

Nacameh

Publicación electrónica arbitrada en Ciencia y Tecnología de la Carne
cbs.izt.uam.mx/nacameh
ISSN 2007-0373

NACAMEH Vol. 10, No. 2, pp. 35-48, 2016

Efecto antioxidante de epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) en carne molida cruda de bovino

The antioxidant epazote effect (*Chenopodium ambrosioides* L.) on raw ground beef

Luz Hermila Villalobos-Delgado[✉], Edith Graciela González Mondragón, Alma Yadira Salazar Govea, Joaquín Tenoch Santiago-Castro, Juana Ramírez Andrade

Instituto de Agroindustrias, Universidad Tecnológica de la Mixteca, Carr. a Acatlima Km 2.5, Huajuapán de León, Oaxaca., México. [✉] *Autor de correspondencia:*

vidluz@mixteco.utm.mx. Fecha de recepción: 16/10/2016. Fecha de aceptación: 20/12/2016.

Resumen

En la presente investigación se realizaron extracciones sólido-líquido de epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) empleando como disolventes agua (IE) y etanol (EtOHE), con el objetivo de evaluar su efecto antioxidante sobre carne cruda molida de bovino almacenada durante 9 días a 4 °C. El análisis se realizó bajo los siguientes tratamientos: CTL (carne sin antioxidante), CIE (carne con infusión de epazote), CEtOHE (carne con extracto etanólico de epazote) y ASC (con solución de ascorbato de sodio). Las características determinadas tanto para la IE y el EtOHE, antes de adicionarse a la carne, fueron el pH, la actividad antioxidante (AA), polifenoles totales (PT) y flavonoides totales (FT). El efecto antioxidante sobre la carne se evaluó mediante el método de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) y el color instrumental. La IE presentó el mayor contenido de FT. La carne con los tratamientos IE y EtOHE presentó valores de TBARS más bajos que la carne control, y más altos en los parámetros L* y b*, los cuales indican mayor claridad en ambos tratamientos. Se concluye que bajo estas condiciones de estudio el epazote tiene potencial como antioxidante natural, para prolongar la vida de útil de la carne y productos cárnicos.

Palabras clave: *Chenopodium ambrosioides* L.; Epazote; Antioxidantes naturales; Res; oxidación de lípidos; Color.

Abstract

For this paper, solid-liquid extractions of epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) were carried out using water (IE) and ethanol (EtOHE) as solvents, with the objective of evaluating its antioxidant effect on raw ground beef stored at 4 °C for 9 days. The analysis was carried out under the following treatments: CTL (meat without antioxidants), CIE (meat with infusion of epazote), CEtOHE (meat with ethanolic extract of epazote) and ASC (meat with sodium ascorbate solution). The characteristics determined for both IE and EtOHE before being added to the meat were pH, antioxidant activity (AA), total polyphenols (TP) and total flavonoids (TF). The antioxidant effect on the ground beef was evaluated using the thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) method and instrumental color. EI showed the highest TF content. Meat with IE and EtOHE treatments had lower TBARS values than control meat, and higher of L* and b* values, which indicate greater clarity in both treatments. In conclusion, under these conditions, epazote has potential as a natural antioxidant in order to extend the shelf life of meat and meat products.

Keywords: *Chenopodium ambrosioides* L.; Epazote; Natural antioxidants; Beef; Lipids oxidation; Color.

INTRODUCTION

El deterioro microbiano y la oxidación lipídica en carne y productos cárnicos son las principales causas de la pérdida en su calidad. Un gran número de compuestos son generados durante el proceso de oxidación en la carne cruda, que adversamente afectan la textura, color, sabor, valor nutritivo y la seguridad, lo que limita su vida útil (Shah, Don Bosco y Mir, 2014). La carne molida, es más susceptible a la oxidación que los cortes de carne, porque el molido altera la integridad de las membranas musculares y expone las membranas lipídicas a iones metálicos lo cual facilita la interacción de moléculas pro-oxidantes con ácidos grasos insaturados, promoviendo la generación de radicales libres y la propagación de la reacción oxidativa (Devatkal y Naveena, 2010; Yu, Ahmedna y Goktepe, 2010).

La oxidación lipídica en productos cárnicos puede ser efectivamente minimizada o controlada, mediante el uso de antioxidantes sintéticos (Decker, 1998; Hayes y col., 2011; Lorenzo y col., 2014). No obstante, su aplicación está limitada a ciertas cantidades, además de que han sido asociados con riesgos potenciales a la salud del consumidor (McCarthy y col., 2001; Armenteros y col., 2012). Por lo anterior, han surgido iniciativas enfocadas hacia la identificación de antioxidantes novedosos provenientes de fuentes naturales (Karre, Lopez, Getty, 2013), los cuales han sido utilizados para preservar y mejorar la calidad de la carne así como de los productos cárnicos (Hygreeva, Pandey, Radhakrishna, 2014; Shah, Don Bosco y Mir, 2014). Estos antioxidantes naturales, han sido obtenidos a partir de frutas, vegetales, especias y hierbas, los cuales contienen

biocompuestos con uso potencial como antioxidantes naturales, entre los que se encuentran diterpenos fenólicos, flavonoides, taninos y ácidos fenólicos (Zhang y col., 2010; Karre, Lopez, Getty, 2013; Falowo, Fayemi y Muchenje, 2014).

El epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) se ha reportado como sinonimia botánica con *Dysphania ambrosioides* y *Teloxys ambrosioides* (L.) Weber (Biblioteca digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009). Es una de las plantas con mayor índice de consumo a nivel mundial como condimento en la dieta y en la medicina tradicional en forma de infusiones y decocciones a partir de las hojas, raíces e inflorescencias (Cruz y col., 2007; Gómez, 2008, Brahim y col., 2015). En la región de la Mixteca Oaxaqueña, se utiliza para sazonar comidas y en infusiones para eliminar parásitos intestinales (Manzanero, 2011). Degenhardt y col. (2016) mencionan que esta especie es rica en flavonoides, compuestos que presentan actividad antioxidante, los cuales pueden ser aprovechados en la industria de los alimentos como antioxidantes naturales. No obstante, existe poca o nula investigación sobre su posible uso como ingrediente con propiedad antioxidante en carne y productos cárnicos. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue realizar un primer estudio exploratorio del posible efecto antioxidante de la incorporación de una infusión y un extracto etanólico obtenidos de la planta de epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.), sobre la oxidación lipídica, pH y color instrumental de la carne cruda molida de bovino durante su almacenamiento en refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la muestra

La carne molida de bovino se adquirió en un supermercado local, y el epazote en un mercado de la misma localidad. En el caso de la carne, se desconoce la edad, sexo y condiciones *ante-mortem* de los animales, así como el manejo de la misma (tiempo de congelado y descongelado para su venta al detalle).

Identificación de la planta de epazote

Plantas completas de epazote (tallos, hojas y flores) se depositaron en el Herbario Nacional de México (MEXU), Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional autónoma de México.

Preparación del epazote

La planta de epazote (hojas y parte del tallo), se lavó con agua potable, y se desinfectó por inmersión con una solución comercial (Microdyn, México), de acuerdo a las recomendaciones de uso del producto. El exceso de agua se drenó tres veces empleando una centrifuga manual. El secado se realizó durante ocho días a temperatura ambiente, hasta alcanzar un valor de humedad constante del 14%. Posteriormente, el epazote se trituro en un procesador de alimentos (Moulinex, Colombia), y el polvo obtenido se pasó a través de un tamiz del número 40 μm (Montimox, México), obteniendo un tamaño de

partícula de 500 μm . Esta muestra se almacenó en frascos herméticos de plástico bajo condiciones de refrigeración (4 ± 1 °C), hasta su uso.

Preparación de la infusión y extracto etanólico de epazote.

La infusión de epazote (IE) se preparó de acuerdo a lo reportado por Karaback y Bozkurt (2008). El polvo de epazote se mezcló con agua potable (1:20, p/v) y se calentó a 40 °C con agitación constante durante 1 h. La mezcla se filtró con papel filtro Whatman No. 41, el filtrado se recolectó y se almacenó en congelación a -20 °C, sin exposición a la luz. Para la obtención del extracto etanólico de epazote (EtOHE), el polvo se maceró con etanol grado alimenticio (1:20, p/v) durante 10 min a temperatura ambiente (25 ± 2 °C). Se agitó a una velocidad de 2,000 rpm durante 10 minutos e inmediatamente después se centrifugó a 10,000 rpm, durante 10 min a 25 °C. El sobrenadante se recuperó por filtración empleando papel filtro Whatman No. 41, y se recolectó en frasco de vidrio color ámbar, con cierre hermético. El residuo sólido se sometió a una segunda extracción siguiendo la misma metodología (Biswas, Chatli y Sahoo, 2012). Los extractos se mezclaron y se almacenaron a -20 °C hasta su uso. Tanto la infusión como el extracto etanólico se prepararon 24 h antes de su incorporación a la carne molida.

Preparación de las muestras de carne cruda.

La carne cruda molida de bovino se estudió bajo los siguientes tratamientos: 1) carne molida sin extracto o control (CTL), 2) carne molida con infusión de epazote (CIE), 3) carne molida con extracto alcohólico (CEtOHE) y 4) carne molida con una solución de 0.01 g/mL del antioxidante ascorbato de sodio (ASC). Tanto la IE como el EtOHE y la solución de ASC, se incorporaron en una proporción de 50 ml por 1,000 g de carne molida, mezclando manualmente durante 5 min. El total de la carne se dividió en cuatro muestras que fueron colocadas sobre bandejas de poliestireno cubiertas con una película plástica de PVC, y almacenadas a 4 ± 1 °C durante 9 días, bajo condiciones de luz fluorescente para simular las condiciones de venta al detalle como en el supermercado. Se realizaron tres réplicas de los cuatro tratamientos. Todos los análisis se hicieron a los 0, 3, 6 y 9 días, por triplicado.

Preparación de la infusión y el extracto de epazote para su análisis

Para evitar interferencia con los métodos utilizados para la caracterización de la IE y el EtOHE, se eliminaron las clorofilas por extracción líquido-líquido primero con éter de petróleo (1:1, v/v), y después con éter etílico (1:1, v/v). El extracto se filtró empleando una membrana de nylon de 0.2 μm , y se pasó a través de una columna Supelclean LC18, previamente equilibrada con metanol al 100%, se eluyó con acetonitrilo al 100%, de acuerdo a la establecido por el proveedor. La fracción recuperada se llevó a sequedad total en un rotavapor a 45 °C, y se resuspendió en metanol (polifenoles totales y actividad antioxidante) o en etanol (flavonoides totales).

Caracterización de la infusión y el extracto etanólico de epazote

Polifenoles totales

A 50 µL del extracto, se le agregaron 3.00 mL de agua destilada y 0.25 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu 1N. Después de 5 min se añadieron 0.75 mL de Na₂CO₃ al 20% y 0.95 mL de agua. Se homogenizó la mezcla de reacción y se dejó reposar durante 40 min. Se registró la absorbancia a 765 nm, y se determinó la concentración empleando la curva de calibración construida usando como estándar de referencia al ácido gálico disuelto en metanol, a una concentración de 0 a 1000 µg/mL (Shahward y Raza, 2012).

Flavonoides totales.

A 1 mL de extracto se le adicionaron 4.0 mL de agua, 0.3 mL de NaNO₂ al 5% y 0.3 mL AlCl₃ al 5%. Después de 1 min se agregaron 2.0 mL de NaOH 1M y 2.4 mL de agua, se homogenizó y se registró la absorbancia a 330 nm. La concentración se calculó empleando la curva de calibración construida usando como estándar de referencia a la quercetina disuelta en etanol, a una concentración de 0 a 1000 µg/ mL (Ferreira y col., 2012).

Actividad antioxidante

50 µL del extracto, en un intervalo de concentraciones de 0 a 20 µg/mL, se adicionaron a 2 mL de solución de DPPH. 0.1 mM en metanol, se homogenizó y se registró la absorbancia a 517 nm, a los tiempos cero y 30 min. Los resultados se reportaron como porcentaje de inhibición de la actividad antioxidante (Ecuación 1) (Pyo, Lee y Lee, 2005)

$$\% \text{Inhibición} = (A_0 - A_A) / A_0 \times 100$$

Donde: A₀ = Cambio de la absorbancia después de 30 min en ausencia del antioxidante y A_A = Cambio de la absorbancia después de 30 min en presencia del antioxidante.

Análisis de la carne cruda molida

Análisis proximal

Los análisis químicos se realizaron sobre la carne cruda molida de bovino control (CTL). El contenido de humedad, grasa, proteína y cenizas, se determinaron de acuerdo a los métodos de la AOAC (AOAC, 1997). La humedad se determinó, secando 25 g de muestra a 85 °C, durante 12 h. Para la determinación de cenizas utilizó 1 g de muestra seca, a 550 °C. El análisis de proteína se realizó mediante la cuantificación del nitrógeno total de acuerdo al método de micro-Kjeldahl. El factor 6.25 se utilizó para la conversión de nitrógeno a proteína cruda. La grasa se calculó por pérdida de peso después de 5 h de extracción con éter de petróleo en un aparato Soxhlet. Todos los parámetros se evaluaron por duplicado.

Determinación de oxidación lipídica (Prueba de TBARS)

La oxidación lipídica se determinó mediante el contenido de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) de acuerdo a lo reportado por Nam y Ahn (2003) con

modificaciones. 2 g de carne molida fresca, se homogeneizaron con 20 ml de agua destilada utilizando un Ultraturrax (IKA, T 18 Digital, USA) a una velocidad de 13600 rpm durante 1 min. 1 ml de carne homogeneizada se mezcló con 30 μ l de BHT (7.2% en etanol) y 2 ml de solución de ácido tiobarbitúrico (TBA) (20 mM de TBA en ácido tricloroacético al 15%). La mezcla se agitó durante 1 min y se incubó en baño María (JEIOTECH, Corea) a 80 °C durante 20 min. Inmediatamente después se enfrió con agua durante 10 min. Después, se centrifugó a 2500 rpm (Eppendorf 5804 R, Alemania) a 4 °C durante 10 min. Se midió la absorbancia a 531 nm usando un espectrofotómetro UV-765 (Hinodek, China). Los TBARS se calcularon usando una curva estándar de 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP) y los resultados se expresaron como mg de malonaldehído/kg de carne cruda molida (mg MDA/kg carne molida).

Análisis fisicoquímicos de la carne molida.

pH

El pH tanto de la IE como del EtOHE, así como de las muestras de carne se midió con un pH-metro digital (Oakton 510, USA). En el caso de la carne, 10 g de muestra se homogeneizaron con 100 ml de agua destilada, usando una licuadora convencional. La suspensión resultante se filtró empleando una gasa de algodón para eliminar el tejido conectivo. Todas las determinaciones se llevaron a cabo por triplicado.

Color instrumental

El color se evaluó directamente en tres puntos diferentes de la superficie de cada muestra usando un colorímetro UltraScan Vis 1139 (HunterLab, USA). Se registraron los valores de los parámetros L* (luminosidad), a* (enrojecimiento), b* (amarillo) y el cociente (a*/b*), en la escala CIE. Para interpretar el color, se determinó la saturación o croma (C*) (Chroma) $[(a^*+b^*)^{1/2}]$ y el tono o matiz (H*) (Hue) $[\tan^{-1}(b^*/a^*) \times (180/\pi)]$.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo usando el paquete estadístico "Statistica" (v.7.0; Statsoft Inc. 2004). Los resultados para los valores de TBARS, se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA), en el cual se utilizó un modelo que incluyó el tratamiento (CTL, CIE, CEtoHE y ASC) y el periodo de almacenamiento (1, 3, 6 y 9), mientras que para el pH y el color instrumental se utilizó el mismo modelo, no considerando el tratamiento ASC. El tratamiento y tiempo de almacenamiento se consideraron como factores principales. Por otro lado, tratamiento \times tiempo, se consideró como la interacción entre ambos factores. Cuando en el ANOVA, un factor principal o la doble interacción mostraron significancia ($P < 0.05$), se realizó una prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La planta de epazote utilizada en el presente trabajo se identificó como *Chenopodium ambrosioides* L., con sinonimia taxonómica con *Disphania ambrosioides* (L.) Mosyakin y Clements y con *Teloxys ambrosioides* (L.) W.A. Weber.

Caracterización de la infusión y el extracto etanólico de epazote como posibles antioxidantes naturales

La Tabla 1 muestra los valores del pH, la actividad antioxidante, el contenido de polifenoles totales (PT) y flavonoides totales de la IE y el EtOHE.

Tabla 1. Valores promedio \pm error estándar del pH, la actividad antioxidante, polifenoles totales y flavonoides totales en la infusión y el extracto etanólico de epazote.

Muestra	pH	Actividad antioxidante (%de inhibición)	Polifenoles totales (mg EAG/100 g)*	Flavonoides totales (mg EQ/100 g)*
Infusión de epazote	7.34 \pm 0.03a	13.62 \pm 1.20a	131.2 \pm 1.03a	380.87 \pm 18.22a
Extracto etanólicos de epazote	6.90 \pm 0.02b	16.65 \pm 4.43a	126.3 \pm 4.57a	147.26 \pm 19.68b

*Base seca

Se observó que el EtOHE presentó un pH ligeramente más ácido que la IE, estos resultados se pueden atribuir a la presencia de ácidos orgánicos propios del epazote (Barros y col., 2013) y al pH del etanol 96 °G.L. grado alimenticio (5.34). Por otra parte, la IE mostró mayor contenido en FT, mientras que en la actividad antioxidante y el contenido total de polifenoles, no mostró diferencias significativas con respecto al EtOHE. Lo anterior, concuerda con lo reportado por Vysochina (2010) quien menciona que *C. ambrosioides* L., es una fuente importante de flavonoides. Por otra parte, Rodríguez y col. (2010), evaluaron la actividad antioxidante de una infusión de *C. ambrosioides* cultivada en Argentina, y fue mayor (21.5%) a lo reportado en este estudio (13.62%), lo que puede deberse al lugar de cultivo de la planta o bien, a las condiciones de temperatura utilizadas para obtener la infusión.

Análisis proximal de la carne cruda molida control

La humedad, proteína, grasa y cenizas de la carne cruda molida de bovino control, se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la composición proximal de la carne cruda molida de bovino control.

Componente (%)	Parámetro
Humedad	68.31±0.46
Proteína	25.82±0.31
Grasa	4.48±0.75
Cenizas	1.08 ±0.06

Los valores de la composición proximal para la carne cruda molida de bovino son similares a los reportados por Rubio y col. (2013), quienes comentan que en la actualidad, la carne de res (bovino) mexicana contiene un 71.5±1.98% (rango 79.27-63.62) de humedad, 22.2 ±0.20% (rango 26.04-180.4) de proteína, 2.9±0.25% (rango 12.5-0.91) de grasa, 1.1±0.02% (rango 1.67-0.71) de cenizas totales. Los resultados también concuerdan con lo reportado por Feiner (2006) y Strasburg, Xiong y Chiang (2010).

Efecto de la infusión y el extracto etanólico de epazote sobre la oxidación lipídica (TBARS)

En la Figura 1 se muestra el efecto antioxidante de la IE y el EtOHE, comparando con el ASC, sobre la oxidación lipídica (TBARS) en carne cruda molida de bovino almacenada a temperatura de refrigeración (4 ± 1 °C).

Los resultados muestran que, durante el periodo de almacenamiento, los valores de TBARS para la carne con la incorporación de la infusión y el extracto de epazote fueron considerablemente más bajos que el control, pero más altos con respecto a la carne con ASC, la cual mostró valores constantes hasta los 9 días. El efecto antioxidante de IE y EtOHE sobre los lípidos de la carne puede atribuirse a la actividad antioxidante de compuestos polifenólicos, concretamente a los flavonoides, y a sus ácidos orgánicos como el ácido cítrico (Barros y col., 2013) (Tabla 1). Kokanova-Nedialkova, Nedialkov y Nikolov (2009), han reportado que la planta de *Chenopodium ambrosioides* L., contiene metabolitos secundarios como los flavonoides, los cuales se caracterizan por actuar como antioxidantes naturales (Rice- Evans, Miller y Paganga, 1997; Carocho y Ferreira, 2013).

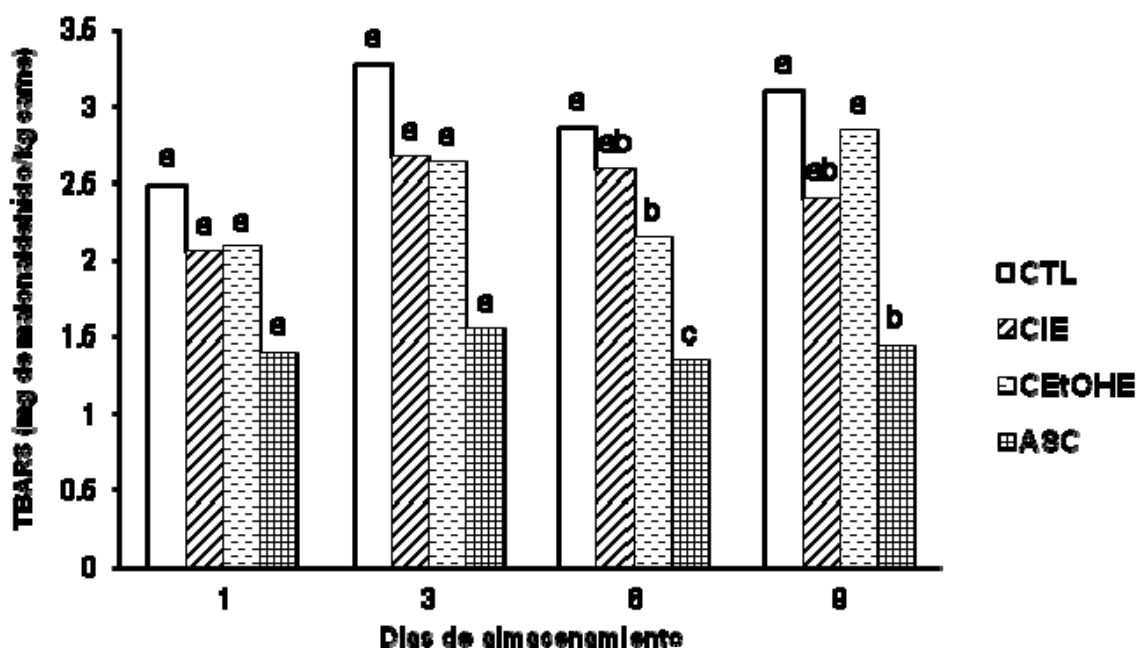


Figura 1. Efecto de la incorporación de infusión de epazote (CIE), extracto etanólico de epazote (CEtOHE) y ascorbato de sodio (ASC), sobre los valores de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS; expresados como mg de malonaldehído/kg de carne) en carne cruda molida de bovino almacenada durante 9 días a 4 ± 1 °C. Medias con diferente letra (a-c) al mismo tiempo de almacenamiento son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Efecto de la infusión y el extracto etanólico de epazote sobre el pH y el color instrumental

La Tabla 3 muestra el efecto de la incorporación de la IE y el EtOHE, y tiempo de almacenamiento, sobre el pH y las características del color de la carne cruda molida de bovino bajo condiciones de refrigeración.

El valor de pH fue significativamente afectado ($P < 0.05$) por la incorporación del epazote y el tiempo de almacenamiento (Tabla 3). CEtOHE mostró valores de pH más bajos que la CIE y el CTL, lo que podría atribuirse al propio pH inicial de la IE y el EtOHE (Tabla 1). Durante el periodo de almacenamiento, los valores de pH incrementaron significativamente ($P < 0.05$), lo que ha sido asociado a la acumulación de amoníaco, generado de la degradación de aminoácidos (Gill y Gill, 2010), que pueden ser utilizados como sustratos por las bacterias cuando la glucosa almacenada se agota. Cabe señalar, que el presente estudio es la primera aproximación del posible efecto del epazote como antioxidante en carne, bajo las condiciones experimentales utilizadas, por lo que el análisis

microbiológico no fue uno de los objetivos del trabajo. Para las características del color, los resultados muestran que el tratamiento y el tiempo únicamente tuvieron efecto significativo sobre L*, b* y Cromo (Tabla 3), no siendo el caso para el tono y el cociente de a*/b*. La incorporación de la IE y el EtOHE a la carne, incrementó significativamente (P<0.05) los valores de L* y b*, lo que indica una mayor claridad (Mancini, 2013), en ambos tratamientos. Para los valores de a*, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, a pesar de que CEtOHE presentó un valor más alto (8.06) que la carne CTL (7.40) y la CIE (7.42). Con respecto a lo anterior, la incorporación del epazote (infusión y extracto etanólico) sobre la carne, no ejerció un efecto tan acusado sobre la protección a la pérdida del color rojo (disminución del valor de a*), comparado con el que presentó en contra de la oxidación lipídica (Figura 1).

Tabla 3. Efecto de la incorporación de la infusión de epazote (CIE) y el extracto etanólico de epazote (CEtOHE) y tiempo de almacenamiento (días) sobre el pH y color de la carne cruda molida de bovino almacenada a temperaturas de refrigeración (4 ± 1 °C).

	Tratamiento			Días				E.E	Significancia		
	CTL	CIE	CEtOHE	1	3	6	9		T	D	T*D
pH	6.91a	6.65a	5.84b	5.88b	6.48ab	6.59a	6.91a	0.144	***	*	+
L*	29.57b	33.98a	34.19a	36.86a	31.90b	32.06b	29.58b	0.851	*	*	NS
a*	7.40	7.42	8.06	9.32a	7.91ab	7.03ab	6.27b	0.479	NS	+	NS
b*	15.18b	16.61ab	17.55a	18.65a	15.39b	16.22b	15.59b	0.383	*	**	*
Cromo	17.38a	18.44a	19.56a	21.44a	17.52b	17.95b	16.98b	0.516	NS	**	NS
Tono	66.58	67.40	66.28	67.35	63.26	67.69	68.66	1.032	NS	NS	NS
a*/b*	0.46	0.43	0.46	0.45	0.52	0.43	0.40	0.024	NS	NS	NS

CTL: sin adicionar extracto; IE: con adición de infusión; EtOHE: con adición de extracto alcohólico.

E.E: Error estándar de las medias.

Significancia de los efectos fijos: T: tratamiento; D: día; T*D: interacción de tratamiento por día.

a,b: Medias en la misma fila con diferente literal son estadísticamente diferentes (P<0.05; Prueba de Duncan). NS: no significativo; +: P<0.1; *: P<0.05; **: P<0.01; ***: P<0.001.

A través del tiempo de almacenamiento, los valores de L*, b* y Cromo disminuyeron significativamente (P<0.05), lo que reveló una coloración oscura y con poca intensidad en el color. En lo que se refiere a los valores de a*, los resultados muestran una tendencia a disminuir. Con el tiempo, el cambio en el color de la carne está fuertemente asociado con la oxidación del pigmento, que consiste en la conversión de oximioglobina (OxyMb), color rojo brillante, a metamioglobina (MetMb), color marrón (Mancini y Hunt, 2005; Faustman y col., 2010; AMSA 2012).

CONCLUSIÓN

Por primera vez se reporta el efecto antioxidante del epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.), bajo las condiciones experimentales utilizadas, en un carne molida de res, posiblemente debido a los flavonoides presentes tanto en la infusión como en el extracto etanólico. El epazote mejoró la estabilidad lipídica de la carne cruda molida de bovino durante su almacenamiento en refrigeración, lo cual expone su potencial como antioxidante natural en productos cárnicos.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación estuvo financiada por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) dentro del Apoyo de Fomento a la Generación y Aplicación innovadora del Conocimiento o fomento a la Investigación aplicada o desarrollo tecnológico.

Se agradece a la Dra. Emma Cristina Mapes Sánchez, del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por la identificación taxonómica de la planta de epazote.

REFERENCIAS

- AMSA (2012). Guidelines for meat color evaluation. Champaign, IL: American Meat Science Association.
- AOAC (1997). Official methods of analysis (15 th ed.). Washinhgton, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- ARMENTEROS, M., S.VENTANAS, D. MORCUENDE, M. ESTÉVEZ, J. VENTANAS (2012). Empleo de antioxidantes naturales en productos cárnicos. Eurocarne 207: 63-73.
- BARROS, L., E. PEREIRA, R.C. CALHELHA, M. DUEÑAS, A.M. CARVALHO, C.SANTOS-BUELGA, I.C.F.R. FERREIRA (2013). Bioactivity and chemical characterization in hydrophilic and lipophilic compounds of *Chenopodium ambrosioides* L. Journal of Functional Food 5: 1732-1740.
- BIBLIOTECA DIGITAL DE LA MEDICINA TRADICIONAL MEXICANA (2009). Disponible en URL:<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/index.php> [fecha de acceso: 15/01/2015]
- BISWAS, A.K., M.K. CHATLI, J. SAHOO (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.
- BRAHIM, M., M. FADLI, L. HASSANI, B. BOULAY, M. MARKOUK, K. BEKKOUCHE, A. ABBAD, M. ALI, M. LARHSINI (2015). *Chenopodium ambrosioides* var. *ambrosioides* used in

- Marrocan traditional medicine can enhance the antimicrobial activity of conventional antibiotics. *Industrial Crops and Products* 71: 37-43.
- CAROCHO, M., C.F.R. FERREIRA (2013). A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future. *Food and Chemical Toxicology* 51: 15-25.
- CRUZ, B. G.V., P.V. S. PEREIRA, F.J. PATRICIO, G.C.COSTA, S.M. SOUSA, J.B. FRAZÃO, W.C. ARAGÃO-FILHO, M.C.G. MACIEL, L.A. SILVA, F.M.M. AMARAL, F.R.F. NASCIMENTO (2007). Increase of cellular recruitment, phagocytosis ability and nitric oxide production induced by hydroalcoholic extract from *Chenopodium ambrosioides* leaves. *Journal of Ethnopharmacology* 111: 148-154.
- DECKER, E.A (1998). Strategies for manipulating the prooxidative/antioxidative balance of foods to maximize oxidative stability. *Trends in Food Science & Technology* 9: 241-248.
- DEGENHARDT, R.T., L.V. FARIAS, L.T. GRASSI, G.C. FRANCHI JR, A.E. NOWILL, C.M.S. BITTENCOURT, T.M. WAGNER, M.M. DE SOUSA, B.A. CRUZ, A. MALHEIROS (2016). Characterization and evaluation of the cytotoxic potential of the essential oil of *Chenopodium ambrosioides*. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 26: 56-61.
- DEVATKAL S.K., B.M. NAVEENA (2010). Effect of salt, kinnow and pomegrate fruit by-product powders on color and oxidative stability of raw ground goat meat during refrigerated storage. *Meat Science* 85: 306-311.
- FALOWO, A.B., P.O. FAYEMI, V. MUCHENJE (2014). Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International* 64: 171-181.
- FAUSTMAN, C., Q. SUN, R. MANCINI, S.P. SUMAN (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science* 86: 86-94.
- FEINER, G (2006). The protein and fat content of meat. Capítulo 1 En: *Meat Products Handbook: Practical science and technology*. Cambridge, Woodhead Publishing Limited, pp. 3- 32.
- FERREIRA, F.M., L.T. DINIS, P. AZEDO, C.I.C. GALHANO, A.SIMÕES, S.M. CARDOSO, M. ROSARIO, M. DOMINGUES, O.R. PEREIRA, C.M. PALMEIRA, F.P. PEIXOTO (2012). Antioxidant capacity and toxicological of *Pterospartum tridentatum* flower extracts. *CyTA- Journal of Food* 10:92-102.
- GILL, A.O., GILL, C.O (2010). Packaging and the shelf life of fresh red and poultry meats. Capítulo 14 En: *Food Packaging and Shelf Life. A practical guide*. Boca Raton: CRC Press, pp. 259-273.
- GÓMEZ, C.J (2008). Epazote (*Chenopodium ambrosioides*). Revisión a sus características morfológicas, actividad farmacológica, y biogénesis de su principal principio activo,

- ascaridol. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 7(1): 3-9.
- HAYES, J.E., P. ALLEN, N. BRUNTON, M.N. O'GRADY, J.P. KERRY (2011). Phenolic composition and in vitro antioxidant capacity of four commercial phytochemical products: Olive leaf extract (*Olea europea* L.), lutein, sesamol and ellagic acid. Food Chemistry 126: 948-955.
- HYGREEVA, D., M. C. PANDEY, K. RADHAKRISHNA (2014). Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. Meat Science 98: 47-57.
- KARABACAK, S., H. BOZKURT (2008). Effects of *Urtica dioica* and *Hibiscus sabdariffa* on the quality and safety of sucuk (Turkish dry-fermented sausage). Meat Science 78, 288–296.
- KARRE, L., K. LOPEZ, K.J.K. GETTY (2013). Natural antioxidants in meat and poultry products. Meat Science 94:220-227.
- KOKANOVA-NEDIALKOVA. Z., P.T. NEDIALKOV, S.D. NIKOLOV (2009). The genus *Chenopodium*: Phytochemistry, Ethopharmacology and pharmacology. Pharmacognosy Reviews 3 (6): 280-306.
- LORENZO, J.M., J. SINEIRO, I.R. AMADO, D. FRANCO (2014). Influence of natural extracts on the shelf life of modified atmosphere-packaged pork patties. Meat Science 96: 526-534.
- MANCINI, R (2013). Meat color. Capítulo 9 En: The Science of Meat Quality. C.R. Kerth (Editor). New York: John Wiley & Sons, pp. 177-198.
- MANCINI, R.A., M.C. HUNT (2005). Current research in meat color. A review. Meat Science 71: 100-121.
- MANZANERO, M.G.I. (2011). Valor cultural de las plantas de Tonalá, Huajuapán, Oaxaca. Tesis de Maestría, CIIDIR-OAXACA, Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca, México. Disponible en: URL:http://www.ciidiroaxaca.ipn.mx/sites/default/files/pdf/tesis_diana_tapia_penia.pdf [fecha de acceso: 15/01/2015]
- MC CARTHY, T.L., J.P. KERRY, J.F. KERRY, P.B. LYNCH, D.J. BUCKLEY (2001). Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties. Meat Science 57: 177-187.
- NAM, K. C., D. U. AHN (2003). Combination of anaerobic and vacuum packaging to control lipid oxidation and off-odour volatiles of irradiated raw turkey breast. Meat Science 63: 389-395.

- PYO, Y-H., T-C. LEE, Y-C.LEE (2005). Effect of lactic acid fermentation on enrichment of antioxidant properties and bioactive isoflavones in soybean. *Journal of Food Science* 70:S215-S220.
- RICE-EVANS, C.A., N.J. MILLER, G. PAGANGA (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science* 2(4): 152-159.
- RODRÍGUEZ V. M.J., L.R,S. TOMASSINI S. M.C. MANCA DE NADRA, A.M. STRASSER DE SAAD (2010). Antioxidant capacity and antibacterial activity of phenolic compounds from Argentinean herbs infusions. *Food Control* 21: 779-785.
- RUBIO, L.M.S., D. BRAÑA, R.D. MÉNDEZ, E. DELGADO (2013). Composición de la carne Mexicana. Folleto Técnico No 27. México: SAGARPA, pp 29-32.
- SHAH M., V.J. DON BOSCO, S.A. MIR. (2014). Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science* 98: 21-33.
- SHAHWARD D., M.A. RAZA (2012). Antioxidant potential of phenolic extracts of *Mimusops elengi*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2: 547-550.
- STRASBURG, G., Y.L. XIONG, W. CHIANG (2010). Fisiología y química de los tejidos musculares comestibles. Capítulo 16 En: *Química de los Alimentos*. S. Damodaran, K.L. Parkin, O. R. Fennema. (Editores). Zaragoza: Acribia, pp. 921-972.
- VYSOCHINA, G.I. (2010). Flavonoids of the *Chenopodium* L. genus of world flora. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry* 36: 787-792.
- YU, J., M. AHMED, I. GOKTEPE (2010). Potential of peanut skin phenolic extract as antioxidative and antibacterial agent in cooked and raw ground beef. *International Journal of Food Science and Technology* 45: 1337-1344.
- ZHANG, W., S. XIAO, H. SAMARAWEERA, E.LEE, D.U. AHN (2010). Improving functional value of meat products. *Meat Science* 86: 15-31.