



Biotecnia

E-ISSN: 1665-1456

biotecnia@ciencias.uson.mx

Universidad de Sonora

México

Ramírez-Rojo, Margarita Irene; Vargas-Sánchez, Rey David; Torres-Martínez, Brisa del Mar; Torrescano-Urrutia, Gastón Ramón; Sánchez-Escalante, Armida
EXTRACTOS DE HOJAS DE PLANTAS PARA CONSERVAR LA CALIDAD DE LA CARNE Y LOS PRODUCTOS CÁRNICOS FRESCOS. REVISIÓN
Biotecnia, vol. 20, núm. 3, septiembre-diciembre, 2018, pp. 155-164
Universidad de Sonora

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672971088021>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org



EXTRACTOS DE HOJAS DE PLANTAS PARA CONSERVAR LA CALIDAD DE LA CARNE Y LOS PRODUCTOS CÁRNICOS FRESCOS. REVISIÓN

PLANT LEAF EXTRACTS FOR PRESERVING THE QUALITY OF FRESH MEAT AND MEAT PRODUCTS.
A REVIEW

Margarita Irene Ramírez-Rojo, Rey David Vargas-Sánchez, Brisa del Mar Torres-Martínez, Gastón Ramón Torrescano-Urrutia, Armida Sánchez-Escalante*

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Carretera a La Victoria Km 0.6, Apartado Postal 1735, Hermosillo, Sonora, 83304, México.

RESUMEN

Actualmente, uno de los objetivos de la industria cárnica es incrementar la vida de anaquel de sus productos, lo anterior debido al aumento en la demanda de los consumidores. La vida útil de estos productos es comúnmente afectada por factores tales como la oxidación de lípidos (LOX) y la actividad microbiana (AM). Para evitarlo, el sector cárnico utiliza aditivos sintéticos (BHT, BHA, TBHQ, entre otros) con actividad antioxidante (AOX) y antimicrobiana (AMA). A pesar de ello, se conoce que estos aditivos ejercen efectos adversos en la salud humana, lo que provoca desconfianza en los consumidores. Por lo anterior, diversos trabajos de investigación se enfocan hacia la búsqueda de nuevos aditivos alimentarios, como son los extractos de hojas de plantas. Sin embargo, su composición y bioactividad están influenciados por el solvente y el método de extracción utilizado durante su obtención, ya que los extractos de hojas de plantas obtenidos con solventes polares y métodos de extracción no convencionales, muestran mayor contenido de fitoquímicos, AOX y AMA. En conclusión, los resultados de diversas investigaciones demuestran la efectividad de estos extractos para extender la vida de anaquel, al reducir la LOX y AM, cuando son incorporados en productos cárnicos.

Palabras clave: Extractos de hojas, Actividad antioxidante, Actividad antimicrobiana, Calidad de la carne.

ABSTRACT

Currently, one of the meat industry objectives is to increase the shelf life of meat products in response to increasing consumer demand. The meat products shelf life is commonly affected by factors such as lipid oxidation (LOX) and microbial activity (MA). To avoid this, the meat industry uses synthetic additives (BHT, BHA, and TBHQ, among others) with antioxidant (AOX) and antimicrobial (AMA) activities. However, these additives are known to have adverse effects on human health, which causes a lack of confidence among consumers. For this reason, diverse studies have focused on searching for new food additives such as plant leaf extracts. However, the composition and bioactivity of such extracts are influenced by the solvent and extraction method used during elaboration. For example, plant leaf extracts obtained using polar solvents and non-conventional extraction

methods exhibit a highest content of phytochemicals, AOX, and AMA. In conclusion, the results of diverse studies show the effectiveness of plant leaf extracts for extending the shelf life of meat products and reducing LOX and MA upon being incorporated into meat products.

Keywords: Leaf extracts, Antioxidant activity, Antimicrobial activity, Meat quality.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la industria de la carne es una de las más importantes, por lo que la investigación en el desarrollo de nuevos productos se da como resultado a la demanda del consumidor, sin descuidar la calidad (Fernández-Ginés *et al.*, 2005; Klopčič *et al.*, 2013). La definición de calidad es muy compleja, ya que puede referirse al conjunto de características sensoriales y tecnológicas, así como toxicológicas y nutritivas (Asenjo, 1999; Becker, 2000).

La carne y los productos cárnicos son una fuente importante de nutrientes, tales como vitaminas (tiamina, niacina, riboflavina, B12 y B6), minerales (hierro, magnesio, fósforo, potasio y zinc), y aminoácidos (lisina, leucina, isoleucina, treonina, triptófano valina, arginina, entre otros); aunque también contienen grasa y ácidos grasos, tanto saturados como insaturados (mono y poliinsaturados). Los ácidos grasos poliinsaturados poseen dobles enlaces, los cuales a altas concentraciones son fácilmente susceptibles a oxidación, produciendo compuestos oxidativos secundarios que desencadenan el proceso de oxidación de lípidos (LOX), factor responsable del deterioro de la calidad en carne y productos cárnicos durante su almacenamiento (Warnants *et al.*, 1996; Faustman *et al.*, 2010). Además, estos componentes determinan a la carne y sus productos como un medio ideal para el crecimiento de microorganismos deteriorativos y patógenos, tales como *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas* spp., *Salmonella typhimurium* y *Staphylococcus aureus*, por mencionar algunos (Heredia *et al.*, 2014). En consecuencia, el crecimiento de estos microorganismos, es considerado otro de los factores responsables del deterioro de la carne y sus productos, representando más del 20% de las pérdidas a nivel mundial (Saucier, 2016).

*Autor para correspondencia: Armida Sánchez-Escalante
Correo electrónico: armida-sánchez@ciad.mx

Recibido: 23 de febrero de 2018

Aceptado: 11 de abril de 2018

Para contrarrestar las posibles pérdidas, en la industria de la carne y sus productos se utilizan aditivos de origen sintético (BHT, BHA, entre otros) con actividad antioxidant (AOX) y antimicrobiana (AMA). Sin embargo, a pesar de tener la categoría de aditivos alimentarios, existe la tendencia a disminuir su uso, debido a que en concentraciones inadecuadas provocan efectos adversos en la salud humana (Faustman *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2015). Por ello, existe gran interés por la obtención y uso de extractos de origen natural (romero, orégano, salvia, romero, olivo, brócoli, boldo, hierba mate y curri, entre otros), ricos en fitoquímicos con propiedades AOX y AMA, similares a los aditivos sintéticos (Tiwari *et al.*, 2009; Falowo *et al.*, 2014; Vieitez *et al.*, 2018).

Para la obtención de este tipo de extractos, diversas investigaciones enfatizan sobre los tipos de solventes y métodos de extracción a utilizar (Azmir *et al.*, 2013). Los resultados demuestran que factores como polaridad del solvente, relación soluto-solvente, intensidad de las vibraciones mecánicas, campo eléctrico y radiación electromagnética, nivel de presión, así como la especificidad de enzimas utilizadas durante la extracción, están relacionados con el tipo de fitoquímicos y su actividad biológica (Puri *et al.*, 2012; Azmir *et al.*, 2013).

En base a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue llevar a cabo un análisis de la literatura relacionada con el estudio de AOX y AMA que presentan los extractos de hojas de plantas, obtenidos con diferentes solventes y métodos de extracción; así como sobre el uso de estos extractos para retardar o inhibir la LOX y el crecimiento microbiano en la carne y productos cárnicos.

Obtención de Extractos

Los extractos de hojas de plantas, son obtenidos para concentrar los metabolitos y/o fitoquímicos secundarios presentes en dichos vegetales, entre los que se encuentran alcaloides, polisacáridos, terpenoides, saponinas y compuestos fenólicos (ácidos fenólicos y flavonoides); los cuales poseen actividad antialergénica, antifúngica, anti-inflamatoria, anti-hipertensiva, antiviral, antitumoral y anticancerígena, así como la capacidad de inhibir radicales libres y retardar el crecimiento microbiano (Tripoli *et al.*, 2007; Falowo *et al.*, 2014). Algunos de estos fitoquímicos son producidos por aminoácidos aromáticos (vía ácido shikímico) y por aminoácidos alifáticos provenientes del ciclo de Krebs. Específicamente, los terpenos se producen vía ácido mevalónico y la ruta no-mevalonato; mientras que los compuestos fenólicos (ácidos fenólicos y flavonoides) son sintetizados a través de las vías de los ácidos shikímico y malónico (Tiaz y Zeiger, 2006).

Los compuestos fenólicos son de considerable importancia fisiológica y morfológica en plantas, y juegan un papel importante en el crecimiento y la reproducción de las mismas (Balasundram *et al.*, 2006). Estos metabolitos poseen características estructurales particulares implícitas en la AOX y AMA, como es la ubicación del grupo hidroxilo (O-H) en el anillo o anillos que conforman a la molécula, hidroxilación

en posición orto- o para-, sustitución de azúcares, presencia de carbonos bencílicos (C-H), entre otras (Rice-Evans *et al.*, 1996; Xu y Lee, 2001; Vargas-Sánchez *et al.*, 2015). Además, ha sido ampliamente demostrado que el tipo de solvente y método de extracción utilizado influye en la extracción de estos fitoquímicos (Sultana *et al.*, 2009).

Efecto del sistema de solventes sobre AOX y AMA de extractos de hojas de plantas

Uno de los factores relacionados con la AOX y AMA durante la obtención de extractos de hojas de plantas es el solvente utilizado, ya que el tipo de solvente tiene efectos considerables en la relación estructura-propiedad de la molécula soluto, afectando en sí propiedades moleculares como la longitud del enlace, polarizabilidad, distribución de electrones, momentos dipolares, estabilidades relativas de diferentes isómeros conformacionales y parámetros espectroscópicos; esto asume que tiene efecto en las interacciones inter- e intra-moleculares y por ende su actividad (Zheng *et al.*, 2017). Además, dependiendo de la polaridad del solvente, será el tipo de compuesto químico a extraer. En diversos trabajos, se ha observado que independientemente del tipo de vegetal y/o planta, es posible extraer compuestos como alcaloides, terpenos y polifenoles, entre otros (Choe *et al.*, 2010; Belfeki *et al.*, 2016).

Lo anterior se observa en un trabajo de investigación, cuyo objetivo fue obtener extractos de hojas de lotus (*Nelumbo nucifera*) y cebada (*Hordeum vulgare*) utilizando metanol y etanol como solventes de extracción, y medir su AOX (1,1-difenil-2-picrilhidrazil, DPPH[•]) y poder reductor (RPw); encontrándose para ambos tipos de hojas, AOX >50% en extractos obtenidos con metanol > etanol (Choe *et al.*, 2010). En otro estudio, en el que se evaluaron extractos de hojas de frambuesa (*Rubus fruticosus*), se observó el mayor rendimiento y AOX (IC50) para extractos metanólicos > agua > acetona, utilizando como modelo, la evaluación de la estabilidad térmica a 120°C del aceite de girasol; los resultados sugirieron que la mayor eficiencia del extracto fue a una concentración de 1000 ppm (Asnaashari *et al.*, 2015). Además, Kalidindi *et al.* (2015), encontraron mayor AOX (DPPH[•]; óxido nítrico, peróxido de hidrógeno y poder reductor), en extractos de hojas de anona (*Annona squamosa* Linn), cuando para obtenerlos se utilizaron los solventes metanol > cloroformo > agua.

Por otra parte, Belfeki *et al.* (2016) evaluaron el efecto del solvente de extracción en la obtención de extractos de hojas de hierbabuena (*Mentha viridis*, MV) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*, EG), sobre la composición química (contenido de fenoles y flavonoides totales, además de taninos condensados) y la AOX. Los resultados muestran que en extractos de MV el contenido de compuestos fenólicos por efecto de solvente de extracción siguió el siguiente comportamiento: para fenoles totales, metanol = agua > acetato de etilo = acetonitrilo > diclorometano; flavonoides totales, metanol > agua > acetonitrilo > acetato de etilo > diclorometano; taninos condensados, metanol > acetonitrilo

Tabla 1. Efecto del método de obtención de extractos de hojas de plantas sobre sus propiedades biológicas.**Table 1.** Effect of the obtention method of extracts plant leaves on their biological properties.

Material vegetal	Método de extracción	Actividad	Resultado	Referencias
Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Combinación de maceración y fluido supercrítico	AMA	<i>Escherichia coli</i> : CMI: 0.149 mg/mL. <i>Staphylococcus aureus</i> : CMI 0.376 mg/mL. <i>Bacillus cereus</i> : CMI: 0.151 mg/mL. <i>Salmonella typhimurium</i> : CMI: 0.753 mg/mL.	Vieitez <i>et al.</i> (2018)
Mangle (<i>Avicennia marina</i>)	Maceración	AMA	<i>Enterococcus faecium</i> : Zona de inhibición: 14.5 mm, CMI: 2 mg/mL. <i>Streptococcus pneumoniae</i> : Zona de inhibición: 14 mm, CMI: 4 mg/mL. <i>Klebsiella pneumoniae</i> : Zona de inhibición: 12 mm, CMI: 8 mg/mL.	Behbahani <i>et al.</i> (2018)
		AOX	% inhibición DPPH: 50% IC50: 10 mg/mL.	
Yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	Combinación de hidrodestilación y microondas	AOX	Inhibición de DPPH: 91.15 ± 0.93 %. Captación ABTS: 100.06 ± 0.13 %.	Mendoza-Meza <i>et al.</i> (2014)
Vid (<i>Vitis vinifera</i>)	Maceración	AOX	Inhibición de DPPH: 75.14% Poder reductor FRAP: 183.5 ± 2.2	Katalinic <i>et al.</i> (2013)
		AMA	<i>Staphylococcus aureus</i> : CMI: 0.91 ± 0.23 mg EAG/mL. <i>Bacillus cereus</i> : CMI: 0.45 ± 0.23 mg EAG/mL. <i>Campylobacter jejuni</i> : CMI: 0.91 ± 0.23 mg EAG/mL. <i>Salmonella infantis</i> : CMI: 1.36 ± 0.23 mg EAG/mL. <i>Escherichia coli</i> : CMI: 1.36 ± 0.23 mg EAG/mL.	
Acerolo (<i>Crataegus azarolus L.</i>)	Ultrasonido	AOX	Inhibición de DPPH: 89.7%.	Belkhir <i>et al.</i> (2013)
		AMA	<i>Staphylococcus aureus</i> : Zona de inhibición: 12.7 ± 0.9 mm. <i>Streptococcus faecalis</i> : Zona de inhibición: 11.7 ± 0.4 mm. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> : Zona de inhibición: 7.5 ± 0.7 mm.	
Palosa (<i>Acacia modesta</i>) Mezquite (<i>Prosopis cineraria</i>) Mezquite (<i>Prosopis juliflora</i>)	Maceración	AOX	<i>Acacia modesta</i> : Inhibición de DPPH: 41.42 %. <i>Prosopis cineraria</i> : Inhibición de DPPH: 60.48 %. <i>Prosopis juliflora</i> : Inhibición de DPPH: 47.82%.	Aziz <i>et al.</i> (2012)
		AMA	<i>Escherichia coli</i> : Zona de inhibición: 13 mm (15 mg/mL). <i>Enterobacter aerogenes</i> : Zona de inhibición: 18 mm (15 mg/mL). <i>Vibrio cholerae</i> : Zona de inhibición: 19 mm (15 mg/mL). <i>Bacillus subtilis</i> : Zona de inhibición: 20 mm (15 mg/mL).	
Ingábaú (<i>Eugenia beaurepaireana</i>)	Maceración	AMA	<i>Mollicutes arginini</i> : 1.25 mg/mL. <i>Mollicutes hominis</i> : 1.25 mg/mL. <i>Ureaplasma urealyticum</i> : 1.25 mg/mL.	Simões <i>et al.</i> (2010)
Macaranga (<i>Macaranga triloba</i>)	Maceración	AOX	DPPF IC50: 0.151 ± 0.0008 mg/mL. Poder reductor FRAP: 20.2 ± 2.1 mg EAG/g.	Lim <i>et al.</i> (2009)
		AMA	<i>Bacillus cereus</i> : Zona de inhibición: 11.3 mm (62 % de inhibición) a 1 mg/mL. <i>Micrococcus luteus</i> : Zona de inhibición 16.3 mm (79 %) a 1 mg/mL. <i>Staphylococcus aureus</i> : Zona de inhibición: 12.3 mm (64 %) a 1 mg/mL.	
Curcuma (<i>Curcuma longa Linn</i>)	Combinación de maceración y ultrasonido	AMA	<i>Salmonella typhimurium</i> : Zona de inhibición: 5 mm.	Thongson <i>et al.</i> (2004)

> diclorometano > agua > acetato de etilo. En EG el orden de obtención fue: para fenoles, metanol > agua > acetonitrilo > diclorometano > acetato de etilo; flavonoides, agua > metanol > diclorometano > acetonitrilo > acetato de etilo; taninos, agua > metanol > acetonitrilo > diclorometano > acetato de etilo. Además, se observó un comportamiento similar en la actividad antioxidante medida por la inhibición de lipasas: metanol > agua > acetonitrilo > acetato de etilo > diclorometano.

Lo anterior muestra que el metanol es mejor solvente de extracción de compuestos fenólicos que el etanol, debido a que este es más polar y consecuentemente aumenta la solubilidad de estos compuestos. Sin embargo, la solubilidad de estos compuestos puede ser afectada si se utiliza una combinación de solventes durante la obtención de extractos (Alothman *et al.*, 2009). Los compuestos fenólicos se caracterizan por ser moléculas anfipáticas debido a que los anillos de fenilo representan la parte hidrofóbica de la molécula y los grupos hidroxilo (OH) la hidrofílica. Los grupos OH polares pueden actuar como donadores de átomos de hidrógeno, mientras que los átomos de oxígeno del segmento benzo-γ-pireno puede actuar como aceptores de enlace de hidrógeno (Kozubek *et al.*, 2001; Marković *et al.*, 2012). Estos compuestos eliminan radicales mediante ciertos mecanismos antioxidantes, uno de ellos consiste en la transferencia directa del átomo de hidrógeno del grupo OH del antioxidante (mecanismo HAT), mientras que otro involucra la transferencia secuencial del electrón-protón (mecanismo SETPT); y un tercer mecanismo está relacionado con la transferencia secuencial del protón-electrón (mecanismo SPLET) (Markovic *et al.*, 2012).

En otros casos, los extractos más potentes en AOX resultan ser los obtenidos con otros solventes. Por ejemplo, en extractos de hojas de magnolia (*Magnolia officinalis*), la más alta AOX, aunque dependiente de la concentración, se reporta en extractos elaborados con acetona > metanol > agua; correlacionándose con la presencia de los compuestos magnolol y honokiol (Tan *et al.*, 2015). Además, en extracto de hojas de trigo (*Triticum spp*), se estableció una mayor AOX a partir de extractos obtenidos con etanol > agua; lo cual también se correlacionó con la mayor presencia de ácido ascórbico (> 1 mg/g), ácido ferúlico (> 0.25 mg/g) y flavonoides totales (> 6 mg/g) (Zhang *et al.*, 2015).

Referente a la AMA, Trabelsi *et al.* (2010) evaluaron el efecto del solvente de extracción sobre el contenido de compuestos fenólicos y actividad biológica de hojas de salado o verdolaga seca (*Limoniastrum monopetalum*), encontrando que el contenido de compuestos fenólicos por efecto de solvente de extracción siguió el siguiente comportamiento: metanol > etanol/agua (8:2) = acetona/agua (8:2) > metanol/agua (8:2) > acetona = metanol/HCl (1:1) > hexano > etanol > agua > metanol/etanol/agua (4:3:3). Mientras que el orden de obtención de flavonoides fue: etanol/agua (8:2) = metanol = acetona/agua (8:2) > metanol/agua (8:2) > acetona > agua = metanol/HCl (1:1) metanol/etanol/agua (4:3:3) > etanol > hexano. Para taninos

fue: acetona = acetona/agua (8:2) > metanol/agua (8:2) = metanol = metanol/HCl (1:1) = etanol/agua (8:2). El extracto con mayor AMA fue acetona/agua (8:2), contra *S. aureus* > *S. epidermidis* > *E. coli*; actividad que fue correlacionada con algunos polifenoles presentes en el extracto, tales como ácido gálico, ácido 2,2-p-hidroxibenzoico, ácido clorogénico, ácido siríngico, ácido p-cumárico, ácido ferúlico, ácido trans-cinámico, galato de epicatequina, catequina, rutina, quercetina, apigenina, entre otros.

Por otra parte, Behbahani *et al.* (2018), evaluaron la AMA de extractos de hoja de manglar (*Avicennia marina*) y encontraron el mayor efecto contra *Enterococcus faecium* y *Klebsiella pneumoniae* con extractos obtenidos con etanol > metanol > agua > glicerina. Estos resultados fueron asociados a la presencia de ciertos fitoquímicos tales como alcaloides, taninos, saponinas, flavonas y glucósidos.

Métodos de extracción y su influencia en AOX y AMA de extractos de plantas

Existen diversos métodos de extracción, desarrollados en el pasado, cuyo principal objetivo ha sido obtener los compuestos presentes en las plantas para curar enfermedades comunes como diarrea, conjuntivitis, gripes, entre otras; siendo utilizados ciertos métodos para la obtención de remedios caseros, como cocción, infusión, molienda mecánica, entre otras (Negi, 2012; Ortega-Ramírez *et al.*, 2014).

En la última década, se han obtenido extractos mediante la utilización de diferentes métodos para obtener compuestos con AOX y AMA, entre los cuales se mencionan aquellos obtenidos por los métodos convencionales (extracción por maceración e hidrodestilación) y métodos no convencionales (ultrasonido, enzimas, microondas, y fluido supercrítico) (Azmir *et al.*, 2013).

La maceración consiste en colocar el material vegetal con el solvente en un contenedor cubierto, a temperatura ambiente por al menos tres días, agitando frecuentemente hasta que la materia soluble se haya disuelto parcial o completamente (Sukhdev *et al.*, 2008). La hidrodestilación, es la obtención de los compuestos volátiles que se encuentran en los vegetales a través del arrastre con vapor de agua; entre dichos compuestos se incluyen terpenos, hidrocarburos no terpénicos, aldehídos, ésteres, alcoholes, fenoles y, con poca frecuencia, ácidos carboxílicos, lactonas, compuestos nitrogenados y sulfurados (Haagen-Smith, 1972; González, 2004).

La extracción con ultrasonido involucra el uso de frecuencias de 20-200 kHz; que incrementa la permeabilidad de las paredes celulares y la cavitación favoreciendo la extracción de los compuestos (Sukhdev *et al.*, 2008). La extracción con microondas se basa en la rápida entrega de energía al disolvente y matriz vegetal, con un posterior calentamiento de ambos por la rotación del dipolo del solvente y consecuente ruptura celular para recuperación eficiente de los componentes (Zhang *et al.*, 2011). El uso de enzimas se basa en la degradación de la pared celular

para una liberación mejorada de los compuestos fenólicos (Maier *et al.*, 2008). Algunas enzimas utilizadas para extraer compuestos de fuentes naturales son proteasas (neutrasa, pepsina), carbohidrasas (β -glucosidasa, glucoamilasa, inulinasa, pectinasas, pectinesterasa y xilasas) pancreatina (mezcla de enzimas digestivas tales como lipasas y proteasas), entre otras (Puri *et al.*, 2012). La extracción por fluido supercrítico es un método alternativo para disminuir el uso de solventes orgánicos, e involucra cambios de temperatura, presión de volumen, recolección de analitos, adición de co-solventes, control de flujo y presión, con el empleo de vesículas cilíndricas de extracción, lo cual permite que las moléculas del extracto se mantengan sin alteraciones en su estado natural (Sukhdev *et al.*, 2008).

Composición química de los extractos de plantas

Como se ha mencionado anteriormente, la polaridad del solvente es factor clave en el tipo de compuesto a extraer a partir de hojas de plantas. Por ejemplo, en extractos acuosos pueden obtenerse compuestos tales como antocianinas, taninos, saponinas y terpenoides; mientras que en extractos obtenidos con etanol pueden ser extraídos taninos, polifenoles (flavonoles), terpenoides y alcaloides. En extractos metanólicos se ha reportado la presencia de compuestos fenólicos (antocianinas y flavonoles), terpenoides, saponinas y taninos; mientras que con cloroformo se han obtenido terpenoides y flavonoides. Con diclorometano y acetona se han extraído terpenoides y flavonoides, respectivamente; mientras que en extractos obtenidos utilizando éter como solvente, se reportan alcaloides y terpenoides (Azmir *et al.*, 2013; Belfeki *et al.*, 2016).

La Figura 1, muestra la estructura química de compuestos identificados comúnmente en extractos de hojas de plantas. En los extractos obtenidos de plantas pertenecientes a la especie *Aframomum* (plantas utilizadas con propósitos etnodietarios, medicinales y espirituales, localizadas en Asia y África), se han encontrado diversos compuestos, entre los que se encuentran flavonoides (algunos derivados del kaempferol y quercetina), hidroxifenil alcanoides, diterpenoides (aframodial, aulacocarpinolina, aulacocarpina A y B), sesquiterpenos y arilalcanoides (Tane *et al.*, 2005). Por otra parte, en hojas de *Blumea balsamifera* se ha reportado la presencia de 50 compuestos diferentes, entre los cuales se encuentran monoterpenos, monoterpenos oxigenados, sesquiterpenos, diterpenos, compuestos fenólicos, aldehídos, cetonas, entre otros (Pang *et al.*, 2014).

Sin embargo, el uso de compuestos bioactivos en diferentes sectores comerciales, como la industria farmacéutica y de los alimentos, requiere establecer y estandarizar los procesos de extracción (solvente y método) de los compuestos bioactivos para su posterior uso (Azmir *et al.*, 2013).

Aplicación de extractos de hojas de plantas en carne y productos cárnicos

La industria de la carne y productos cárnicos por muchos años ha operado de acuerdo a las demandas del

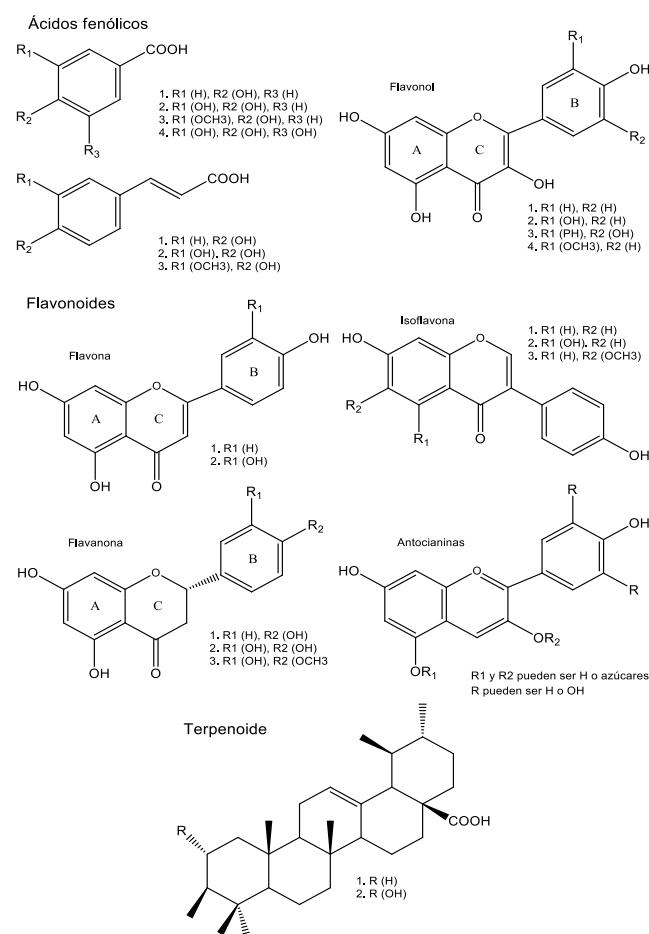


Figura 1. Estructura química de compuestos identificados comúnmente en extractos de hojas de plantas.

Figure 1. Chemical structure of commonly identified compounds in plant leaves.

consumidor, por lo que actualmente dirige sus esfuerzos a la generación de productos convenientes y atractivos. Así, la demanda de los consumidores por la adquisición de productos con menor contenido de aditivos sintéticos ha alcanzado importancia (Faustman *et al.*, 2010; Falowo *et al.*, 2014). Los nuevos aditivos alimentarios deberán ser utilizados conforme a la regulación existente en cada país. De acuerdo al *Codex Alimentarius*, el concepto de aditivo se refiere a “*cualquier sustancia que independientemente de su valor nutricional, se añade intencionalmente a un alimento en cantidades controladas con fines tecnológicos*” (Comisión del Codex Alimentarius, 2017). Así, los aditivos alimentarios se utilizan para cumplir diferentes funciones, principalmente las relacionadas con la protección de la calidad de los alimentos, sobre todo los perecederos, como es el caso de la carne y los productos cárnicos, pudiendo actuar como antioxidantes y/o antimicrobianos. Sin embargo, la mayoría de estos compuestos están bajo investigación y algunos de ellos no han sido explotados comercialmente como productos farmacéuticos y/o como agentes protectores de la carne y productos cárnicos (Tiwari *et al.*, 2009).

Una fuente potencial de compuestos con propiedades AOX y AMA, son los extractos de plantas (orégano, romero, tomillo, canela, pimienta y anís, entre otros), los cuales pueden obtenerse a partir de sus diferentes partes, como raíces, yemas, frutos, semillas, corteza y hojas, pudiendo presentar diferente composición. Como ya se mencionó, su composición también dependerá del tipo de solvente y método utilizado en la obtención del extracto; sin embargo, de manera general en estos extractos se pueden encontrar polifenoles, tales como diterpenos fenólicos (carnosol y ácido carnósico), aceites volátiles (eugenol, carvacrol, timol y mentol), ácidos fenólicos (ácido gálico, protocatecuico, cafeíco y rosmariníco, entre otros) y flavonoides (quercetina, catequina, apigenina, kaempferol, naringenina y hesperetina); los cuales son responsables de la AOX y/o AMA que ejercen los extractos (Rice-Evans *et al.*, 1996; Gorinstein *et al.*, 2009; Brewer, 2011; Azmir *et al.*, 2013).

Un ejemplo de los compuestos que se han encontrado en los vegetales, son los presentes en extractos de hoja de uva (catequina, epicatequina, kaempferol, quercetina, myricetina, quercetina-4'-glucósido, astringina y trans-resveratrol), en concentraciones dependientes de la madurez de las hojas (Katalinic *et al.*, 2013). Otro es el aceite esencial de tomillo, el cual fue analizado para conocer su composición, encontrándose entre otros compuestos, carvacrol (71.58 %),

p-cymeno (8 %), γ -terpineno (4.41 %), linail acetato (1.65 %), 1,8-cineol (1.51 %), β -mirceno (1.35 %), terpinen-4-ol (1.31 %) y α -terpineno (1.13 %), los cuales pueden ser los responsables del efecto antimicrobiano observado en hamburguesas funcionales de bovino (Achour *et al.*, 2012).

Estos compuestos fenólicos se han identificado, así como cuantificado y probado su eficacia para conocer su AOX (Bhat *et al.*, 2013; Peksel *et al.*, 2013) y AMA (Zeng *et al.*, 2012), mostrando también efectos asociados al retraso en la aparición de productos de LOX en diferentes matrices alimentarias (Kong *et al.*, 2010; Skowyra *et al.*, 2014), incluyendo a la carne y los productos cárnicos (Anh y Nam *et al.*, 2004; McCarthy *et al.*, 2001). En la Tabla 2 se muestran algunos estudios realizados en los últimos años sobre la utilización de extractos provenientes de hojas de plantas, los cuales se adicionan para proveer un efecto protector sobre la calidad de la carne y productos cárnicos.

Uno de los aditivos naturales más estudiados, con fines de conservación de la carne y productos cárnicos es el romero (*Rosmarinus officinalis*), al que principalmente se le han atribuido propiedades antioxidantes, debido a la presencia de compuestos fenólicos en su composición, los cuales son capaces de regenerar el tocoferol endógeno en la lipoproteína de la bicapa de fosfolípidos (Rice-Evans *et al.*, 1996; Sánchez-Escalante *et al.*, 2011). Este potente

Tabla 2. Efecto protector de la vida de anaquel de carne y productos cárnicos a partir del uso de extractos de hojas de plantas.

Table 2. Protective effect in meat and carnic products shelf life upon plant leaves extract usage.

Planta y nombre científico	Solvente y método de extracción	Carne/ producto cárneo y dosis	Condiciones de almacenamiento	Resultados	Referencias
Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Extracto comercial liofilizado	Hamburguesas de bovino (5% de grasa), 0.1%	Envasado en atmósfera modificada (70/20/10, O ₂ , CO ₂ y N ₂), 2 °C, 20 días de almacenamiento, oscuridad	El uso de 0.1% de extracto de romero en hamburguesas de bovino retrasó la LOX y la formación de metamioglobina preservando el color rojo de la carne durante 20 días de almacenamiento	Sánchez-Escalante <i>et al.</i> (2001)
Tomillo (<i>Acantholippia seriphoides</i>)	Sin especificar	Hamburguesas de bovino (5% de grasa), 0.015%	Envasado en atmósfera modificada (70/30, N ₂ y O ₂) y vacío, 4 °C, 4 semanas de almacenamiento	Presentó AOX, ya que se retrasó la formación de TBARS en hamburguesas de bovino funcionales. Sin embargo no se observó actividad antimicrobiana (bacterias aerobias, <i>Clostridium sp</i> y Enterobacterias)	Medina de Dias <i>et al.</i> (2003)
Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Etanol (95%)	Carne de borrego (3.3% de grasa), 0-2%	Emplazado, a 4 °C, 6 días de almacenamiento	La aplicación de extracto de romero (0.25%) redujo la LOX carne molida de caprino sin cocinar y almacenada en refrigeración	Han y Rhee (2005)
Té verde (<i>Camellia sinensis</i>) y semilla de uva (<i>Vitis vinifera</i>)	Agua, no específica	Hamburguesas de bovino, 0.03%	Emplazado, a 4 °C, 9 días de almacenamiento, iluminación	La aplicación de extracto de té verde disminuyó el efecto de LOX durante el almacenamiento. Así mismo, se redujo la formación de metamioglobina, y el deterioro microbiológico (mesófilos aerobios y coliformes totales)	Bañón <i>et al.</i> (2007)
Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	Sin especificar	Carne fresca de bovino, 0.05, 0.1, 0.15 y 0.25%	Bolsas Ziploc®, 4-6 °C, 5 días de almacenamiento	La adición de aceite esencial de orégano microencapsulado (0.15%) en carne inoculada con <i>Clostridium perfringens</i> , mostró efecto reductor de 2 log UFC/g a las 48 h.	Hernández (2009)

Planta y nombre científico	Solvente y método de extracción	Carne/ producto cárneo y dosis	Condiciones de almacenamiento	Resultados	Referencias
Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Extracto comercial liofilizado	Hamburguesas de bovino (5% de grasa), 0.1% de extracto + 0.05% de ácido ascórbico	Envasado en atmósfera modificada (70/20/10, O ₂ , CO ₂ y N ₂), 2 °C, 20 días de almacenamiento, oscuridad e iluminación	El uso de romero (0.1%) presenta efecto sinergista con ácido ascórbico (0.05 %), inhibiendo pérdida de color y LOX; manteniendo el color rojo de hamburguesas de bovino durante su almacenamiento. La adición de 0.1% de extracto de romero redujo el crecimiento de microorganismos psicrótrofos hasta el día 8 de almacenamiento en iluminación y hasta el 16 en oscuridad.	Sánchez-Escalante <i>et al.</i> (2011)
Loto (<i>Nelumbo nucifera</i>)	Agua, maceración	Carne fresca de bovino y cerdo, 3%	Emplayado, a 4 °C, 10 días de almacenamiento, oscuridad	La adición de extracto (3%) en carne molida de cerdo y bovino sin cocinar, mostró reducción en la LOX, retrasando la formación de TBARS durante el almacenamiento	Huang <i>et al.</i> (2011)
Curry (<i>Murraya koenigii</i> L.) y menta (<i>Mentha spicata</i>)	Etanol, agua, etanol-agua; maceración	Carne fresca de cerdo, 1%	Emplayado, a 4 °C, 12 días de almacenamiento	La aplicación de extractos de hojas de curry y menta en carne molida de cerdo sin cocinar y almacenada en refrigeración, preservó el color rojo y retardó la LOX durante 12 días de almacenamiento	Biswas <i>et al.</i> (2012)
Curry (<i>Murraya koenigii</i> L.) y fenogreco (<i>Trigonella foenum-graecum</i>)	Agua, maceración	Hamburguesas de pollo, 2%	Emplayado, a 4 °C, 8 días de almacenamiento	El tratamiento con extracto de hojas de curry y fenogreco, redujo LOX en carne de pollo comparando contra el control durante su almacenamiento	Devatkal <i>et al.</i> (2012)
Chamnamul (<i>Pimpinella brachycarpa</i>)	Etanol (70%), maceración	Hamburguesas de bovino (20% de grasa), 0.1 y 0.5%	Bolsas Whirl-Pak®, 4 °C, durante 12 días de almacenamiento	Retraso en la pérdida de color rojo (a*) y en la oxidación de lípidos (TBARS), así como reducción del crecimiento microbiano cuando se aplicaron los extractos al 0.1%.	Kim <i>et al.</i> (2013)
Fatsia (<i>Aralia elata</i> Miq Seem)				El extracto de fatsia presentó mayor actividad antioxidante y antimicrobiana que el extracto obtenido de chammamul.	
Moringa (<i>Moringa oleifera</i>)	Agua, maceración con dos extracciones	Carne de bovino, 0.1, 0.2 y 0.3 g/L	Envasado en atmósfera modificada (80/20, O ₂ y CO ₂), 4 °C, 12 días de almacenamiento	El uso de extractos de hoja de moringa disminuyó la LOX, especialmente con la concentración a 0.3 g/L, retardando también la pérdida de color rojo (valor a*). También se presentó actividad antimicrobiana (mesófilos aerobios)	Shah <i>et al.</i> (2015)
Moringa (<i>Moringa oleifera</i>)	Etanol:agua (7:3), maceración	Carne molida de bovino, 0.05 y 0.1%	Emplayado, a 4°C, 6 días de almacenamiento	La aplicación de 0.05 y 0.1% de extractos de <i>B. pilosa</i> y <i>M. oleifera</i> retrasó la oxidación de lípidos (TBARS) en la carne de bovino fresca, respecto al control y BHT durante 12 días de almacenamiento en refrigeración, siendo mejor <i>B. pilosa</i> que <i>M. oleifera</i>	Falowo <i>et al.</i> (2017)
Amor seco o cadillo (<i>Bidens pilosa</i>)					
Olivo (<i>Olea europaea</i>)	Etanol (80%), hidrodestilación	Hamburguesas de bovino, 0.2, 1 y 1.5%	4 °C, 6 días de almacenamiento	La adición de 1.5% del extracto de hojas de olivo retardó la oxidación de lípidos (TBARS) en las hamburguesas en comparación con control, durante el almacenamiento en refrigeración.	Al-Rimawi <i>et al.</i> (2017)

efecto inhibidor de la LOX (medida como formación de TBARS, sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico), en la carne fresca, tanto de cerdo como de bovino, ha mostrado efectos similares o incluso mejores a los exhibidos por los aditivos sintéticos (BHA, BHT) (Sebranek *et al.*, 2005). Otra de las plantas utilizadas y que presenta efecto protector sobre la LOX de la carne es la salvia (*Salvia officinalis*), cuyo aceite esencial obtenido de sus hojas, puede reducir 57 y 75% la formación de TBARS en carne de bovino y cerdo fresca, respectivamente (Fasseas *et al.*, 2007).

Uno de los mecanismos por los cuales los compuestos presentes en los extractos de hojas de plantas ejercen su AOX,

es a través de su capacidad para donar electrones y/o átomos de hidrógeno, así como la capacidad de quelar metales (Rao *et al.*, 2010).

Además de la LOX, también es importante proteger a la carne y los productos cárnicos del deterioro microbiano, ya sea por microorganismos deteriorativos y/o patógenos como *S. aureus*, *Salmonella*. spp., *L. monocytogenes* y *Campylobacter* spp. (Ramadan, 2012). Por ejemplo, se ha demostrado la capacidad antimicrobiana del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) utilizando diferentes concentraciones (0.05, 0.5 y 1.0%), observándose una diminución en el crecimiento de microorganismos deteriorativos en carne

molida de bovino, y envasada en atmósfera modificada (100% de CO₂) (Skandamis y Nychas, 2001).

Adicional a la AOX, el extracto de hojas de romero (*Rosemarinus officinalis*) también presenta AMA, lo cual se ha observado en carne de pollo fresca almacenada en refrigeración (4 °C, 15 días). La AMA se evaluó con la utilización de extracto (1%), determinando el desarrollo de cuenta viable total, bacterias ácido lácticas, *Enterobacterias* y *Pseudomonas*, cuyos resultados manifestaron disminución de la carga bacteriana en las muestras con extracto de romero en comparación con el control (Zhang *et al.*, 2016).

Algunos de los mecanismos mediante los cuales los compuestos antimicrobianos presentes en los extractos de plantas ejercen su acción, incluyen 1) alteración de la permeabilidad de la membrana celular, con la posible pérdida de sus funciones (transporte de electrones, insumo de nutrientes, entre otros); 2) inhibición de la síntesis de proteínas; y 3) inhibición de la síntesis de ácidos nucleicos, entre otros (Tiwari *et al.*, 2009; Lou *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

Los extractos de plantas pueden obtenerse de las diferentes partes anatómicas de las mismas mediante el uso de diversos solventes y métodos de extracción, los cuales tienen efecto sobre su composición y actividad biológica (actividad antioxidant y antimicrobiana). En la literatura existen gran cantidad de trabajos de investigación, en los que se aborda la obtención y evaluación de las propiedades biológicas de extractos obtenidos a partir de hojas de plantas (romero, salvia, orégano, moringa, macaranga, uva, mezquite, tomillo, mangle, entre otras), así como su posible aplicación en matrices alimentarias, incluyendo la carne y los productos cárnicos. En dichos estudios se demuestra que existe un gran potencial para la incorporación de estos ingredientes de origen natural en sustitución de los aditivos sintéticos para la formulación de productos cárnicos, con la posibilidad de utilizarlos como agentes antioxidantes y/o antimicrobianos.

AGRADECIMIENTOS

Margarita Irene Ramírez Rojo agradece la beca otorgada por CONACYT para realizar sus estudios de Doctorado en Ciencias.

REFERENCIAS

- Achour, S., Khelifi, E., Attia, Y., Ferjani, E. y Hellal, A.N. 2012. Concentration of antioxidant polyphenols from *Thymus capitatus* extracts by membrane process technology. *Journal of Food Science*. 6: C703-C709.
- Ahn, D.U. y Nam, K.C. 2004. Effects of ascorbic acid and antioxidants on color, lipid oxidation and volátiles of irradiated ground beef. *Radiatn Physics and Chemistry*. 71: 149-154.
- Asenjo, M.B. 1999. Efecto de la raza y de la alimentación en los parámetros productivos y de calidad de canal y de carne en añojos de razas charolés y serrana soriana. Tesis de Doctorado. Universidad de Valladolid, Soria.
- Asnaashari, M., Tajik, R. y Khodaparast, M.H.H. 2015. Antioxidant activity of raspberry (*Rubus fruticosus*) leaves extract and its effect on oxidative stability of sunflower oil. *Journal of Food Science and Technology*. 52: 5180-5187.
- Alothman, M., Bhat, R. y Karim, A.A. 2009. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry*. 115: 785-788.
- Al-Rimawi, F., Tarawa, M.S. y Elama, C. 2017. Olive leaf extract as natural antioxidant additive of fresh hamburguer stored a 4°C. *American Journal of Food Science and Technology*. 5: 162-166.
- Aziz, N.A., Bux, H., Amir, Z.M., Zulfiqar, A.M., Iqbal, A., Roomi, S., Muhammad, I. y Hussain, S.S. 2012. Antimicrobial and antioxidant activities of *Mimosaceae* plants; *Acacia modesta* Wall (Phulai), *Prosopis cineraria* (Linn.) and *Prosopis juliflora* (Swartz). *Journal of Medicinal Plants Research*. 15: 2962-2970.
- Azmir, J., Zaidul, I.S.M., Rahman, M.M., Sharif, K.M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M.H.A., Ghafoor, K., Norulaini, N.A.N. y Omar, A.K.M. 2013. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: a review. *Journal of Food Engineering*. 117: 426-436.
- Bañón, S., Díaz, P., Rodríguez, M., Garrido, M.D. y Price, A. 2007. Ascorbate, green tea and grape seed extracts increase the shelf life of low sulphite beef patties. *Meat Science*. 77: 626-633.
- Bhat, R., Liang, M.T., Abdorreza, M.N. y Karim, A.A. 2013. Evaluation of free radical scavenging activity and antioxidant potential of a few popular Green leafy vegetables of Malaysia. *International Journal of Food Properties*. 16: 1371-1379.
- Balasundram, N., Sundram, K. y Samman, S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*. 99: 191-203.
- Becker, T. 2000. Consumer perception of fresh meat quality: a framework for analysis. *British Food Journal*. 102: 158-176.
- Behbahani, B.A., Yazdi, F.T., Shahidi, F., Noorbakhsh, H., Vasiee, A. y Alghooneh, A. 2018. Phytochemical analysis and antibacterial activities extracts of mangrove leaf against the growth of some pathogenic bacteria. *Microbial Pathogenesis*. 114: 225-232.
- Belfeki, H., Mejri, M. y Hassouna, M. 2016. Antioxidant and anti-lipases activities in vitro of *Mentha viridis* and *Eucalyptus globulus* extracts. *Industrial Crops and Products*. 89: 514-521.
- Belkhir, M., Rebai, O., Dhaouadi, K., Sioud, B., Amri, M. y Sami, F. 2013. Antioxidant and antimicrobial activities of Tunisian azarole (*Crataegus azarolus* L.) leaves and fruit pulp/peel polyphenolic extracts. *International Journal of Food Properties*. 16: 1380-1393.
- Biswas, A.K., Chatli, M.K. y Sahoo, J. 2012. Antioxidant potential of curry (*Murraya koenigii* L.) and mint (*Mentha spicata*) leaf extracts and their effect on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigeration storage. *Food Chemistry*. 133: 467-472.
- 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.
- Choe, J.H., Jang, A., Choi, J.H., Choi, Y.S., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A., Kim, H.W. y Kim, C.J. 2010. Antioxidant activities of

- lotus leaves (*Nelumbo nucifera*) and barley leaves (*Hordeum vulgare*) extracts. *Food Science and Biotechnology*. 19: 831-836.
- Comision del Codex Alimentarius. 2017. Normas internacionales de los alimentos; Norma general para los aditivos alimentarios. [Consultado 21 Julio 2017]. Disponible en: http://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS_192s.pdf.
- Devatkal, S.K., Thorat, P.R., Manjunatha, M. y Anurag, R.K. 2012. Comparative antioxidant effect of aqueous extracts of curry leaves, fenugreek leaves and butylated hydroxytoluene in raw chicken patties. *Journal of Food Science and Technology*. 49: 781-785.
- Falowo, A.B., Fayemi, P.O. y Muchenje, V. 2014. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*. 64: 171-181.
- Falowo, A.B., Muchenje, V., Hugo, A., Aiyegoro, O.A. y Fayemi, P.O. 2017. Antioxidant activities of *Moringa oleifera* L. and *Bidens pilosa* L. leaf extracts and their effects on oxidative stability of ground raw beef during refrigeration storage. *CyTA-Journal of Food*. 15: 249-256.
- Fasseas, M.K., Mountzouris, K.C., Tarantilis, P.A., Polissiou, M. y Zervas, G. 2007. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Meat Science*. 106: 1188-1194.
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R. y Suman, S.P. 2010. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*. 86: 86-94.
- Fernández-Ginés, J.M., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E. y Pérez-Alvarez, J. 2005. Meat products as functional foods: A review. *Journal of Food Science*. 70: R37-R43.
- Gorinstein, S., Park, Y.S., Heo, B.G., Namiesnik, J., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Ham, K.S., Cho, J.Y. y Kang, S.G. 2009. A comparative study of phenolic compounds and antioxidant and antiproliferative activities in frequently consumed raw vegetables. *European Food Research Technology*. 228: 903-911.
- Gonzalez, V.A.A. 2004. Obtención de aceites esenciales y extractos etanólicos de plantas de las amazonas. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Colombia. Manizales.
- Haagen-Smith, A.J. 1972. The chemistry, origin and function of the essential oil in plant life. En Guenther E. *The essential oils*, Vol I, pp 17-28. Krieger Publishing Company Malabar, Florida.
- Han, J. y Rhee, K.S. 2005. Antioxidant properties of selected Oriental non-culinary/nutraceutical herb extracts as evaluated in raw and cooked meat. *Meat Science*. 70: 25-33.
- Heredia, N., Dávila-Aviña, J.E., Solís, S.L. y García, S. 2014. Productos cárnicos: principales patógenos y estrategias no térmicas de control. *Nacameh*. 8: S20-S42.
- Hernández, C.J.J. 2009. Microencapsulación del aceite esencial de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) para su aplicación en la conservación de carne de res. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México.
- Huang, B., He, J., Ban, X., Zeng, H., Yao, X. y Wang, Y. 2011. Antioxidant activity of bovine and porcine meat treated with extracts from edible lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome knot and leaf. *Meat Science*. 87: 46-53.
- Kalidindi, N., Thimmaiah, N.V., Jagadeesh, N.V., Nandeep, R., Swetha, S. y Kalidindi, B. 2015. Antifungal and antioxidant activities of organic and aqueous extracts of *Annona squamosa* Linn. leaves. *Journal of Food and Drug Analysis*. 23: 795-802.
- Katalinic, V., Smole, M.S., Generalic, I., Skroza, D., Ljubenkov, I. y Klancnik, A. 2013. Phenolic profile, antioxidant capacity and antimicrobial activity of leaf extracts from six *Vitis vinifera* L. varieties. *International Journal of Food Properties*. 1: 45-60.
- Kim, S.J., Cho, A.R. y Han, J. 2013. Antioxidant and antimicrobial activities of leafy green vegetable extracts and their applications to meat product preservation. *Food Control*. 29: 112-120.
- Klopčić, M., Kuipers, A. y Hocquette, J.F. 2013. Consumer attitudes to food quality products: Emphasis on Suthern Europe, EAAP publication. No. 133. Wageningen Academic Publishers (Ed.). Países Bajos.
- Kong, B., Zhang, H. y Xiong, Y.L. 2010. Antioxidant activity of spice extracts in a liposome system and in cooked pork patties and the possible mode of action. *Meat Science*. 85: 772-778.
- Kozubek, A., Zarnowski, R., Stasiuk, M. y Gubernator, J. 2001. Natural amphiphilic phenols as bioactive compounds. *Cellular and Molecular Biology Letters*. 6: 351-355.
- Lim, T.Y., Lim, Y.Y. y Yule, C.M. 2009. Evaluation of antioxidant, antibacterial and anti-tyrosinase activities of four *Macaranga* species. *Food Chemistry*. 114: 594-599.
- Lou, Z., Wang, H., Rao, S., Sun, J., Ma, C. y Li, J. 2012. p-coumaric acid kills bacteria through dual damage mechanisms. *Food Control*. 25: 550-554.
- Maier, T., Göppert, A., Kammerer, D.R., Schieber, A. y Carle, R. 2008. Optimization of a process for enzyme-assisted pigment extraction from grape (*Vitis vinifera* L.) pomace. *European Food Research Technology*. 227: 267-275.
- Marković, Z., Milenović, D., Đorović, J., Marković, J.M.D., Stepanić, V., Lučić, B. y Amić, D. 2012. PM6 and DFT study of free radical scavenging activity of morin. *Food chemistry*. 134: 1754-1760.
- Martínez, L., Ros, G. y Nieto, G. 2015. Situación actual del empleo de aditivos sintéticos en preparados cárnicos y nuevas tendencias para la sustitución de los mismos. *Eurocarne*. 241: 49-55.
- McCarthy, T.L., Kerry, J.P., Kerry, J.F., Lynch, P.B. y Buckley, D.J. 2001. Evaluation of the antioxidant potential of natural food/ plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties. *Meat Science*. 57: 45-52.
- Medina de Dias, R., Zimmermann, M., Dupertuis, L., Espejo, C., Amadio, C., Raimondo, E. y Dip, G. 2003. Aceite esencial de tomillo como antioxidante y conservador en hamburguesas funcionales. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo*. 35: 13-23.
- Mendoza-Meza, D.L., Parra-Flórez, L. y Loza-Rosas, S. 2014. Free radical scavenging capacity of essential oil and ethanolic extracts of yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl) H. Robinson, cultivated in colombia. *Biosalud*. 13: 9-23.
- Negi, P.S. 2012. Plant extracts for the control of bacterial growth: Efficacy, stability and safety issues for food application. *International Journal of Food Microbiology*. 156: 7-17.
- Ortega-Ramírez, L.A., Rodriguez-Garcia, I., Leyva, J.M., Cruz-Valenzuela, M.R., Silva-Espinoza, B.A., González-Aguilar, G.A., Siddiqui, Md.W. y Ayala-Zavala, J.F. 2014. Potential of medicinal plants as antimicrobial and antioxidant agents in food industry: A Hypothesis. *Journal of Food Science*. 79: R129-R137.

- Pang, Y., Wang, D., Fan, Z., Chen, X., Yu, F., Hu, X., Wang, K. y Yuan, L. 2014. *Blumea balsamifera*-A phytochemical and pharmacological review. *Molecules*. 19: 9453-9477.
- Peksel, A., Imamoglu, S., Kiyaz, N.A. y Orhan, N. 2013. Antioxidant and radical scavenging activities of *Asphodelus aestivus* Brot. extracts. *International Journal of Food Properties*. 16: 1339-1350.
- Puri, M., Sharma, D. y Barrow, C.J. 2012. Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants. *Trends in Biotechnology*. 30: 37-44.
- Rao, A.S.V.C., Reddy, S.G., Babu, P.P. y Reddy, A.R. 2010. The antioxidant and antiproliferative activities of methanolic extracts from Njavara rice bran. *BMC Complementary & Alternative Medicine*. 4: 1-9.
- Ramadan, M.F. 2012. Antiradical and antimicrobial properties of cold-pressed black cumin and cumin oils. *European Food Research Technology*: 234: 833-844.
- Rice-Evans, C.A., Miller, N.J. y Paganga, G. 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology & Medicine*. 7: 933-956.
- Sánchez-Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltrán, J.A. y Roncalés, P. 2001. The effects of ascorbic acid, taurine, carnosine and rosemary powder on colour and lipid stability of beef patties packaged in modified atmosphere. *Meat Science*. 58: 421-429.
- Sánchez-Escalante, A., Torrescano, G., Djenane, D., Beltrán, J.A., Giménez, B. y Roncalés, P. 2011. Effect of antioxidants and lighting conditions on color and lipid stability of beef patties packaged in high-oxygen modified atmosphere. *CyTA-Journal of Food*. 9: 49-57.
- Saucier, L. 2016. Microbial spoilage, quality and safety within the context of meat sustainability. *Meat Science*. 120: 78-84.
- Sebranek, J.G., Sewalt, V.J.H., Robbins, K.L. y Houser, T.A. 2005. Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. *Meat Science*. 2: 289-296.
- Shah, M.A., Bosco, S.J.D. y Mir, S.A. 2015. Effect of *Moringa oleifera* leaf extract on the physicochemical properties of modified atmosphere packaged raw beef. *Food Packaging and Shelf Life*. 3: 31-38.
- Simões, C.B., Mendes, dC.S. y Guedes, A. 2010. Actividad antibacteriana *in vitro* de extractos brutos de especies de *Eugenia* sp frente a cepas de mollicutes. *Revista Pan Amaz-Saude*. 2: 33-39.
- Skandamis, P.N. y Nychas, G.J.E. 2001. Effect of oregano essential oil on microbiological and physic-chemical attributes of minced meat stored in air and modified atmospheres. *Journal of Applied Microbiology*. 91: 1011-1022.
- Skowrya, M., Falguera, V., Azman, N.A.M., Segovia, F. y Almajano, M.P. 2014. The effect of *Perilla frutescens* extract on the oxidative stability of model food emulsions. *Antioxidants*. 3: 38-54.
- Sukhdev, S.H., Suman, P.S.K., Gennaro, L. y Dev, D.R. 2008. Extraction technologies for medicinal and aromatic plants. *International Centre for Science and High Technology*. Editorial ICS UNIDO. Trieste, Italy.
- Sultana, B., Anwar, F. y Ashraf, M. 2009. Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules*. 14: 2167-2180.
- Tan, L.H., Zhang, D., Yu, B., Zhao, S.P. y Cao, W.G. 2015. Antioxidant activity of the different polar solvent extracts of *Magnolia officinalis* leaves and purification of main active compounds. *European Food Research and Technology*. 240: 815-822.
- Tane, P., Tatsumi, S.D., Ayimele, G.A. y Connolly, J.D. 2005. Bioactive metabolites from *Aframomum* species. In 11th NAPRECA Symposium Book of Proceedings. 214: 214-223.
- Thongson, C., Davidson, P.M., Mahakarnchanakul, W. y Weiss, J. 2004. Antimicrobial activity of ultrasound-assisted solvent-extracted spices. *Letters in Applied Microbiology*. 39: 401-406.
- Tiaz, L., Zeiger, E. 2006. Secondary metabolites and plant defense. In: *Plant Physiology*, 4th ed. Sinauer Associates, pp. 283-308 (Chapter 13). Inc., Sunderland, Massachusetts.
- Tiwari, B., Valdramidis, V., O'Donell, C.P., Muthukumarappan, K., Cullen, P.J. y Bourke, P. 2009. Application of natural antimicrobials for food preservation. *Journal of Agriculture Food Chemistry*. 14: 5987-6000.
- Trabelsi, N., Megdiche, W., Ksouri, R., Falleh, H., Oueslati, S., Soumaya, B., Hajlaoui, G. y Abdelly, C. 2010. Solvent effects on phenolic contents and biological activities of the halophyte *Limoniastrum monopetalum* leaves. *LWT-Food Science and Technology*. 43: 632-639.
- Tripoli, E., La Guardia, M., Giannanco, S., Di Majo, D., Giannanco, M. 2007. Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: A review. *Food chemistry*. 104: 466-479.
- Vargas-Sánchez, R.D., Mendoza-Wilson, A.M., Torrescano-Urrutia, G.R. y Sánchez-Escalante, A. 2015. Antiradical potential of phenolic compounds fingerprints of propolis extracts: DFT approach. *Computational and Theoretical Chemistry*. 1066: 7-13.
- Vitez, I., Maceiras, L., Jachmanián, I. y Alborés, S. 2018. Antioxidant and antibacterial activity of different extracts from herbs obtained by maceration or supercritical technology. *The Journal of Supercritical Fluids*. 133: 58-64.
- Warnants, N., Van Oeckel, M.J. y Boucqué, C.V. 1996. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork tissues and its implications for the quality of the end products. *Meat Science*. 44: 125-144.
- Xu, H.X. y Lee, S.F. 2001. Activity of plant flavonoids against antibiotic-resistant bacteria. *Phytotherapy Research*. 15: 39-43.
- Zeng, W.C., He, Q., Sun, Q., Zhong, K. y Gao, H. 2012. Antibacterial activity of wáter-soluble extract from pine needles of *Cedrus deodara*. *International Journal Food Microbiology*. 153: 78-84.
- Zhang, H.F., Yang, X.H. y Wang, Y. 2011. Microwave assisted extraction of secondary metabolites from plants: current status and future directions. *Trends in Food Science & Technology*. 22: 672-688.
- Zhang, H., Wu, J. y Guo, X. 2016. Effects of antimicrobial and antioxidant activities of spice extracts on raw chicken meat quality. *Food Science and Human Wellness*. 5: 39-48.
- Zhang, Z.Q., Xiang, J.J. y Zhou, L.M. 2015. Antioxidant activity of three components of wheat leaves: ferulic acid, flavonoids and ascorbic acid. *Journal of Food Science and Technology*. 52: 7297-7304.
- Zheng, Y.Z., Zhou, Y., Liang, Q., Chen, D.F., Guo, R., Xiong, C.L., Xu, X.J., Zhang, Z.N. y Huang, Z.J. 2017. Solvent effects on the intramolecular hydrogen-bond and anti-oxidative properties of apigenin: A DFT approach. *Dyes and Pigments*. 141: 179-187.