong, 2016; Kanner y col., 1988).

Para inhibir o retrasar la oxidación en lípidos se utilizan antioxidantes, los cuales son compuestos capaces de prevenir o retardar la iniciación o la propagación de las reacciones en cadena que provocan la oxidación. Recientemente, el estudio de los efectos tóxicos secundarios ocasionados por antioxidantes sintéticos, como BHT y BHA, ha cobrado importancia, por lo que la industria alimenticia se ha visto en la necesidad de incluir otros componentes que funjan como antioxidantes. Por ello, la obtención de antioxidantes provenientes de fuentes naturales es considerada una alternativa atractiva, segura y de creciente interés para el consumidor (Branen, 1975; Cornwell y col., 1998; Faure y col., 1990; Fecher y Pronai, 1993; Halliwell, 1997; Kahl y Kappus, 1993; Moure y col., 2001; Oktay y col., 2003; Özcan y Arslan, 2011; Velioglu y col., 1998).

Los antioxidantes naturales son producidos en las células vivas, por lo cual las plantas son buena fuente de este tipo de antioxidantes y fitoquímicos. Si se utilizan estos antioxidantes naturales para preservar la calidad de los productos cárnicos se obtienen alimentos con ingredientes nutraceuticos, lo que puede dar como resultado productos con un mejor valor nutricional, que además de otorgar beneficios a la salud, tengan una vida de anaquel más prolongada y resulten atractivos para el consumidor. Por ello, actualmente la industria de la carne busca conseguir nuevos ingredientes, principalmente debido a la efectividad de los antioxidantes naturales para retardar la oxidación lipídica y con ello evitar la generación de sabores indeseables (Jian y Xiong, 2016; Karre y col., 2013; Kumar y col., 2015; Shah y col., 2014).

El mezquite (*Prosopis spp.*) es un árbol espinoso del tipo perene que puede alcanzar hasta 10 m de altura, crece generalmente en zonas áridas y semiáridas; a nivel mundial existen

45 especies, aunque en México existen principalmente en el norte y centro del país (Estrada, 1993; Villanueva y col., 2004). Esta planta ha sido estudiada en todo el mundo debido a que tiene un gran valor ecológico y es resistente a condiciones desfavorables como el calor, sequías, salinidad y alcalinidad del suelo; también ayuda a la fijación de nitrógeno y estabilización del suelo (Bernardi, 2000). En relación a su composición, las vainas de *Prosopis spp* contienen 9-17% de proteína, 47% de carbohidratos, 3-5% de cenizas, 2.8% de grasa y 17-30% de fibra (Juárez y col., 2006; Ruiz, 2011). El mezquite presenta elementos funcionales, tales como fenoles libres y enlazados, flavonoides, taninos condensados e hidrolizados, antocianinas, vitamina C, carotenos y algunos compuestos volátiles, entre los cuales se encuentran pirazinas, lactonas, furanos y surfactantes (Cattaneo y col., 2016; Takeoka, 2008).

Cardozo y col. (2010) realizaron un estudio en el cual se evaluó la capacidad antioxidante y el contenido de fitoquímicos de vainas de *P. alba* y *P. nigra* en extractos etanólicos y acuosos. En sus resultados encontraron que la mayor cantidad de compuestos fenólicos, flavonoides y taninos conjugados se presentó en extractos acuosos, de los cuales los acuosos presentaron mayor actividad que los etanólicos, concluyendo que *Prosopis* puede ser una fuente significativa de antioxidantes naturales con posibles efectos benéficos en la salud del consumidor.

En estudios previos se han determinado tanto la composición de fitoquímicos como la capacidad antioxidante de los extractos obtenidos a partir de vainas de mezquite de diferentes especies, por lo que sus propiedades han sido aprovechadas en la elaboración de productos tales como panes, atoles y galletas. Sin embargo, su aplicación en productos cárnicos es escasa, por lo que sus características podrían ser aprovechadas en la generación de aditivos naturales con actividad antioxidante y/o antimicrobiana, con el fin de alargar la vida de anaquel y mejorar la estabilidad oxidativa de productos cárnicos, pudiendo resultar un tema novedoso y de interés para la industria de la carne y sus productos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar el efecto antioxidante de la utilización de extracto de vaina de mezquite (*Prosopis chilensis* y *alba*) en la formulación de salchichas de cerdo para desayuno.

Objetivos Específicos

- Establecer el proceso de obtención de harina de vaina de mezquite (*Prosopis chilensis* y *P. alba*).
- Determinar la composición química proximal de la harina de vaina de mezquite (*Prosopis chilensis* y *P. alba*).
- Establecer el proceso de obtención de los extractos de harina de vaina de mezquite (*Prosopis chilensis* y *P. alba*) con dos sistemas de solventes (etanol y etanol agua 1:1) y dos tipos de extracción (sencilla y doble).
- Evaluar la capacidad antioxidante y composición de los extractos obtenidos, mediante la determinación de los radicales ABTS y DPPH y el poder reductor; así como, contenido de fenoles y flavonoides totales.
- Evaluar el efecto de la utilización de los extractos que presenten la mejor capacidad antioxidante sobre la calidad de salchichas para desayuno, considerando evaluaciones química, física, fisicoquímica y microbiológica, durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración.

ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Carne y Productos Cárnicos

Definición de Carne

La carne es la estructura compuesta por fibra muscular estriada de los animales autorizados para el consumo humano, que puede estar o no acompañada por tejido conectivo, fibras nerviosas, grasa, vasos linfáticos y sanguíneos (Pérez y Ponce, 2013; Secretaría de Economía, 1994). Aunque Devatkal y col. (2012) definen a la carne como el tejido muscular obtenido de animales sacrificados, y que está compuesto por agua, proteína, grasa, minerales y en menor proporción carbohidratos.

Composición e Importancia Nutricional de la Carne de Cerdo

La Agencia de Normas Alimentarias (FSA, por sus siglas en inglés) (2002) reporta la composición de la carne de res, oveja, puerco, pollo y pavo, donde la carne de las diferentes especies presentan un 70-75% de agua, 20-22% de proteína y 1.5-8% de grasa, siendo la más variable la grasa, ya que depende de muchos factores, entre los que se consideran los sistemas de producción. La composición detallada de diferentes especies se presenta en la Tabla 1.

La carne y los productos cárnicos son una fuente de proteínas de alta calidad y micronutrientes importantes para el cuerpo (De Smet y Vossen, 2016). Respecto a los macronutrientes contenidos en ella, la carne provee agua, proteínas y grasas, principalmente; mientras que los micronutrientes son vitaminas y minerales (Wood, 2017).

Proteínas. Las proteínas proveen aminoácidos al cuerpo, los cuales son necesarios para construir la masa corporal, reparar tejidos, sintetizar enzimas y hormonas, entre otras funciones. Con base a la composición de sus aminoácidos es posible clasificar a las proteínas. La carne, al igual que otros productos de origen animal, es una fuente de proteínas de calidad ya que

proporciona todos los aminoácidos esenciales; al ser comparada con los vegetales la carne es una mejor fuente de proteína de buena calidad y de fácil digestión. Además, la composición de los aminoácidos presentes varía muy poco entre especies y músculos (Beach y col., 1943; Bender, 1992; Gehring, 2017).

Tabla 1. Composición (g/100g) de la carne de diferentes especies.

	Res ^a	Oveja ^b	Puerco ^b	Pollo ^c	Pavo ^c
Agua (g)	71.9	70.6	74.0	75.1	75.3
Proteína (g)	22.5	20.2	21.8	22.3	22.6
Grasa (g)	4.3	8.0	4.0	2.1	1.6
Energía (kJ)	542	639	519	457	443

^aPromedio de 10 cortes

^bPromedio de 8 cortes

^cPromedio de carne oscura y blanca

Fuente: Tomado y adaptado de FSA (2002), citado en Wood (2017).

Grasa. Las grasas, también llamadas lípidos, son una fuente significativa de energía, además son importantes para la estructura de membranas, absorción y transporte de vitaminas liposolubles y para proveer al organismo ácidos grasos esenciales. El contenido de grasa depende de la especie, alimentación, sexo y edad del animal. Los ácidos grasos predominantes en la carne, así como en los productos de origen animal, son del tipo saturados pero eso no significa una ausencia de mono y poliinsaturados (Wood, 2017). Actualmente, la composición de ácidos grasos recibe un interés mayor debido a las implicaciones en la salud y en la calidad de la carne, es por ello que la relación de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y ácidos grasos saturados se utiliza para evaluar el valor nutricional de la grasa (Kim y col., 2008; Wood y col., 2008).

Kim y col. (2008) realizaron un estudio de la composición de diferentes músculos de cerdo, en el cual obtuvieron una relación de ácidos grasos saturados e insaturados de aproximadamente 4:6; de estos ácidos grasos insaturados la mayoría son monoinsaturados,

alcanzando valores del 48.65% hasta el 51.64% del contenido total de ácidos grasos. La carne de cerdo tiene alto contenido de ácido linoleico (18:2 ω -6), el cual se obtiene de la dieta, ya que pasa sin cambio alguno a través del estómago del puerco, luego se absorbe en la sangre y el intestino delgado, para posteriormente ser incorporado a los tejidos. Por otro lado, el tejido adiposo de cerdo es rico en ácido α -linolenico (18:3 ω -3) en comparación con el músculo (Wood y col., 2008). La composición de los ácidos grasos de la carne de puerco y tejido adiposo se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición de los ácidos grasos de carne y tejido adiposo de puerco.

Ácido Graso	Tejido adiposo (g/100 g de ácidos grasos)	Músculo (g/100 g de ácidos grasos en tejido adiposo subcutáneo y en músculo)
14:0	1.6	1.3
16:0	23.9	23.2
16:1 cis	2.4	2.7
18:0	12.8	12.2
18:1 cis-9	35.8	32.8
18:2 ω-6	14.3	14.2
18:3 ω-3	1.4	0.95
20:4 ω-6	0.2	2.21
20:5 ω-3	ND	0.31
Relación ω-6: ω-3	7.6	7.2

Fuente: Enser y col. (1996), citado en Wood y col. (2008).

Para una correcta nutrición, los seres humanos deben obtener entre el 30 y 34% de sus calorías a partir de grasas y aceites, mientras que el resto de sus calorías provendrán de proteínas y carbohidratos. Pero no sólo debe cuidarse la cantidad, si no el tipo de grasa; por lo cual, nutricionalmente se recomienda que la proporción de ω -6 y ω -3 sea de 2:1 para evitar enfermedades cardiovasculares o inmunológicas, además de limitar el consumo de grasa saturada y aumentar las fuentes que contengan ácido oleico (Palmquist, 2009).

Vitaminas. Las vitaminas del complejo B son cofactores y precursores de cofactores en algunos sistemas enzimáticos del cuerpo humano (Gillie y Schmid, 2015). En el 2002, la FSA

reportó las concentraciones de vitaminas contenidas en distintos tipos de carnes; de acuerdo a las Ingestas Recomendadas de Nutrientes (RDA por sus siglas en inglés), se concluyó que la carne de cerdo es una fuente rica en vitamina B1, que todas las carnes son ricas en vitamina B3 y la vitamina B6 puede obtenerse de res, puerco y pavo, las cuales son fuentes ricas de ésta (Wood, 2017). La vitamina B12 solamente puede ser obtenida de alimentos de origen animal, entre los cuales se encuentran la carne de res, oveja, cerdo y pavo como buenas fuentes; esta vitamina se requiere para la síntesis de neurotransmisores y de ADN, además de ser un cofactor en el metabolismo de aminoácidos y ácidos grasos. El resto de las vitaminas no están presentes en concentraciones altas (Gille y Schmid, 2015).

Minerales. Las carnes de res, puerco, oveja, pollo y pavo son fuente de potasio y sodio; sin embargo, las concentraciones de calcio, cobre, fósforo y magnesio son bajas, mientras que la carne de res y cordero son buenas fuentes de zinc. La carne de res es considerada buena fuente de hierro, por lo que el hierro presente en esta es de mayor importancia debido a que está en forma “hemo”, la cual es más biodisponible que las formas “no hemo”. En el cuerpo el 60-70% del hierro se encuentra en esta forma debido a que está presente en la hemoglobina, molécula encargada de transportar el oxígeno en el cuerpo (Wood, 2017).

Calidad de la Carne

En México, el consumo de carne representa aproximadamente el 25% del gasto destinado a comidas; específicamente, en el 2015 el consumo per cápita de carne de cerdo fue de 11.5 kg, es por ello que en nuestro país se busca abastecer carne de calidad, para ello se debe controlar el proceso, la conservación y su distribución (Agriculture and Agri-Food Canada, 2012; OECD, 2016; Rubio et al., 2013).

Los alimentos pueden deteriorarse por diversas razones, entre las cuales destacan el crecimiento de microorganismos, la cantidad y tipo de luz, así como la exposición a ésta, oxidación de lípidos y pigmentos, entre otros factores. Sin embargo, respecto a la carne y productos cárnicos los factores que más influyen en la calidad y vida de anaquel son pH, color, capacidad de retención de agua, carga bacteriana, temperatura, atmósfera y tiempo de

almacenamiento (Labuza y Fu, 1993; López, 2013; Restrepo y Montoya, 2010; Tirado y col., 2005).

La calidad de los alimentos, incluyendo a la carne, se puede determinar desde diferentes aspectos, tales como físicos, químicos, fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales. A continuación se enlistan y describen las propiedades que definen la calidad de la carne.

Propiedades Físicas

Color. La apariencia de la carne es un factor determinante para el consumidor y ésta depende de factores físicos y químicos. La CIE (*Comisión Internationale de L'Eclairage*) define al color como el atributo visual resultante de una combinación de sus componentes cromáticos y acromáticos. Para la generación del color son necesarios tres componentes: una fuente de luz, una superficie a iluminar y un detector que reciba la luz que no fue absorbida por la superficie iluminada. Generalmente el receptor es la retina, pero para evitar subjetividades al momento de medir el color se hace uso de instrumentos especializados y de parámetros ya definidos como son el tono o nombre del color, la saturación interpretada como la intensidad del color y la luminosidad que define lo claro u oscuro (Alberti y col., 2005; Braña y col., 2011).

Existen dos escalas para medir el color, la escala Hunter y la CIE $L^*a^*b^*$. La escala Hunter utiliza la teoría de los colores opuestos representada en un sistema vectorial tridimensional, y está conformada por los parámetros L , a y b . El parámetro L hace referencia a la luminosidad y va de 0 a 100 (negro a blanco), mientras que los parámetros a y b no tienen un límite y se mueven de valores positivos a negativos, siendo a una variable que va de rojo a verde (positivo y negativo, respectivamente) y b que va de amarillo a azul (positivo a negativo, respectivamente). En 1976, la CIE realizó una modificación al espacio de color de Hunter para convertirlo en el espacio CIE $L^*a^*b^*$; modificación en la que se da una transformación matemática de los vectores al espacio con coordenadas XYZ, además que se hace uso de las definiciones de luminosidad, croma o saturación y hue o tono (Braña y col., 2011).

La molécula responsable del color en la carne es la mioglobina (Figura 1). Para definir el color de la carne se toman en cuenta básicamente dos factores, la cantidad y estabilidad de la mioglobina. Dependiendo de la función que cumpla el músculo del animal tendrá una cantidad de mioglobina diferente; por ejemplo, aquellos con mayor velocidad de movimiento presentarán

mayor cantidad de mioglobina respecto a los músculos de movimientos lentos; además, la edad y la especie también influyen, ya que los animales de más edad tienden a presentar mayor contenido que los jóvenes, mientras que la res y el cordero presentan mayor contenido que el cerdo (Faustman y Suman, 2017; Guerrero y col., 2006).

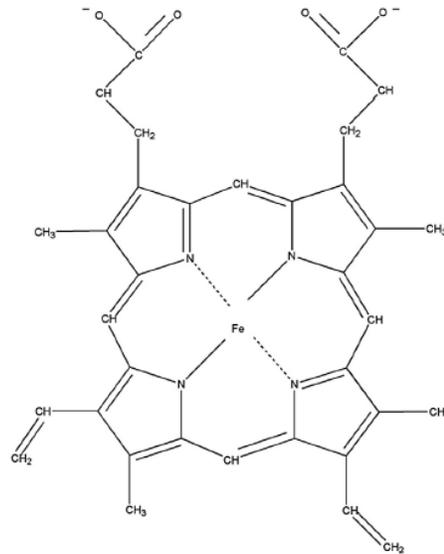


Figura 1. Molécula de Mioglobina. Fuente: Faustman y Suman (2017).

La mioglobina está formada por dos componentes, la apoproteína y el grupo hemo. El grupo hemo es el responsable del color, el cual tiene en su centro un átomo de hierro, con seis sitios de coordinación, cuatro de los cuales están conectados a átomos de nitrógeno de los anillos porfirina, uno a la apoproteína y el último sitio está disponible para cualquier otro ligando. El ligando a unirse dependerá del estado de oxidación del átomo de hierro y dará como resultado el color de la molécula; los diferentes colores que puede presentar la mioglobina y su relación con el estado de oxidación del hierro se presentan en la Figura 2 (Guerrero y col., 2006; Faustman y Suman, 2017).

Las pruebas de textura pueden llevarse a cabo por métodos instrumentales mecánicos o sensoriales. Los métodos instrumentales se propusieron como alternativa a la evaluación sensorial ya que las pruebas pueden ser difíciles de ejecutar, y en ocasiones los resultados tienen una interpretación complicada y se genera variabilidad entre éstos (Anzaldúa-Morales, 1994; Braña y col., 2011). Los métodos instrumentales pueden clasificarse en tres categorías (Braña y col., 2011):

- Fundamentales. Simulan la masticación y la presión con los dedos de una manera correcta; pero su correlación es baja con la evaluación sensorial.
- Imitativos: Miden parámetros relacionados con las percepciones sensoriales imitando las condiciones que sufre la comida en la boca.
- Empíricos: Abarcan pruebas como punción, corte, extrusión, entre otros, correlacionándose muy bien con la evaluación sensorial.

El método establecido por Bratzler (1949) determina la resistencia al corte y es ampliamente utilizado para medir la dureza o ternura de la carne; funciona tanto para muestras crudas como cocinadas. Para la correcta medición, el corte debe efectuarse en dirección perpendicular a las fibras de la carne (Braña y col., 2011).

Propiedades Fisicoquímicas

pH. Uno de los principales parámetros a considerar en la calidad de la carne es el pH; este depende de la degradación del glucógeno a ácido láctico por la acción de enzimas para la producción de energía. La variación del pH puede deberse a factores intrínsecos del animal, tales como genética, metabolismo, susceptibilidad al estrés, etc.; pero a la vez también depende del manejo de la canal 24 horas posteriores al sacrificio. Después de alcanzar el *rigor mortis*, los valores de pH oscilan entre 5.4 y 5.8, en condiciones normales y dependientes de cada especie (Braña y col., 2011; Restrepo y col., 2001).

La velocidad del cambio de pH en las primeras horas *postmortem* es un factor relevante para la calidad de la carne, afectando principalmente la capacidad de retención de agua, lo cual se traduce como un cambio en la suavidad y el color de la carne. Una velocidad de caída del pH muy lenta dará como resultado carne DFD (oscura, firme y seca, por sus siglas en inglés),

mientras que una caída abrupta genera carne PSE (pálida, suave y exudativa) (López y col., 2013).

La carne DFD se produce cuando los valores de pH son mayores a 6.1, provocando que se retenga mucha agua en el tejido, lo que puede desencadenar problemas microbiológicos y tecnológicos. Esta condición está asociada a ganado con estrés crónico que no permite la formación de reservas de glucógeno, por ende, no es posible la producción de ácido láctico en el proceso de transformación de músculo a carne. Por otro lado, la carne PSE es producida cuando existe un estrés excesivo, induciendo la transformación de glucógeno a ácido láctico de manera acelerada, y favoreciendo el descenso precipitado del pH. Estas condiciones de acidez provocan que las proteínas alcancen su punto isoeléctrico, que al precipitar pierden la capacidad de retener el agua. Las carnes DFD y PSE son más comunes en ganado bovino y porcino, respectivamente (Hui y col., 2006; Lawrie, 1981).

Capacidad de retención de agua (CRA). Esta propiedad es definida como la capacidad de la carne para mantener ligada su propia agua, aun enfrentándose a fuerzas externas como el calor o la presión, considerando también la facultad para fijar agua añadida. La cantidad de agua que contiene la carne influye en sus propiedades sensoriales como son el color, textura y firmeza; además, una CRA baja puede ocasionar disminución en la calidad nutricional ya que con el agua se acarrean proteínas, minerales y vitaminas hidrosolubles. Para la industria cárnica, la CRA influye en el rendimiento total del producto y la eficiencia del sistema (Braña y col., 2011; Swatland, 1991).

Esta propiedad de la carne se ve afectada por el pH del músculo, entre más se aleje el pH del punto isoeléctrico de las proteínas, mayor será la CRA; sin embargo, existen otros factores que la afectan, tales como la especie, transporte del animal, tipo de sacrificio, fibra muscular, estabilidad oxidativa de las membranas, maduración y en algunos casos, los sistemas de congelación-descongelación (Braña y col., 2011; López y col., 2013). En la carne de cerdo esta propiedad es relevante debido a que los cerdos son susceptibles al estrés por razones genéticas, lo que puede generar la carne PSE, pero incluso en carne de cerdo con un descenso del pH y un color normal puede presentarse esta condición. Este comportamiento se debe a características estructurales que la carne adquiere durante el almacenamiento, y cómo causan la pérdida de agua (Kaufmann y col., 1993; Kristensen y Purslow, 2001; Listere y col., 1981; Warner y col., 1997; Wismer-Petersen, 1959).

Propiedades Químicas

Oxidación lipídica. El proceso de oxidación lipídica es el que da como resultado la rancidez de la carne; es una reacción que puede llevarse a cabo espontáneamente y no depende de la higiene ni de la carga bacteriana (Buege y Aust, 1978; Faustman, 1990; Lawrie, 1981). Las reacciones de oxidación de lípidos dependen de factores intrínsecos y extrínsecos de la carne:

- Factores intrínsecos. Entre estos se incluyen variables como los sistemas de alimentación de los animales, perfil lipídico y grado de rancidez inicial, presencia y concentración de antioxidantes y minerales que cumplen función antioxidante o prooxidante (Chea y col., 1995; Hertog-Meischke y col., 1997; Liu y col., 1996; Mitsumoto, 1998; O'Grady y col., 1998; Zerby y col., 1999).
- Factores extrínsecos. En esta categoría se incluyen los sistemas de protección de la carne, entre los cuales destacan el empaque utilizado, antioxidantes añadidos, tipo de luz al presentarla y el manejo adecuado de temperaturas para su conservación (Gobantes y col., 2001; Gruen, 2008).

Las vías por las cuales los lípidos pueden oxidarse son la autooxidación, fotooxidación, oxidación por calor y oxidación enzimática; estas reacciones en su mayoría son generadas por radicales libres y otros intermediarios reactivos. Las reacciones en cadena de radicales libres constan de tres etapas: iniciación, propagación y terminación (Véase Tabla 3). La autooxidación da como resultado compuestos estables de bajo peso molecular que se encargan de conferir el olor a grasa oxidada, entre los cuales destacan alcoholes, aldehídos, cetonas, hidrocarburos, ácidos orgánicos volátiles y epóxidos. Estos compuestos son producidos en la etapa de terminación de la oxidación, y son resultado de la unión de los radicales formados durante la etapa de propagación (Badui, 2006; Lyras, 1997; Shahidi, 2000; Shahidi y Zhong, 2005; Vercellotti y col., 1992).

Tabla 3. Mecanismo de reacción para oxidación lipídica.

Iniciación	RH	\rightarrow	$R\bullet + H\bullet$	Radical libre
Propagación	$R\bullet + O_2$	\rightarrow	$ROO\bullet$	Radical hidroperóxido
	$ROO\bullet + RH$	\rightarrow	$R\bullet + ROOH$	Hidroperóxido
Terminación	$R\bullet + R\bullet$	\rightarrow	RR	Compuestos muy estables
	$R\bullet + ROO\bullet$	\rightarrow	$ROOR$	
	$ROO\bullet + ROO\bullet$	\rightarrow	$ROOR + O_2$	
	$RO\bullet + R\bullet$	\rightarrow	ROR	
	$2 RO\bullet + 2 ROO\bullet$	\rightarrow	$2 ROOR + O_2$	

Fuente: Adaptado de Badui (2006).

Uno de los aldehídos más estudiados para medir la oxidación lipídica en productos cárnicos es el malondialdehído (MDA), esto debido a que se asocia al aroma y sabores característicos de la rancidez. Los métodos para medir al MDA pueden incluir cromatografía de gases, HPLC y electroforesis capilar; sin embargo, el más utilizado es el que incluye la reacción del MDA con el ácido tiobarbitúrico (TBA) para obtener un compuesto colorido que es cuantificable con técnicas espectrofotométricas. La facilidad de esta técnica hace que este método sea comúnmente utilizado en la evaluación de productos cárnicos. A esta técnica se le conoce como índice de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS, por sus siglas en inglés) las cuales se expresan como mg eq MDA/kg de carne (Del Rio y col., 2005; Fernández y col., 1997; López y col., 2013; Wilson y col., 1997).

Microbiológica. La carne posee condiciones de pH, actividad de agua y nutrientes que favorecen el desarrollo microbiano. Una vez que se da la contaminación inicial de la carne comienza el aumento de la carga microbiana (Zagorec y Champomier-Vergés, 2017). La mayoría de las bacterias patógenas de la carne son mesófilas, es por ello que al momento de obtener la canal es necesario enfriarla a temperaturas menores a 8°C, y así disminuir el crecimiento. El mal manejo de las temperaturas favorece el crecimiento microbiano y conlleva a riesgo de contraer enfermedades transmitidas por alimentos (ETA's). Por otro lado, las bacterias deteriorativas son en su mayoría psicrófilas cuya característica es la baja velocidad de crecimiento que se ve acelerada al momento de un descontrol en la temperatura (López y col., 2013; Ratkowsky y col., 1982).

La carne tiene tanto bacterias Gram positivas como bacterias Gram negativas, siendo las principales micrococcos, bacterias ácido lácticas, *Shewanella putrefaciens*, *Brochothrix thermosphacta*, *Pseudomonas spp.* y enterobacterias. El tejido muscular de los animales sanos es estéril, sin embargo, la carne puede contaminarse en las superficies del corte durante la evisceración y el desollado. Además, se deben considerar factores como el aire, el agua, los instrumentos y el equipo de quienes realizan estas acciones, que en malas condiciones puede generar una contaminación cruzada y afectar la carga bacteriana inicial. La carga bacteriana inicial es relevante debido a que dependiendo de su valor se determinará la vida útil de la carne antes de su descomposición (Pothakhos y col., 2015; Tirado y col., 2005; Zwietering y col., 1990; Zwietering y col., 1991).

Sensorial. Un estudio realizado a consumidores mexicanos por Ngapo y col. (2018) indicó que el color, la frescura, cantidad de grasa, precio, olor y apariencia son los atributos más importantes para los consumidores al momento de realizar la compra. En este estudio los consumidores definieron cada uno de los atributos como sigue:

- Color. Este debe ser rosa y uniforme, ya que un color oscuro es relacionado con una congelación previa a la compra, mientras que los colores rosa pálido, blanco, amarillo o verde se relacionan con la descomposición.
- Frescura. Esta características está indicada por el color uniforme de la superficie, un buen aroma, gotas visibles en la superficie pero sin excesos, firmeza, limpieza, poca grasa, sin congelar, lo cual se relaciona con el buen manejo higiénico.
- Apariencia. Los consumidores la definieron como algo intuitivo, es la primera impresión que tiene el cliente de la carne, el uso de trucos para mejorar la apariencia genera desconfianza (tales como el uso de luz roja para disminuir tonalidades amarillas-verdes).
- Cantidad de grasa. Mucha grasa se considera poco saludable, mientras que poca grasa influye en el sabor, se prefiere la grasa que es sencilla de remover.

Productos Cárnicos

Un producto cárnico es aquel preparado total o parcialmente con carne, grasa y despojo de los animales, tales como huesos, tendones y sangre; también puede contener ingredientes de origen vegetal, condimentos, especias y aditivos. Algunos ejemplos son jamón, salchichas, chorizos, salamis, entre otros. Dependiendo del producto cárnico que se elaborará se deben tomar en cuenta los condimentos y saborizantes a utilizar, así como las proporciones de grasa y carne, el tipo de carne, el método de cocción en caso de necesitarse y su secado o maduración (López, 2012).

Desarrollo de Productos Cárnicos

La transformación de la carne a sus productos comenzó en tiempos remotos con el fin de conservarla y de producir sabores distintos para el consumidor (SAGARPA, 2000). Como se mencionó con anterioridad, dependiendo del producto que se desea elaborar se elegirán los condimentos e ingredientes a utilizar, definiendo los principales ingredientes de los productos cárnicos de acuerdo a lo siguiente:

- **Carne:** Es el tejido muscular de los animales, y para elegirse se deben tomar en cuenta características como su color y estar en óptimas condiciones; además, debe provenir de animales sanos y con sacrificio higiénico, pudiendo utilizarse cualquier tipo de carne, aun que la más utilizada es la carne de cerdo.
- **Grasa:** La grasa que se utiliza para los productos cárnicos es la grasa de los tejidos, como puede ser dorsal, de pierna o de papada; se caracteriza por ser resistente al corte, siendo esta la razón por la que se destina a este fin. No obstante, para el mercado de alimentos bajos en grasas saturadas, esta puede ser sustituida por grasa vegetal.
- **Tripas:** Pueden utilizarse tripas naturales de cerdo o artificiales hechas de celulosa, antes de utilizarlas se deben lavar y remojar en una solución de agua con vinagre 3:4.
- **Sales curantes:** Estos ingredientes (sal común, nitratos y nitritos) son primordiales en la conservación de los productos cárnicos. La sal común se utiliza con el fin de prolongar la conservación, mejorar el sabor, aumentar la capacidad de fijar agua y la penetración de otras sales curantes. Los nitratos y nitritos prolongan el tiempo de conservación, contribuyen al color, sabor y consistencia; pero su principal motivo de utilización es la

protección contra *Clostridium botulinum* para evitar el botulismo. Estos se utilizan en concentraciones pequeñas.

- Especias y otros condimentos: Estos ingredientes de origen vegetal se agregan con el objetivo de generar olores y sabores específicos al producto. Entre estos destacan cebolla, ajo, pimienta, pimentón, laurel, comino, nuez moscada, entre otros.
- Otros aditivos: También se hace uso de otras sustancias, tales como el vinagre para contribuir a la conservación, sabor y aroma; azúcar, para suavizar sabores y colaborar con la penetración de la sal.

Clasificación de los Productos Cárnicos

El clasificar a los productos cárnicos permite su normalización, identificación, criterios de calidad, controlar la producción y establecer el sistema preventivo de control de calidad de análisis de riesgos y control de puntos críticos de control (HACCP). Sin embargo, clasificarlos es complicado debido a la gran variedad que existe. Algunas clasificaciones se basan en tipos de materias primas en su composición, tipo de masa, si están o no embutidos, crudos o cocinados, forma de terminación y su vida de anaquel (Venegas y Valladares, 1993).

Hay diversas clasificaciones según el país en el que se produzcan; Venegas y Valladares (1993) crearon la siguiente clasificación basándose en distintos autores, la legislación francesa, búlgara, colombiana, cubana, alemana y centroamericana:

- Productos cárnicos crudos: Estos productos son sometidos a un proceso tecnológico pero sin llevar a cabo un tratamiento térmico o de cocción.
- Productos cárnicos tratados con calor: Estos productos son los que han recibido cualquier tipo de tratamiento térmico durante su elaboración.
- Productos cárnicos semielaborados: Estos productos son elaborados con carne molida, picada o en piezas, se permite la adición de tejido graso, subproductos, extensores y aditivos; en su elaboración deben recibir un tratamiento pero para ser consumidos deben cocinarse antes. Entre estos se incluyen croquetas, productos reestructurados y productos semicocinados.
- Conservas cárnicas: Este tipo de productos son carnes o productos cárnicos que además de ser procesados se tratan con calor para ser contenidos en envases cerrados o herméticos, tales como latas, pomos, tripas o bolsas, lo que permite su conservación por largos periodos.

- **Productos cárnicos autoestables:** Estos productos reciben un tratamiento térmico moderado que se combina con otras tecnologías de conservación, y en conjunto generan un producto que puede durar hasta un año sin necesidad de refrigeración. Entre estos se incluyen diversos tipos de embutidos, productos en salsas, pastas para untar, entre otros.

Salchichas para Desayuno

Las salchichas son el producto cárnico más antiguo conocido. Una salchicha es un producto elaborado con carne molida o picada, a la cual se añaden sal, sazónadores y otros ingredientes, para posteriormente ser embutidos en una funda de tamaño y forma particular. Su nombre viene de la palabra “salsus”, que en latín significa salado o conservado por sal. Hay distintos tipos de salchichas dependiendo de cómo son preparadas y de las características que adquieren (Anand, 2014).

Las salchichas para desayuno entran dentro de las salchichas frescas y son descritas como una salchicha que puede contener carne y derivados cárnicos sin exceder el 50% de grasa. Por ser una salchicha fresca debe ser refrigerada y completamente cocinada antes de consumirse, su vida de anaquel es de uno a dos días en refrigeración y de uno a dos meses en congelación (USDA, 2013).

Problemáticas y Retos de la Industria Cárnica en la Actualidad

Debido al origen de sus ingredientes, las salchichas frescas son productos muy perecederos; el ambiente es favorable para el crecimiento de las bacterias, especialmente patógenas, y para el desarrollo de oxidación lipídica como consecuencia de la alta concentración de grasa, es por ello que estos productos necesitan ser adicionados con conservadores para mantener su calidad. Generalmente para conservarlos se utilizan compuestos antimicrobianos y antioxidantes, estos son efectivos y pueden enumerarse sus ventajas; sin embargo, su uso se ha puesto en duda por los consumidores. Entre ellos destacan nitratos, benzoatos, sulfitos, sorbatos, formaldehído, entre otros (Kim y col., 2013; Romans y col., 2001; Sultana y col., 2014).

El antimicrobiano más utilizado es el dióxido de azufre (SO₂), el cual se añade generalmente como metabisulfito de sodio en partes por millón (ppm). Cuando comenzó a utilizarse el SO₂ como antimicrobiano los estudios reportaban una tolerancia razonable en las dosis utilizadas; sin embargo, actualmente se han reportado casos de sensibilidad en pacientes asmáticos. Algunos efectos secundarios pueden ser fatales como cuando se trata de choques anafilácticos, además de que puede provocar dolor de cabeza, náuseas y diarrea, aunque el efecto se presentará de acuerdo a la resistencia del consumidor (Bañón y col., 2007; Gould y Russell, 2003; Gunnison y col., 1987; Varnam y Sutherland, 1995).

Los antioxidantes sintéticos se utilizan para reducir la oxidación lipídica, entre los cuales destacan el butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroxianisol (BHA), terbutilhidroquinona (TBHQ) y galato de propilo (PG). Sin embargo, su uso está regulado por leyes federales o internacionales y generalmente se restringe por los posibles efectos carcinogénicos que pueden ocasionar (Kim y col., 2013).

Los aditivos químicos se han intentado evitar, esto debido principalmente a que los consumidores actuales están más preocupados acerca de su uso y exigen productos naturales. La búsqueda de antioxidantes y antimicrobianos naturales está centrándose en compuestos derivados de microorganismos, plantas y animales. Algunos derivados de plantas y animales han mostrado tener tanto efecto antioxidante como antimicrobiano, entre estos destacan el extracto de romero y el quitosano; además, como ventaja adicional algunos extractos de plantas proporcionan beneficios a la salud, como el extracto de romero que es hepatoprotector y tiene actividad antitumoral (Balentine y col., 2006; Bañón y col., 2007; Dillon y Board, 1994; Gyawali y Ibrahim, 2014).

Antioxidantes

Definición de Aditivos y Antioxidantes

Aditivos. En México, el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios (1999) define como aditivo a aquella sustancia que se adiciona directamente a los productos durante su elaboración para proporcionar o intensificar aroma, color o sabor, para mejorar su estabilidad o para su conservación. Su uso queda prohibido para ocultar defectos de calidad, alteraciones,

adulteraciones (tanto de materia prima como de producto terminado), disimular materias primas no aptas para su consumo, ocultar técnicas y procesos defectuosos (de elaboración, manipulación, almacenaje, transporte), reemplazar ingredientes para generar engaño al consumidor y alterar resultados analíticos. Según la función que cumplan en el alimento, se establecen distintos grupos, por ejemplo: acentuadores de sabor, reguladores de pH, antiespumantes, antioxidantes, colorantes y pigmentos, edulcorantes no nutritivos, leudantes, espumantes, entre otros.

Antioxidantes. Existen diversas definiciones de antioxidantes, una de ellas es establecida por el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios (1999) que define a los antioxidantes como la sustancia, o mezcla de estas, destinada a retardar o impedir la oxidación y enranciamiento de los productos. La Secretaria de Economía (2013) define a los antioxidantes como aquellas sustancias que previenen la oxidación y ayudan a mantener la integridad celular, inactivando a los radicales libres que pueden causar daño celular.

Mecanismo de Acción de los Antioxidantes

La oxidación puede detenerse de diversas maneras, entre las que se pueden mencionar: evitar la entrada de oxígeno, inhibición de enzimas, uso de bajas temperaturas, empaques inteligentes y de antioxidantes. Los antioxidantes tienen gran variedad de estructuras químicas y, por eso, tienen distintos mecanismos de acción (Pokorny y col, 2000). Según Carocho y col. (2018) todos los antioxidantes siguen uno de los siguientes siete mecanismos de acción: secuestro de los radicales libres, actividad quelante contra iones metálicos, inhibidor de enzimas productoras de radicales libres, activación de enzimas endógenas antioxidantes, prevención de peroxidación lipídica, prevención de daño al ADN y la prevención de modificación de proteínas y destrucción de azúcares. La efectividad de un antioxidante se relaciona con la energía de activación, la constante de su cinética, el potencial de óxido-reducción, la estabilidad ante el calor, su volatilidad y su solubilidad (Nawar, 1996).

Cuando se habla del secuestro de radicales libres se refiere a que el antioxidante cede un electrón o átomo de hidrogeno de sus grupos hidroxilo para estabilizar el radical. La efectividad del antioxidante depende de las características químicas de éste, así como de su

localización en la matriz alimentaria ya que su capacidad varía dependiendo de la proximidad a la membrana de fosfolípidos, su papel en la interface de una emulsión o su papel en la fase acuosa; es por ello que un carácter anfipático da mejores resultados. Este tipo de antioxidantes son los más efectivos, generalmente cuentan con anillos aromáticos o anillos fenólicos que al donar el átomo de hidrógeno se transforman en un radical libre, posteriormente estos radicales son estabilizados por la resonancia de la molécula y con la formación de estructuras del tipo quinonas (Carocho y col., 2018; Nawar, 1996; Wanatabe y col., 2010).

La presencia de iones cobre y hierro favorece el mecanismo de oxidación lipídica, especialmente en carne, debido a la gran cantidad de hierro presente, ya que actúa como un catalizador para la formación de radicales hidroxil que son transformados en hidroperóxidos, por lo que es necesario inactivarlos. Para lograr la inactivación de los iones se utilizan agentes quelantes, estos agentes están contenidos en los alimentos especialmente en los de origen vegetal, siendo los principales las sales del ácido fítico, fosfolípidos y oxalatos. Sin embargo, también los ácidos fosfórico, cítrico, tartárico, málico y ascórbico tienen actividad quelante elevada (Ang y Hamm, 1996; Halliwell y col., 1987).

Cada antioxidante tiene un nivel de eficacia diferente en los alimentos, generalmente sus combinaciones son las que proporcionan una mayor protección que la que se alcanza por ellos solos, generando así una acción sinérgica (Stukey, 1972). Pineda y col. (1999) realizaron un estudio donde se evaluó la capacidad sinérgica de rutina, ácido ascórbico, ácido cafeico y quercetina, observando un efecto sinérgico en las combinaciones rutina-ácido ascórbico y ácido cafeico-ácido ascórbico. Además, sus resultados muestran interacción entre α -tocoferol y ácido ascórbico, y dan indicios de una posible sinergia entre α -tocoferol y sus combinaciones con quercetina y rutina.

Clasificación de los Antioxidantes

Existen diversas maneras de clasificar a los antioxidantes, una de ellas es de acuerdo a su mecanismo de acción; los antioxidantes que inactivan a los radicales libres se les conoce como antioxidantes primarios, mientras que aquellos cuyo mecanismo no implica un contacto directo con los radicales se les conoce como antioxidantes secundarios, los cuales pueden operar con diferentes métodos como quelación de metales, absorbedores del oxígeno o de luz UV, neutralizadores de hidroperóxidos o inactivadores del oxígeno singulete (Gordon, 2001).

Otra manera de clasificar a los antioxidantes es de acuerdo a su origen, los cuales pueden ser naturales o sintéticos. Entre los antioxidantes sintéticos se encuentran el butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT), terbutilhidroquinona (TBHQ) y el galato de propilo (PG), mientras que los antioxidantes naturales pueden contener fenoles, flavonoides, carotenoides y tocoferoles (Hudson, 1990; Khanduja, 2003; Ozsoy y col., 2009).

Antioxidantes sintéticos. Los antioxidantes sintéticos más utilizados son compuestos con estructura fenólica, como el BHA, BHT, TBHQ y los ésteres del ácido gálico (Figura 3). Su solubilidad en aceites y grasas debe aumentarse con la sustitución de radicales alquilo. Su uso está limitado por las buenas prácticas de manufactura y se limita al 0.02 % del contenido de grasa o aceite en el alimento cuando se utilizan sus combinaciones; no obstante, al utilizarse solos se permite solamente el 0.01 % y en salchichas secas se permite hasta el 0.03 % (Anand, 2014; Simic, 1981).

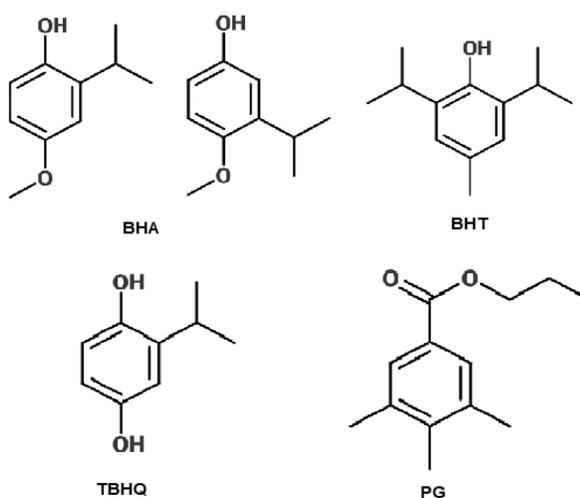


Figura 3. Estructuras de los antioxidantes artificiales.

Antioxidantes naturales. Estos son producidos en células vivas con el fin de mantener el estado de balance redox. Las plantas son las principales fuentes de antioxidantes naturales, presentes principalmente en semillas, hierbas y aceites esenciales que se utilizan para obtener

características organolépticas en los productos cárnicos; las frutas y vegetales son una buena fuente de antioxidantes y fitoquímicos, mientras que las hojas son buena fuente de compuestos fenólicos (Jiang y Xiong, 2016). Brewer (2011) clasificó a los antioxidantes naturales en cuatro grupos principales: ácidos fenólicos, diterpenos fenólicos, flavonoides y aceites volátiles; sin embargo, la forma de clasificación varía de acuerdo a cada autor. A continuación se mencionan las características de los principales grupos de compuestos antioxidantes encontrados en fuentes naturales:

- Polifenoles: Los polifenoles son metabolitos secundarios de las plantas que poseen estructuras aromáticas, los cuales pueden dividirse en diferentes clases: ácidos hidroxibenzoicos, ácidos hidroxicinámicos, cumarinas, ligninas, chalconas, flavonoides, lignanos y xantonas. Estos compuestos poseen actividades biológicas, tales como antitumoral, antiinflamatoria, antimicrobiana y antioxidante (Carocho y col., 2018; Carocho y Ferreira, 2013; Tomczyk y col., 2010).
- Ácidos fenólicos: Este grupo de compuestos generalmente actúan al atrapar los radicales libres, están ampliamente distribuidos en el reino vegetal y usualmente existen en forma de ésteres o glucósidos. En este grupo se incluyen ácidos benzoicos, vinílico, cumárico, cafeico, ferúlico, clorogénico y rosmarínico; su capacidad antioxidante la determina la posición y grado de hidroxilación (Chen y Ho, 1997; Cuvelier y col., 1992; Dziezic y Hudson, 1984; Geldof y Engeseth, 2002; Graf, 1992; Herrmann, 1989; Herrmann, 1990; Herrmann, 1993; Marinova y Yanishlieva, 1992; Marinova y Yanishlieva, 1994).
- Flavonoides: Estos se caracterizan por tener una estructura de 15 carbonos ordenados en tres anillos con estructura de $C_6C_3C_6$ (A, C, B respectivamente), son inhibidores de radicales libres y quelantes de metales. Los flavonoides se dividen en clases de acuerdo al nivel de saturación en el anillo C. Además, su capacidad para inhibir los radicales libres, la estabilidad de los radicales fenoxi y su capacidad antioxidante depende del número y posición de los grupos $-OH$ libres en el esqueleto carbonado, siendo el principal punto de interés el patrón de sustitución en el anillo B (Geldof y Engeseth, 2002; Wojdylo y col., 2007; Xiao y col., 2008).
- Carotenoides: Los carotenoides son tetraterpenos responsables del color en los pigmentos, pero son más utilizados como colorantes que como antioxidantes. Estos compuestos presentan estructuras unidas de isoprenos y entre sus

principales compuestos se encuentran el licopeno, β -caroteno, luteína, entre otros. En algunos estudios se ha probado que la capacidad antioxidante del licopeno es hasta 100 veces mayor que la de la vitamina E, teniendo un papel importante en enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (Agarwal y col., 2014; Carocho y col., 2018; Christensen, 1999).

El Mezquite

Generalidades

El mezquite (*Prosopis spp.*) es una planta leguminosa, de la familia *Fabaceae*, caracterizada por la producción de vainas con semillas, la cual ha sido utilizada por habitantes de regiones desérticas debido a los muchos beneficios encontrados. La vaina puede utilizarse para alimentación tanto humana como para ganado; la madera se usa para fabricar muebles, leña y carbón; sus flores son importantes para la polinización y la elaboración de miel; y su goma es utilizada como sustituto a la goma arábica (García y col., 2013; Pasiiecznik y col., 2001; Rosales y col., 2011; Ruiz, 2011).

Fisiología

El árbol de mezquite (*Prosopis spp*) tiene raíces pivotantes, es decir que se hunden verticalmente en la tierra hasta 50 m para llegar al agua subterránea; además, es capaz de abarcar grandes extensiones de suelo ya que sus raíces se extienden en un radio de hasta 15 m. Su tronco es de corteza oscura, leñoso y con ramas flexibles que forman una copa esférica, éstas regularmente carecen de hojas y tienen espinas. Las hojas son compuestas y bipinadas, cuentan con 12 o 15 pares de folíolos lineares que miden de 5 a 10 mm de largo, nacen en marzo y caen en diciembre. Sus flores crecen en racimos en forma de espiga, son pequeñas y de color amarillo verdoso, son hermafroditas con cinco pétalos y sépalos y contienen diez estambres, florecen entre febrero y marzo, y terminan de florecer en mayo, cuyo aroma y néctar atrae a los polinizadores. Los frutos son vainas largas con forma recta o curvada, pueden medir de 10 a 30 cm y pasan por colores de amarillo a rojo violeta, con alrededor de 12 a 20 semillas cada una, siendo su periodo de crecimiento de mayo a agosto, aunque pueden ser

recolectadas entre agosto y octubre. Por último, sus semillas son aplastadas y de color café (Arnero, 2015).

Distribución y Producción

Este árbol crece generalmente en zonas áridas y semiáridas, a nivel mundial existen 45 especies, se distribuyen en América, norte de África y suroeste de Asia. En Asia sólo se presentan tres especies de forma natural, en África una especie restringida mientras que en América existen 43 especies distribuidas en los territorios de México a Texas y en el área de Argentina-Paraguay-Chile (Carrillo, 2006; Loeza, 2007; Palacios y col., 2000).

En México, los mezquites crecen de forma natural en varias regiones, siendo abundantes en el norte y centro del país. A nivel nacional el área de mezquiales ocupa 3,555,500 hectáreas, traduciéndose en el 1.9% del territorio nacional. En el país se encuentran 15 especies distribuidas en 26 estados, siendo los principales productores Sonora, San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Coahuila y Nuevo León, y productores en menor cantidad los estados de Aguascalientes, Oaxaca, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Jalisco, Querétaro y Sinaloa (Arellano, 1996; Carrillo, 2006; Cervantes, 2005; CONAZA-INE, 1994; Estrada, 1993; Foroughbakhch y col., 2010; García y col., 2013; Loeza, 2007; López y col., 2006 ; Palacios, 2006; Rodríguez y col., 2014; Ruiz, 2011).

Vainas de Mezquite

Fisiología

Las vainas se componen de tres capas: exocarpio, mesocarpio y endocarpio. El exocarpio es una capa delgada, lisa y cerosa, según la especie puede cambiar su color desde amarilla a negra, pasando por café y rojo, el mesocarpio es carnoso y dulce, mientras que el endocarpio es duro y rodea las semillas. Las vainas son desarrolladas una vez que la flor se fecundó y maduran en el mes de junio. Por otro lado, la semilla está compuesta por el epispermo, endospermo y cotiledón; el primero es la cubierta de la semilla y es de color café, el segundo se utiliza para la obtención de gomas y del último se obtiene la proteína (Estrada, 1993; Cruz, 1999; Pasiecznik y col., 2001).

Usos Tradicionales

El mezquite ha sido utilizado desde hace miles de años con diferentes fines, su uso comenzó con los pueblos cazadores-recolectores quienes lo aprovechaban para la obtención de alimento, combustible, como materia prima para utensilios y como planta medicinal, aunque puede utilizarse directamente o transformarse (Arellano, 1996; Reséndez, 2014; Rodríguez y Maldonado, 1996).

- Su madera es utilizada en forma de tablas, tablonés, postes y para muebles artesanales aunque su producto con mayor importancia económica es el carbón, es escogido por los consumidores debido a que genera una alta cantidad de calor (CONAZA-INE, 1994; Ruiz, 2011; Valenzuela y col., 2011).
- La goma del mezquite puede ser de tres orígenes: la galactomana de sus semillas, un exudado de la parte superior del tronco y una goma secretada de la corteza en forma de gotas. La goma se genera en el tronco por estrés ambiental y daños a la corteza, su composición es similar a la goma arábica la cual se utiliza en la industria alimentaria como aditivo emulsificante y microencapsulador. En Sonora, esta goma se utiliza de manera artesanal para la fabricación de golosinas, pegamento, entre otros usos (Estrada, 1993; Loeza, 2007; Rodríguez y col., 2014; Ruiz, 2011; Trejo, 2010; Villanueva y col., 2004).
- El mezquite se utiliza con muchos fines medicinales, los extractos de sus semillas pueden utilizarse para combatir bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, las infusiones de sus ramas se toman para causar el vómito, su resina ayuda con dolores de garganta, diarrea, dolor de muelas y otros problemas estomacales y sus hojas son utilizadas para combatir infecciones oculares (Rodríguez y Maldonado, 1996).
- Las partes del fruto son utilizadas con diferentes fines, el exocarpio y el mesocarpio pueden usarse como sustitutos de café, polvos instantáneos, panadería, para obtener alcohol por fermentación, como adición de proteína y fibra; mientras que el endocarpio se utiliza como combustible y forraje para ganado (Cruz, 1999; Pasiiecznik y col., 2001; Prokopiuk, 2000; Prokopiuk, 2005, Resendez, 2014).

Composición y Compuestos Funcionales

Las vainas de *Prosopis spp* presentan la siguiente composición: 9-17% de proteína, 47% de carbohidratos, 3-5% de cenizas, 2.8% de grasa y de 17 a 30% de fibra (Carrillo, 2006; Ruiz, 2011). Para las especies *Prosopis alba* y *Prosopis chilensis* los valores de su composición química proximal se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Composición química proximal de *Prosopis alba* y *P. chilensis* expresados en base húmeda (g/100 g).

	<i>Prosopis alba</i>	<i>Prosopis chilensis</i>
Humedad (%)	11.0	12.4
Proteína (%)	5.81	12.4
Grasa (%)	1.5	1.3
Cenizas (%)	3.4	2.9
Fibra Cruda (%)	25.0	19.4
Azúcares totales (%)	62.7	64.0

Fuente: Adaptado de Sciammaro y col. (2015); Astudillo y col. (2000).

Salah y Yagi (2011) realizaron un estudio para evaluar el contenido de aminoácidos y minerales de hojas y vainas de varias especies de mezquite, en cuyos resultados encontraron que todos los aminoácidos están presentes en la harina de vaina de *P. chilensis*, y al compararse con los requerimientos de la FAO se concluyó que la proteína cumple con las cantidades para ser considerada una proteína de calidad estándar, de manera que las vainas pueden ser utilizadas como una fuente de suplementación en productos con granos; respecto a los minerales, los principales son potasio, fósforo y magnesio. Los autores concluyeron que si es consumido en cantidades suficientes el mezquite puede contribuir con los requerimientos para una buena nutrición humana y animal.

La vaina de mezquite ha sido ampliamente estudiada, desde tiempos antiguos las partes del mezquite han sido aprovechadas con distintos fines, entre ellos los medicinales. Algunos componentes de *Prosopis spp.* son flavonoides, taninos, alcaloides, quinonas y compuestos fenólicos, los cuales han demostrado tener diversas funciones biológicas tales como analgésico,

antiemético, antimicrobiano, antioxidante, antimalario, antiprotozoario, contra pústulas y úlceras; además, los compuestos presentes en *P. juliflora* han probado tener beneficios en el tratamiento del Alzheimer (Henciya y col., 2017).

Henciya y col. (2017) realizaron una investigación de los compuestos bioactivos presentes en la vaina de *Prosopis spp.*, logrando enlistar los siguientes: juliflorina, mesquitol, patrulina, zerumbona, triptamina, β -feniletilamina, indolizidina, N- β -cloropropionilriptamina, juliprosopina, 7',3', 4-trihidroxi-3-metoxiflavona, prosoflorina, catequina, escaftósido, casina, mio-inositol-4C-metil, juliprosina, ácido dehidroabético, 24-metilencicloartan-3-ona, prosofilina y ácido linoléico. Takeoka y col. (2008) realizaron el análisis, mediante HPLC, de los componentes volátiles de las vainas de tres especies de *Prosopis* y encontraron 121 compuestos en extractos hechos con harina de vaina, entre los cuales se encuentran goma de galactomannano, 2,6-dimetilpirazina, γ -nonalactona, salicilato de metilo y 5,6-dihidro-6-propil-2H-piran-2-ona; en este caso, las pirazinas son las responsables de aroma a chocolate y nueces tostadas.

Capacidad Antimicrobiana. Algunos extractos etanólicos de *Prosopis spp.* se han comparado con estreptomycin y penicilina y proveen actividad antibacteriana contra bacterias patógenas. También extractos metanólicos de *P. juliflora* han presentado actividad contra *S. aureus* y *E. coli*, esta actividad se le ha atribuido a los compuestos mio-inositol-4C-metilo, N- β -cloropropionilriptamina y juliflorina; además, los alcaloides, saponinas y taninos pueden contribuir en esta capacidad antimicrobiana. Las plantas tienen mecanismos de defensa contra hongos patógenos; algunos extractos metanólicos y acuosos de *P. juliflora* presentan actividad contra 10 especies de hongos, entre los cuales está *Aspergillus niger* (Criswell, 2004; Dehgahi y col., 2015; Napar y col., 2012; Satish y col., 2007; Sathiya y Muthuchelian, 2008; Sheikh y col., 2012; Vedak y Raut, 2014; Ventola, 2015).

Capacidad antioxidante. En extractos de hojas y ramas de *P. juliflora* se han encontrado alcaloides y fenoles capaces de inactivar los radicales libres, respectivamente. Los jarabes de vaina de *Prosopis spp.* presentan un contenido importante de azúcares, además de fenoles, entre los cuales destacan los derivados de la apigenina y flavonoides glicosilados,

sobresaliendo los glucósidos de quercetina (Lakshmibai y col., 2015; Napar, 2012 Quispe y col., 2013; Siahpoosh y col., 2014).

Respecto a la capacidad antioxidante de las vainas de *Prosopis*, Cardozo y col. (2010) realizaron un estudio en el cual se evaluó la capacidad antioxidante y el contenido de fitoquímicos de *P. alba* y *P. nigra* en extractos etanólicos y acuosos de éstas. En sus resultados encontraron que la mayor cantidad de compuestos fenólicos, flavonoides y taninos conjugados se presentó en extractos acuosos calentados; los resultados de la actividad antioxidante fueron más altos en *P. nigra* que en *P. alba*, a su vez, presentaron mayor actividad los extractos acuosos que los etanólicos; los autores concluyeron que *Prosopis* puede ser una fuente significativa de antioxidantes naturales con posibles efectos benéficos en la salud del consumidor.

Por otra parte, los extractos de *P. alba* elaborados con matriz de acetona:agua 1:1 fueron evaluados por Sciammaro y col. (2015), en esta investigación se consideró el estudio de la vaina completa y sus partes por separado. Las pruebas realizadas mostraron un contenido de polifenoles de 0.235, 0.27 y 0.27 g/100 g PS para vaina, pulpa y semilla, respectivamente; mientras que la inhibición del radical ABTS presentó 984, 801 y 2445 μ moles de Trolox/100 g PS para vaina, pulpa y semilla, respectivamente. Los autores utilizaron la harina de la vaina para la elaboración de bocaditos dulces a base de semilla de amaranto, chía y quinoa, los cuales fueron bien aceptados por los consumidores.

METODOLOGÍA

La metodología se dividió en dos etapas, 1 y 2. La etapa 1 consistió en la obtención, limpieza y preparación de la muestra, elaboración de extractos y extracciones múltiples, evaluación de la capacidad antioxidante, del contenido de fitoquímicos y de la composición química proximal de la harina utilizada en la obtención de los extractos. Por otro lado, la etapa 2 del proyecto comprendió la formulación de una salchicha de desayuno y la evaluación de su calidad, durante su almacenamiento en refrigeración.

Obtención de la Muestra

Las vainas utilizadas para este proyecto se recolectaron en las instalaciones del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., en Hermosillo, Sonora. Las muestras de vainas obtenidas provienen de *Prosopis chilensis* y *Prosopis alba*, y durante su recolección se eliminaron las vainas que presentaron tonalidades verde, y aquellas que tenían señales de plaga. Una vez cosechadas, se conservaron a -20°C para evitar el crecimiento de plagas hasta su posterior limpieza.

Las especies de *Prosopis* fueron identificadas en el Herbario de la Universidad de Sonora. Para ello, se tomaron muestras de ejemplares de los árboles en los cuales se realizó la cosecha, cortándose ramas de 35 cm de longitud asegurándose que tuvieran hojas, frutos y, de ser posible, flores. Las muestras se llevaron al herbario para ser comparadas con los ejemplares existentes.

Limpieza y Preparación de la Muestra

Las vainas se sumergieron en agua corriente, lavadas al chorro del agua y enjuagadas con agua destilada, para posteriormente secarse con papel absorbente a temperatura ambiente. Para facilitar su molienda las vainas completas se cortaron en trozos del tamaño de una semilla y fueron secadas a 100°C por 1.5 h en un horno de secado (YAMATO DX402C, Japón). Posterior a su secado, las muestras se sometieron a molienda en un molino PULVEX 200

(Mex), con una malla de 0.4 cm de apertura. La harina obtenida se envasó al vacío previo a su almacenamiento, lo cual se realizó a -20°C hasta su utilización.

Elaboración de Extractos y Extracciones Múltiples

A partir de cada especie se obtuvieron extractos con dos tipos de solvente, etanol (FagaLab) y etanol:agua (1:1). Para la cual se utilizó harina y solvente en una proporción 1:9 para someterse a extracción asistida por ultrasonido (Sonicador Branson 3800, EUA) a una temperatura de 50°C durante una hora. Posterior a la extracción, las soluciones se filtraron, se centrifugó el filtrado obtenido a 2370 x g por 10 min (Beckman Coulter X-12R, EUA), y el sobrenadante se filtró con papel Whatman 1 por filtración rápida. El filtrado obtenido se concentró en un rotaevaporador (YAMATO RE301, Japón) a 40°C con 120 rpm hasta la completa evaporación del solvente, para posteriormente ser almacenado a -20°C hasta su análisis y/o uso.

Con el fin de optimizar la extracción de los compuestos, se realizó una segunda extracción, para lo cual se tomó el residuo y se sometió a extracción por ultrasonido a 50°C con el solvente recuperado de la concentración en el evaporador rotatorio, cuidando mantener la proporción inicial del solvente, así como el volumen inicial. Enseguida se realizó el mismo procedimiento utilizado para la primera extracción y se evaporó el solvente hasta su totalidad, almacenándose a -20°C hasta su análisis y/o uso.

Evaluación de la Capacidad Antioxidante

Para la evaluación de la capacidad antioxidante se realizaron pruebas *in vitro* de los extractos obtenidos, determinando la capacidad antirradical DPPH y ABTS, así como poder reductor.

Actividad inhibidora del Cation Radical del Ácido 2,2'azinobis- (3- etilbenzotiazolina)- 6-sulfónico (ABTS•+)

Esta metodología se llevó a cabo de acuerdo a Re y col. (1999), para lo cual se prepararon soluciones de ABTS (Sigma-Aldrich) 7 mM y persulfato de potasio (Fermont) 2.45mM; se preparó una mezcla con 250 μ L de ambas soluciones y se incubaron durante 16 horas en refrigeración y oscuridad para la formación del radical cation ABTS. La solución del radical cation ABTS se ajustó con etanol a una absorbancia de 0.8, a una longitud de onda de 730 nm. En microplacas de 96 pocillos se agregaron 10 μ L de extracto (5 mg/mL y 2.5 mg/mL) y 190 μ L de la solución de ABTS, se incubaron por 5 minutos en la oscuridad y se realizó la lectura a 730 nm. Los resultados se expresaron como porcentajes de inhibición; sin embargo, considerando los realizado en otras investigaciones, las lecturas se compararon con una curva de TROLOX, para la cual se tomaron en cuenta siete puntos abarcando de 0 a 300 μ M/mL para expresarse como mmoles TROLOX/ g extracto.

Ensayo y Determinación de la Actividad Antioxidante por el Método del DPPH•

Para esta determinación se utilizó la metodología de Brand-Williams y col. (1995), para lo cual se preparó una solución de DPPH (Sigma-Aldrich) 300 μ M, la absorbancia se ajustó a 0.9-1.0 a una longitud de onda de 517 nm. En una microplaca de 96 pocillos se agregaron 100 μ L de extracto (0.5 mg/mL y 0.25 mg/mL) y 100 μ L de la solución DPPH, se incubaron en oscuridad por 30 minutos y se leyó su absorbancia a 517 nm. Los resultados se expresaron como inhibición (%).

Poder Reductor

La determinación del poder reductor se realizó según la metodología de Kumaran y Karunakaran (2007). En tubos ependendorf de 2 mL se colocaron 200 μ L de extracto (5 mg/mL), 500 μ L de buffer fosfato (50 mM a pH 6.6) y 500 μ L de ferrocianuro de potasio al 1% (Fermont). Los tubos se incubaron a 50°C por 20 min, se añadieron 500 μ L de TCA al 10% (Fermont) y se centrifugaron a 3900 x g por 10 minutos (Thermo Fisher Scientific Sorvall ST 16, EUA). De los tubos se tomaron 500 μ L del sobrenadante para pasarse a un tubo nuevo,

además se les añadió 500 µL de agua mili-Q y 100 µL de FeCl₃ 0.1% (Fermont). Posteriormente se tomaron 100 µL de los tubos y se colocaron en una microplaca de 96 pocillos. En la determinación se preparó un blanco de etanol con 200 µL (FagaLab) y un patrón de Vitamina C de 1 mg/mL (Fermont). La absorbancia se leyó a 700 nm.

Evaluación del Contenido de Fenoles y Flavonoides Totales

La evaluación del contenido de fitoquímicos se llevó a cabo determinando el contenido de fenoles y flavonoides totales.

Determinación de Fenoles Totales

Esta determinación se realizó siguiendo la metodología propuesta por Singleton y Rossi (1965) y Singleton y col. (1999). Primero se preparó la curva estándar con ácido gálico (Fermont), de 1 mg/mL hasta 0 mg/mL. En cada pocillo de la placa de 96 se añadieron 10 µL del extracto (5 mg/mL) así como de cada punto de la curva, 160 µL de agua, 40 µL de reactivo de Folin (Sigma-Aldrich) 0.25 N y 60 µL Na₂CO₃ (Fermont) al 5%. La placa se incubó por una hora en la oscuridad y se leyó su absorbancia a 750 nm. Los resultados se expresaron en g eq de ácido gálico/kg de harina.

Determinación de Flavonoides Totales

Esta determinación se realizó usando la metodología de Zhishen y col. (1999). En un tubo eppendorf de 2 mL se colocaron 100 µL del extracto (5 mg/mL), 400 µL de agua desionizada y 30 µL de NaNO₃ y se reposó por 5 min. Posteriormente, se le añadieron 30 µL de AlCl₃ (Fermont) al 10%, dejándolo en reposo por 1 min, después se le adicionaron 200 µL de NaOH 1 mol/L (Fermont). De esta mezcla se tomaron 150 µL y se colocaron en una microplaca de 96 pocillos para medir su absorbancia a 510 nm. Para determinar la concentración se elaboró una curva estándar de quercetina en metanol, desde 1 mg/mL hasta 0 mg/mL, los resultados se presentaron en g de equivalentes de quercetina/kg de harina. Todos los reactivos fueron preparados en metanol (FagaLab).

Evaluación Química Proximal de la Harina y Salchichas para desayuno

Humedad

Para la evaluación de humedad se siguió el método 934.01 de la AOAC (2000), para ello se pesaron de 3 a 5 g de harina de ambas especies y 10 a 12 g de carne, y se mantuvieron a 100°C por 24 horas y 18 horas (harina y carne, respectivamente) en una estufa de aire (YAMATO DX402C, Japón), posteriormente, se colocaron las muestras secas en un desecador por al menos 30 minutos, se pesaron y se determinó el contenido de humedad por diferencia de peso. La determinación se realizó por triplicado.

Grasa Cruda

Para la medición del contenido de grasa cruda se utilizó el método 920.39 de la AOAC (2000), también conocido como método Goldfish. Para lo cual se pesaron de 1.5 a 3 g de harina o carne seca en un papel filtro. Previamente los vasos Goldfish se mantuvieron por una hora a 100°C en la estufa (YAMATO DX402C, Japón); pasado ese tiempo se colocaron en un desecador por al menos media hora y se pesaron. Las muestras se colocaron en dedales de celulosa y se sometieron a extracción con éter de petróleo (J.T. Baker) por no menos de 4 horas a un goteo constante en un equipo goldfish (Labconco 3500100 EUA). Después de la recuperación del éter, los vasos Goldfish se mantuvieron en la estufa a 65°C por al menos durante una hora, y posteriormente se colocaron en el desecador por al menos 30 minutos y se pesaron. El contenido de grasa se determinó por diferencia de peso. Esta determinación se realizó por triplicado.

Cenizas

La determinación de cenizas se realizó utilizando el método 942.05 de la AOAC (2000) que consiste en colocar de 3 a 5 g de harina o carne seca y desgrasada en un crisol, previamente tarado 2 horas en la mufla a 550°C; la muestra previamente se preincineró y se introdujo a 550°C en la mufla (Thermolyne 30400, UK) por mínimo cuatro horas. Una vez fríos los crisoles se pasaron a un desecador por 30 minutos y se pesaron. La cantidad de cenizas se determinó por diferencia de peso.

Proteína

La proteína se determinó por microkjeldahl, 960.52 según la AOAC (2000). Para ello, se pesaron 0.2 g de muestra seca y desgrasada y se colocaron en un matraz Kjeldahl, se le adicionaron 4mL de H₂SO₄ y 1.5 g de mezcla catalizadora para determinación de proteína conformada de CuSO₄ y K₂SO₄ (Merk y J.T.Baker) y se calentaron en un digestor Kjeldahl (CRAFT, México) hasta obtener una digestión completa y la solución se tornó de color azul. Posteriormente se procedió a destilar la muestra en un microdestilador (CRAFT, Modelo MKD 100, México) con un poco de agua y alrededor de 30 mL de NaOH (Fermont) al 40%, el destilado se recolectó en 15 mL de H₃BO₄ (Fermont) al 4% con tres gotas de rojo de metilo modificado. La solución obtenida se tituló con HCl (Fermont) 0.0565 N hasta el vire. El porcentaje de proteína se calculó de la siguiente manera, tomando el factor como 6.25:

$$\%Proteína = \frac{(mL\ gastados)(N_{ácido})(0.014)(Factor)(100)}{g_{muestra}}$$

Formulación de Salchichas de Desayuno

La formulación de la salchicha para desayuno se realizó considerando una formulación comercial que cumpliera con lo establecido en la definición de salchicha para desayuno que establece la USDA (2013) y con un contenido de 30% de grasa en el producto final. El extracto a utilizar, así como los porcentajes añadidos de extracto, se determinaron de acuerdo a los resultados obtenidos en la parte 1 de la metodología y con los resultados de un examen preliminar en carne.

En la Tabla 5 se presenta la formulación de la salchicha para desayuno desarrollada, donde se añade un 0.5% de extracto, para lo cual se utilizaron los extractos de la doble

extracción con etanol-agua de *P. alba* y *P. chilensis*. Además, se incluyó un tratamiento control (sin extracto), teniendo un total de tres tratamientos diferentes para evaluar su calidad.

Tabla 5. Formulación de las salchichas para desayuno elaboradas.

Ingredientes	%	g/kg
Pierna de puerco	62.81	628.1
Grasa	30.00	300
Sal de cocina	1.53	15.3
Salvia molida	0.04	0.4
Pimienta negra	0.06	0.6
Pimienta blanca	0.06	0.6
Agua	5.00	50
Extracto	0.50	5
Total	100.00	1000

Para la elaboración de las salchichas la carne y la grasa (24 h *postmortem*) fueron molidas en un molino con plato de 3/16" asegurándose que la temperatura de ambas estuviera entre 0 y 2°C; posteriormente se pesaron los ingredientes y se mezclaron para cada tratamiento, obteniendo el resto de los ingredientes en mercados locales. La carne con los ingredientes se mantuvo en refrigeración hasta llevar a cabo el embutido en tripas de colágeno de 21 mm elaborando salchichas de 30 g cada una. Previo al embutido se midió el contenido de grasa en la formulación utilizando el equipo Univex FA-73. Las salchichas fueron almacenadas en refrigeración a 2°C en condiciones de oscuridad y empacadas con material de cloruro de polivinilo (Cling Film, FDA: CFR21 175.300).

Evaluación de Calidad de Salchicha de Desayuno

Los análisis realizados para evaluar la calidad de la salchicha elaborada incluyeron pH, color, CRA, textura, pérdida de peso por cocción y sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS). Además, se evaluó la calidad microbiológica, para lo cual se realizaron pruebas de

cuenta total de mesófilos y psicrófilos. Los análisis se realizaron durante los días 0, 3, 6 y 9 del periodo de almacenamiento a 4°C en oscuridad con el fin de evaluar el comportamiento de la salchicha a lo largo de este tiempo, y simular su conservación. Los análisis de pH, color, CRA, TBARS y microbiología se realizaron en muestras sin cocinar, mientras que para obtener el porcentaje de pérdida de peso por cocción y evaluar la textura, las muestras fueron cocinadas.

Evaluación de pH

La evaluación del pH se realizó según la descripción de Torrescano y col. (2003), utilizando un potenciómetro (Hannah Instruments modelo 211, EUA), para lo cual se pesaron 5 g de salchicha y se agregaron 45 mL de agua destilada, la muestra fue homogenizada por 30 segundos a 6000 rpm utilizando un homogenizador (Ultraturrax modelo T25 marca IKA, Alemania). Esta determinación se realizó por triplicado.

Evaluación de Color

Las muestras se pusieron en contacto con el oxígeno atmosférico por 30 segundos, para ello se retiró el material de empaque y se dejaron expuestas al ambiente dentro del cuarto frío, procurando una oxigenación uniforme (AMSA, 2012). Posteriormente se realizó la medición de color con un espectrofotómetro de reflectancia (modelo CM508D marca Minolta, Japón), utilizando los parámetros del espacio CIE L*a*b*, tomándose en cuenta los valores de L* (luminosidad), a* (índice rojo), b* (índice amarillo), C* (chroma) y h* (hue), cuyas mediciones se realizaron en 10 puntos del exterior de la salchicha.

Oxidación de Lípidos

La determinación del grado de oxidación de lípidos se evaluó mediante el análisis de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), lo cual se realizó con la metodología establecida por Pfalzgraf y col. (1995), para lo cual se homogeneizaron, a 1100 rpm, 10 g de la muestra con 20 mL de ácido tricloroacético al 10% (Fermont) en tubos de centrifuga de 100 mL colocados en un baño de hielo. La muestra se centrifugó en una centrifuga (Beckman Coulter X-12R, EUA) a 1345 x g a 5°C por 15 minutos, posteriormente la solución centrifugada se filtró para obtener el sobrenadante utilizando papel filtro Whatman 1. Del sobrenadante se tomaron 2 mL y se mezclaron con 2 mL de TBA (J.T. Baker) 20 mM, se homogenizaron por 30 s para luego incubarse en un baño de agua a 97°C por 20 min. Los tubos se enfriaron y se leyó la

absorbancia a 531 nm. El análisis se realizó por triplicado y considerando la inclusión de un blanco de 2 mL de TCA y 2 mL de TBA.

Mesófilos Totales

Para la cuenta total de mesófilos se utilizó la metodología descrita en las normas oficiales: NOM-092-SSA1-1994 y NOM-110-SSA1-1994.

Para la preparación de la dilución madre de la muestra se pesaron 10 g de muestra en una bolsa estéril, se adicionó un volumen de 90 mL de agua peptonada al 0.1%. La muestra fue homogenizada y se esperó que los sólidos sedimentaran y se tomó muestra de la superficie. Para el resto de las diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5}) éstas se realizaron en serie, agregando 1 mL de la dilución anterior y 9 mL de agua peptonada (Solbiosa) hasta alcanzar la dilución más baja.

La siembra se realizó en cajas Petri agregando 1 mL de la dilución correspondiente y de 15 a 20 mL de Agar Plate Count (Difco), la placa se agitó con movimientos circulares suaves en todas las direcciones, la placa permaneció semiabierta hasta eliminar los vapores y evitar la condensación, una vez cerrada la placa se incubó en posición invertida por 48 h a 35°C.

Psicrófilos Totales

Para la cuenta total de psicrófilos se utilizó la metodología descrita anteriormente en mesófilos totales, sólo que las muestras se incubaron en posición invertida por 7 a 10 días a 5°C.

Capacidad de Retención de Agua (CRA)

La determinación de la CRA se realizó siguiendo la metodología establecida por Sutton y col. (1997), para lo cual se pesaron 5 g de muestra y se colocaron en una tela de nylon acomodándola en la parte superior de un tubo Falcon de 100 mL, cuidando que la muestra no cayera al tubo, el cual se cerró y centrifugó (Beckman Coulter X-12R, EUA) a 1422 x g por 5 min a 4°C; posterior a la centrifugación se registró el peso. Esta determinación se realizó por triplicado.

Pérdida de Peso por Cocción

Para esta prueba se siguió la metodología de Sikes y col. (2009), en la cual se pesaron tres muestras de salchichas y posteriormente se cocinaron en una parrilla (George Foreman GR144B, EUA) previamente calentada, hasta que se alcanzó una temperatura interna de 70 °C. Una vez alcanzada esta temperatura se retiraron de la parrilla y se dejaron enfriar por al menos 30 min, posterior al enfriamiento se registró de nuevo el peso.

Textura

El análisis de textura de las muestras se realizó con el método propuesto por Warner-Bratzler (1949), obteniéndose el valor de esfuerzo al corte transversal. Para realizarlo se utilizaron las muestras frías de la prueba de pérdida de peso por cocción y se cortaron en trozos de 1x1x3 cm para ser colocados en el texturómetro (modelo TA-XT Plus, Stable Micro Systems, UK) con el aditamento Warner-Bratzler, según la metodología de AMSA (1998). Las condiciones de la prueba fueron las siguientes:

- Velocidad antes de la prueba: 2.00 mm/s
- Velocidad de prueba: 2.00 mm/s
- Velocidad después de la prueba: 10.00 mm/s
- Distancia: 25 mm

Análisis Estadístico

Como ya se mencionó, la etapa experimental de este trabajo de investigación se realizó en dos partes, por lo que fue necesario definir el análisis estadístico en función de lo que se planteó en cada parte.

Etapa 1

En esta etapa el análisis de los resultados consistió en el análisis de varianza de una vía (ANOVA) con un nivel de significancia del 5% comparando todos los extractos. En caso de encontrarse diferencias entre las muestras se realizó una comparación de medias por el método de Tukey-Kramer ($P < 0.05$), utilizando el paquete estadístico NCSS 2011.

Etapa 2

El análisis estadístico de los resultados obtenidos en esta etapa consistió en un análisis de varianza de una vía (ANOVA) con un nivel de significancia del 5% comparando los tres tratamientos entre ellos cada día de almacenamiento, además, se realizó un ANOVA para cada tratamiento a lo largo del almacenamiento. En caso de encontrarse diferencias entre las muestras se realizó una comparación de medias por el método de Tukey-Kramer ($P < 0.05$), utilizando el paquete estadístico NCSS 2011.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención e Identificación de la Muestra

Las muestras fueron identificadas como *Prosopis chilensis* y *P. alba* de acuerdo al herbario de la Universidad de Sonora, con los números de ejemplar 26119 y 26121 para *P. chilensis* y *P. alba*, respectivamente.

Composición Química Proximal de la Harina de Vaina de Mezquite

La composición química proximal de la harina de vaina de mezquite (*P. chilensis* y *P. alba*) se presenta en la Tabla 6. De acuerdo a los resultados se puede observar que entre ambas especies no existe diferencia ($p>0.05$) respecto al contenido de humedad, esto puede ser debido al método de secado, ya que las vainas de ambas especies tuvieron las mismas condiciones de secado antes de ser molidas para la preparación de la harina. La cantidad de proteína tampoco fue diferente ($p>0.05$) por efecto de la especie.

Tabla 6. Composición química proximal de la harina de vaina de mezquite.

(%)	<i>Prosopis chilensis</i>	<i>Prosopis alba</i>
Humedad	3.16 ± 0.19 a	3.08 ± 0.07 a
Grasa	3.06 ± 0.08 a	4.38 ± 0.30 b
Proteína	9.86 ± 0.08 a	9.52 ± 0.26 a
Cenizas	3.40 ± 0.05 b	3.27 ± 0.04 a
Carbohidratos	80.51	79.74

a-b: Literales diferentes indican diferencia significativa entre especies ($p<0.05$).

Respecto al contenido de grasa los resultados muestran diferencias ($p < 0.05$) dependiendo de la especie, siendo mayor el contenido de esta en *P. alba*. Un comportamiento similar se observa en el contenido de cenizas, ya que este es mayor ($p < 0.05$) para la especie *P. chilensis*, de manera que el contenido de minerales se ve afectado por la especie.

La composición química proximal obtenida difiere con lo reportado en los estudios de Scimmaro y col. (2015) y Astudillo y col. (2000), presentados en la Tabla 4. Respecto a la humedad la harina elaborada presenta valores menores, esto puede ser debido a que las vainas pasaron por un proceso de limpieza y secado previo a la elaboración de la harina mientras que los autores lo reportan para la vaina fresca. Los valores de grasa, cenizas y carbohidratos son mayores en la harina de ambas especies al compararse con lo reportado en la bibliografía, esto puede ser producto del secado para la elaboración de la harina, ya que al disminuir el agua los demás componentes aumentan en proporción. Sin embargo, este comportamiento no fue el mismo para ambas especies en el contenido de proteína, resultando un contenido menor para *P. chilensis* en este proyecto con respecto a la investigación de Astudillo y col. (2000) (12.4%); mientras que para *P. alba* si se observó el posible efecto de concentración de componentes debido al secado al aumentar la cantidad de proteína con respecto a lo reportado por Scimmaro y col. (2015) quienes obtuvieron valores de 5.81%.

Elaboración de Extractos y Cálculo del Rendimiento

Los resultados del rendimiento en la elaboración de extractos y doble extracción se presentan en la Tabla 7. Los códigos utilizados para la identificación de los tratamientos en la discusión de los resultados se encuentran en la última columna. Para ambas especies se observa un mayor rendimiento con la mezcla de solventes etanol-agua 1:1. Por otro lado, la doble extracción solamente mostró un aumento significativo ($p < 0.05$) en los extractos obtenidos con la mezcla de solventes, mientras que para los etanólicos no hubo diferencia significativa.

Respecto a la especie, se observan diferencias significativas ($p < 0.05$) solamente entre ellas en los extractos obtenidos con la mezcla de solventes etanol-agua, siendo mayores los rendimientos para los extractos de *Prosopis alba*. Un precedente similar se encuentra en un estudio realizado por Pérez y col. (2014) donde se evaluó el contenido de fitoquímicos de extractos elaborados con metanol:agua (70:30) para las especies *P. alba* y *P. nigra*, demostrando que la composición de fitoquímicos varía entre diferentes especies.

Tabla 7. Rendimiento de los extractos obtenidos a partir de *Prosopis chilensis* y *Prosopis alba*.

Especie	Solvente	Número de extracciones	Rendimiento (%)	Código
<i>P. chilensis</i>	Etanol-agua	1	46.19±0.17 b	CEA1
		2	63.75±5.20 c	CEA2
	Etanol	1	4.00±0.28 a	CE1
		2	10.92±0.49 a	CE2
<i>P. alba</i>	Etanol-agua	1	64.39±1.51 c	AEA1
		2	78.57±4.31 d	AEA2
	Etanol	1	4.79±0.06 a	AE1
		2	11.11±1.01 a	AE2

a-d: Representan diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos.

La diferencia en el rendimiento entre ambos solventes se debe a que los compuestos a extraer dependen de la naturaleza del solvente. Factores como la polaridad, el pH, la temperatura y tiempo de extracción y la composición de la matriz determinarán el rendimiento y los compuestos obtenidos. En caso de que todas las muestras sufran el mismo proceso de extracción y sea el mismo ejemplar, la polaridad del solvente es responsable de los compuestos que son acarreados durante el proceso de extracción, de manera que las mezclas acuosas con metanol, etanol, acetona y acetato de etilo resultan las más adecuadas para extraer (Peschel y col., 2006; Xu y Chang, 2007). Un ejemplo son los estudios realizados por Toma y col. (2001) quienes utilizaron la extracción asistida por ultrasonido y mantuvieron las mismas condiciones de extracción modificando sólo el solvente en diversas especies vegetales; para lúpulo, caléndula, menta y lima se lograron mayores rendimientos de extracción en aquellos obtenidos con etanol al 70%, que con etanol al 94%. Con base a lo anterior, se puede inferir que el mayor rendimiento en este proyecto de investigación, se logró en los extractos obtenidos con la mezcla etanol:agua, por la mayor polaridad del solvente, con respecto a la extracción sólo con etanol, lo cual puede ser debido a que los compuestos contenidos en la vaina de mezquite son más solubles en solventes con una mayor polaridad.

El hecho de reutilizar el residuo de la extracción y ponerlo de nuevo a contacto con el solvente puede ser beneficioso, ya que disminuye la posible oxidación y descomposición de los

fitoquímicos obtenidos, lo que es ocasionado por el uso de altas temperaturas y tiempos largos de extracción (Al-Farsi y Lee, 2008). Algunos ejemplos del incremento de compuestos extraídos al usar diferentes etapas de extracción son los trabajos de Al-Frasi y Lee (2008), Shi y col. (2003) y Nepote y col. (2005), quienes utilizaron semilla de dátil, semilla de uva y cáscara de cacahuate, respectivamente. En los tres estudios se evaluó el contenido de fitoquímicos, realizando pruebas para determinar el contenido de fenoles totales, demostrándose que el contenido de estos incrementa al aumentar el número de extracciones, siendo dos extracciones las ideales para la semilla de dátil y uva, mientras que para la cáscara de cacahuate se necesitan tres. Un resultado similar se obtiene en los rendimientos de extracción para la vaina de mezquite, ya que puede observarse que con el uso de dos etapas de extracción se manifiesta un aumento significativo ($p < 0.05$) en el rendimiento al utilizar la mezcla de solventes, siendo el de mayor rendimiento el extracto AEA2, seguido por CEA2; sin embargo, este aumento no se logró para los extractos obtenidos sólo con etanol.

Composición de Fenoles y Flavonoides Totales

Los resultados obtenidos en la determinación del contenido de fenoles y flavonoides totales se muestran en la Tabla 8.

Contenido de Fenoles Totales

El contenido de fenoles totales es un parámetro importante que se utiliza para evaluar la capacidad antioxidante de diferentes tipos de extractos. El ensayo de Folin-Ciocalteu es el método más utilizado para determinar el contenido de fenoles y se basa en la reducción en medio básico del reactivo de Folin-Ciocalteu ocasionada por los compuestos fenólicos produciendo un cromóforo que absorbe a 765 nm. El reactivo está formado por un complejo de ácido fosfomolibdico y fosfowolfrámico, donde el molibdeno toma el papel de sitio activo. Esta técnica tiene ventajas como su simplicidad y reproducibilidad; sin embargo, puede ser afectada por la temperatura, el pH y el tiempo de reacción (Folin y Ciocalteu, 1927; Karadag y col., 2009; Magalhaes y col., 2008). Algunos factores que pueden afectar en el CFT son el método y solvente utilizados para su extracción, grado de polimerización de los fenoles y la interacción de éstos con otros componentes, en conjunto son factores que afectan su solubilidad, y por lo

tanto, la cantidad de fenoles obtenidos al momento de realizar la extracción (Naczki y Shahidi, 2004; Wu y col., 2017).

Tabla 8. Contenido de fenoles y flavonoides totales de los extractos de vaina de mezquite (*Prosopis alba* y *Prosopis chilensis*).

Extracto	CFT*	CFLT**
CEA1	38.56±2.33 c	227.72±12.48 c
CEA2	47.65±2.14 d	292.151±9.92 d
CE1	1.52±0.07 a	31.343±1.265 a
CE2	4.76±0.13 b	55.51±0.85 b
AEA1	50.58±2.00 e	286.26±5.15 d
AEA2	52.043±2.619 e	364.52±14.26 e
AE1	2.46±0.12 a	30.17±1.17 a
AE2	5.25±0.40 b	64.600±1.83 b

*CFT=Contenido de fenoles totales (g eq AG/kg harina).

**CFLT=Contenido de flavonoides totales (g eqQ/kg harina).

a-f: Representan diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos.

El CFT (Tabla 8) resultó mayor ($p < 0.05$) en los extractos obtenidos con la mezcla de solventes etanol-agua 1:1, siendo el orden del contenido de fenoles totales: AEA1, AEA2>CEA2>CEA1>AE2, CE2> AE1, CE1. La mayor cantidad de fenoles se encontró en los extractos acuosos debido a que los fenoles son mejor extraídos por los solventes más polares, que en este caso es la mezcla etanol:agua comparada con el etanol absoluto (Sultana y col., 2007; Anwar y col., 2006; Siddhuraju y Becker, 2003). Esto coincide con los estudios de Cardozo y col. (2010), quienes trabajaron con extractos acuosos y etanólicos de vaina de

mezquite y encontraron valores del doble de CFT para los extractos acuosos con respecto a los etanólicos, esto debido al aumento en la polaridad del solvente, tal como en el caso de los extractos producidos con la mezcla etanol-agua.

En el estudio de Cardozo y col. (2010) se evaluó la capacidad antioxidante de la harina de vaina de mezquite (*P. alba* y *P. nigra*) por diversos métodos, entre los cuales se encuentra el contenido de fenoles totales para extractos de naturaleza acuosa y etanólica. En los extractos etanólicos encontraron 1.8 y 1.9 mg EAG/g de extracto para *P. alba* y *P. nigra*, respectivamente. Al comparar con los valores obtenidos en este estudio, para los extractos etanólicos, éstos se muestran muy por encima de lo reportado, ya que se obtuvieron 37.75-43.58 y 47.27-51.26 mg GAE/g de extracto para *P. alba* y *P. chilensis*, respectivamente. Esta diferencia puede ser debida al método de obtención de la harina y de los extractos; los autores mencionados secaron las vainas a 50°C y los extractos fueron elaborados por maceración a temperatura ambiente, mientras que las vainas de este estudio fueron secadas a 100°C y los extractos se obtuvieron con extracción asistida por ultrasonido. Lo anterior puede ser debido a que una combinación de tiempo y temperatura cause una reducción del CFT, aunque en algunos casos se incrementa la cantidad de ácidos fenólicos libres generados por una ruptura de los fenoles esterificados o glucosilados (Gallegos y col., 2013; Xu y col., 2007).

Al comparar los resultados de CFT para los extractos con el mismo tratamiento, sólo diferenciados por la especie, cabe destacar que se observan dos comportamientos dependientes del solvente. Para los extractos elaborados con la mezcla etanol:agua se encuentran valores mayores en los correspondientes a la especie *P. alba*, mientras que para los elaborados con etanol absoluto se observa un comportamiento distinto, ya que no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los extractos, lo cual puede deberse a la composición específica de cada especie utilizada.

La extracción por etapas benefició en el contenido de fenoles totales. Con la extracción doble el contenido de fenoles totales fue significativamente mayor ($p < 0.05$) que con la extracción sencilla, excepto en AEA2. El efecto en el aumento del CFT ($p < 0.05$) la extracción doble es apreciable, independientemente de que el rendimiento fuera o no beneficiado por la misma, tal como ocurrió en los extractos etanólicos. El incremento del CFT en los extractos por el aumento del número de etapas de extracción, también fue observado en cáscara de cacahuete, semilla de uva y semilla de dátil (Al-Farsi y Lee, 2008; Nepote y col., 2005; Shi y col., 2003).

Contenido de Flavonoides Totales

Uno de los métodos más utilizados actualmente para determinar el contenido de flavonoides totales en plantas se fundamenta en la reacción del cloruro de aluminio con determinados grupos funcionales presentes en las moléculas de flavonoides, aunque inicialmente éste método se empleaba para la determinación de antocianinas. El mecanismo de esta reacción (Figura 4) se basa en la formación de un complejo colorido entre el catión aluminio y los anillos A y C de la molécula de flavonoide, utilizando metanol como solvente. Al reaccionar los grupos funcionales de estos anillos se evita la cuantificación de otras sustancias fenólicas, resultando en un método exacto y con pocas variaciones en cada muestra (Amaya y Portillo, 2013).

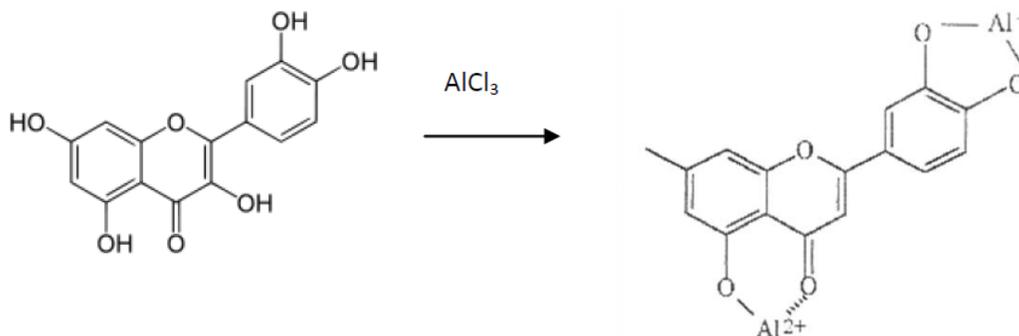


Figura 4. Reacción de los flavonoides con el cloruro de aluminio. Fuente: Tomado de Amaya y Portillo (2013).

La Tabla 8 también muestra el contenido de flavonoides totales encontrado en los extractos obtenidos a partir de harina de vaina de *P. chilensis* y *P. alba*, donde se observa que los mejores resultados se obtuvieron para los extractos elaborados con etanol:agua como solvente, obteniéndolos en el siguiente orden: AEA2 > AEA1,CEA2 > CEA1 > AE2,CE2 > AE1,CE1. Además, se puede observar un comportamiento similar al descrito en el contenido de fenoles totales, ya que los extractos obtenidos con etanol son aquellos que resultaron con contenidos de flavonoides totales más bajos. Estos resultados pueden relacionarse con lo obtenido para extractos etanólicos y acuosos de *P. alba* y *P. nigra* (Cardozo y col., 2010), donde se obtuvieron valores mayores de flavonoides totales al aumentar la polaridad del solvente. Un comportamiento similar se observa en el estudio de Sultana y col. (2009), cuyos valores

obtenidos para el contenido de flavonoides en plantas medicinales son mayores al aumentar la polaridad de los solventes utilizados.

El efecto de la especie en el contenido de flavonoides totales es variable sin mostrar un comportamiento como el observado con el contenido de fenoles totales. El efecto de la extracción con etanol no fue significativo ($p > 0.05$) entre las especies, sin embargo, con la mezcla etanol-agua en *P. alba*, el contenido de flavonoides fue mayor ($p < 0.05$) que el obtenido para *P. chilensis*. En otros estudios también se observó diferencia en el contenido de flavonoides entre especies, tal es el caso de Cardozo y col. (2010), donde se obtuvieron valores diferentes para el CFLT para las dos especies analizadas, por lo que se puede apreciar una diferencia en el contenido de flavonoides entre especies.

Al igual que en el caso del TPC, el CFLT aumentó de manera significativa ($p < 0.05$) al aumentar el número de extracciones; difiriendo en que el contenido de flavonoides aumentó en todos los extractos con la extracción doble. Estos resultados indican que para extraer compuestos con estructura flavonoide, la eficacia de los solventes utilizados aumenta con el uso de dos etapas de extracción.

Actividad Antioxidante

La evaluación de actividad antioxidante se llevó a cabo determinando poder reductor y actividad antiradical (ABTS y DPPH). Los ensayos para determinar la capacidad antioxidante pueden ser de dos tipos, los que se basan en la transferencia de átomos de hidrógeno y los que se fundamentan en la transferencia de electrones. En este proyecto de investigación, los ensayos realizados se basan en la transferencia de electrones (Huang y col., 2005). Los resultados se muestran a continuación.

Poder Reductor

La determinación del poder reductor (PR) se basa en una reacción óxido-reducción entre las moléculas de los extractos con el ión Fe^{3+} presente en la reacción como un complejo Fe^{3+} /ferrocianuro; al hacer reaccionar este complejo, los electrones de la molécula a evaluar provocan una reducción a Fe^{2+} , resultando en la formación de perlas de Prusia, tornándose de

color azul, el cual puede ser medido espectrofotométricamente y cuya absorción de luz aumenta de manera proporcional con respecto a la capacidad de reducir el complejo. Esta capacidad de reducción se asocia con la presencia de reductonas capaces de donar electrones para estabilizar los radicales libres; por lo que el PR puede considerarse como un indicador del potencial antioxidante en el extracto evaluado (De la Rosa-Alcaraz y col., 2017; Kchaou y col., 2013; Kumaran y Karunakaran, 2007).

En la Figura 5 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación del PR de los extractos de vaina de mezquite, teniendo el siguiente orden: CEA1, AEA2>CEA2>AEA2>CE2, AE2>AE1>CE1. La línea superior es el control de Vitamina C, pudiéndose apreciar que todos los extractos quedan por debajo del valor obtenido por el control, siendo los obtenidos con etanol:agua los que alcanzaron un valor más cercano, ubicándose por encima de la mitad de éste.

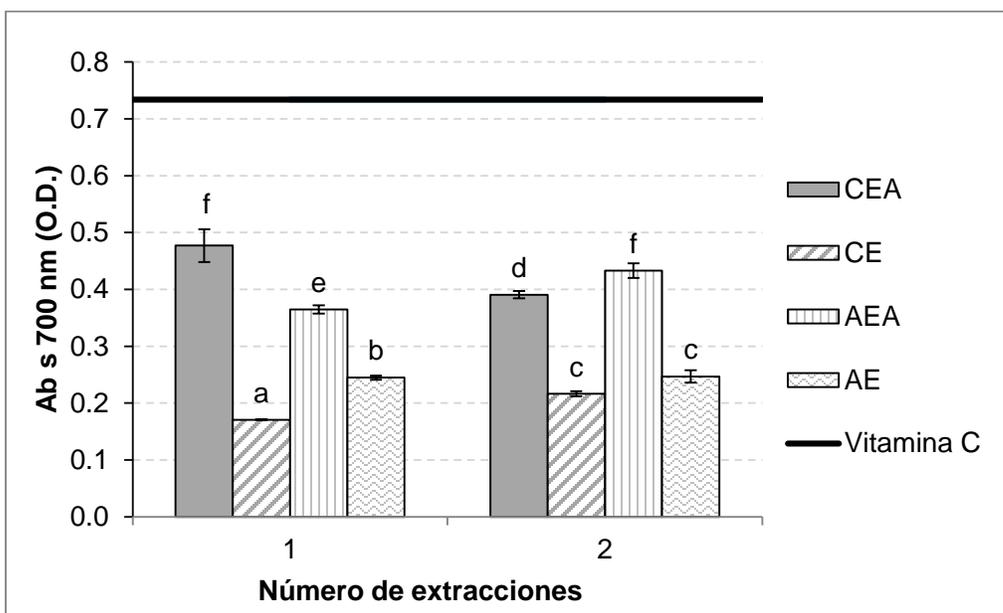


Figura 5. Poder reductor de los extractos de vaina de mezquite (*Prosopis alba* y *Prosopis chilensis*). a-f: Representan diferencias significativas ($p < 0.05$).

En la Figura 5 se observa un efecto dependiente ($p < 0.05$) del solvente utilizado para la extracción, siendo los obtenidos con la mezcla de etanol:agua los que corresponden a los valores más altos. Estos resultados son similares a los obtenidos por De la Rosa-Alcaraz y col. (2017), quienes evaluaron el poder reductor de extractos de dátil obtenidos con diferentes solventes, y observaron un aumento en los valores de éste, conforme se aumenta la polaridad del solvente utilizado. El poder reductor de los extractos puede ser relacionado con el CFT, ya que los extractos con mayor contenido de fenoles pueden presentar un mayor PR, aunque en este caso no se observó una relación totalmente dependiente del CFT, ya que se muestra cierta tendencia de aumento del PR con respecto al solvente, tal como en el CFT (Cheng y col., 2006; Siddhuraju y Becker, 2003; Sultana y col., 2007).

Respecto a la especie de mezquite utilizada, es posible observar que para los extractos obtenidos con etanol puro, se presenta mayor PR ($p < 0.05$) para aquellos elaborados a partir de *P. alba* cuando se realiza una sola extracción, aunque al realizar la extracción doble no se observan diferencias ($p > 0.05$) entre especies. Mientras que para los extractos acuosos se aprecian dos comportamientos: para el obtenido con una sola extracción, la especie *P. chilensis* resultó con mayor PR ($p < 0.05$); no obstante, para la extracción doble, el mayor ($p < 0.05$) fue *P. alba*. Además de relacionarse con el TPC, el PR puede estar influido por los compuestos presentes en el extracto, y la sinergia entre ellos, logrando aumentar el PR, lo cual explica las diferencias entre las especies, ya que como se comprobó en el CFT y CFLT, la composición de cada especie es diferente (Balasundram y col., 2006; Palafox-Carlos y col., 2012).

La extracción doble mostró un efecto positivo en el valor del PR ($p < 0.05$) de los extractos etanólicos y etanólico-acuosos para la especie *P. alba*; aunque para el extracto de etanol:agua obtenido de *P. chilensis* se observó el efecto contrario. El efecto positivo al realizar dos extracciones puede deberse a la sinergia establecida entre los compuestos extraídos en la doble extracción y los obtenidos en la sencilla.

Actividad Antiradical DPPH

La metodología utilizada para determinar la actividad antioxidante es una de las más empleadas, ya que es rápida, simple y económica (Alam y col., 2012). El 1,1-difenil-2-picrilhidracilo (DPPH) es un compuesto con un electrón desapareado en la molécula completa, por lo

cual es un radical libre estable cuya molécula no sufre una dimerización. El electrón desapareado genera que la molécula absorba a una longitud de onda de 517 nm, lo que provoca un color morado intenso que disminuye cuando el radical reacciona con el antioxidante a probar, siendo este cambio de color el que se mide por espectrofotometría y se utiliza para determinar la actividad antioxidante (Ojha y col., 2012). Sin embargo, esta técnica tiene algunas desventajas, ya que el mecanismo de reacción no es el mismo que sucede en la oxidación lipídica, por lo que algunos antioxidantes no tienen actividad contra este radical; además, la reacción no guarda una relación lineal de pérdida de absorbancia en función de la concentración del extracto (Tovar, 2013).

Los resultados obtenidos para la determinación de la actividad antirradical DPPH se muestran en la Figura 6. Al realizar este análisis se consideraron dos concentraciones, esto con el fin de conocer el comportamiento del extracto cuando se utiliza diferente concentración del extracto a probar. La mayoría de los estudios reportan esta prueba como IC₅₀, lo cual indica la cantidad de antioxidante que es capaz de disminuir la concentración inicial del DPPH a la mitad, el cual se obtiene graficando el porcentaje de Inhibición contra la concentración. Blois (1958) clasificó a los antioxidantes con base a su IC₅₀, catalogándolos como: muy fuerte si tiene un IC₅₀ menor a 50 µg/mL, fuerte si el IC₅₀ de un antioxidante es de 50 a 100 µg/mL, medio si es de 101 a 150 µg/mL, y débiles si el IC₅₀ es mayor a 150 µg/mL.

De acuerdo a la clasificación mencionada, los extractos etanólicos obtenidos por la extracción sencilla serían antioxidantes débiles, al igual que el extracto EA2; sin embargo, para el resto de los extractos no es posible establecer una clasificación, ya que como se mencionó, la inhibición del DPPH no sigue una relación lineal; aunque es posible apreciar que a menor concentración los extractos logran menor inhibición del radical DPPH. En el estudio realizado por Pérez y col. (2014) se obtuvieron extractos de vainas de especies *P. nigra* y *P. alba* con mezcla metanol:agua (70:30) como solvente, obteniendo un IC₅₀ de 19-22 y 11-15 µL/mL para *P. nigra* y *P. alba*, respectivamente, lo que puede indicar que las vainas de *Prosopis* pueden generar extractos clasificados como antioxidantes muy fuertes.

Estos resultados pueden relacionarse con los obtenidos en el contenido de fitoquímicos y con el PR, ya que se observa la misma tendencia con respecto al solvente. Los extractos obtenidos con la mezcla etanol:agua presentan mayor porcentaje de inhibición (p<0.05) ante el radical libre, tanto para las concentraciones de 0.5 mg/mL como para los extractos con 0.25 mg/mL, a excepción del extracto AEA1, lo cual puede deberse a que la actividad antioxidante de las plantas depende principalmente del CFT (Cheng y col., 2006).

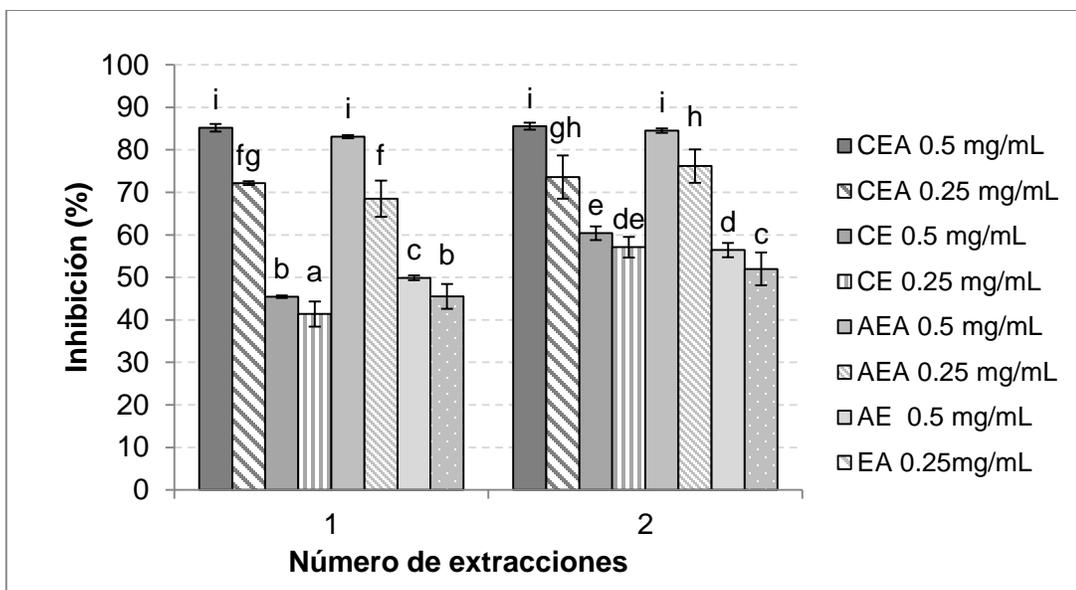


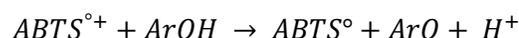
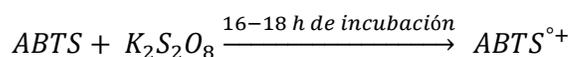
Figura 6. Inhibición del radical DPPH de los extractos de *Prosopis chilensis* y *Prosopis alba*. a-h: Literales representan diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los extractos.

Respecto al número de extracciones, con la doble extracción aumentó ($p < 0.05$) el porcentaje de inhibición en todos los extractos, a excepción de los elaborados con etanol:agua 1:1 en la concentración de 0.5 mg/mL, donde los valores fueron iguales ($p > 0.05$) sin considerar el número de extracciones. En la gráfica es posible notar que con una segunda etapa de extracción se aumentó la capacidad antiradical DPPH, lo que puede indicar que se hubo un aumento significativo ($p < 0.05$) en la cantidad de compuestos con capacidad antioxidante.

En relación a la especie de mezquite utilizada, puede notarse que para extracción con etanol:agua como solvente, no se aprecia una diferencia ($p > 0.05$) entre especies, tanto para la extracción simple como la doble; no obstante, para los extractos elaborados con etanol absoluto, se aprecian dos comportamientos distintos; en la extracción sencilla se observa que el mayor porcentaje de inhibición lo presentó *P. alba* y en la extracción doble, fue *P. chilensis*.

Actividad Antirradical ABTS

El método para determinar la actividad antirradical contra el anión del ácido 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico), abreviado como ABTS, se basa en la decoloración que sufre la solución del radical, pasando de verde intenso a amarillo, para luego ser medido espectrofotométricamente a una longitud de onda de 734 nm, aunque pueden utilizarse otras longitudes como 415 y 645 nm. Las mediciones a estas longitudes pueden tener interferencia con otros pigmentos en los vegetales. El mecanismo de la reacción se lleva a cabo cuando el persulfato oxida al ABTS para generar al radical mono catión $ABTS^{\bullet+}$ y que éste sea reducido en presencia de antioxidantes (Re y Rice-Evans, 1999; Amaya y Portillo, 2013). A continuación se muestra la reacción (Amaya y Portillo, 2013):



En la Figura 7 se muestran los resultados obtenidos para la actividad antirradical ABTS, donde se aprecia que para todos los extractos elaborados con el solvente etanol:agua no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre especies, pero si entre concentraciones (5 y 2.5 mg/mL) ($p < 0.05$). Algo importante a considerar y que podría ser útil al definir la concentración a utilizar de este extracto, es que al disminuir la concentración se ve una reducción de la capacidad antirradical, tanto para la extracción sencilla como para la doble.

En los extractos etanólicos se presentó un aumento significativo ($p < 0.05$) en la capacidad antirradical al realizar la extracción doble; sin embargo, la diferencia entre las especies solo se apreció en la extracción sencilla, presentándose una inhibición más alta en el extracto AE1. Por otro lado, para los extractos acuosos no hubo un incremento ($p > 0.05$) en la capacidad antirradical con la segunda extracción, incluso al disminuir la concentración se ve un descenso de esta actividad en los extractos obtenidos con extracción doble.

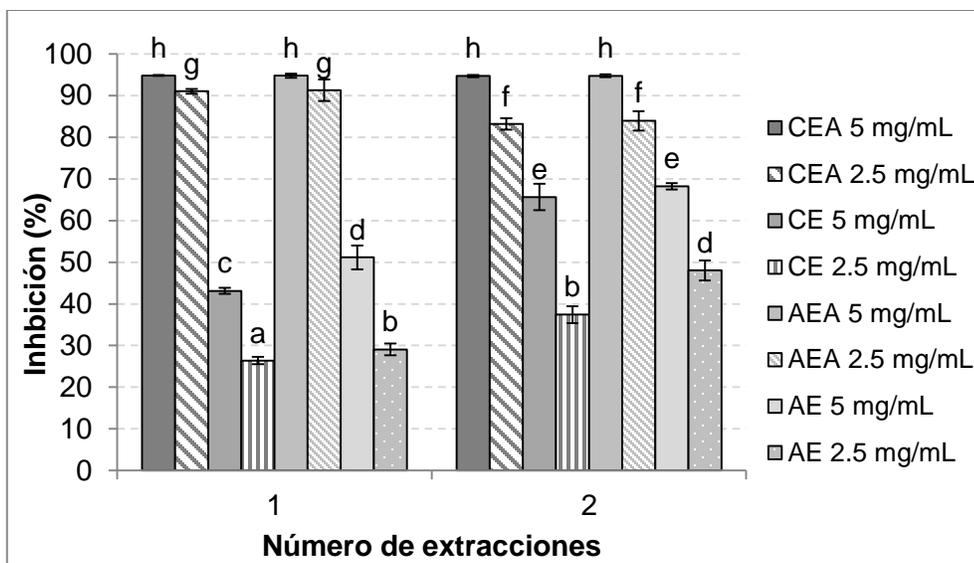


Figura 7. Inhibición del radical ABTS de los extractos de vaina de mezquite (*Prosopis chilensis* y *Prosopis alba*). a-h: Literales diferentes representan diferencia ($p < 0.05$) entre los extractos.

Por otro lado, al convertir los valores de porcentaje de inhibición a equivalentes de Trolox se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 9. En el trabajo realizado por Cardozo y col. (2010) se reportan valores para extractos etanólicos de *P. alba* y *P. nigra* de 236.6 y 582.08 μ moles eq Trolox/100 g PS, respectivamente. Al ser comparados con los obtenidos en el presente estudio se aprecia que son mucho más altos que los obtenidos por estos autores, lo cual puede deberse tanto al método de secado como al método de extracción, ya que la extracción asistida por ultrasonido desintegra las células y ocasiona una mayor exposición, área de contacto y velocidad de transferencia de los compuestos a extraer con el solvente (Toma y col., 2001). También puede observarse el comportamiento del solvente, ya que los autores reportan valores más altos de actividad contra ABTS para los extractos acuosos de *P. nigra* y *P. alba* (5706 y 6161.93 μ moles eq Trolox/100 g PS, respectivamente) que con los extractos de etanol al 96%, pudiendo corroborar que la actividad ABTS aumenta al aumentar la polaridad de los solventes utilizados, debido a la extracción de una mayor cantidad de compuestos con capacidad antioxidante.

Tabla 9. Actividad inhibitoria contra el radical ABTS de los extractos de vaina de mezquite (*Prosopis chilensis* y *Prosopis alba*) expresado como mmoles eq Trolox/g.

Extracto	mmoles eq Trolox/g
CEA1	207.71 ± 0.48 e
CEA2	207.37 ± 0.50 d
CE1	91.45 ± 4.37 a
CE2	140.82 ± 7.92 b
AEA1	207.35 ± 0.88 e
AEA2	207.35 ± 0.73 d
AE1	107.52 ± 8.68 b
AE2	143.16 ± 10.57 c

a-e: Indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos

Evaluación de la Calidad de las Salchichas para Desayuno

Evaluación de pH

En la Figura 8 se muestran los valores obtenidos para el pH a lo largo de los días de almacenamiento en condiciones de refrigeración (4°C), para los diferentes tratamientos correspondientes a las salchichas para desayuno. Los valores de pH fluctuaron entre 5.51 y 5.75, los cuales pueden considerarse dentro de los valores de pH establecidos por Faustman y col. (1990) para la carne de puerco que, de acuerdo a estos autores, oscilan entre 5.4 y 5.8.

En dicha figura se puede observar que a lo largo de los días de almacenamiento ninguno de los tratamientos presentó diferencias ($p > 0.05$); sin embargo, en los días 3 y 6 se notó un incremento ($p < 0.05$) en el pH del control comparado con las salchichas elaboradas con *P. alba*, aunque en el día 9 el pH de todos los tratamientos fue igual. Esto puede ser comparado con los estudios de Pintado y col. (2018) quienes evaluaron salchichas frescas con diferente contenido de grasa a lo largo del almacenamiento, obteniendo resultados similares, donde el pH se vio afectado por las formulaciones pero no por el tiempo de almacenamiento. Además, los valores obtenidos se pueden comparar con lo encontrado por Carpenter y col. (2007), quienes evaluaron el pH de hamburguesas de puerco crudas adicionadas con extracto de semilla de uva

y de guayaba, y almacenadas durante 12 días; los autores reportaron valores entre 5.5 y 5.7 a lo largo del tiempo de almacenamiento.

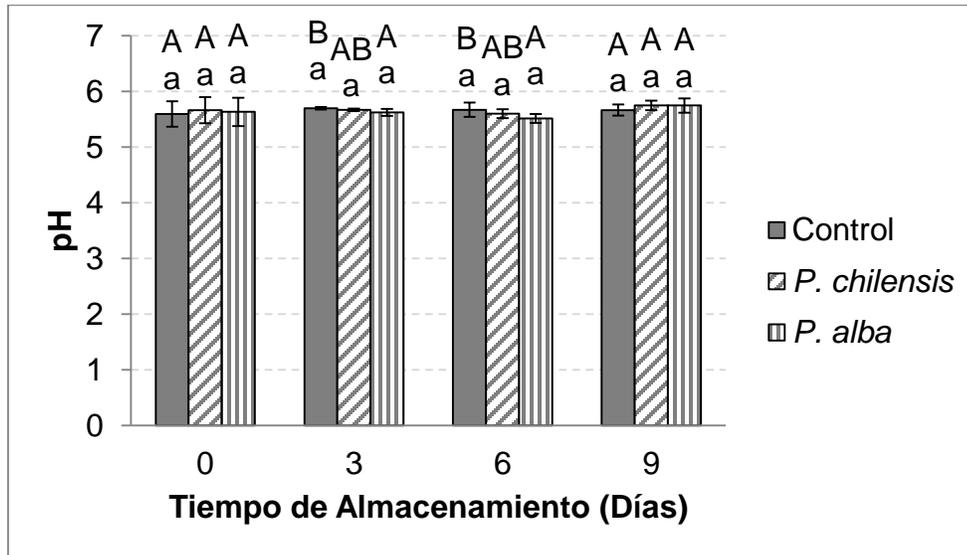


Figura 8. Valores de pH en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C). Literales minúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre días de almacenamiento por tratamiento, y mayúsculas entre tratamientos por día de almacenamiento.

Los valores obtenidos de pH a lo largo del tiempo de almacenamiento pueden ser comparados con los presentados por Aispuro (2014), quien trabajó con extractos etanólicos de *P. velutina* en hamburguesas de cerdo, que al adicionar 0.1 y 0.3% de extracto, el valor de pH no se vio modificado con respecto al control. Con ello se puede demostrar que los extractos de vaina de mezquite no tienen un efecto significativo en el pH final del producto cárnico.

Evaluación de Color

El color es un parámetro crítico en la decisión de compra del consumidor y también es altamente utilizado para estudiar la aceptación de la carne (AMSA, 2012; Brewer y col., 2002). La apariencia de la carne depende de diversos factores, entre los cuales hay factores químicos

y físicos (Faustman y Suman, 2017). A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada una de las variables de color en el espacio CIEL*a*b*.

Luminosidad L*. En la Figura 9 se muestran los valores obtenidos para la luminosidad (L*) de las salchichas a lo largo del almacenamiento. En dicha figura se aprecia que a lo largo de los días de almacenamiento, a excepción del día 6, la inclusión de extracto no tuvo efecto ($p>0.05$) en la luminosidad de las salchichas. Sin embargo, el tiempo de almacenamiento sí marcó diferencias ($p<0.05$) entre los tratamientos adicionados con los extractos de vaina de mezquite, aunque cada tratamiento presentó un comportamiento diferente. Las salchichas elaboradas con *P. chilensis* presentaron una disminución ($p<0.05$) de la luminosidad a lo largo del almacenamiento; mientras que las salchichas con *P. alba* en su formulación, solo presentaron disminución de la luminosidad en el día 9. Estos resultados pueden compararse con los de Aispuro (2014), quien utilizó extracto de *P. velutina* en hamburguesas frescas de cerdo y no se observó efecto en la luminosidad de las mismas, debido al uso del extracto.

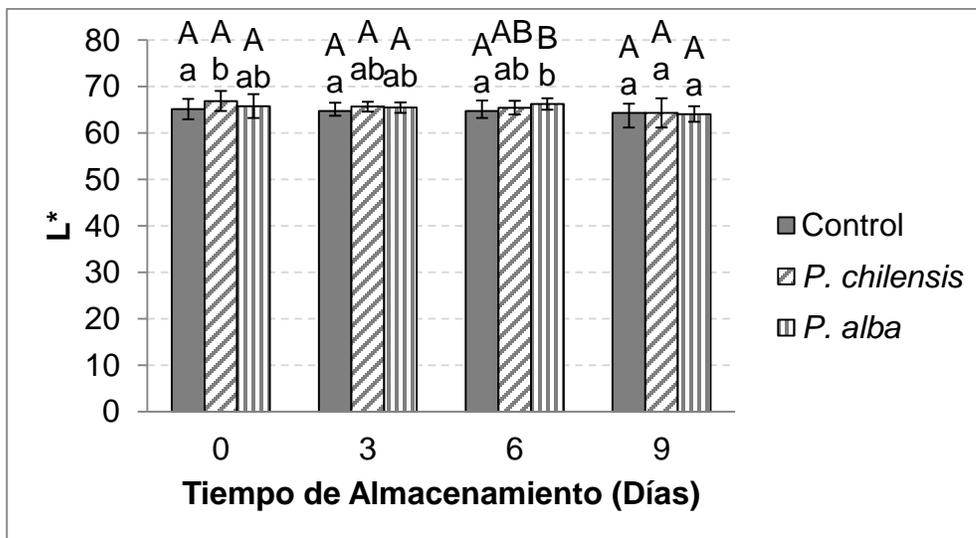


Figura 9. Valores de luminosidad (L*) en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C). Literales minúsculas representan diferencias ($p<0.05$) entre días de almacenamiento por tratamiento, y mayúsculas entre tratamientos por día de almacenamiento.

Los valores de luminosidad dependen directamente del estado físico de la carne, factores tales como la cinética que siguió durante el *rigor mortis*; además del pH, la estructura de las fibras, la capacidad de retención de agua, el contenido de grasa y el tamaño de partícula al que fueron reducidos durante la etapa de molido de los ingredientes cárnicos a utilizar en la formulación, lo cual puede provocar variación en los valores del parámetro de luminosidad (Braña y col., 2011; Fernández-López y col., 2000). Al comparar estos resultados con los obtenidos por Aleson-Carbonell y col. (2005), quienes elaboraron salchichas de desayuno enriquecidas con fibra, se observan valores más bajos que los obtenidos en este estudio. Sin embargo, estas diferencias se deben al contenido de grasa ya que los autores utilizaron alrededor de 13% de grasa. En el presente estudio las salchichas fueron formuladas con un 30%, lo cual puede ser correlacionado con los estudios de Tobin y col. (2013) quienes probaron diferentes niveles de grasa para evaluar las propiedades sensoriales, encontrando que a un mayor nivel de grasa en la formulación, la luminosidad aumenta con respecto a aquellas que contienen menos.

Índice de rojo (valor a*). En la Figura 10 se presentan los valores para el índice de rojo (a*) de las salchichas conservadas en almacenamiento durante 9 días, tiempo durante el cual se aprecia una disminución ($p < 0.05$) en los valores de a* para todos los tratamientos. En todas las formulaciones se observa que al inicio el valor de a* es mayor ($p < 0.05$) para el tratamiento control, pero éste va disminuyendo a lo largo de los días hasta ser similar ($p > 0.05$) a los tratamientos con extracto, a excepción del día 9 cuando el tratamiento con *P. chilensis* es significativamente mayor ($p < 0.05$).

Los valores del índice rojo se ven afectados por diversas razones, tales como la combinación de músculos en un corte de carne y la concentración de mioglobina en ellos, la cual disminuye debido a la formación de metamioglobina, ya que a mayor cantidad de este último, el valor a* disminuye. El proceso de molienda genera una distribución de los pigmentos y provoca una disminución en el tamaño de partícula que puede favorecer el desarrollo del proceso oxidativo, lo que favorece la transformación de la mioglobina en metamioglobina (Fernández-López y col., 2000). Los valores obtenidos en este trabajo son menores que otros estudios, como los reportados por Aleson-Carbonell y col. (2005) cuyos valores de a* en salchichas para desayuno enriquecidas con fibra oscilan entre 5.70 y 8.11. En el presente trabajo se obtuvieron valores entre 3 y 5, lo cual puede compararse con los estudios realizados por Tobin y col. (2013) quienes adicionaron diferentes concentraciones de grasa en salchichas,

concluyendo que los valores de a^* se reducen al incrementar la cantidad de grasa. Por lo anterior, el contenido de grasa en los productos desarrollados en este estudio, pudo ser la causa de la disminución del color rojo en las salchichas.

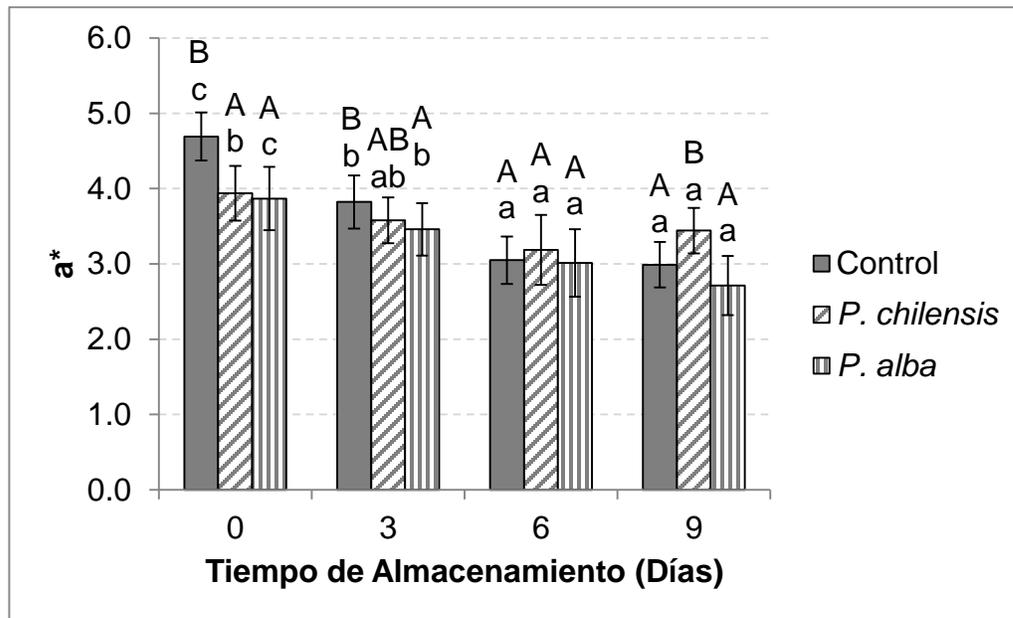


Figura 10. Valores de a^* en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C). Literales minúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre días de almacenamiento por tratamiento, y mayúsculas entre tratamientos por día de almacenamiento.

Índice de amarillo (valor b^*). En la Figura 11 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación del valor b^* a lo largo del almacenamiento, donde se observa que los valores obtenidos son diferentes ($p < 0.05$); en el control puede apreciarse una tendencia a la disminución del color amarillo a lo largo del almacenamiento. Para el tratamiento con *P. chilensis* se observa un aumento ($p < 0.05$) en el color amarillo a lo largo de los días, mientras que para las salchichas elaboradas con *P. alba* no hay cambio ($p > 0.05$) a lo largo del tiempo. Esto puede ser relacionado con el comportamiento observado a lo largo del almacenamiento, ya que las diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos comienzan a apreciarse en el día 6.

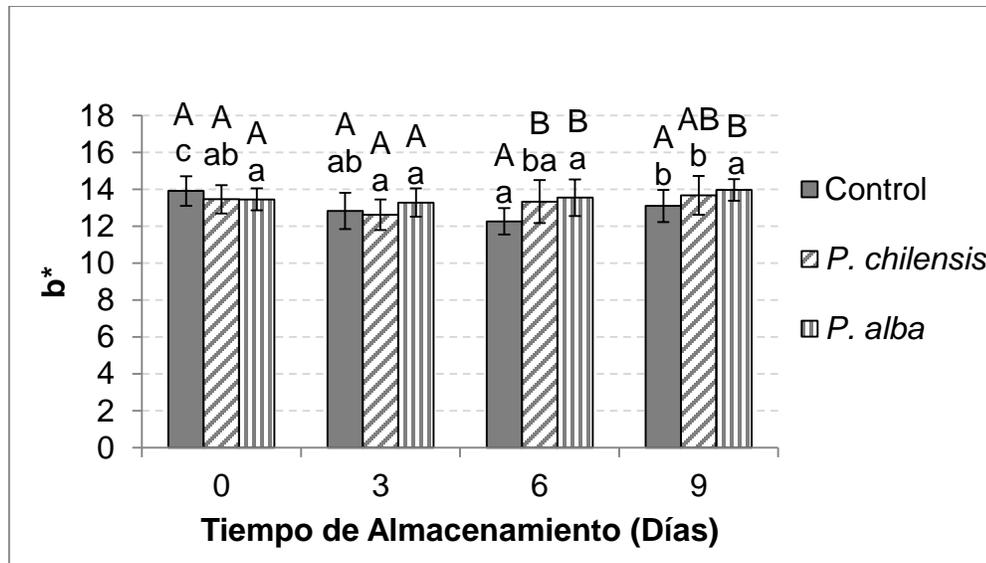


Figura 11. Valores de índice de amarillo (b^*) en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C). Literales minúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre días de almacenamiento por tratamiento, y mayúsculas entre tratamientos por día de almacenamiento.

El valor de b^* puede verse afectado por la molienda de la carne, ya que este parámetro aumenta al incrementar la concentración de oximioglobina; además, al realizar la molienda se incorpora oxígeno a la mezcla, lo que incrementa la cantidad de oximioglobina, y por lo tanto el valor de b^* (Fernández-López, 1998; Johansson y col., 1991; Pérez-Álvarez y col., 1998). Al comparar los resultados de este proyecto con los obtenidos por Valencia y col. (2008) quienes sustituyeron la grasa de cerdo por aceites en salchichas, se observan valores entre 11 y 14 durante el período de almacenamiento, siendo mayores los valores obtenidos en los tratamientos con sustitución de aceite sin antioxidante, valores similares a los obtenidos en este proyecto. Por otro lado, Aispuro (2014) al adicionar extracto etanólico de *P. velutina* observó valores similares a los obtenidos en las salchichas adicionadas con extractos de *P. alba* y *P. chilensis*, notándose también un incremento significativo ($p < 0.05$) en los tratamientos con extracto respecto al control durante el almacenamiento. Por lo anterior, es probable que la inclusión del extracto de *Prosopis* contribuyera al color amarillo en las salchichas.

Croma C*. Los resultados de croma, o saturación del color, se presentan en la Figura 12, donde es apreciable una disminución del valor de la saturación ($p < 0.05$) para el tratamiento control a lo largo del almacenamiento. Para los tratamientos con extracto en el caso de *P. chilesis* se aprecia una disminución en el día 3 y 6 para después recuperarse en el día 9; mientras que para el tratamiento con *P. alba* se mantiene sin cambio ($p > 0.05$), por lo que este extracto podría actuar como un protector para el valor C*. Al comparar los valores de cada tratamiento durante el tiempo de almacenamiento, se aprecia que al inicio el valor de croma es más alto ($p < 0.05$) para el tratamiento control. Sin embargo, en el día 6 aumenta para los tratamientos con extracto añadido, mientras que en el día 9 todos los tratamientos tienen igual valor de croma ($p > 0.05$).

En el estudio realizado por Aispuro (2014) se evaluó la saturación en hamburguesas de cerdo adicionadas con extracto y harina de *P. velutina*, siendo los tratamientos adicionados con extracto (0.1 y 0.3%) los que mostraron los valores mayores con respecto al control a lo largo del almacenamiento. Por otro lado, el estado de la mioglobina también podría estar relacionado con el valor de saturación, el cual dependerá de la pieza anatómica que se esté utilizando. No obstante, el aumento de esta variable está más relacionado con la concentración total de mioglobina, la cual se relaciona con algunos factores *antemortem* como el tipo de músculo, la edad del animal al momento del sacrificio, la alimentación, la genética y otros (Braña y col., 2011; Pérez-Álvarez, 1996).

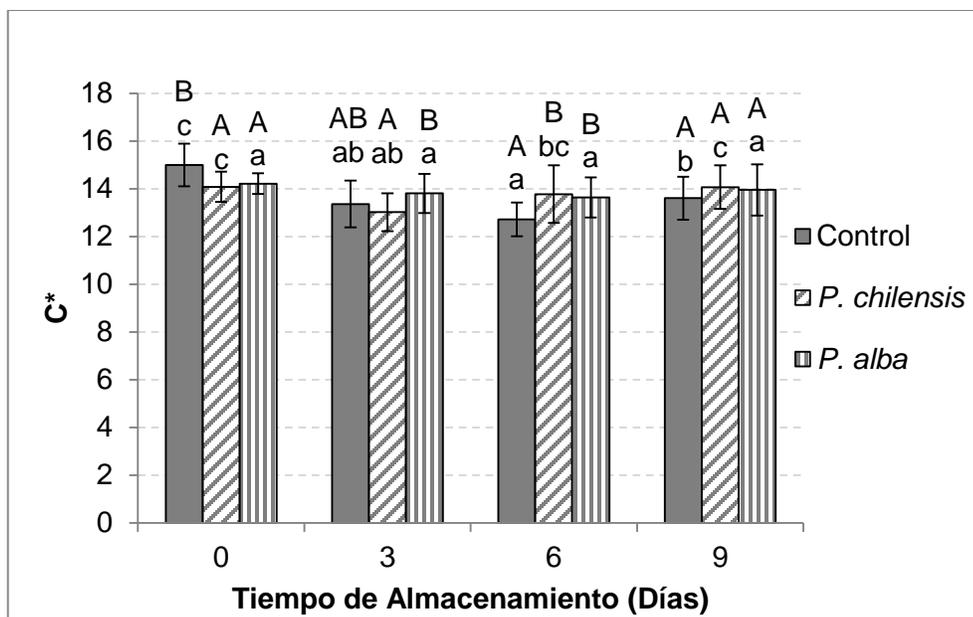


Figura 12. Valores de saturación (C^*) en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C). Literales minúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre días de almacenamiento por tratamiento, y mayúsculas entre tratamientos por día de almacenamiento.

Hue h^* . Los resultados obtenidos en la evaluación del parámetro de color hue en las salchichas elaboradas y conservadas en almacenamiento en refrigeración se presentan en la Figura 13, donde se observa que dichos valores van incrementando ($p < 0.05$) a lo largo del almacenamiento, para todos los tratamientos. En cada día de almacenamiento se aprecia una diferencia entre el control y las salchichas elaboradas con *P. alba*, mientras que para *P. chilensis* solamente se aprecia una diferencia respecto al control en los días 0 y 6 del almacenamiento. Este comportamiento es contrario al presentado para a^* de manera que si a^* disminuyó, h^* aumentó a lo largo del almacenamiento; esto puede ser relacionado con lo reportado por Aispuro (2014) quién al trabajar con *P. velutina* en hamburguesas encontró el mismo incremento de h^* al descender los valores de a^* . Sin embargo, los valores obtenidos en este proyecto son mucho más altos que los reportados en la bibliografía, esto puede deberse a que al aumentar la cantidad de grasa se disminuye tanto el valor de a^* como el valor de h^* . Además, este valor está directamente relacionado con el estado de oxidación de la mioglobina (Braña y col., 2011).

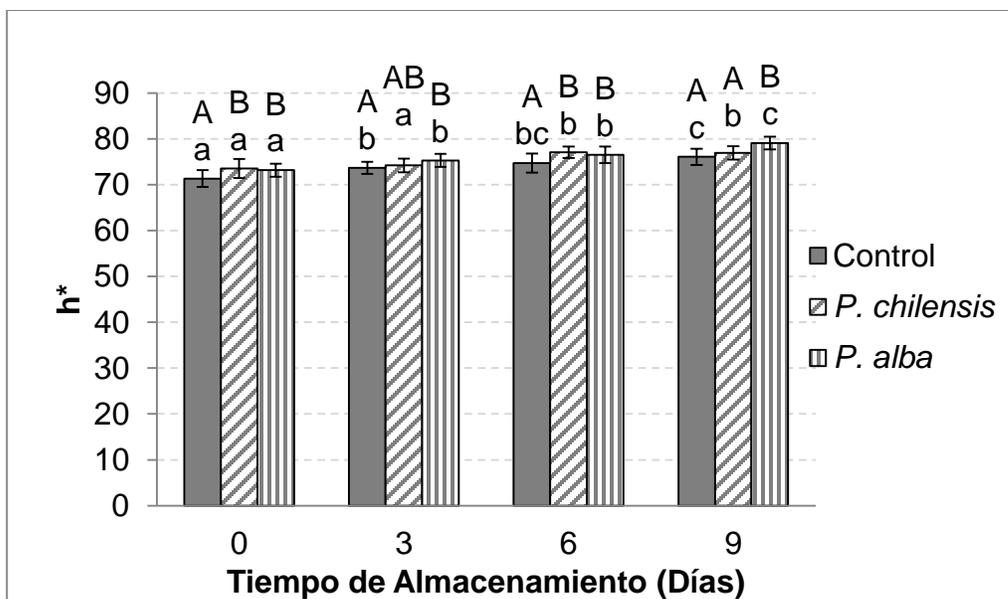


Figura 13. Valores de h^* en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C). Literales minúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre días de almacenamiento por tratamiento, y mayúsculas entre tratamientos por día de almacenamiento.

Evaluación de la Capacidad de Retención de Agua

Los resultados obtenidos en la evaluación de la CRA de las salchichas se presentan en la Figura 14. Durante el almacenamiento se evaluaron cada uno de los tratamientos, sin encontrar diferencia ($p > 0.05$) en ninguno de los días entre ellos. Al comparar cada uno de los tratamientos a lo largo del almacenamiento se observaron distintos comportamientos; el tratamiento control, se mantuvo sin cambio ($p > 0.05$), mientras que las salchichas elaboradas con extracto de mezquite presentaron aumento de la CRA a lo largo del almacenamiento. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Aispuro (2014), quien al añadir extracto etanólico de *P. velutina* a hamburguesas de cerdo, no observó diferencias entre las hamburguesas con extracto respecto al control, además de que los valores obtenidos están en el rango de los observados en este proyecto, entre 90 y 95%. La CRA tiene influencia en aspectos nutricionales por la pérdida de compuestos solubles en agua; en el ámbito de los productos cárnicos, es importante lograr valores óptimos de CRA, ya que la industria cárnica pierde millones de dólares al año por la pérdida de agua debido a la disminución del rendimiento y la eficiencia de los sistemas (Braña y col., 2011; Huff-Lonergan y Lonergan, 2005; Swatland, 1991).

El pH influye en la CRA de la carne, ya que entre más alejado se encuentre este del punto isoeléctrico de las proteínas en el músculo, más estables serán y tendrán la capacidad de retener más agua (Braña y col., 2011). Estos mismos autores consideran que si la carne presenta valores por encima de 5.8 tendrá mejor capacidad para ligar al agua. Al analizar los valores de pH obtenidos en este trabajo con la CRA, se aprecia una dependencia de ésta con el primero. Los valores de pH oscilaron entre 5.5 y 5.75, por lo que son favorecedores para la CRA; además, el pH no varió mucho a lo largo del almacenamiento, lo cual influyó en los valores de CRA, ya que las variaciones entre días de almacenamiento y entre tratamientos en realidad fueron muy pequeñas.

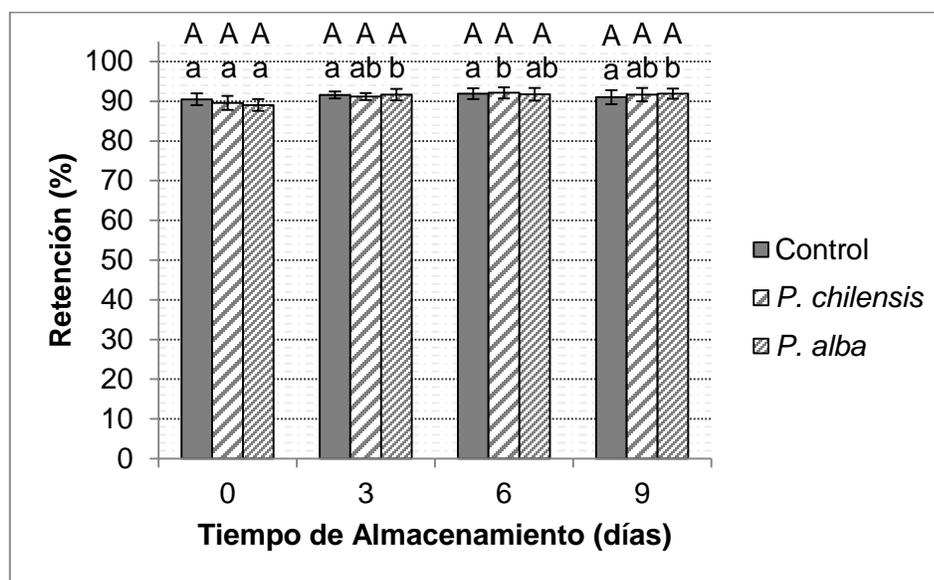


Figura 14. Capacidad de retención de agua en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C). Literales minúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre días de almacenamiento por tratamiento, y mayúsculas entre tratamientos por día de almacenamiento.

Los valores de CRA, además de verse afectados por el pH de la formulación, se ven influidos por la fuerza iónica de ésta. El pH final del producto se debe a una combinación de los valores de pH de los ingredientes y el cloruro de sodio (Poulanne y col., 2001). En el estudio realizado por estos autores, se evaluó la CRA de carne de cerdo con distintos valores de pH y niveles de adición de sal; al comparar lo obtenido por estos autores con los resultados de este

proyecto se observa que con el valor de pH inicial y la adición de sal en la formulación, la CRA de las salchichas elaboradas puede ser comparada a la obtenida en salchichas cocinadas que incluyen fosfatos en su formulación, en las que se puede lograr hasta 40% más de CRA que una salchicha de puerco cocinada sin la adición de fosfatos.

En el estudio realizado por Takeoka y col. (2008) se evaluó la composición de la harina de vaina de mezquite; entre los componentes encontraron gomas, de las cuales destaca la goma de galactomanano. En el presente estudio, durante el almacenamiento a 4°C las salchichas presentaron una variabilidad en la CRA dependiente de la formulación; la del tratamiento con *P. alba* resultó mayor que el control. Este comportamiento podría ser debido a la presencia de gomas en el extracto, y por ende en la salchicha; sin embargo, para asegurar el comportamiento por efecto de las gomas sería necesario realizar un análisis de composición más detallado a los extractos.

Evaluación de la Pérdida de Peso por Cocción

En la Figura 15 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de pérdida de peso por cocción (PPC) a lo largo de los nueve días de almacenamiento de las salchichas. En la figura se puede apreciar que entre tratamientos no existió diferencia ($p>0.05$) a lo largo del almacenamiento por efecto de la adición de extracto en la formulación. Sin embargo, cada tratamiento tuvo fluctuaciones en sus valores, siendo mayores los obtenidos por el control y la salchicha con extracto de *P. alba* en el día 3 para luego igualarse, mostrando que estos se mantuvieron prácticamente constantes a lo largo del almacenamiento en todos los tratamientos. La PPC se relaciona con los valores de pH ya que, al igual que éste, se mantuvo casi constante a lo largo del almacenamiento y para todos los tratamientos.

La pérdida de peso por efecto del cocinado depende de las propiedades funcionales de las proteínas en la mezcla cárnica, éstas a su vez dependen de muchos factores entre los cuales destacan el pH y la fuerza iónica de la formulación (Sikes y col., 2009). De manera que, la sal mejora las propiedades funcionales de las proteínas como la retención de grasa y la CRA, lo que reduce las pérdidas de peso por cocción (Desmond, 2006). El porcentaje de sal en el presente proyecto no es tan alto, comparado con el estudio de Sikes y col. (2009), pero es posible reconocer el efecto que tiene la inclusión de sal en las salchichas para evitar la PPC, ya que estos autores al aumentar la concentración de sal de 0 a 2% observaron una reducción de las pérdidas de 36 a 9%. Sin embargo, en los resultados obtenidos puede comprobarse que no

solamente la PPC depende de la concentración de sal, ya que los valores de pérdida para este proyecto son relativamente altos, lo cual puede deberse a la alta cantidad de grasa contenida en las salchichas. De acuerdo al estudio realizado por Cross y col. (1980), quienes evaluaron hamburguesas crudas de res con diferentes niveles de grasa, encontraron que al aumentar el contenido, aumenta también la PPC, observando que cuando es de 28%, la PPC alcanza valores cercanos a 40%, lo que es comparable con los resultados de este proyecto.

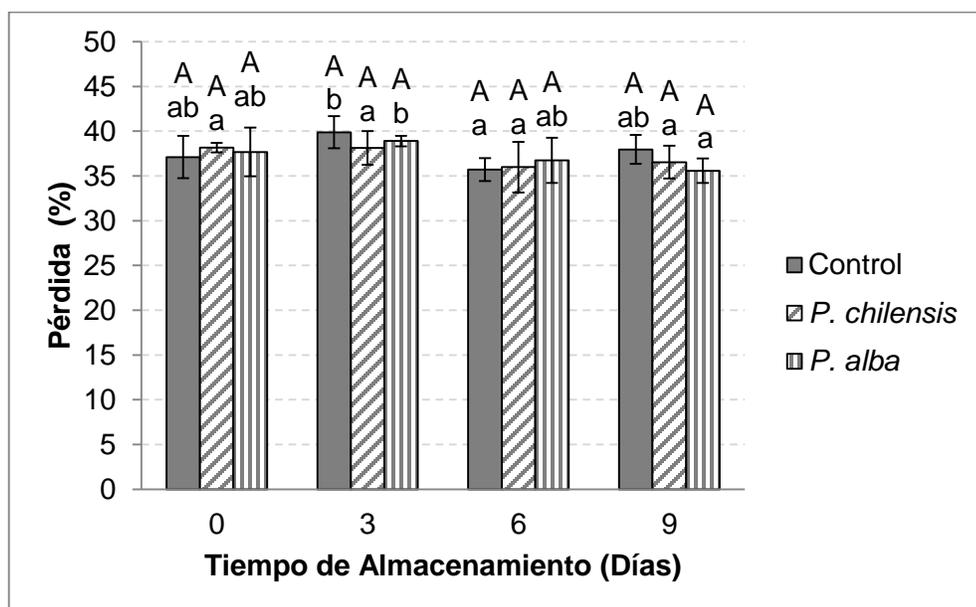


Figura 15. Pérdida de peso por cocción en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C). Literales minúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre días de almacenamiento por tratamiento, y mayúsculas entre tratamientos por día de almacenamiento.

Evaluación de Textura

En la Figura 16 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de textura de las salchichas para desayuno a lo largo del período de almacenamiento, la cual fue medida como esfuerzo al corte (Kg fuerza). En dicha figura se observa que no existe una diferencia significativa ($p > 0.05$) en el esfuerzo al corte para las salchichas con y sin extractos de vaina de mezquite (*P. chilensis* y *P. alba*); de igual manera, ningún tratamiento sufrió cambios ($p > 0.05$) a lo largo del almacenamiento, en relación al esfuerzo al corte. La prueba de Warner-Bratzler se

utiliza para relacionar la textura del producto con los cambios ocurridos en las proteínas de la carne, al cocinar las salchichas el principal cambio que ocurre es una gelificación de las proteínas miofibrilares; en condiciones ideales esta gelificación depende de los ingredientes adicionados a la carne. En el presente estudio la concentración de extracto añadida no generó ningún cambio ($p>0.05$) en las propiedades de gelificación con respecto al control, observándose que todas las salchichas presentan el mismo esfuerzo al corte (Aleson-Carbonell y col., 2005; Bouton y Harris, 1972).

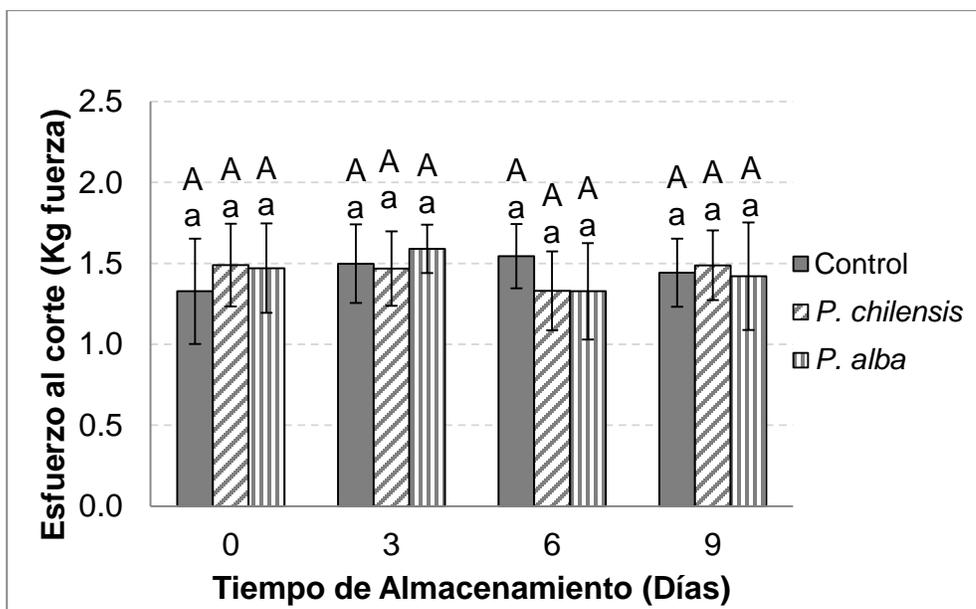


Figura 16. Esfuerzo al corte en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C). Literales minúsculas representan diferencias ($p<0.05$) entre días de almacenamiento por tratamiento, y mayúsculas entre tratamientos por día de almacenamiento.

Cuenta Total

Los resultados de la evaluación de los microorganismos mesófilos y psicrófilos aerobios totales se muestran en las Figuras 17 y 18, respectivamente. La Norma Oficial Mexicana encargada de regular las evaluaciones microbiológicas en productos cárnicos es la “NOM-213-SSA1-2002, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de

prueba”, en ella se establecen los límites máximos de bacterias, o grupos de éstas, para diversos tipos de productos cárnicos. En este caso, los mesófilos aerobios no tienen un límite debido a que es un producto crudo y los psicrófilos no son mencionados en ella. Sin embargo, es necesario cuidar este parámetro de calidad ya que con la presencia inicial de microorganismos pueden generarse poblaciones de microorganismos patógenos o deteriorativos, los cuales pueden alterar características de calidad como el color de la carne por degradación de la mioglobina. Por ello, para preservar un producto por más tiempo se pueden tomar dos medidas, las cuales son eliminar la carga microbiana o disminuir su velocidad de crecimiento. Los microorganismos pueden provenir de animales enfermos o contaminación cruzada por las operaciones realizadas durante la elaboración del producto cárnico, sumado a esto las salchichas crudas son susceptibles al desarrollo de microorganismos, por lo que estas son productos altamente perecederos (López y col., 2013; Pintado y col., 2018; Tirado y col., 2005).

Mesófilos aerobios totales. En los resultados obtenidos para la cuenta mesófilos aerobios totales se puede apreciar que a lo largo de los días de almacenamiento existe un aumento en este valor ($p < 0.05$), lo cual se esperaba ya que al almacenar por más tiempo las salchichas se permite el crecimiento microbiano por el aprovechamiento de nutrientes, pudiendo observar que los valores más altos se obtuvieron en el día 9 para todos los tratamientos. Por otro lado, al determinar las diferencias entre tratamientos por día de almacenamiento, se observa que los extractos se comportan de manera similar ($p > 0.05$) al control, durante los días 0, 3 y 6, pero en el día 9 se aprecia un aumento en la cuenta total para los tratamientos elaborados con *P. alba* y *P. chilesis* con respecto al control.

Para obtener un producto con una vida de anaquel mayor se busca seleccionar las materias primas con la menor carga microbiana posible, evitando en la medida de lo posible la contaminación cruzada al momento de procesar, de modo que entre más se cuiden estos parámetros más aumentará la vida de anaquel, es por ello que es necesario analizar la carga inicial de las materias primas. En este caso, se realizó un conteo de mesófilos totales a los extractos utilizados y resultaron estériles, de manera que los extractos no contribuyeron con una carga inicial extra a la formulación de las salchichas. Sin embargo, ese aumento en la cuenta total puede deberse a los carbohidratos adicionados a la formulación al agregar el extracto que, a pesar de que sean cantidades pequeñas, las bacterias consumen principalmente glucosa y el oxígeno de la superficie en poblaciones menores a los 8 Log UFC/g (López y col., 2013).

Los resultados obtenidos en este proyecto para la cuenta total de mesófilos aerobios pueden estar relacionados con los obtenidos por Siripatrawan y Noipha (2012), quienes evaluaron salchichas de puerco con películas de quitosano para aumentar su vida de anaquel. En este estudio las salchichas control comenzaron en el día 0 con menos de 1 log UFC/g, pero aumentaron a lo largo del almacenamiento, de manera que para el día 12 presentaban 5.24 Log UFC/g. Este valor es similar a los obtenidos en el presente proyecto para el día 9; sin embargo, la carga inicial reportada por los autores es muy baja en comparación con la carne utilizada en este proyecto, por lo que es muy probable que a esto se deba la diferencia de la carga final.

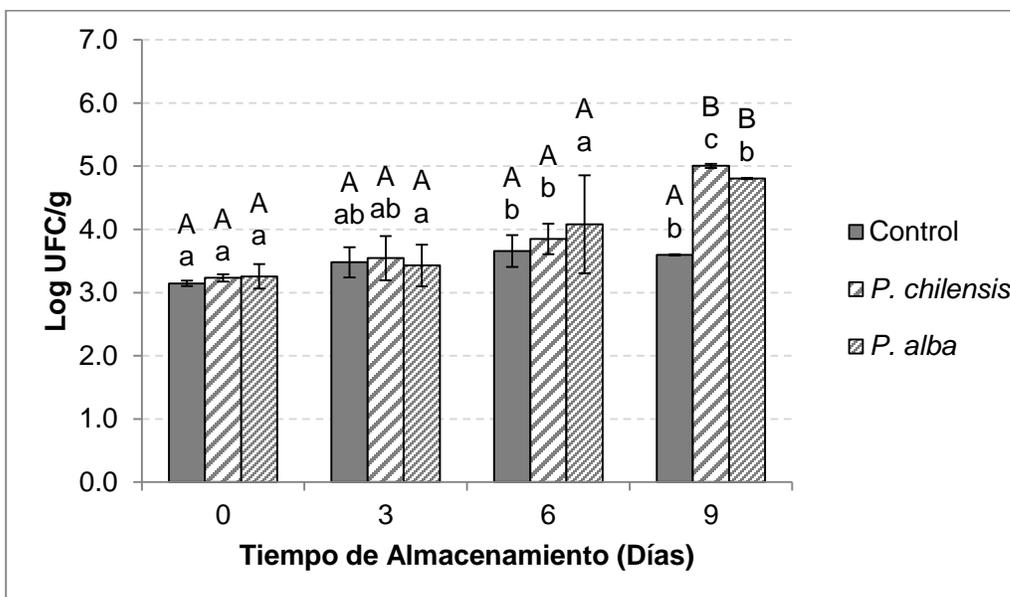


Figura 17. Cuenta total de mesófilos en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C). Literales minúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre días de almacenamiento por tratamiento, y mayúsculas entre tratamientos por día de almacenamiento.

Como se mencionó, en México no existe una regulación de la carga microbiana total en productos cárnicos frescos, por lo que para establecer parámetros de calidad microbiológica, se tomaron en cuenta los valores establecidos por la “Resolución Ministerial N°615-2003-SA/DM” de Lima, Perú, ya que en esta se hace énfasis en los límites de calidad aceptable y los que representan un riesgo para la salud. Según esta resolución, las salchichas para desayuno

pueden considerarse dentro de la categoría “Preparados de carnes refrigeradas o congeladas (hamburguesas, milanesas, croquetas y otros empanizados o aderezados)”. En este caso se establece que el límite de mesófilos aerobios para considerar una calidad aceptable es de 6 Log UFC/g, mientras que el límite máximo como indicador de un riesgo para la salud son 7 Log UFC/g. Para el caso del presente proyecto, hasta el día 9 de almacenamiento aún se consideran por debajo del límite de calidad aceptable, demostrando que las salchichas no son un riesgo microbiológico para el consumidor y probando el uso correcto de las buenas prácticas de manufactura a lo largo del procesamiento.

Psicrófilos aerobios totales. En los resultados obtenidos para los microorganismos psicrófilos totales se observa que a lo largo del almacenamiento sólo hubo cambios significativos ($p < 0.05$) en la población bacteriana en el día 9. Durante el tiempo de almacenamiento no se observaron diferencias entre los productos adicionados con extractos y el control, exceptuando que en el día 9 hubo un incremento ($p < 0.05$) de este tipo de microorganismos en las salchichas preparadas con *P. alba* respecto al tratamiento control. Al no existir diferencias entre los tratamientos con extracto y el control, se evidencia la falta de contaminación de los extractos al momento de ser añadidos a la formulación.

La importancia de la medición y control de las bacterias psicrófilas, las cuales crecen lentamente a temperaturas entre 0 y 4°C, radica en que en su mayoría, las bacterias deteriorativas pertenecen a este grupo, de manera que es posible relacionarlas con el deterioro, y es a estas temperaturas a las cuales se almacenan este tipo de productos (salchichas para desayuno). En la figura es posible apreciar la baja velocidad de crecimiento, ya que fue hasta el día 9 cuando se evidenció el incremento de estas. Uno de los principales grupos de bacterias en la carne es *Pseudomonas spp.*, las cuales son bacterias deteriorativas. La mioglobina puede verse afectada por muchos factores, entre ellos, el crecimiento bacteriano. Las bacterias pertenecientes a la especie *P. fluorescens* tienen la capacidad de producir pigmentos azules, amarillos y verdes debido a la generación de metabolitos como amoníaco, aminas biogénicas, ácido sulfhídrico, entre otros. Cuando su población llega a más de 7 log UFC/g; esto puede estar relacionado con la disminución del parámetro a^* del color, ya que entre más disminuye el color rojo, más alto será el color verde en la carne; y en los días 6 y 9 de almacenamiento se observó la disminución del color rojo, pero sin llegar a los valores negativos de a^* , los cuales corresponden al color verde, pudiendo relacionarse con el aumento de las bacterias psicrófilas,

ya que alcanzan valores cercanos a 7 log UFC/g (Arinder y Borch, 1999; Cornelis, 2010; Lebert y col., 2000; López y col., 2013; Zagorec y Champomier-Vergés, 2017).

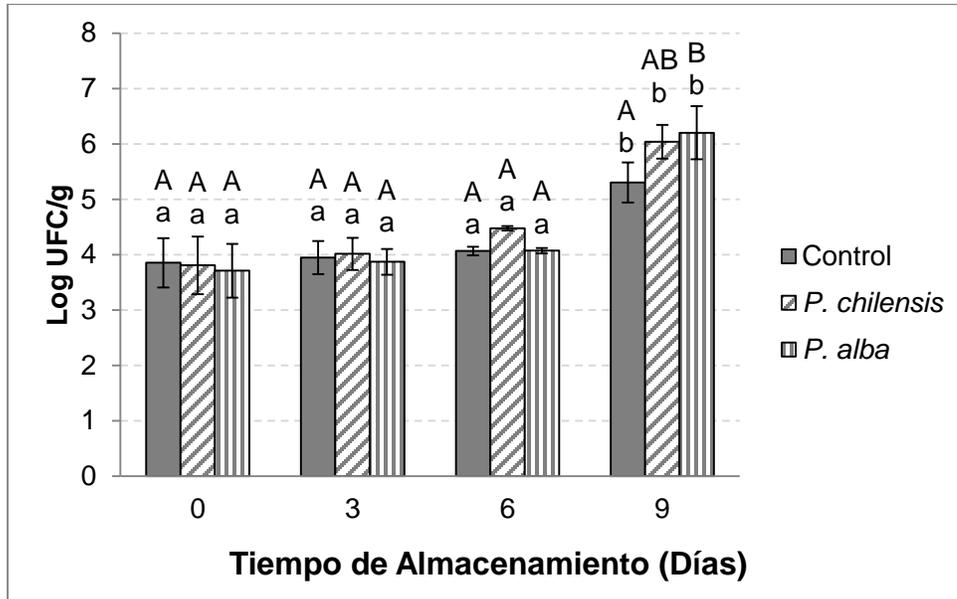


Figura 18. Cuenta total de psicrófilos en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C). Literales minúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre días de almacenamiento por tratamiento, y mayúsculas entre tratamientos por día de almacenamiento.

Evaluación de la Oxidación de Lípidos por TBARS

Los resultados obtenidos para la oxidación lipídica, los cuales son expresados como sustancias reactivas al ácido tiobarbiturico (TBARS) se presentan en la Figura 19. En la figura es posible apreciar que el tratamiento control aumenta la concentración de malondialdehído (MDA) a lo largo del tiempo de almacenamiento, siendo diferente para cada día evaluado ($p < 0.05$) alcanzando en el día 9, casi siete veces los valores observados al inicio del tiempo de almacenamiento. Las salchichas elaboradas con el extracto de *P. chilensis* no presentaron cambio hasta el día 6 de almacenamiento pero estos valores se mantuvieron hasta el día 9 ($p > 0.05$), mientras que las elaboradas con *P. alba* sufrieron un aumento de los equivalentes de MDA en el día 3 y 6, permaneciendo sin cambio hasta el día 9 ($p > 0.05$).

Al comparar los resultados entre tratamientos por días de almacenamiento se puede observar una gran diferencia ($p < 0.05$) en todos los días de almacenamiento entre el tratamiento control y los adicionados con el extracto de vaina de mezquite. Si se establece una proporción de los mg de MDA en las salchichas con extracto contra el control, es posible observar que en el día 0 de almacenamiento se tiene 30% menos de mg MDA/kg para las salchichas con extracto; en el día 3, un 75% menos de mg eq MDA/kg en las salchichas con extracto con respecto al control; en el día 6, la reducción fue mayor al 80% en las salchichas elaboradas con extracto; mientras que en el día 9, la reducción fue cercana al 90% de mg MDA/g. Este mismo comportamiento se presentó en los tratamientos de ambas especies, demostrando así la capacidad antioxidante del extracto de vaina de mezquite contra la oxidación lipídica, sin importar la especie utilizada en la formulación.

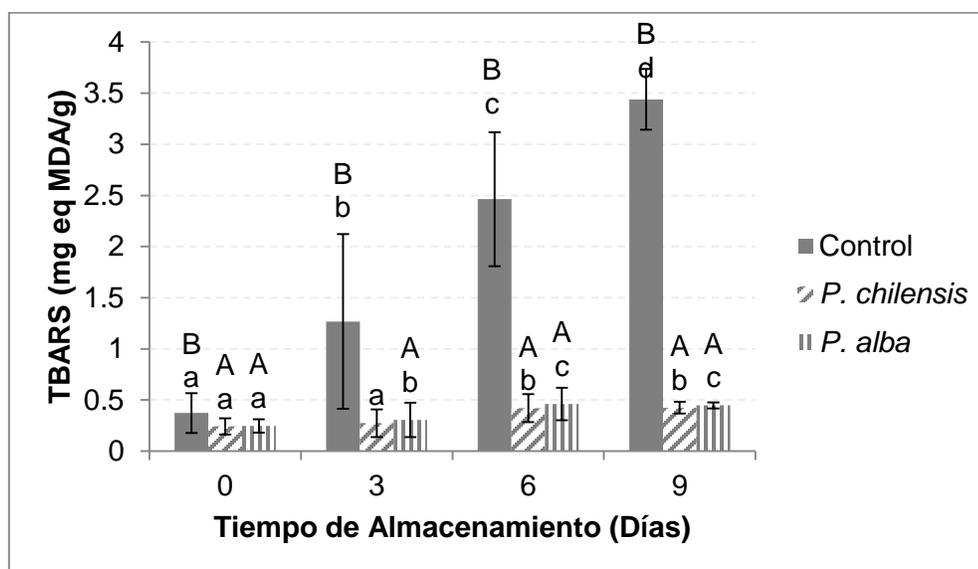


Figura 19. Sustancias reactivas al ácido tiobarbiturico (TBARS) en las salchichas para desayuno durante el almacenamiento (4°C). Literales minúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre días de almacenamiento por tratamiento, y mayúsculas entre tratamientos por día de almacenamiento.

Los resultados obtenidos son comparables con lo presentado por Aispuro (2014), que al añadir 0.3 % de extracto etanólico de mezquite en hamburguesas con 10 % de grasa obtuvo

alrededor del 20 % de los mg MDA generados en el control para los días 3, 7 y 10 de almacenamiento. Sin embargo, al utilizar más grasa en este proyecto está más disponible para su oxidación, por lo que los valores de MDA se esperarían más altos y se obtuvo un comportamiento contrario, ya que al día 9 de almacenamiento se inhibió el 90 % de la oxidación lipídica, demostrando que los extractos elaborados con etanol:agua 1:1 poseen una mejor capacidad antioxidante que aquellos obtenidos con etanol puro, corroborando lo obtenido en la primera etapa de este experimental, donde los mejores resultados de capacidad antioxidante y contenido de fitoquímicos se presentaron en los extractos obtenidos con etanol:agua.

En el estudio realizado por Sebranek y col. (2005) se evaluaron salchichas de puerco frescas formuladas con 35% de grasa adicionadas con extracto de romero para compararlas con una mezcla de BHA/BHT. Los valores de oxidación lipídica obtenidos con el uso de BHA/BHT como antioxidante, aplicado en una concentración de 200 ppm, en el día 9 de almacenamiento se encuentran en 0.5 mg MDA/kg salchicha; estos valores son iguales a los obtenidos en las salchichas adicionadas con extracto de *P. chilensis* y *P. alba* en su formulación para el mismo tiempo de almacenamiento en refrigeración, por lo que su efecto protector podría compararse con antioxidantes sintéticos. Sin embargo, sería necesario realizar un estudio con estos compuestos bajo las mismas condiciones de elaboración para poder realizar una comparación concreta.

Composición Química Proximal

En la Tabla 9 se presenta la composición química proximal de las salchichas para desayuno elaboradas. La composición de las salchichas no varió con la adición del extracto ($p>0.05$) en ninguno de los parámetros medidos. Esto puede compararse con los estudios de Aispuro (2014) donde al adicionar extracto de *P. velutina* en hamburguesas de cerdo no se mostró un cambio significativo en la composición de las mismas. Estudios realizados por Baldin y col. (2018) quienes adicionaron extracto de jabuticaba (*Plinia cauliflora*) encapsulado en salchichón tipo mortadela, encontraron que la composición proximal no se vio afectada por la adición del extracto.

El contenido de humedad osciló entre 51.77 y 52.44% para los tratamientos, sin mostrar diferencia ($p>0.05$) entre ellos. Este contenido bajo de humedad puede ser relacionado con el contenido de grasa alto, ya que al aumentar el contenido de grasa el contenido de humedad se ve disminuido. Este comportamiento puede ser comparado con los estudios de

Pintado y col. (2018), quienes elaboraron salchichas con diferente contenido de grasa (29, 7.25 y 3%), y encontraron que los valores de humedad fueron más altos cuando el contenido de grasa fue menor. Así, para 29% de grasa se obtuvieron valores del 52% de humedad, lo que es similar a los resultados obtenidos en las salchichas elaboradas en este proyecto de investigación.

Tabla 10. Composición química proximal de las salchichas para desayuno.

	Control	<i>P. chilensis</i>	<i>P. alba</i>
Humedad (%)	52.25 ± 0.16 a	52.44 ± 0.75 a	51.77 ± 0.29 a
Grasa (%)	26.30 ± 0.95 a	25.92 ± 0.11 a	25.56 ± 0.80 a
Proteína (%)	15.04 ± 0.40 a	15.26 ± 0.83 a	15.91 ± 0.07 a
Cenizas (%)	2.42 ± 0.05 a	2.38 ± 0.12 a	2.42 ± 0.01 a

Literales indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos.

Los resultados obtenidos para el contenido de cenizas en las salchichas se pueden atribuir a la cantidad de sal adicionada en la formulación. Tobin y col. (2013) realizaron un estudio variando porcentajes de sal y grasa en salchichas frescas, encontrando que, en los porcentajes de grasa y sal más parecidos a los adicionados en estas salchichas, obtuvieron valores similares de cenizas para la salchicha cruda, demostrando que el contenido de cenizas está directamente relacionado con la cantidad de sal añadida.

CONCLUSIONES

- En este estudio se estandarizó el proceso para la obtención de harina de vainas de mezquite, desde la recolección hasta la molienda.
- La composición química proximal de la harina de vaina de mezquite fue afectada por la especie de mezquite. La harina obtenida es rica en proteínas y carbohidratos, pero baja en humedad y grasa.
- El proceso de obtención de extractos de harina de vaina de mezquite se estableció tomando en cuenta la especie, el solvente utilizado y el número de etapas de extracción.
- Los extractos seleccionados para su aplicación en carne fueron los elaborados con la mezcla de solventes etanol-agua 1:1 para ambas especies, aunque el extracto con mayor capacidad antioxidante fue el obtenido a partir de *P. alba*.
- La adición de extractos de vaina de mezquite en las salchichas para desayuno logró retrasar la oxidación lipídica sin afectar negativamente los parámetros de calidad ni su composición.
- Los extractos de vaina de mezquite mostraron un potencial uso como aditivo antioxidante en la elaboración de productos cárnicos.

BIBLIOGRAFÍA

Agarwal S., Sharma V., Kaul T., Abdin M., Singh S. 2014. Cytotoxic effect of carotenoid phytonutrient lycopene on *P. falciparum* infected erythrocytes. *Mol Biochem Parasit* 197: 15–20.

Agriculture and Agri-Food Canada. 2012. Consumer trends: Pork products in Mexico. Market indicator report July 2012. En línea. Obtenido de: <http://www5.agr.gc.ca/resources/prod/Internet-Internet/MISB-DGSIM/ATS-SEA/PDF/6201-eng.pdf>.

Aispuro Sainz K.J. 2014. Determinación del efecto de adición de harina y extracto de vaina de mezquite (*Prosopis velutina*) en un producto potencialmente funcional de carne de cerdo. Tesis para obtener el grado de Licenciada en Biología. Universidad de la Sierra. Moctezuma, Sonora.

Alam Md. N., Bristi N.J., Rafiquzzaman Md. 2012. Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal* 21: 143-152.

Alberti P., Panea B., Ripoll G., Sañudo C., Olleta J.L., Negueruela I., y col. 2005. Medición del color. En: Cañeque V, Sañudo C editores. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, España: MICYT-INIA: Ganadera 3: 216-225

Aleson-Carbonell L., Fernandez-Lopez J., Pérez-Alvarez J.A., Kuri V. 2005. Functional and Sensory Effects of Fibre-rich Ingredients on Breakfast Fresh Sausages Manufacture. *Food Science and Technology International* 11 (2): 89-97

Al-Frasi M.A., Lee C.Y. 2008. Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds. *Food Chemistry* 108: 977-985

Amaya Rodríguez L.M., Portillo Membreño C.E. 2013. Determinación de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante en melaza, azúcar blanco y moreno en el ingenio chaparrastique por el método de espectrofotometría ultravioleta-visible. Tesis para obtener el grado de Licenciatura en Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. Facultad de Química y Farmacia.

American Meat Science Association, 2012. AMSA Meat Color Measurement Guidelines. American Meat Science Association, Champaign, Illinois

Anand M. 2014. Basics of Sausage Making: Formulation, Processing and Safety. Documento en línea. Obtenido de: <http://efsonline.uga.edu/wp-content/uploads/2016/08/Basics-of-Sausage-Making.pdf> . Consultado el día: 19 de enero de 2018.

Ang C.Y.W., Hamm D. 1996. Effect of salt and sodium tripolyphosphate on shear, thiobarbituric acid, sodium and phosphorus values of hot-stripped broiler breast meat. Poultry Science 65: 1532-1538

Anwar F., Jamil, A., Iqbal S., Sheikh M.A. 2006. Antioxidant activity of various plant extracts under ambient and accelerated storage of sunflower oil. Grasas Aceites 57: 189-197.

Anzaldúa-Morales A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Arellano D.S. 1996. Determinación del potencial productivo del mezquite (*Prosopis spp*) en el municipio de San Juan de Guadalupe, Durango. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Durango. 63pp

Arinder P., Borch E. 1999. Validation of mathematical models for predicting growth of *Pseudomonas spp*. Predictive microbiology applied to chilled food preservation. Refrigeration Science and Technology Proceedings: 185-193.

Arnero Chávez M.A. 2015. La Vaina de Mezquite (*Prosopis spp*) en la Alimentación del Ganado. Tesis para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.

Astudillo L., Schmeda-Hirschmann G., Herrera J.P., Cortés M. 2000. Proximate composition and biological activity of Chilean *Prosopis* species. Journal of the Science of Food and Agriculture 80: 567-573

Badui S. 2006. Badui S. (Ed) Química de los Alimentos. 4ta edición. Naucalpan de Juárez (Edo. de México): Pearson Education. 283-285 pp.

Balasundram N., Sundram K., Samman S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry 99: 191–203

- Baldin J.C., Munekata P.E.S., Michelin E.C., Polizer Y.J., Silva P.M., Canan T.M., y col. 2018. Effect of microencapsulated Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) extract on quality and storage stability of mortadella sausage. *Food research international* 108: 551-557
- Balentine C.W., Crandall P.G., O'Bryan C.A., Duong D.Q., Pohlman F.W. 2006. The pre- and post-grinding application of rosemary and its effects on lipid oxidation and colour during storage of ground beef. *Meat Science* 73: 413-421.
- Bañón S., Díaz, P, Rodríguez M., Garrido M. D., Price A. 2007. Ascorbate, green tea and grape seed extracts increase the shelf-life of low sulphite beef patties. *Meat Science* 77: 626-633.
- Beach E.F., Munks B., Robinson A. 1943. The amino acid composition of animal tissue protein. *Journal of Biological Chemistry* 148: 431-439
- Bender A.E. 1992. Meat and meat products in human nutrition in developing countries. Rome: FAO.
- Bernardi, C. 2000. Nutritional facts in vinal (*Prosopis rusCIFolia*) pulp including its iron availability. MS Thesis, Faculty of Chemical Engineering, National University of Litoral, Santa Fe, Argentina
- Blois M.S. 1958. Antioxidant determination by the use of stable free radicals. *Nature* 181: 1199-2000
- Bouton P.E., Harris P.V. 1972. The effect of cooking temperature and time on some mechanical properties of meat. *Journal Food Science* 37:140–144
- Braña Varela D., Ramirez Rodriguez E., Rubio Lozano M.S., Sánchez Escalante A., Torrescano Urrutia G., Arenas de Moreno M.L., y col. 2011. Manual de Analisis de Calidad en Muestras de Carne. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Anual. Folleto Técnico No. 11. Querétaro, México.
- Brand-Williams W., Cuvelier M., y Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology* 28: 25-30.
- Branen A.L. 1975. Toxicology and biochemistry of BHA and BHT. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 52: 59–65
- Bratzler L.J. 1949. Determining the tenderness of meat by use of the Warner-Bratzler method. *Proceedings of Reciprocal Meat Conference* 2: 117-121.

Brewer M.S. 2011. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 10: 221-247

Brewer S.J., Wilson J.E., McKeith F. 2002. The effect of pig genetics and palatability, colorant physical characteristics of fresh loin chops. *Meat Science* 61: 249-256.

Buege J., Aust S. 1978. Microsomal Lipid Peroxidation. *Methods in Enzymology* 52: 302-310.

Cardozo M.L., Ordoñez R.M., Zampini I.C., Cuello A.S., Dibenedetto G., Isla M.I. 2010. Evaluation of antioxidant capacity, and polyphenol content of non-conventional foods: prosopis flour. *Food Research International* 43: 1505-1510

Carocho M., Ferreira I.C.F.R. 2013. The role of phenolic compounds in the fight against cancer – a review. *Anti-cancer Agents in Medicinal Chemistry* 13: 1236–1258.

Carocho M., Morales P., Ferreira I.C.F.R. 2018. Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. *Trends in Food Science and Technology* 71: 107-120.

Carpenter R., O'Grady M.N., O'Callaghan Y.C., O'Brien N.M., Kerry J.P. 2007. Evaluation of the antioxidant potential of grape seed and bearberry extracts in raw and cooked pork. *Meat Science* 76: 604-610.

Carrillo F.R., 2006. Efecto de la poda sobre el potencial productivo de mezquites nativos (*Prosopis glandulosa* Torr, var. *glandulosa*) en la Comarca Lagunera. Tesis de maestría Universidad Autónoma de Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Dgo. 103 pp.

Cattaneo F., Costamagna M.S., Zampini I.C., Sayago J., Alberto M.R., Chamorro V., y col. 2016. Flour from *Prosopis alba* cotyledons: A natural source of nutrient and bioactive phytochemicals. *Food Chemistry* 208: 89-96.

Cervantes Ramírez M.C. 2005. Plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México. X encuentro de geógrafos de América latina. Universidad de Sao Paulo. 3388-3407pp.

Cheah K.S., Cheah A.M., Krausgrill D.I. 1995. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. *Animal Science* 63: 517.

- Chen J.H., Ho C.T. 1997. Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic and compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 2374-2378.
- Cheng Z., Su L., Moore J., Zhou K., Luther M., Yin J.J., Yu L.L. 2006. Effect of postharvest treatment and heat stress on availability of wheat antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 5623-5629.
- Christensen R.L. 1999. The Electronic States of Carotenoids, *The Photochemistry of Carotenoids*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands; 137–159.
- Comisión Nacional de Zonas Áridas- Instituto Nacional de Ecología (CONAZA-INE). 1994. Mezquite (*Prosopis spp.*) cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. CONAZA, Saltillo, Coahuila, México. 31pp.
- Cornelis P., 2010. Iron uptake and metabolism in pseudomonads. *Applied Microbiology and Biotechnology* 86: 1637-1645.
- Cornwell D.G., Jones K.H., Jiang Z., Lantry L.E., Southwell Keely P., Kohar I. 1998. Cytotoxicity of tocopherols and their quinones in drug-sensitive and multidrug-resistant leukemia cells. *Lipids* 33: 295–301
- Criswell D. 2004. The “evolution” of antibiotic resistance. *Impact: Vital Articles on Science/Creation* 378:1-4.
- Cross H.R., Berry B.W., Wells L.H. 1980. Effects of fat level and source on the chemical, sensory and cooking properties of ground beef patties. *Journal of Food Science* 45: 791-793.
- Cruz A.G.E. 1999. Production and characterization of *Prosopis* seed galactomannan. Tesis profesional. Swiss Federal Institute of Technology Zurich. 113pp
- Cuvelier M-E., Richard H., Berst C. 1992. Comparison of the antioxidative activity of some acid-phenols: structure-activity relationship. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 56: 324-325
- De la Rosa-Alcaraz M. A., Torrescano-Urrutia G.R., Pérez-Álvarez J.A., Fernández-López J., Sánchez-Escalante A. 2017. Evaluación de fitoquímicos y actividad antioxidante de subproductos de dátil (*Phoenix dactyifera L.*) producidos en el estado de Sonora. *Biotecnia* 19 (3): 11-17.

De Smet S. y Vossen E. 2016. Meat: The balance between nutrition and health. A review. *Meat Science* Vol 120, Pages 145-156.

Decker E.A., Hultin H.O. 1992. Chapter 3: Lipid oxidation in muscle foods via redox iron. St. Angelo AJ (Ed). *Lipid oxidation in food*. Washington DC., USA.: American Chemical Society. 33–54pp.

Dehghani R., Subramaniam S., Zakaria L., Joniyas A., Firouzi F., Haghnama K., Razinataj M. 2015. Review of research on fungal pathogen attack and plant defense mechanism against pathogen. *International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences* 2:197-208.

Del Rio, D., Stewart A. J., Pellegrini N. 2005. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress. *Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases* 15(4), 316–328.

Desmond E. 2006. Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Science* 74: 188–196.

Devatkal S. K., Thorat P., Manjunatha M. 2012. Effect of vacuum packaging and pomegranate peel extract on quality aspects of ground goat meat and nuggets. *Journal of Food Science and Technology*.

Dillon V.M., Board R.G. 1994. Future prospects for natural antimicrobial food preservation systems. En V.M. Dillon, R.G. Board (Eds), *Natural antimicrobial systems and food preservation*. Wallingford: CAB International. 297-303pp.

Dirección General de Salud Ambiental. 2003. Proyecto de actualización de la Resolución Ministerial N°615-2003/SA DM: Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. En línea, obtenido de: http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Proy_RM615-2003.pdf. [Consultado el día 26 de marzo de 2018].

Dziedzic S.Z., Hudson B.J.F. 1984. Phenolic acids and related compounds as antioxidants for edible oils. *Food Chemistry* 14: 45-51

Estrada. 1993. Estudios sobre el potencial técnico de aprovechamiento de la goma, vaina, hojas y madera de mezquite (*Prosopis* spp) en México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Estado de México, México.

- Faure M., Lissi E, Torres R., Videla R. 1990. Antioxidant activities of lignans and flavanoids. *Phytochemistry* 29:3773–3775.
- Faustman C. 1990. The Biochemical Basis for Discoloration in Fresh Meat: A Review. *Journal of Muscle Foods* 1: 217-243.
- Faustman C., Suman S.P. 2017. Chapter 11: The Eating Quality of Meat. Toldra F. (Ed) *Lawrie's Meat Science*. 8th edition. Woodhead Publishing. 326-337pp.
- Fecher J., Pronai L. 1993. The role of free radical scavengers in gastrointestinal diseases. *Orvosi Hetilap* 134(13): 693–696.
- Fernández J., Pérez-Álvarez J. A., Fernández-López J. A. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry* 59(3): 345–353.
- Fernández-López J. 1998. Estudio del color por métodos objetivos en sistemas modelo de pastas de embutidos crudo– curados. Tesis para obtener el grado de Doctor. Universidad de Murcia, España.
- Fernández-López J., Pérez-Alvarez J.A., Aranda-Catalá V. 2000. Effect of Mincing degree on colour proprieties in pork meat. *COLOR Research and application* 25 (5): 376-280.
- Folin O., Ciocalteu V. 1927. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal of Biological Chemistry* 73: 627–650.
- Foroughbakhch R.P., Castillo G.E.A., Alvarado V.M.A., Hernandez P.J.L. 2010. Estudio sistematico de la morfología foliar del género *Prosopis spp.* en el estado de Nuevo León, México. VII Simposio sobre la flora silvestre en Zonas Áridas. Hermosillo, Sonora. 770-795 pp
- FSA (Food Standards Agency). 2002. *McCance and Widdowson's the Composition of Foods*. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.
- Gallegos-Infante J.A., Rocha-Guzmán N.E., González- Laredo R.F., García-Casas M.A. 2013. Efecto del procesamiento térmico sobre la capacidad antioxidante de pinole a base de vainas de mezquite (*Prosopis laevigata*), *CyTA - Journal of Food* 11 (2): 162-170.
- García A.M., González L.R.F., Rocha G.N.E., Gallegos I.J.A., Rosales C.M., Medina T.L. 2013. Mesquite leaves (*Prosopis leavigata*) a natural resource with antioxidant capacity and cardioprotection potential. *Industrial Crops and Products* 44: 336-432.

Gehring K.B. 2017. Meat and Health. Chapter 21. Toldrá F. (Ed) Lawrie's Meat Science. 8th edition. Woodhead Publishing.

Geldof N., Engeseth N.J. 2002. Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 3050–5.

Gillie D., Schimid A. 2015. Vitamin B₁₂ in meat and dairy products. *Nutrition Reviews* 73: 106-115.

Gobantes I., Gómez R., Choubert G. 2001. Envasado de alimentos. Aspectos técnicos del envasado al vacío y bajo atmósfera protectora. *Alimentación, Equipos y Tecnología* 1: 75-80.

Gordon M.H. 2001. The development of oxidative rancidity in foods. En *Antioxidants in food: Practical applications*. Porkony J., Yanishlieva N., Gordon M. (Ed). CRC Press, Cambridge England. 17pp.

Gould G.W. Russell N.J. 2003. Sulfite. En G.W. Gould y N. J. Russel (Ed.). *Food preservatives*. Segunda Edición. New York: Kluwer Academic/Plenum Publisher. 85-93.

Graf E. 1992. Antioxidant potential of ferulic acid. *Free Radical Biology & Medicine* 13: 435-448.

Gruen I. 2008. Antioxidants. Ch. 13 in *Ingredients in Meat Products: Properties, Functionality and Applications*. Ed. R. Tarte, pp. 291-300, Springer-Verlag, N.Y.

Guerrero Legarreta I., López Hernández E., Armenta López R.E. 2006. Capítulo 7: Pigmentos. Badui S. (Ed) *Química de los alimentos*. 4ta edición. Naucalpan de Juárez (Edo. de México): Pearson Education. 432-436 pp.

Gunnison A.F., Jacobsen D.W., Schwartz H.J. 1987. Sulfite hypersensitivity. A critical review. *Critical Reviews in Toxicology* 17:186-214.

Gyawali R., Ibrahim S.A. 2014. Natural products as antimicrobial agents. *Food Control* 46: 412-429.

Halliwel B. 1997. Antioxidants in human health and disease. *Annual Review of Nutrition* 16: 33–50.

- Halliwell B., Gutteridge J.M.C., Aruoma O. 1987. The deoxyribose method: a simple “test tube” assay for determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals. *Analytical Biochemistry* 165: 215–9.
- Henciya S., Seturaman P., James A.R., Tsai Y., Nikam R., y col. 2017. Biopharmaceutical potentials of *Prosopis spp.* (Mimosaceae, Leguminosa). *Journal of Food and Drug Analysis* 25: 187-196.
- Herrmann K. 1989. Occurrence and content of hydroxycinnamic and hydroxybenzoic acid compounds in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28: 315-347.
- Herrmann K. 1990. Significance of hydroxycinnamic acid components in food I Antioxidant activity- effects on use, digestibility and microbial spoilage of food. *Chemie, Mikrobiologie, Technologie der Lebensmittel* 12: 137-144.
- Herrmann K. 1993. Phenolcarbonsäuren pflanzlicher Lebensmittel als Antioxidantien', *Gordian* 93: 92-6.
- Hertog-Meischke, M, Smulders, F, Houben, J, and Eikelenboom. 1997. The effect of dietary vitamin E supplementation on drip loss of bovine *Longissimus lumborum*, *Psoas major* and *Semitendinosus* muscles. *Meat Science* 45(2): 153-160.
- Huang D., Ou B., Prior R.L. 2005. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 1841–1856.
- Hudson J.F. 1990. *Food Antioxidants*. Londres. Elsevier Applied Science.
- Huff-Lonergan E., Lonergan S.M. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science* 71: 194-204.
- Hui Y.H., Guerrero L.I., Rosmini R.M. 2006. *Ciencia y Tecnología de la Carne*. Ed. Limusa
- Jiang J., Xiong YL. 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. *Meat Science* 120:107-117.
- Johansson G, Tornberg E, Lundström K. 1991. Meat colour in loin and ham muscles of normal meat quality from Hampshire, Swedish Landrace and Yorkshire pigs. In: Proc 37th International Congress of Meat Science Technology, Kulmbach, Germany 394–397pp.

Juárez J., Carrillo G., Rubluo A. 2006. Polymorphism determination in two natural mesquite (*Prosopis laevigata*) populations using RAPD. *Biotechnología Aplicada* 23 (3): 229-235.

Kahl R., Kappus H. 1993. Toxikologie der synthetischen antioxidanten BHA and BHT im Vergleich mit dem natürlichen antioxidant Vitamin E. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung* 196: 329–338.

Kanner J., Harel S., Salan A.M. 1988. The generation of ferryl or hydroxyl radicals during interaction of heme proteins with hydrogen peroxide. Simic MG, Taylor KA, Ward JF, von Sonntag C (Eds). *Oxygen radicals in biology and medicine*. New York, NY, USA: Springer. 145–148pp.

Karadag A., Ozcelik B., Saner S. 2009. Review of methods to determine antioxidant capacities. *Food Analytical Methods* 2: 41–60

Karre L., Lopez K., Getty K.J.K. 2013. Natural antioxidants in meat and poultry products. *Meat Science* 94: 220–227.

Kaufmann R.G., Sybesma W., Smulders F.J.M., Eikelenboom G., Engel B., van Laack R.L J.M., y col. 1993. The effectiveness of examining early post-mortem musculature to predict ultimate pork quality. *Meat Science* 34: 283-300.

Kchaou W., Abbès F., Blecker C., Attia H., Besbes S. 2013. Effects of extraction solvents on phenolic contents and antioxidant activities of Tunisian date varieties (*Phoenix dactylifera* L.). *Industrial Crops and Products* 45: 262-269.

Khanduja K.L. 2003. Stable free radical scavenging and antiperoxidative properties of resveratrol in vitro compared with some other bioflavonoids. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics* 40: 416-422.

Kim J.H., Seong P.N., Cho S.H., Park B.Y., Hah K.H., Yu L.H., y col. 2008. Characterization of Nutritional Value for Twenty-one Pork Muscles. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 21 (1): 138-143.

Kim S.J., Cho A.R., Han J. 2013. Antioxidant and antimicrobial activities of leafy green vegetable extracts and their application to meat product preservation. *Food Control* 29: 112-120.

Kristensen L., Purslow P.P. 2001. The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: role of cytoskeletal proteins. *Meat Science* 58: 17-23.

Kumar Y., Yadav D.N., Ahmad T., Narsaiah K. 2015. Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14: 796–812.

Kumaran A, Karunakaran RJ. 2007. In vitro antioxidant activities of methanol extracts of five *Phyllanthus* species from India. *LWT-Food Science and Technology* 40: 344-352.

Labuza T.P., Fu B. 1993. Growth kinetics for shelf-life prediction theory and practice. *Journal of Industrial Microbiology* 12: 309-323.

Lakshmibai R., Amirtham D., Radhika S. 2015. Preliminary phytochemical analysis and antioxidant activities of *Prosopis juliflora* and *Mimosa pudica* leaves. *International Journal of Scientific and Engineering Research* 4: 5766-70.

Lawrie R.A. 1981. *Ciencia de la Carne*. Ed. Acribia. Zaragoza. España. 355 p.

Lebert I., Robles-Olvera V., Lebert A. 2000. Application of polynomial models to predict growth of mixed cultures of *Pseudomonas spp.* and *Listeria* in meat. *International Journal of Food Microbiology* 61: 27-39.

Listere D., Gregory N.G., Warriss P.D. 1981. Stress in meat animals. En: Lawrie R., *Developments in meat science*. Volumen 2. London: Applied Science. 61-92pp.

Liu Q., Scheller K., Arp S., Schaefer D., Frigg M. 1996. Color coordinates for assessment of dietary vitamin E effects on beef color stability. *Journal of Animal Science* 74, 106- 116.

Loeza C.J.M. 2007. Modificación enzimática de la goma de mezquite para la obtención de L-arabinosa. Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F. 265pp

López F.Y.L., Goycoolea F.M., Valdez M.A, Calderón B.A.M. 2006. Goma de mezquite: una alternativa de uso industrial. *Interciencia* 31: 183-189.

López Hernández L.H., Braña Varela D., Hernández Hernández I. 2013. *Estimación de la Vida de Anaquel de la Carne*. Primera Edición. México D.F. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

López Pérez V.M. 2012. *Composición Química de los Alimentos*. Capítulo 12: Carnes y productos cárnicos. Red Tercer Milenio. Tlalnepantla, Edo. de México. 198, 206pp.

Lyras L., Cairns N. J., Jenner A., Jenner P. 1997. An assessment of oxidative damage to proteins, lipids, and DNA in brain from patients with Alzheimer's disease. *Neurochemistry* 68: 2061–2069.

Magalhaes L.M., Segundo M.A., Reis S., Lima J.L.F.C. 2008. Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. *Analytica Chimica Acta* 613, 1–19.

Marinova E.M., Yanishlieva N.V. 1992. Inhibited oxidation of lipids II Comparasion of the antioxidant properties of some hydroxy derivatives of benzoic and cinnamic acids. *Fat Science and Technology* 94: 428-432.

Marinova E.M., Yanishlieva N.V. 1994. Effect of lipid unsaturation on the antioxidative activity of some phenolic acids'. *Journal of America Oil Chemistry Society* 71: 427-434.

Mitsumoto M., Oszawa S., Mitsuhashi T., Koide K. 1998. Effect of dietary vitamin E supplementation for one week before slaughter on drip, colour and lipid stability during display Japanese black steer beef. *Meat Science* 2: 165-174.

Moure A., Cruz J.M., Franco D., Dominguez J.M., Sineiro J., Dominguez H., y col. 2001. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry* 72:145–171

Naczk, M., and F. Shahidi. 2004. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A* 1054: 95- 111.

Napar A.A., Bux H., Zia M.A., Ahmad M.Z., Iqbal A., Roomi S., y col. 2012. Antimicrobial and antioxidant activities of Mimosaceae plants; *Acacia modesta Wall* (Phulai), *Prosopis cineraria* (Linn.) and *Prosopis juliflora* (Swartz). *Journal of Medicinal Plants Research* 6: 2962-70.

Nawar W.F. 1996. Lipids. In: Fennema O, editor. *Food chemistry*. 3rd ed. New York: Marcel Dekker, Inc. p 225–320.

Nepote V., Grosso N. R., Guzmán C.A. 2005. Optimization of extraction of phenolic antioxidants from peanut skins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 33–38.

Ngapo T.M., Rubio Lozano M.S., Braña Varela D. 2018. Mexican consumers at the point of meat purchase. *Pork Choice. Meat Science* 135: 27-35.

O'Grady M., Monahan F., Bailey J., Allen P., Buckley D., Keane M. 1998. Colour- Stabilising Effects of Muscle Vitamin E in Minced Beef Stored in High Oxygen Packs. *Meat Science* 50(1): 73-80.

OECD. OECD-FAO Agricultural outlook: Meat consumption. 2016. En línea. Disponible en: [https:// data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm](https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm).

Ojha H., Mishra K., Chaudhury N.K. 2012. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chemistry* 130: 1036–1043.

Oktay M., Gülçin I., Küfrevioğlu Ö.I. 2003. Determination of in vitro antioxidant activity of fennel (*Foeniculum vulgare*) seed extracts. *LWT- Food Science Technology* 36: 263–271.

Özcan M.M., Arslan D. 2011. Antioxidant effect of essential oils of rosemary, clove and cinnamon on hazelnut and poppy oils. *Food Chemistry* 129: 171–174.

Ozsoy N., Candoken E., Akev N. 2009. Implications of degenerative disorders: antioxidative activity, total phenols, flavonoids, ascorbic acid, beta-carotene and beta-tocopherol in Aloe vera. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2(2): 99-106.

Palacios A.R., Hoc S.P., Burghardt D.A., Vilela E.A. 2000. *Prosopis L.*: Biodiversidad y clasificación, estrategias adaptativas, reproductivas e importancia económica. En Frias H.J.T., Olalde P.V., Carter V.J. (Eds.). *El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México*. Universidad de Guanajuato, México. 13-35pp.

Palafox-Carlos H., Gil-Chacez J., Sotelo-Mundo R.R., Namiesnik J., Gorinstein S., González-Aguilar G.A. 2012. Antioxidant interactions between major phenolic compounds found in 'Ataulfo'mango pulp: chlorogenic, gallic, protocatechuic and vanillic acids. *Molecules* 17: 12657-12664.

Palmquist D.L. 2009. Omega-3 Fatty Acids in Metabolism, Health, and Nutrition and for Modified Animal Product Foods. *The Professional Animal Scientist* 25: 207- 249.

Pasiecznik N.M., Felker P., Harris P.J.C., Harsh L.N., Cruz G., Tewari J.C. y col. 2001. *The Prosopis juliflora- Prosopis pallida Complex: A Monograph*. HDRA, Coventry, UK. 172 pp

Pérez Chabela M. de L., Ponce Alquicira E. 2013. *Manual de Prácticas de laboratorio: Tecnología de Carnes*. Primera Edición. México, D.F. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Página 9.

Pérez M.J., Cuello A.S., Zampini I.C., Ordoñez R.M., Alberto M.R., Quispe C., Schmeda-Hirschmann G., Isla, M.I. 2014. Polyphenolic compounds and anthocyanin content of *Prosopis nigra* and *Prosopis alba* pods flour and their antioxidant and anti-inflammatory capacity. *Food Research International* 64: 762-771.

Pérez-Álvarez J.A. 1996. Contribución al estudio objetivo del color en productos cárnicos crudos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Pérez-Álvarez J.A., Fernández-López J., Sayas-Barberá M.E., Cartagena-Gracia R. 1998. Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usadas en la industria cárnica. *Eurocarne* 63: 115-122.

Peschel W., Sanchez-Rabaneda F., Dn W., Plescher A., Gartzia I., Jiménez D., Lamuela-Raventos R. y col. 2006. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chemistry* 97: 137-150.

Pfalzgraf A., Frigg M., Steinhart H. 1995. α - Tocopherol contents and lipid oxidation in pork muscle and adipose tissue during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43:1339-1342

Pineda Alonso D., Salucci M., Lázaro R., Maiani G., Ferro-Luzzi A. 1999. Capacidad Antioxidante y potencial sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición* 13 (2): 104-111.

Pintado T., Herrero A.M., Jiménez-Colmero F., Pasqualin Cavalheiro C., Ruiz-Capillas C. 2018. Chia and oat emulsion gels as new animal fat replacers and healthy bioactive sources in fresh sausage formulation. *Meat Science* 135: 6-13.

Pokorny J., Yanishlieva N., Gordon M. 2000. Antioxidants in food. Practical applications. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, Inglaterra.

Pothakos V., Stellato G., Ercolini D., Devlieghere F. 2015. Processing environment and ingredients are both sources of *Leuconostoc gelidum*, which emerges as a major spoiler in ready-to-eat meals. *Applied and Environmental Microbiology* 81: 3529-3541.

Poulanne E.J., Ruusunen M.H., Vainionpää J.I. 2001. Combined effects of NaCl and raw meat pH on water-holding in cooked sausages with and without phosphate. *Meat Science* 58: 1-7.

- Prokopiuk D. 2005. Sucedaneo del café a partir de algarroba (*Prosopis alba Griseb*). Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología de Alimentos. Valencia, España, 97pp.
- Prokopiuk D., Cruz G., Grados N., Garro O., Chiralt A. 2000. Estudio Comparativo entre frutos de *Prosopis alba* y *Prosopis pallida*. Revista Multequina 9: 35-45.
- Quispe C., Petroll K., Theoduloz C., Schmeda-Hirschmann G. 2013. Antioxidant effect and characterization of South American *Prosopis* pods syrups. Food Research International 56: 174-181.
- Ratkowsky D.A., Olley J., McMeekin T.A., Ball A. 1982. Relationship between temperature and growth rate of bacterial cultures. Journal of Bacteriology 149: 1-5.
- Ratkowsky D.A., Olley J., McMeekin T.A., Ball A. 1982. Relationship between temperature and growth rate of bacterial cultures. Journal of Bacteriology 149: 1-5.
- Re R., Pellegrini N., Protoggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology and Medicine 26: 1231-1237.
- Reséndez Velázquez K.L. 2014. Evaluación del daño por insectos en la vaina de *Prosopis laevigata* (WILLD) M.C. Johnst en una zona mezquitera del estado de Durango. Tesis de Maestría en Ciencias en Gestion Ambiental. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango.
- Restrepo A., Montoya G. 2010. Implementación y Diseño de Procedimiento para Determinación de vida Útil de Quesos Frescos, Chorizos frescos y Aguas en Bolsa”. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnologías- Escuela de Química, Tecnología Química. 11-13pp.
- Restrepo D., Arango Mejía C., Amézquita C.A., Restrepo D.R. 2001. Industria de la Carne. Universidad Nacional de Colombia. Telsa, S.A. Medellín, Colombia.
- Rodríguez C., Maldonado L.J. 1996. Overview of past, current and potential uses of mesquite in Mexico. En Fleker R., Moss J (Eds) *Prosopis: Semiarid Fuel Wood and Forage Tree Building Consensus for the Disenfranchised*. Center form Semi-arid Forest Resources. Texas A&M University. Washington D.C., USA. 641-653pp.

Rodríguez S.E.N., Rojo M.G.E., Ramírez V.B., Martínez R.R., Cong H.M.C., Medina T.S.M y col. 2014. Análisis técnico del árbol de mezquite (*Prosopis leavigata* Humboldt et Bonpland Ex Wild.) en México. Ra Ximhai 10 (3): 173-193.

Romans J.R., William J.C., Carloson C.W., Greaser M.L., Jones K.W. 2001. The meat we eat. Cuarta Edición. Danville: Interstate Publishers, Inc.

Rosales S.R., Valenzuela N.L.M., Ríos S.J.C., Jiménez O.R., Ibarra F.J.M. 2011. Diversidad genética en poblaciones naturales de mezquite del norte-centro de México. En: Importancia de las poblaciones de mezquite en el Norte-Centro de México. Libro Técnico No. 25. INIFAP. CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango: 3-19 pp

Rubio Lozano M.S., Braña Varela D., Méndez Medina R. D., Delgado Suarez E. 2013. Composición de la Carne Mexicana. Folleto Técnico No. 27. Querétaro, México. INIFAP. 29pp.

Ruiz T.D.R. 2011. Uso potencial de la vaina de mezquite para la alimentación de animales domésticos del Altiplano Potosino. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina. 102pp.

Salah O., Yagi S. 2011. Nutritional composition of *Prosopis chilensis* (Molina) Stuntz leaves and pods from Sudan. African Journal of Food Science and Technology 2 (4): 79-82.

Sathiya M., Muthuchelian K. 2008. Investigation of phytochemical profile and antibacterial potential of ethanolic leaf extracts of *Prosopis juliflora* DC. Ethnobotanical Leaflets 12: 1240-5.

Satish S., Mohana D.C., Raghavendra M.P., Raveesha K.A. 2007. Antifungal activity of some plant extracts against important seed borne pathogens of *Aspergillus* sp. Journal of Agricultural Science and Technology 1: 109-19.

Sciammaro L., Ferrero C., Puppo C. 2015. Agregado de valor al fruto de *Prosopis alba*. Estudio de la composición química y nutricional para su aplicación en bocaditos dulces saludables. Revista de la Facultad de Agronomía, la Plata 114 (1): 115-123.

Sebranek J.G., Sewalt V.J.H., Robbins K.L., Houser T.A. 2005. Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. Meat Science 69: 289–296.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2000. Elaboración de productos cárnicos. Documento en línea. Obtenido de:

<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20productos%20c%C3%A1rnicos.pdf> [Consultado el día 18 de enero de 2018].

Secretaría de Economía. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-009-Z00-1994: Proceso Sanitario de la Carne. México. Obtenida de: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-009-zoo-1994>

Secretaría de Economía. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994: Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Obtenida de: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5285372&fecha=22/01/2013 [Consultada el día 22 de enero de 2018].

Secretaría de Economía. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994: Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis. Obtenida de: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5285372&fecha=22/01/2013 [Consultada el día 22 de enero de 2018].

Secretaría de Economía. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-213-SSA2-2002: Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. Obtenida de: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/213ssa102.html> [Consultada el día 26 de marzo de 2018].

Secretaría de Economía. 2013. Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2012: Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación. Obtenida de: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5285372&fecha=22/01/2013 [Consultada el día 22 de enero de 2018].

Shah M.A., Don Bosco S.J., Mir S.A. 2014. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science* 98: 21-33

Shahidi F. 2000. Antioxidants in foods and food antioxidants. *Die Nahrung* 44: 158–163.

Shahidi F., Zhong Y. 2005. Lipid oxidation: Measurement methods. In F. Shahidi (Ed.), *Bailey's industrial oil and fat products* (6th ed., Vol. 1, pp. 357–386). Hoboken, NJ: JohnWiley & Sons, Inc.

Sheikh M., Malik A.R., Meghavanshi M.K., Mahmood I. 2012. Studies on some plant extracts for their antimicrobial potential against certain pathogenic microorganisms. *American Journal of Plant Sciences* 3: 209-13.

Shi J., Yu J., Pohorly J., Young C., Bryan M., Wu Y. 2003. Optimization of the extraction of polyphenols from grape seed meal by aqueous ethanol solution. *Food Agriculture and Environment* 1: 42–47.

Siahpoosh A., Mehrpeyma M. 2014. Antioxidant effects of *Albizia lebbek* and *Prosopis juliflora* barks. *International Journal of Biosciences* 5: 273-84.

Siddhuraju P., Becker K. 2003. Antioxidant properties of various extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera lam.*) leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 2144-2155.

Siddhuraju P., Becker K. 2003. Antioxidant properties of various extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera lam.*) leaves. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 51: 2144-2155.

Sikes A.L., Tobin A.B., Tume R.K. 2009. Use of high pressure to reduce cook loss and improve texture of low-salt beef sausage batters. *Innovate Food Science and Emerging Technologies* 10: 405-412.

Singleton V., Rossi J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144-158.

Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventós R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Lester P.(ed.) *Methods in Enzymology* No. Volume 299. 152-178pp. Academic Press.

Siripatrawan U., Noipha S. 2012. Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages. *Food Hydrocolloids* 27: 102-108.

Stukey B.N. 1972. Antioxidants as food stabilizers. En *Handbook of Food Aditives*. Furia T.E.(Ed). CRC Press. Cleveland, OH. 185-224pp.

Sultana B., Anwar F., Ashraf M. 2009. Effect of extraction solvent/Technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules* 14: 2167-2180.

Sultana B., Anwar, F., Przybylski R. 2007. Antioxidant activity of phenolic components present in barks of barks of *Azadirachta indica*, *Terminalia arjuna*, *Acacia nilotica*, and *Eugenia jambolanab* Lam. trees. Food Chemistry 4: 1106-1114.

Sultana T., Rana J., Chakraborty S.R., Das K.K., Rahman T., Noor R. 2014. Microbiological analysis of common preservatives used in food items and demonstration of their in vitro anti-bacterial activity. Asian Pacific Journal of Tropical Diseases 4: 452-456.

Sutton D.S., Ellis M., Lan Y., Mckeith F.K., Wilson E.R. 1997. Influence of slaughter weight and stress gen genotype on the water-holding capacity and protein gel characteristics of three porcine muscles. Meat Science, 46 (2): 173-180.

Swatland H.J. 1991. Estructura y desarrollo de los animales de abasto. Zaragoza, España: Editorial Acribia, S.A; 373pp.

Takeoka G., Felker P., Prokopiuk D., Dao Lan. 2008. Chapter 9: Volatile Constituents of Mesquite (*Prosopis*) pods. En Tamura H y col. (Eds). Food Flavor. American Chemical Society. Washington D.C. 98-108pp.

Tirado J., Paredes D.G., Velázquez J.A. 2005. Crecimiento microbiano en productos cárnicos refrigerados. Ciencia y Tecnología Alimentaria, Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos. México 5 (1): 66- 76.

Tobin B.D., O'Sullivan M.G., Hamill R.M., Kerry J.P. 2013. The impact of salt and fat level variation on the physiochemical properties and sensory quality of pork breakfast sausages. Meat Science 93: 145-152.

Toma M., Vinatoru M., Paniwnyk L., Mason T.J. 2001. Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. Ultrasonics Sonochemistry 8: 137-142.

Tomczyk M., Bazylko A., Staszewska A. 2010. Determination of polyphenolics in extracts of *Potentilla* species by highperformance thin-layer chromatography photodensitometry method. Phytochemical Analysis 21: 174–179.

Torrescano G., Sánchez-Escalante A. Giménez B., Roncalés P., Beltrán J.A. 2003. Shear values of raw samples of fourteen bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. Meat Science 64(1): 85-91.

Tovar del Río J. 2013. Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecoregión cafetera. Tesis de Químico Industrial. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología.

Trejo E.J.L. 2010. Establecimiento de un cultivo de células en suspensión de *P. leavigata* (Humboldt et Bonpland Ex Wild) M.C. Johnst. para la producción de goma de mezquite. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa, México. 260pp.

United States Department of Agriculture (USDA). 2013. Sausages and Food Safety. En línea. Obtenido de: https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-answers/food-safety-fact-sheets/meat-preparation/sausages-and-food-safety/ct_index. Consultado el día 19 de enero de 2018.

Valencia I., O'Grady M.N., Ansorena D., Astiasarán I., Kerry J.P. 2008. Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants. *Meat Science* 80: 1046–1054.

Valenzuela N.L. Trucios C.R., Ríos S.J.C., Márquez H.C., Rosales S.R. 2011. Dasometría de áreas mezquiteras en el Norte-Centro de México. En: Importancia de las poblaciones de mezquite en el Norte-Centro de México. Libro Técnico No. 25. INIFAP. CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango. 137-172pp.

Varnam A.H., Sutherland J.P. 1995. *Meat and meat products*. London: Chapman & Hall.

Vedak S., Raut S.V. 2014. Study on antibacterial compounds from methanolic extract of bark of *Prosopis juliflora* (Vilayati Babhul). *International Journal Pharmaceutical Sciences and Business Management* 2: 1-14.

Velioglu Y.S., Mazza G., Gao L., Oomah B.D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 46: 4113–4117.

Venegas Fornias O., Valladares Díaz C. 1993. Clasificación de los Productos Cárnicos. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición* 13 (1): 63-67.

Ventola C.L. 2015. The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. *Pharmacology & Therapeutics* 40: 277-83.

- Ventola C.L. 2015. The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. *Pharmacology and Therapeutics* 40: 277-283.
- Vercellotti, J. R., St. Angelo, A. J., Spanier, A. M. 1992. Lipid oxidation in foods: An overview. In A. J. St. Angelo (Ed.), *Lipid oxidation in food* (pp. 1–11). Washington, DC: American Chemical Society.
- Villanueva D.J., Jasso I. R., Cornejo O. E., Potisek T. C. 2004. El mezquite en la Comarca Lagunera: su dinámica, volumen maderable y tasas de crecimiento anual. *Agrofaz* 4: 633-648.
- Wanatabe Y., Nakanashi H., Goto N., Otsuka K., Kimura T., Adachi S. 2010. Antioxidative properties of ascorbic acid and acyl ascorbates in ML/W emulsion. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 85: 1475–80.
- Warner R.D., Kauffman R.G., Greaser M.L. 1997. Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. *Meat Science* 45 (3): 339-352.
- Wilson D.W., Metz H.N., Graver L.M., Rao P.S. 1997. Direct method for quantification of free malondialdehyde with high-performance capillary electrophoresis in biological samples. *Clinical Chemistry* 43 (10): 1982–1984.
- Wismer-Pedersen J. 1959. Quality of pork in relation to rate of pH change post mortem. *Food Research* 24: 711-727.
- Wojdyło A., Oszmiński J., Czemerys R. 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chem* 105 (3): 940–9.
- Wood J.D. 2017. Meat composition and nutritional value. Chapter 20. Toldrá F. (Ed) *Lawrie's Meat Science*. 8th edition. Woodhead Publishing.
- Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R.I. y col. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science* 78: 343-358
- Wu Z., Li L., Li N., Zhang T., Pu Y., Zhant X. y col. 2017. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of fatty acids in seed of *Brucea Javanica* (L.) Merr from different sources and simultaneous analysis using high-performance liquid chromatography with charged aerosol detection. *Molecules* 22 (6): 931.

Xiao J.B., Suzuki M., Jiang X.Y., Chen X.Q., Yamamoto K., Ren F.L., Xu M. 2008. Influence of B-ring hydroxylation on interactions of flavonols with bovine serum albumin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (7): 2350–6.

Xu B.J., Chang S.K.C. 2007. A Comparative Study on Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of Legumes as Affected by Extraction Solvents. *Journal of Food Science* 72 (2): 159-166.

Xu G., Ye X., Chen J., Liu D. 2007. Effect of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 55(1): 330–335.

Zagorec M., Champomier-Vergés M.C. 2017. Chapter 6: Meat Microbiology and Spoilage. Toldrá F. (Ed) *Lawrie's Meat Science*. 8th edition. Woodhead Publishing. 187-189; 197p.

Zerby H., Belk K., Sofos J., McDowell L., Smith G. 1999. Case life of seven retail products from beef cattle supplemented with Alfa-Tocopheryl Acetate. *Journal of Animal Science* 77: 2458-2463.

Zhishen J., Mengcheng T., Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry* 64: 555-559.

Zwietering M.H., De Koos J.T., Hasenack B.E., de Wit J.C., Van't Riet K. 1991. Modeling of bacterial growth as a function of temperature. *Applied Environmental Microbiology* 57: 1094-1101.

Zwietering M.H., Jongenburger I., Rombouts F.M., Van't Riet K. 1990. Modeling of the bacterial growth curve. *Applied Environmental Microbiology* 56: 1875-1.