



Imagen de: Fernando González Cerón y Eliseo Sosa Montes

Efecto antioxidante de la miel de abeja sobre la carne de conejo almacenada en refrigeración

Antioxidant effect of bee honey on rabbit meat stored under refrigeration

Daniel Salvador López-Velasco¹, Eliseo Sosa-Montes^{1*}, Arturo Pro-Martínez², Fernando González-Cerón¹, Artemio Jovanny Vargas-Galicia²

RESUMEN

La oxidación de lípidos deteriora los alimentos, por lo que se usan antioxidantes sintéticos para disminuirla, sin embargo, estos compuestos en exceso poseen efectos carcinogénicos. Algunas plantas como el orégano, así como la miel de abeja, contienen antioxidantes naturales que no dañan la salud. Hasta el momento no se han encontrado registros del uso de la miel de abeja para disminuir la oxidación lipídica en carne de conejos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la miel de abeja como antioxidante en la carne cruda de lomo de conejo almacenada en refrigeración a 4 °C. Se evaluó la actividad antioxidante (AA) de tres tipos de miel: oscura, ámbar y clara, para mezclarla con la carne de conejo. Se seleccionó la miel oscura por su mayor efecto antioxidante. Se prepararon 64 muestras de 100 g de carne cruda, 32 se mezclaron con 2 g de miel oscura y las otras 32 se dejaron sin miel (control). Las muestras se almacenaron a 4 °C y se evaluó la AA y la concentración de malondialdehído (MDA) a los 0 d, 3 d, 6 d y 9 d de almacenamiento. La AA disminuyó y la concentración de MDA aumentó ($P < 0.05$) con el tiempo de refrigeración (cambios que indican deterioro de la carne). A los 3 d y 6 d, las muestras de carne cruda con miel exhibieron mayor AA ($P < 0.05$), y a los 6 d, menores valores de MDA ($P < 0.05$) comparadas con las muestras control (indicando que no hubo deterioro de la carne). La miel oscura de abeja contiene altas concentraciones de antioxidantes naturales que protegen a la carne cruda molida de lomo de conejo contra el daño oxidativo que puede presentarse durante la refrigeración, por lo que se recomienda su uso para este fin.

PALABRAS CLAVE: oxidación de lípidos, refrigeración, lomo de conejo.

ABSTRACT

Lipid oxidation deteriorates foods; therefore, synthetic antioxidants are used to decrease it. However, excess synthetic antioxidants have carcinogenic effects. Some plants such as oregano, as well as bee honey, contain natural antioxidants which are not harmful to health. No reports were found on the use of bee honey to decrease lipid oxidation in rabbit meat. The objective of this study was to assess the effect of bee honey as antioxidant on raw rabbit loin, refrigerated at 4 °C. The antioxidant activity (AA) of three types of honey was evaluated: dark, amber and clear, to be mixed with rabbit meat. Dark honey was selected for its higher antioxidant effect. 64 samples of 100 g of raw meat were prepared, 32 samples were mixed with 2 g dark honey and the other 32 were left without honey (control). The samples were stored at 4 °C and AA as well as malondialdehyde (MDA) concentrations were evaluated at 0 d, 3 d, 6 d and 9 d of storage. The AA decreased, and the MDA concentration increased ($P < 0.05$) with refrigeration time (changes that indicate meat spoilage). After 3 d and 6 d, the raw meat samples with honey showed higher AA ($P < 0.05$) and after 6 d, they showed lower MDA values ($P < 0.05$) compared to the control samples (these changes indicate no spoilage of meat). Dark bee honey contains high concentrations of natural antioxidants that protect ground raw rabbit loin against oxidative damage that can occur during refrigeration, therefore, its use is recommended for this purpose.

KEYWORDS: lipid oxidation, refrigeration, rabbit loin.

*Correspondencia: eliseososa@yahoo.com.mx/ Fecha de recepción: 13 de noviembre de 2019/ Fecha de aceptación: 27 de agosto de 2020/ Fecha de publicación: 30 de enero de 2021.

¹Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Zootecnia, km 38.5, carretera México-Texcoco, Texcoco, Estado de México, México, C. P. 56230. ²Colegio de Postgraduados, Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

INTRODUCCIÓN

La oxidación de lípidos deteriora los alimentos cárnicos, cuyo color y olor se alteran cuando se almacenan, causando una disminución en la preferencia del consumidor (Alasnier y col., 2000; Carvalho y col., 2017). Además, el proceso oxidativo produce radicales libres a partir de ácidos grasos poliinsaturados y finalmente malondialdehído (MDA), una molécula que puede causar problemas de salud en humanos (Tao, 2015). En una revisión hecha por Kumar y col. (2015) se muestra que para disminuir la oxidación de las grasas sobre la carne, en estudios experimentales se usan antioxidantes sintéticos como butilhidroxianisol (BHA) y butilhidroxitolueno (BHT), sustancias que retardan o previenen la oxidación, la formación de radicales libres y el MDA (Galano, 2015). Sin embargo, el uso de antioxidantes sintéticos está restringido debido a su efecto carcinogénico (Nobuyuki y Masao, 1989; Shasha y col., 2014; Xiang y col., 2019). Por esta razón, muchos consumidores evitan productos alimenticios que contengan antioxidantes sintéticos (Soltani y col., 2016; Carvalho y col., 2017). Los antioxidantes naturales como tocoferoles, ácido ascórbico, ácidos fenólicos y flavonoides de algunas plantas como orégano, romero y salvia (Velasco y Williams, 2011; Ghorbani y Esmailizadeh, 2017; Gutiérrez-Grijalva y col., 2018; Nieto y col., 2018) disminuyen la oxidación de la carne (Sampaio y col., 2012) y no dañan la salud.

Se ha reportado que los antioxidantes naturales reducen la concentración de MDA en la carne de pollo (Sampaio y col., 2012) y en el plasma humano (Nagyova y col., 2004). La miel de abeja tiene abundantes flavonoides y ácidos fenólicos (Pichichero y col., 2009; Cianciosi y col., 2018) y se ha usado como un antioxidante natural para disminuir la oxidación de la carne de pavos, pollos y bovinos (Antony y col., 2006; Avila-Ramos y col., 2013; Rabaa y col., 2013). Sin embargo, la miel de abeja no se ha usado como antioxidante en carne de conejo.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la miel de abeja como antioxidante en car-

ne cruda de lomo de conejo almacenada en refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio y origen geográfico de las mieles

Este estudio se realizó en la estación experimental del Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, estado de México, localizada a 19°29' N, 98°53' W y 2 250 msnm. La miel provino de Ecatzingo y Amecameca, estado de México (mieles oscura y clara, respectivamente), y de Jiutepec, estado de Morelos (miel ámbar). Estas poblaciones se conocen por su alta calidad y gran diversidad de mieles de abeja en la región central de México.

Actividad antioxidante de las mieles

La actividad antioxidante (AA) se evaluó por medio de la capacidad captadora de radicales del DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), de acuerdo con el método de Brand-Williams y col. (1995). Para ello, se mezclaron 2 g de miel con 10 cm³ de metanol (Sigma Aldrich) y se dejó reposar en baño de agua a 30 °C durante 30 min (Baño con agitación, Thermo Fisher Scientific, modelo 2870, Waltham, MA, USA). La mezcla se agitó usando un equipo vortex (Genie 2, Scientific Industries, modelo G560, NY, USA) y se filtró a través de papel filtro Whatman No. 4. Posteriormente, a 1 cm³ del filtrado y a 1 cm³ de agua destilada se les agregaron por separado 3 cm³ de solución de DPPH (0.042 g de DPPH, Sigma Aldrich, más 100 cm³ de metanol), y cada solución se agitó durante 10 s. Estas dos soluciones se denominan DPPH con filtrado y DPPH con agua, respectivamente. Las soluciones se dejaron en la oscuridad a temperatura ambiente por 20 min y se centrifugaron a 2 000 rpm durante 10 min (Centrífuga Clínica serie 428-7181 Damon/IEC, Needham, MA, USA). Finalmente, se midió la absorbancia a 515 nm contra un blanco de metanol (Espectrofotómetro Thermo Fisher Scientific, Modelo Genesis 10S VIS, Madison WI, USA). Todos los reactivos usados fueron grado analítico o grado HPLC (por sus siglas en inglés: High Pressure Liquid Chromatographic). La actividad antioxidante (AA)

se calculó como porcentaje de inhibición de la absorbancia del DPPH usando la siguiente ecuación:

$$AA = (\text{absorbancia del DPPH con agua} - \text{absorbancia del DPPH con filtrado}) \times 100 / (\text{absorbancia del DPPH con agua})$$

La miel de abeja con la mayor actividad antioxidante se empleó para adicionarla a las muestras de carne cruda molida de conejo.

Procesamiento de la carne

Para obtener la carne de conejo, a fin de elaborar las muestras se obtuvieron aleatoriamente 8 conejos de un lote de 80 (un conejo por jaula de 30 cm de ancho \times 60 cm de largo \times 40 cm de alto), los que se engordaron con una dieta comercial de 30 d a 69 d de edad. Consumieron alimento y agua *ad libitum* en comederos de tolva y en bebederos automáticos. Al final del periodo de engorda, los 8 conejos se sacrificaron de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-033-SAG/ZOO-2014) e inmediatamente las canales se identificaron y almacenaron a 4 °C durante 24 h. Posteriormente, el músculo *longissimus dorsi* (lomo) se removió de cada canal, se empacó al vacío, y por razones de mercado, se almacenó a -20 °C. Después de 10 meses de almacenamiento, la carne se descongeló a temperatura ambiente y se molió usando malla de 3.18 mm (Torrey M-12-FS, Monterrey, México). Posteriormente, se prepararon las muestras de carne de conejo adicionando y homogenizando 0 g de miel/100 g de carne molida (control) o 2 g de miel/100 g de carne molida; para cada tratamiento se obtuvieron 32 réplicas (32 muestras de carne con miel y 32 sin miel provenientes de 8 canales diferentes). Finalmente, las muestras se envasaron en bolsas negras de polietileno dentro de un contenedor de polipropileno y se almacenaron a 4 °C durante 0 d, 3 d, 6 d y 9 d. Toda manipulación se realizó con la limpieza y desinfección apropiadas. Las temperaturas de -20 °C para 10 meses y de 4 °C para 0 d a 9 d de almacenamiento concuerdan con lo recomendado por Agustini y col. (2001) y James y James (2014).

Actividad antioxidante y concentración de malondialdehído de la carne

La AA se midió, como en el caso de las mieles, de acuerdo con el método de Brand-Williams y col. (1995). Se usaron 5 g de muestra de carne cruda provenientes de cada una de las muestras de carne molida para el día correspondiente de almacenamiento, mezclando y homogenizando con 5 cm³ de metanol.

El MDA se midió por duplicado de acuerdo a la técnica de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS, por sus siglas en inglés: thiobarbituric acid reactive substances), con algunas modificaciones (Shin y col., 2011). Se agregaron 50 cm³ de agua grado HPLC y 0.2 cm³ de solución con 7.2 g/100 cm³ de butilhidroxitolueno (BHT) (0.72 g BHT + 10 cm³ de metanol) a 10 g de muestras de carne cruda. La mezcla se homogenizó usando una licuadora convencional (Sunbeam-Oster, modelo 465-42, 0462-13, Fort Lauderdale, FL) y se dejó reposar en la oscuridad a temperatura ambiente por 15 min. Después, 1 cm³ de esta mezcla se dejó reaccionar con 2 cm³ de una solución 2 M de TBA/TCA o ácido tiobarbitúrico/ácido tricloroacético (0.1154 g de TBA + 40 cm³ de una solución con 15 g de TCA/100 cm³ = 15 cm³ de TCA aforados a 100 cm³ con agua grado HPLC). Los tubos de ensayo se mezclaron con vortex (GENIE2, Scientific Industries, modelo G560, NY, USA) y se incubaron en baño de agua a 50 °C durante 10 min. Inmediatamente después, los tubos se enfriaron y se centrifugaron a 2 000 rpm durante 10 min (Centrífuga Clínica serie 428-7181 Damon/IEC, Needham, MA, USA) y finalmente, la absorbancia del sobrenadante se midió a 530 nm (Espectrofotómetro Thermo Fisher Scientific, Modelo Genesis 10S VIS, Madison WI, USA). Con base en una curva estándar de metoxipropano, el cual se convierte a malondialdehído cuando reacciona con la solución de TBA/TCA, los datos se expresaron como mg de MDA por kg de carne fresca.

Debido a que la formación de MDA es directamente proporcional a la oxidación de lípidos (Velasco y Williams, 2011; El-Gogary y

col., 2018), una menor concentración de MDA indica una mayor estabilidad oxidativa.

Análisis estadístico

Los datos de actividad antioxidante de los tipos de miel fueron analizados usando un diseño completamente al azar, con tres tratamientos: miel oscura, ámbar y clara, y una muestra de miel se consideró la unidad experimental que se corrió con 8 repeticiones. Se usó el Paquete estadístico para ciencias sociales (SPSS, por sus siglas en inglés: Statistical Package for the Social Sciences) (SPSS, 2011) versión 8.0, bajo el procedimiento del modelo general lineal.

Los datos de las muestras de carne se analizaron bajo un diseño completamente al azar de 8 tratamientos: 0 g de miel/100 g de carne a 0 d, 3 d, 6 d y 9 d y 2 g de miel/100 g de carne a 0 d, 3 d, 6 d y 9 d de almacenamiento a 4 °C.

Una muestra de carne fue la unidad experimental (32 unidades experimentales con 2 g de miel y 32 con 0 g de miel). En cada muestra de carne se evaluaron AA y MDA por duplicado en el laboratorio, cuyo promedio se asignó a cada unidad experimental.

Todas las comparaciones de medias se realizaron empleando la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

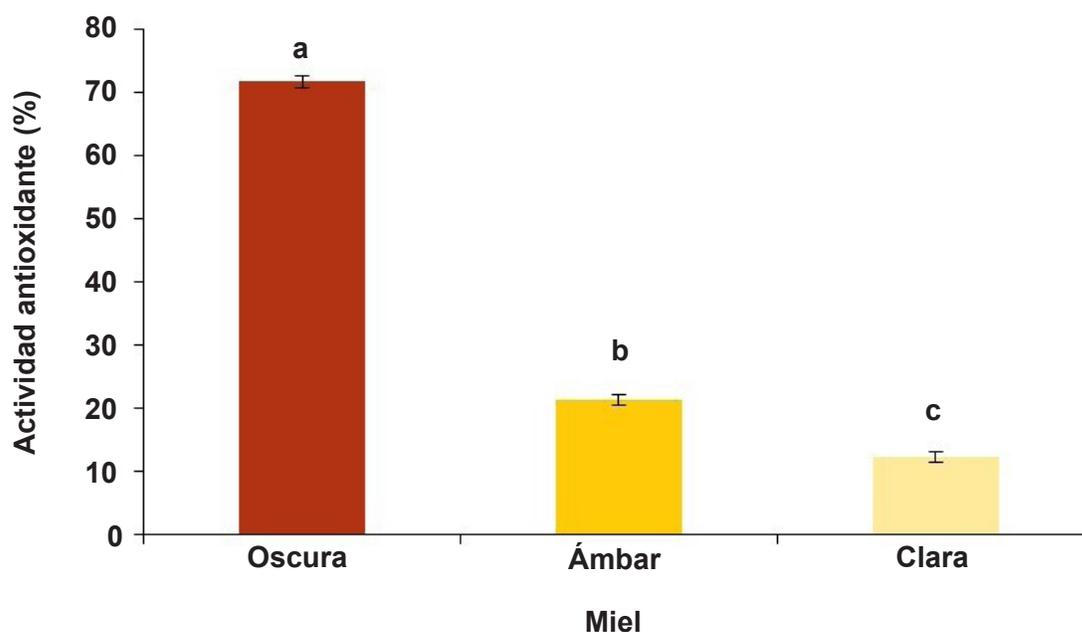
RESULTADOS

Actividad antioxidante en mieles

La miel oscura mostró la más alta AA, como porcentaje de inhibición de la absorbancia del DPPH, en comparación con las mieles clara y ámbar (Figura 1).

Actividad antioxidante de la carne

Tanto en la carne control como en aquella con 2 g de miel (Figura 2), al avanzar los días de almacenamiento refrigerado disminuyó la AA.



■ Figura 1. Actividad antioxidante como porcentaje de inhibición de la absorbancia del radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracil) en tres muestras de miel: oscura, ámbar y clara.

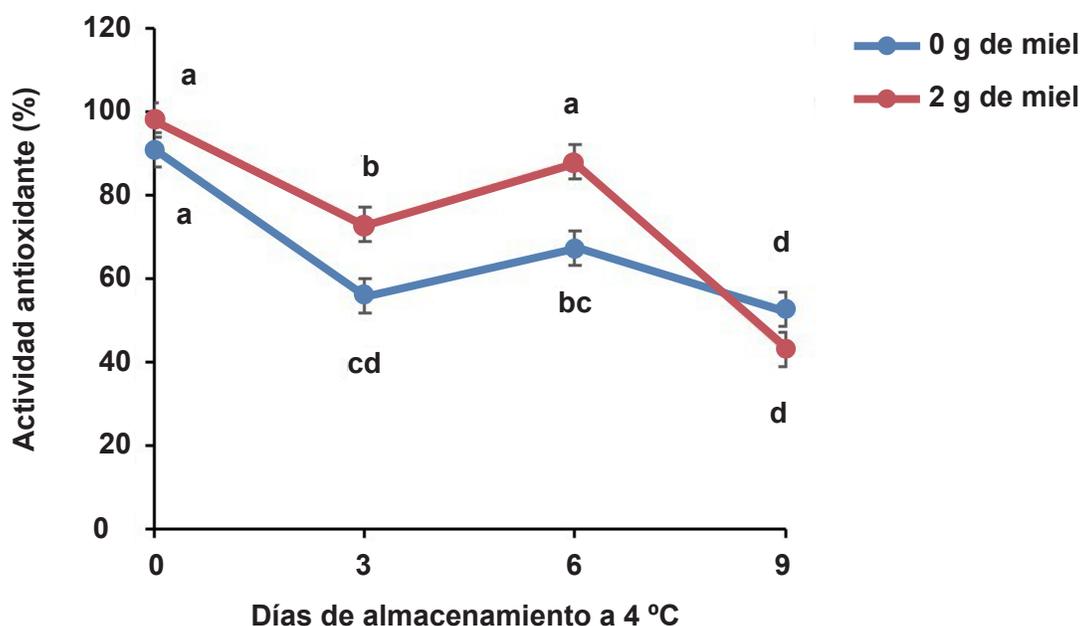
^{a,b y c} Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, $P < 0.05$).

Las barras negras se refieren al error estándar de la media.

Figure 1. Antioxidant activity as inhibition percentage of the DPPH radical (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) absorbance in three samples of honey: dark, amber and clear.

^{a,b and c} Different letters indicate significant differences (Tukey, $P < 0.05$).

Black bars refer to the standard mean error.



■ Figura 2. Actividad antioxidante (AA) en muestras de carne cruda de conejo. Las muestras se prepararon con 0 g de miel/100 g de carne y 2 g de miel oscura de abeja/100 g de carne, y se mantuvieron 0 d, 3 d, 6 d y 9 d a 4 °C hasta su análisis.

^{a,b} y ^cLetras distintas indican diferencias significativas entre los 8 tratamientos (Tukey, $P < 0.05$).

Las barras negras se refieren al error estándar de la media.

Figure 2. Antioxidant activity (AA) in raw rabbit meat samples. Samples were prepared with 0 g and 2 g of dark bee honey per 100 g meat, and they were kept for 0d, 3d, 6 d and 9d at 4°C until analyzed.

^{a,b} and ^cDifferent letters indicate statistically significant differences among the 8 treatments (Tukey, $P < 0.05$).

Black bars refer to the standard mean error.

En la carne con 2 g de miel, que contenía más antioxidantes, la disminución de AA fue menor ($P < 0.05$) que en la carne control los días 3 y 6. Sin embargo, en el día 9 de almacenamiento, la capacidad antioxidante de la miel disminuyó y las muestras con 2 g de miel mostraron valores similares de AA a las muestras control (Figura 2).

Concentración de malondialdehído de la carne

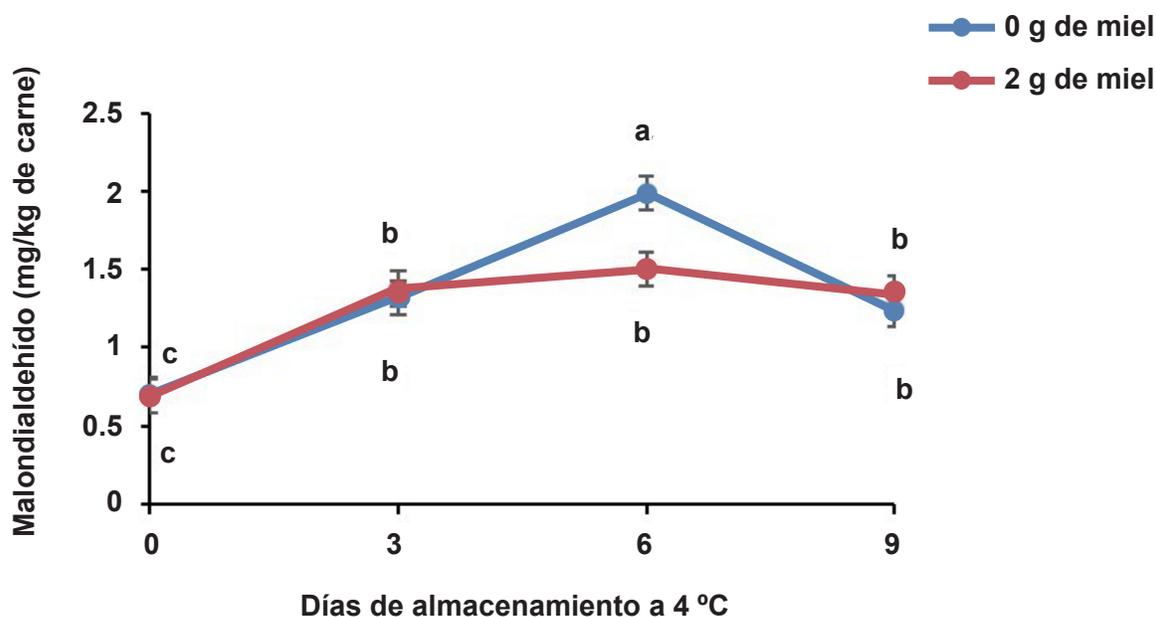
La carne control y las muestras con 2 g de miel presentaron un incremento en la concentración de MDA al avanzar los días de almacenamiento (Figura 3). No obstante, el día 6 se observó una menor concentración de MDA ($P < 0.05$), estimada en un 25 % menos en la carne con 2 g de miel al compararla con la

carne control. Finalmente, la concentración de MDA de la carne control disminuyó significativamente el día 9 de almacenamiento y presentó un valor similar al de la carne con 2 g de miel.

DISCUSIÓN

Actividad antioxidante en mieles

La miel contiene compuestos como α -tocoférol, ácido ascórbico, flavonoides y enzimas como catalasa y peroxidasa, que actúan como antioxidantes naturales y son más abundantes en la miel oscura (Alvarez-Suarez y col., 2014). Su contenido y naturaleza dependen de su origen floral (Alvarez-Suarez y col., 2014; Škrovánková y col., 2019). Por ello, las mieles oscuras tienen mayor AA que las claras (Johnston y col., 2005;



■ Figura 3. Concentración de malondialdehído (MDA) en muestras de carne cruda de conejo. Las muestras se prepararon con 0 g y 2 g de miel oscura de abeja, y se mantuvieron 0 d, 3 d, 6 d y 9 d a 4 °C hasta su análisis.

^{a,b} y ^cLetras distintas indican diferencias significativas entre los 8 tratamientos (Tukey, $P < 0.05$). Las barras negras se refieren al error estándar de la media.

Figure 3. Malondialdehyde (MDA) concentration in raw rabbit meat samples. Samples were prepared with 0 g and 2 g of dark bee honey, and they were kept for 0 d, 3 d, 6 d and 9 d at 4 °C until analyzed. ^{a,b} and ^cDifferent letters indicate statistically significant differences among the 8 treatments (Tukey, $P < 0.05$).

Black bars refer to the standard error of mean.

Can y col., 2015; Srećković y col., 2019). En este estudio la miel oscura produjo 71.75 % de AA (Figura 1), mientras que Džugan y col. (2018) reportaron 51.39 % a 85.29 % en miel oscura, valores de AA superiores a los de las mieles claras.

Actividad antioxidante de la carne

En ambos tratamientos (2 g de miel y 0 g de miel), la mayor AA en carne se presentó el día 0 (> 90 %), mientras que la menor (< 55 %) se observó en el día 9 de almacenamiento a 4 °C (Figura 2). Esto se debe a un aumento de radicales libres por oxidación lipídica, que, a su vez, consumen los antioxidantes naturales de la carne (Shahidi y Udaya, 2007; Kumar y col., 2015). Se ha reportado que mientras mayor es el tiempo de refrigeración, menor es la AA de

la carne cruda de lomo de conejo. Según Velázquez y col. (2014), del día 0 al 6 de refrigeración la AA de carne de conejo disminuyó de 70 % a 50 % aproximadamente. En este estudio, la AA en el mismo tipo de carne con 0 g de miel, del día 0 al día 6 de refrigeración a 4 °C disminuyó de > 90 % a < 70 %.

La carne con 2 g de miel presentó valores más altos de AA (73.15 % y 88.17 %) que la carne control (56.16 % y 67.58 %) los días 3 y 6 de refrigeración (Figura 2). Esto se atribuye a la alta cantidad de antioxidantes que la carne adquiere de la miel (Nagai y col., 2006). Los resultados concuerdan con lo reportado por Antony y col. (2006), quienes encontraron que la adición de miel a la carne de pechuga de pavos inhibió la formación de compuestos oxidantes.

Los valores de AA los días 3 y 6 de almacenamiento indican que las muestras de carne con 2 g de miel estuvieron mejor protegidas contra la oxidación que las del grupo control. Sin embargo, la capacidad antioxidante de la miel disminuyó para el día 9 de refrigeración.

Concentración de malondialdehído de la carne

La concentración de MDA aumentó con el tiempo de refrigeración (Figura 3), debido a que los antioxidantes presentes en la carne pierden su capacidad antioxidante y, en consecuencia, se produce MDA (Shahidi y Udaya, 2007). Cuando se inicia la refrigeración a 4 °C los antioxidantes retardan la oxidación, posteriormente se consumen y se produce la oxidación de lípidos (Possamai y col., 2018) y la formación de MDA. Bobko y col. (2019) reportaron en pavos 0.63 mg/kg a 4.7 mg/kg de MDA para 0 d y 14 d de almacenamiento, respectivamente, valores similares a los del presente estudio.

En la carne control la concentración de MDA aumentó del día 3 al día 6 de almacenamiento. En el día 9, disminuyó la concentración de MDA, probablemente debido a la producción de aminoácidos por hidrólisis de las proteínas, los cuales capturan al MDA, formando bases de Schiff (Wazir y col., 2019).

En el caso de la carne con 2 g de miel, este antioxidante natural mantuvo constante la concentración de MDA desde el día 3 al día 9 de

almacenamiento en refrigeración a 4 °C. El día 6 de almacenamiento la miel oscura produjo menor concentración de MDA en la carne que en la muestra control (Figura 3). Esto se debe a que el alto contenido de compuestos con actividad antioxidante de la miel (Galano, 2015) ayuda a prevenir la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados y la formación de MDA en la carne (Alasnier y col., 2000; Tao, 2015). Por tanto, con base en los valores de MDA el día 6 de almacenamiento, las muestras de carne con 2 g de miel estuvieron mejor protegidas contra la oxidación que las del grupo control.

En lomo de conejo California × Nueva Zelanda se han reportado valores de MDA de 1.6 mg/kg (Velázquez y col., 2014), similares a los del tratamiento con 2 g de miel del presente estudio (Figura 3).

CONCLUSIONES

La miel oscura mostró una alta actividad antioxidante, que se mantuvo durante el almacenamiento en refrigeración de la carne molida de conejo que la contenía, y permitió protegerla contra la oxidación, disminuyendo el contenido de malondialdehído. La adición de 2 % de miel oscura (peso/peso) en carne de conejo molida permite retrasar su oxidación y prolongar su vida de almacenamiento. Se requieren estudios adicionales para analizar el efecto sobre la estabilidad microbiológica y la aceptación organoléptica.

REFERENCIAS

- Agustini, T. W., Suzuki, T., Hagiwara, T., Ishizaki, S., Tanaka, M., and Takai, R. (2001). Change of K value and water state of yellowfin tuna *Thunnus albacares* meat stored in a wide temperature range (20°C to - 84°C). *Fisheries Science*. 67(2): 306-313.
- Alasnier, C., David-Briand, E., and Gandemer, G. (2000). Lipolysis in muscles during refrigerated storage as related to the metabolic type of the fibres in the rabbit. *Meat Science*. 54(2):127-134.
- Alvarez-Suarez, J. M., Gasparrini, M., Forbes-Hernández, T. Y., Mazzoni, L., and Giampieri, F. (2014). The composition and biological activity of honey: a focus on Manuka honey. *Foods*. 3(3): 420-432.
- Antony, S., Rieck, J. R., Acton, J. C., Han, I. Y., Halpin, E. L., and Dawson, P. L. (2006). Effect of dry honey on the shelf life of packaged turkey slices. *Poultry Science*. 85(10):1811-1820.
- Avila-Ramos, F., Pro-Martínez, A., Sosa-Montes, E., Cuca-García, J. M., Becerril-Pérez, C., Figueroa-Velasco, J. L., ..., and Narciso-Gaytán, C. (2013). Dietary supplemented and meat-added antioxidants

effect on the lipid oxidative stability of refrigerated and frozen cooked chicken meat. *Poultry Science*. 92(1):243-249.

Bobko, M., Kročko, M., Haščík, P., Tkáčová, J., Bučko, O., Bobková, A., ..., and Pavelkova, A. (2019). Parameters of quality raw cooked meat product. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 9:366-369.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., and Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. 28(1):25-30.

Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Akyuz, T. E., Siliçi, S., and Kolaylı, S. (2015). An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*. 180:133-141.

Carvalho, R., Shimokomaki, M., and Estévez M. (2017). Poultry meat color and oxidation. In M. Petracci and C. Berri (Eds.), *Poultry Quality Evaluation* (pp.133-157). Oxford: Elsevier, UK.

Cianciosi, D., Forbes-Hernández, T. Y., Afrin, S., Gasparri, M., Reboredo-Rodríguez, P., Manna, P. P., ..., and Battino, M. (2018). Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A review. *Molecules*. 23(9):2322.

Džugan, M., Tomczyk, M., Sowa, P., and Grabek-Lejko, D. (2018). Antioxidant activity as biomarker of honey variety. *Molecules*. 23(8):2069.

El-Gogary, M. R., El-Said, E. A., and Mansour, A. M. (2018). Physiological and immunological effects of rosemary essential oil in growing rabbit diets. *Journal of Agricultural Science*. 10(7):485-491.

Galano, A. (2015). Free radicals induced oxidative stress at a molecular level: The current status, challenges and perspectives of computational chemistry based protocols. *Journal of the Mexican Chemical Society*. 59(4):231-262.

Ghorbani, A. and Esmaeilzadeh, M. (2017). Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 7(4):433-440.

Gutiérrez-Grijalva, E. P., Picos-Salas, M. A., Leyva-López, N., Criollo-Mendoza, M. S., Vazquez-Olivo, G., and Basilio-Heredia, J. (2018). Flavonoids and phenolic acids from oregano: Occurrence, biological activity and health benefits. *Plants*. 7(1):2.

James, S. J. and James, C. (2014). Chilling and Freezing of Foods. In S. Clark, S. Jung, and B. Lam-

sal (Eds), *Food Processing: Principles and Applications* (pp. 79-105). Oxford: John Wiley & Sons, UK.

Johnston, J. E., Sepe, H. A., Miano, C. L., Brannan, R. G., and Alderton, A. L. (2005). Honey inhibits lipid oxidation in ready-to-eat ground beef patties. *Meat Science*. 70(4):627-631.

Kumar, Y., Narayan, Y. D., Ahmad, T., and Narasiah, K. (2015). Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 14(6):796-812.

Nagai, T., Inoue, R., Kanamori, N., Suzuki, N., and Nagashima, T. (2006). Characterization of honey from different floral sources. Its functional properties and effects of honey species on storage of meat. *Food Chemistry*. 97(2):256-262.

Nagyova, A., Krajcovicova, K. M., Horska, A., Smolkova, B., Blazicek, P., Raslova, K., ..., and Dusinska, M. (2004). Lipid peroxidation in men after dietary supplementation with a mixture of antioxidant nutrients. *Bratislavské Lekárske Listy – Bratislava Medical Journal*. 105(7/8):277-280.

Nieto, G., Ros, G., and Castillo, J. (2018). Antioxidant and antimicrobial properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.): A review. *Medicines*. 5(3):98.

Nobuyuki, I. and Masao, H. (1989). Antioxidants-carcinogenic and chemopreventive properties. *Advances in Cancer Research*. 53:247-302.

NOM-033-SAG/ZOO-2014 (2014). Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en *Norma Oficial Mexicana*. [En línea]. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015&print=true. Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2019.

Pichichero, E., Canuti, L., and Canini, A. (2009). Characterization of the phenolic and flavonoid fractions and antioxidant power of Italian honeys of different botanical origin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89(4):609-616.

Possamai, A. P. S., Alcalde, C. R., Feihrmann, A. C., Possamai, A. C. S. Rossi, R. M., Lala, B., ..., and Macedo F. A. (2018). Shelf life of meat from Boer-Saanen goatsfed diets supplemented with vitamin E. *Meat Science*. 139:107-112.

Rabaa, A. M., Mashair, A. S., and Elgasim, A. E. (2013). Effect of bee honey in safety and storability of beef sausage. *Pakistan Journal of Nutrition*. 12(6):560-566.

- Sampaio, G. R., Saldanha, T., Soares, R. A. M., and Torres, E. A. F. S. (2012). Effect of natural antioxidant combinations on lipid oxidation in cooked chicken meat during refrigerated storage. *Food Chemistry*. 135(3):1383-1390.
- Shahidi, F. and Udaya, N. W. (2007). Methods for measuring oxidative rancidity in fats and oils. In C. C. Akoh and D. B. Min (Eds.), *Food lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology* (pp. 387-403). London: Taylor and Francis Group, UK.
- Shasha, D., Magogo, C., and Dzomba, P. (2014). Reversed phase HPLC-UV quantitation of BHA, BHT and TBHQ in food items sold in Bindura supermarkets, Zimbabwe. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*. 4:578-584.
- Shin, D., Yang, H. S., Min, B. R., Gaytán, C. N., Sánchez, P. M. X., and Ruiz, F. C. (2011). Evaluation of antioxidant effects of vitamins C and E alone and in combination with sorghum bran in a cooked and stored chicken sausage. *Korean Journal of Food Science. Animal Resources*. 31(5):693-700.
- Škrovánková, S., Snopek, L., Mlček, J., and Volaříková, E. (2019). Bioactive compounds evaluation in different types of Czech and Slovak honeys. *Potravinářstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 13(1): 94-99.
- Soltani, M., Tabeidian, S. A., Ghalamkari, G., Adeljoo, A. H., Mohammadrezaei, M., and Fosoul, S. S. A. S. (2016). Effect of dietary extract and dried areal parts of *Rosmarinus officinalis* on performance, immune responses and total serum antioxidant activity in broiler chicks. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*. 6(3):218-222.
- SPSS, Statistical Package for the Social Sciences (2011). Institute. SPSS-X. User's Guide. Version 8, Chicago IL. USA.
- Srećković, N. Z., Mihailović, V. B., and Katanić-Stanković, J. S. (2019). Physico-chemical, antioxidant and antimicrobial properties of three different types of honey from central Serbia. *Kragujevac Journal of Science*. (41):53-68.
- Tao, L. (2015). Oxidation of polyunsaturated fatty acids and its impact on food quality and human health. *Advances in Food Technology and Nutritional Sciences*. 1(6):135-142.
- Velasco, V. and Williams, P. (2011). Improving meat quality through natural antioxidants. *Chilean Journal of Animal Research*. 71(2):313-322.
- Velázquez, R. S. R., Sosa, M. E., Ramírez, G. M. E., Pro, M. A., Suarez, L. R., Avila, R. F., ..., and Rodríguez, C. J. C. (2014). Genotype, feed type and refrigeration time on the antioxidant and oxidative stability of rabbit loin meat. *Archivos de Zootecnia*. 63(243):531-542.
- Wazir, H., Chay, S. Y., Zarei, M., Hussin, F. S., Mustapha, N. A., Ibadullah, W. Z. W., and Saari, N. (2019). Effects of storage time and temperature on lipid oxidation and protein cooxidation of low-moisture shredded meat products. *Antioxidants*. 8(10): 486.
- Xiang, L., Si, Ch., Jing-En, L., Ning, W., Xin, L., Qi, A., ..., and Wen-Jun, W. (2019). Chemical composition and antioxidant activities of polysaccharides from Yingshan Cloud Mist Tea. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 1-11.