

Evaluación de la estabilidad lipídica en hamburguesas de pollo adicionadas con extractos de guayaba (*Psidium guajava L.*) como antioxidantes

C.H. Herrera Méndez¹*, A. Miranda Roque¹, A.D. Trujillo Santoyo¹, G. Arroyo Figueroa¹, J.G. Dzul Cauich¹ y T. Medina Saavedra¹

¹ Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Privada de Arteaga S/N, C.P. 38900, Salvatierra, Guanajuato, México. * chmendez@ugto.mx

RESUMEN

Se analizó si extractos de guayaba retrasan la oxidación lipídica de la carne en hamburguesas. Se caracterizó la guayaba: pH 4.02 ± 0.11 ; acidez 0.14 ± 0.010 ; % humedad 83.80 ± 0.392 ; % cenizas 0.34 ± 0.065 ; °Bx 12.98 ± 0.399 y % proteína 12.54 ± 1.135 . Estudios a extractos: cáscara: 1544.4 ± 0.013 mg ácido gálico/100 g (fenoles totales), 43.79 ± 0.014 % de taninos, 261.334 ± 2.665 mg ácido ascórbico/100 g y 91.65 ± 0.003 % inhibición (DPPH); pulpa: 563.1 ± 0.035 mg ácido gálico/100 g, 38.18 ± 0.009 % de taninos, 237.622 ± 2.059 mg ácido ascórbico/100 g y 88.67 ± 0.004 % inhibición; extracto combinado: 1237.3 ± 0.221 mg ácido gálico/100 g, 42.44 ± 0.007 % de taninos, 142.655 ± 1.026 mg ácido ascórbico/100 g y 87.67 ± 0.004 % inhibición. Se determinaron el pH, color y oxidación de lípidos (TBARS). La oxidación del control fue 12.711 a 18.727 mg malondialdehído/kg de carne, mientras que en la carne tratada fue menor, siendo P80 el mejor tratamiento con un valor de 14.918 ± 0.019 mg malondialdehído/kg de carne, con lo que se concluye que al adicionar extractos de guayaba se puede disminuir la oxidación lipídica de la carne.

Palabras clave: Antioxidantes, carne, guayaba, oxidación, rancidez

ABSTRACT

It was analyzed whether guava extracts delay the lipid oxidation of meat in hamburgers. Guava was characterized: pH 4.02 ± 0.11 ; acidity 0.14 ± 0.010 ; % moisture 83.80 ± 0.392 ; % ash 0.34 ± 0.065 ; °Bx 12.98 ± 0.399 and % protein 12.54 ± 1.135 . Studies to extracts: peel: 1544.4 ± 0.013 mg gallic acid/100 g (total phenols), 43.79 ± 0.014 % tannins, 261.334 ± 2.665 mg ascorbic acid/100 g and 91.65 ± 0.003 % inhibition (DPPH); pulp: 563.1 ± 0.035 mg gallic acid/100 g, 38.18 ± 0.009 % tannins, 237.622 ± 2.059 mg ascorbic acid/100 g and 88.67 ± 0.004 % inhibition; combined extract: 1237.3 ± 0.221 mg gallic acid/100 g, 42.44 ± 0.007 % tannins, 142.655 ± 1.026 mg ascorbic acid/100 g and 87.67 ± 0.004 % inhibition. The pH, color and lipid oxidation (TBARS) were determined. The oxidation of the control was 12.711 to 18.727 mg malondialdehyde/kg of meat, while in the treated meat it was lower, P80 being the best treatment with a value of 14.918 ± 0.019 mg malondialdehyde/kg of meat, which leads to the conclusion that the addition of guava extracts can reduce lipid oxidation of the meat.

Keywords: Antioxidants, meat, guava, oxidation, rancidity

INTRODUCCIÓN

Los alimentos de origen animal son fuentes excelentes de proteínas de elevada calidad, así como minerales y vitaminas, como calcio, hierro, zinc, selenio, yodo, varias vitaminas del grupo B y vitamina D (Carbajal, 2018). La carne es el tejido muscular animal que se consume como alimento y es el que mayor valoración y apreciación alcanza en los mercados y en los consumidores de alimentos de origen animal. La carne con un alto contenido de grasa es susceptible a la oxidación de lípidos, una reacción fotoquímica entre los lípidos y la luz que conduce a la rancidez, notable por un mal olor y una coloración amarillenta (Franco & Moure, 2010). La oxidación lipídica puede contrarrestarse mediante la adición de antioxidantes, con efectos que abarcan toda la cadena productiva, desde la conservación de las materias primas hasta la calidad y vida útil de los productos, tales como carne o huevos

procedentes de animales alimentados con estos piensos (Carné *et al.*, 2013). Se han buscado fuentes de antioxidantes de menor costo y suficientes, como, por ejemplo, en la sobreproducción de alimentos vegetales o en los residuos agroindustriales tales como: piel de papa (Singh, 2008), semillas de uva (Brannan, 2009), entre otras. Los antioxidantes derivados de fuentes naturales se perciben por los consumidores como más seguros que los sintéticos.

La guayaba (*Psidium guajava L.*) es una de las frutas que más concentración de antioxidantes tiene de manera natural. Este fruto contiene un alto contenido de vitaminas A, B y C, además de polifenoles, betacarotenos y flavonoides, constituyéndose en una buena fuente de antioxidantes. La guayaba tiene un alto contenido de fibra (8.15 %) y de ácido ascórbico (160 mg/100 g) (Mata & Rodríguez, 2000). Se cultiva comercialmente en muchos países tropicales y subtropicales de todo el mundo, siendo India el mayor productor, seguido por Pakistán, México y Brasil, además de Egipto, Tailandia, Colombia, Indonesia, Venezuela, Sudan, Bangladesh, Cuba, Vietnam, Malasia, Puerto Rico, Australia y Estados Unidos (Singh, 2011).

En los últimos años la industria cárnica se encuentra en busca de nuevos métodos de conservación para evitar el deterioro que se da de manera natural, induciendo cambios organolépticos en la carne. La guayaba debido a los altos niveles de compuestos polifenólicos, contando éstos con propiedades antioxidantes, puede ser una fuente posible para la aplicación de sus antioxidantes en alimentos cárnicos. El propósito del presente estudio fue evaluar el efecto de la actividad antioxidante de extractos naturales extraídos de la guayaba (*Psidium guajava L.*) en un sistema alimenticio elaborado a base de carne de pollo, buscando generar un beneficio para la conservación de los atributos sensoriales del mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Guayaba (*Psidium guajava L.*)

Las guayabas se obtuvieron de la región de Salvatierra, Guanajuato, México. Estas fueron seleccionadas en base al color, tamaño, forma y grado de maduración. Una vez recolectadas, se lavaron con agua y se empacaron en bolsas de polietileno. Se mantuvieron en refrigeración a una temperatura entre 1-4 °C hasta su posterior uso.

Carne de pollo

Se utilizó carne de pollo molida obtenida de un productor avícola de la región de Salvatierra, Guanajuato, empleando pierna (*M. Gastrocnemius*, *M. Peroneus longus*, *M. Flexor perforans et perforatus*) y muslo (*M. Semitendinosus*, *M. Semimembranosus*, *M. Iliotibialis*).

Análisis fisicoquímicos realizados a la guayaba (*Psidium guajava L.*)

Determinación de pH

Se realizó con base a la norma mexicana NMX-F-317-S-1978 (Determinación de pH en alimentos). Se añadieron 30 ml de agua destilada por cada 100 g de guayaba y se homogeneizaron. Se sumergió el electrodo del potenciómetro en la muestra de manera que se cubriera perfectamente.

Determinación de acidez

Se realizó con base a la norma mexicana NMX-F-102-S-1978 (Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas). Se pesaron 500 g de guayaba y se homogeneizó hasta obtener una pulpa uniforme, se filtró a través de algodón absorbente. Se tomaron y mezclaron 10 ml de muestra con 50 ml de agua destilada y se agregaron 3 gotas de fenolftaleína. Se valoró la disolución con NaOH 0.1 N hasta viraje del indicador (de transparente a rosa) y se registró el volumen utilizado.

Determinación de humedad

Se siguió la metodología de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC 23.003).

Determinación de cenizas

Se siguió la metodología de AOAC 942.05.

Determinación de grados Brix (°Bx)

Se realizó con base a la norma mexicana NMX-F-103-1982. Se pesaron 200 g de guayaba y se homogeneizó hasta obtener una pulpa uniforme. Se utilizó un refractómetro manual para la medición.

Determinación de proteína

Se aplicó el método de Bradford (1976).

Extracción de antioxidantes

Se utilizaron extractos naturales provenientes de tres diferentes partes de la guayaba: cáscara, pulpa y combinado (cáscara y pulpa).

Obtención del extracto

Se utilizó el método de Ersus & Yurdagel (2007) modificado. Se pesaron 10 g de muestra a los cuales se les adicionaron 50 ml de agua destilada, 50 ml de etanol y se dejaron en agitación constante durante 24 horas (200-300 rpm) a temperatura ambiente. El extracto se filtró a través de papel Whatman No. 2 y se almacenó el líquido filtrado a -8 °C hasta su uso.

Determinación de compuestos fenólicos solubles totales

Se determinó mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu modificado por González-Aguilar *et al.* (2007). Los resultados fueron expresados como mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/100 g de polvo seco. La curva de calibración se realizó con concentraciones entre 50-1000 ppm de ácido gálico.

Determinación de taninos totales

Se utilizó el método de Makkar *et al.* (1993).

Determinación de ácido ascórbico

Para la determinación del ácido ascórbico se utilizó el método de Tillmans (Zenebon *et al.*, 2008).

Determinación de capacidad antioxidante mediante DPPH

Se utilizó la técnica de DPPH según adaptación de Molyneux (2004).

Preparación y elaboración de hamburguesas

Se adquirieron 4 kg de carne molida de pollo (muslo y pierna) y se produjeron 16 hamburguesas de 25 gramos cada una, para cada tratamiento del experimento, siendo un total de 9 tratamientos. En la tabla I se muestra la composición de cada tipo.

Tabla I. Tratamientos empleados en la investigación

Tratamiento	Descripción:
Control (C)	Carne de pollo + 1.5 % NaCl, sin antioxidantes.
Cáscara (K80)	Carne de pollo + 1.5 % NaCl + volumen de extracto de cáscara equivalente a 80 mg de fenoles totales por kg de carne.
Cáscara (K40)	Carne de pollo + 1.5 % NaCl + volumen de extracto de cáscara equivalente a 40 mg de fenoles totales por kg de carne.
Cáscara (K20)	Carne de pollo + 1.5 % NaCl + volumen de extracto de cáscara equivalente a 20 mg de fenoles totales por kg de carne.
Pulpa (P80)	Carne de pollo + 1.5 % NaCl + volumen de extracto de pulpa equivalente a 80 mg de fenoles totales por kg de carne.
Pulpa (P40)	Carne de pollo + 1.5 % NaCl + volumen de extracto de pulpa equivalente a 40 mg de fenoles totales por kg de carne.
Pulpa (P20)	Carne de pollo + 1.5 % NaCl + volumen de extracto de pulpa equivalente a 20 mg de fenoles totales por kg de carne.
Eritorbato de sodio, ácido cítrico y sacarosa (EAS)	Carne de pollo + 1.5 % NaCl + 0.37 % de eritorbato de sodio, ácido cítrico y sacarosa.
Butilhidroxitolueno (BHT)	Carne de pollo + 1.5 % NaCl + 0.01 % BHT disuelto en 5 ml de aceite de soja.

Una vez que se agregaron los ingredientes se procedió al mezclado y posteriormente la cocción de la carne, la cual fue sin aceite hasta alcanzar una temperatura en el centro de la hamburguesa de 72 °C por 5 minutos. Después de la cocción se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se empaquetaron las hamburguesas individualmente en bolsas de polietileno. El tiempo de evaluación fue de 90 días realizando análisis cada 15 días en base a pH, color y TBARS.

Determinación de pH en carne

Se pesaron 10 g de muestra, se agregaron 100 ml de agua destilada y se homogeneizó por un minuto. Después, se filtró la mezcla con un tamiz para retirar el tejido conectivo. Se calibró el potenciómetro con los buffers correspondientes y se realizaron las mediciones.

Determinación de color en carne

Se utilizó la escala Hunter Lab (a, b y L) para medir el color en las hamburguesas de pollo. A cada hamburguesa se le realizó un corte longitudinal y empleando un colorímetro (Konica Minolta cr-410) se hizo la lectura en el centro de la hamburguesa.

Determinación de TBARS

La capacidad antioxidante de los extractos se determinó evaluando la rancidez oxidativa, midiendo la concentración de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico de acuerdo con la metodología reportada por Zipser *et al.* (1962).

Análisis estadístico

Los experimentos se realizaron en un diseño completamente al azar con tres réplicas. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y de acuerdo a la significancia de la prueba F, la prueba de Tukey fue aplicada a un 5 % de probabilidad, utilizando un STATGRAPHICS Software.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis fisicoquímicos realizados a la guayaba (*Psidium guajava L.*)

En la tabla II se presentan los resultados obtenidos de los diferentes métodos realizados al fruto.

Tabla II. Análisis fisicoquímicos de la fruta

pH	4.02 ± 0.011
Acidez (%)	0.14 ± 0.010
Humedad (%)	83.80 ± 0.392
Cenizas (%)	0.34 ± 0.065
Grados Brix (°Bx)	12.98 ± 0.399
Proteína (%)	12.54 ± 1.135

pH

Los resultados obtenidos se encuentran en el rango de pH que debe presentar la guayaba (2.89-6.20). Cortés (2011) obtuvo valores de pH en cinco variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) entre 3.7 a 4.2. El aumento de los valores de pH se relaciona a los procesos de maduración inherentes al fruto.

Acidez

González *et al.* (2016) lograron resultados en muestras de guayaba con un porcentaje de acidez de 0.40 % al inicio del experimento y al finalizar la acidez disminuyó significativamente hasta alcanzar valores de 0.19 %. Tiene similitud el resultado obtenido de acidez en este estudio. Para las diferentes variedades de guayaba, algunos autores indican que la acidez total titulable (ATT) aumenta hasta el climaterio y luego disminuye, mientras que otros reportan que la ATT disminuye durante la poscosecha o permanece constante cuando el fruto se almacena a baja temperatura, con valores entre 0.15 y 1.21 %. En este caso la cosecha realizada para este trabajo fue en otoño-invierno lo que puede estar relacionado con lo mencionado con este autor.

Humedad

Según De Moreno *et al.* (1999) reportan que el contenido de humedad varía de 81.9 a 91.7 %, con un promedio general de 86.3 % en guayaba. De la misma manera, distintas fuentes mencionan que la guayaba contiene entre 78 a 87 % de humedad, esto dependiendo de la variedad de la fruta y de las condiciones climatológicas en que se desarrolla.

Cenizas

De Moreno *et al.* (1999) determinó que el contenido de cenizas en la guayaba varía de 0.3 a 0.6 %, con un promedio general de 0.5 %. Los resultados obtenidos en este trabajo son similares a los reportados anteriormente. Mata & Rodríguez (2000) reportaron 4.13 % (bs) de cenizas. Esta diferencia en el contenido de cenizas puede deberse a que están asociadas al contenido mineral y, en consecuencia, dependen del manejo agronómico de las plantaciones.

Grados Brix

Mondragón Jacobo *et al.* (2009) indicó un total de 11.6 °Bx en guayaba tipo media china. Asimismo, Cortés (2011) obtuvo en su investigación un promedio de 12.1 °Bx llegando hasta un valor mayor de 18.1 °Bx, este aumento en la cantidad de sólidos solubles totales sugiere que existe un incremento en la hidrólisis de almidones debido a la actividad metabólica. De acuerdo con la NMX-FF-040-1993, la guayaba en un buen estado de madurez debe de tener 12 °Bx.

Proteína

Lara *et al.* (2007) reportan en guayaba agria, que el porcentaje de proteína se encuentra entre 0.28 y 0.5 %. Medina & Pagano (2003) reportaron un valor de 0.88 % de proteína en guayaba tipo criolla roja. Los valores de proteína varían de acuerdo con la especie de la fruta y a los diferentes métodos utilizados para este parámetro. El resultado que se obtuvo es mayor a lo referenciado dado que se hizo un pretratamiento a la fruta con agua caliente y agitación para extraer el mayor contenido de proteína.

Análisis de antioxidantes realizados a los extractos de guayaba

En la tabla III se muestran los resultados acerca de antioxidantes de los diferentes extractos obtenidos de la guayaba.

Tabla III. Resultados obtenidos de antioxidantes de los extractos utilizados.

Extracto	Fenoles totales (mg/100g)	Taninos (%)	Ácido ascórbico (mg/100g)	DPPH (% inhibición)
Cáscara	1544.4 ± 0.013	43.79 ± 0.014	261.334 ± 2.665	91.65 ± 0.003
Pulpa	563.1 ± 0.035	38.18 ± 0.009	237.622 ± 2.059	88.67 ± 0.004
Combinado	1237.3 ± 0.221	42.44 ± 0.007	142.655 ± 1.026	87.24 ± 0.005

Fenoles totales: mg equivalentes de ácido gálico.

Compuestos fenólicos solubles totales

El extracto proveniente de la cáscara fue el que presentó mayor contenido de fenoles totales. Zapata *et al.* (2014) clasificó a la guayaba como una fruta con alto contenido de fenoles totales (>500 mg de ácido gálico/100 g) obteniendo un resultado de 1192.2 ± 27.8 mg de ácido gálico/100 g. Benites Vílchez *et al.* (2011) obtuvieron el resultado para fenoles totales de 600.5 ± 41.9 mg ácido gálico/100 g en un estudio realizado con cáscara de guayaba fresca. Se sabe que los compuestos fenólicos inhiben la formación de radicales libres y la propagación de reacciones de radicales libres a través de la quelación de iones de metales de transición, como el hierro (McBride *et al.*, 2007). La fuerte actividad antioxidante *in vitro* mostrada por extractos vegetales puede ser un protector en cárnicos.

Taninos totales

Los resultados obtenidos indican que los diferentes extractos de guayaba contienen un alto porcentaje de taninos, siendo el extracto de la cáscara el que presenta el mayor porcentaje. Zapata *et al.* (2013) en sus resultados refieren que la guayaba común y la guayaba agria, contienen casi la misma cantidad de taninos (42.6 %).

Ácido ascórbico

El extracto proveniente de la cáscara contiene más cantidad de ácido ascórbico que la pulpa y el combinado. Según Gutiérrez (2013) la guayaba presenta altos contenidos en ácido ascórbico (200-400 mg/100 g), el valor de esta vitamina es mayor en la cáscara o epicarpio del fruto. Gutiérrez *et al.* (2008) obtuvieron un valor de ácido ascórbico en guayaba de 100 mg/100 g. El ácido ascórbico se encuentra en mayor cantidad en la cáscara, en segundo lugar, está la pulpa, estos valores fluctúan entre 56 a 600 mg y puede variar entre 350 a 450 mg en frutas casi maduras (Charles *et al.*, 2006). Como se puede observar los resultados en este trabajo son acordes a los mencionados anteriormente.

Determinación de capacidad antioxidante (DPPH)

Los resultados muestran que el extracto de cáscara tiene un alto porcentaje de inhibición, seguido del extracto de pulpa y el combinado. Esto se puede atribuir a que la cáscara es la primera barrera que tiene la fruta, por lo cual posee compuestos que tienen una alta capacidad antioxidante para evitar cambios en su estructura. Cortes-Penagos (2016) obtuvo un porcentaje de inhibición (DPPH) entre 24.5 ± 0.7 % a 48.82 ± 1 %, lo cual indica que los valores obtenidos en este estudio son superiores a los que presenta este autor, relacionado posiblemente a la variedad de la fruta y las condiciones de cultivo. Benites Vílchez *et al.* (2011) obtuvieron un valor aproximado de 80 % de capacidad atrapadora de radicales libres en un extracto de cáscara de guayaba fresca realizado con la técnica de DPPH, lo cual es un resultado similar al obtenido en esta investigación. Cabe mencionar que la actividad antirradical puede depender del tipo de concentración de polifenoles y la presencia de metales de transición debido a que la solución de DPPH reacciona con el sustrato antioxidante (Monreal, Manzanera, & Tomé, 2012).

Evaluación de la carne (hamburguesas)

Se evaluó durante 90 días (análisis cada 15) los valores de pH, color y TBARS para carne tratada con los extractos de cáscara y pulpa de guayaba.

pH

El análisis estadístico de los resultados obtenidos en base a pH se presenta en la tabla IV.

Tabla IV. Análisis estadístico de los resultados obtenidos de pH en la carne.

Días	Control	Cáscara			Pulpa			Antioxidantes no naturales	
		80 mg	40 mg	20 mg	80 mg	40 mg	20 mg	EAS	BHT
0		6.11 ±	6.14 ±	6.1 ±	6.21 ±	6.16 ±	6.12 ±	6.07 ±	6.12 ±
	6.16 ± 0.004 ^{aA}	0.009 ^{aA}	0.012 ^{aA}	0.004 ^{aA}	0.024 ^{aA}	0.016 ^{aA}	0.009 ^{aA}	0.021 ^{bA}	0.021 ^{aA}
15		6.21 ±	6.20 ±	6.18 ±	6.24 ±	6.21 ±	6.21 ±	6.08 ±	6.18 ±
	6.26 ± 0.021 ^{aA}	0.020 ^{aA}	0.016 ^{aA}	0.012 ^{aA}	0.016 ^{aA}	0.016 ^{aA}	0.012 ^{aA}	0.016 ^{bA}	0.012 ^{aA}
30		6.23 ±	6.24 ±	6.21 ±	6.23 ±	6.21 ±	6.23 ±	5.78 ±	6.21 ±
	6.24 ± 0.024 ^{aA}	0.012 ^{aA}	0.009 ^{aA}	0.012 ^{aA}	0.026 ^{aA}	0.020 ^{aA}	0.021 ^{aA}	0.016 ^{bA}	0.021 ^{aA}
45		6.25 ±	6.27 ±	6.26 ±	6.25 ±	6.24 ±	6.24 ±	6.13 ±	6.22 ±
	6.27 ± 0.012 ^{aA}	0.008 ^{aA}	0.004 ^{aA}	0.004 ^{aA}	0.008 ^{aA}	0.004 ^{aA}	0.009 ^{aA}	0.008 ^{bA}	0.004 ^{aA}
60		6.21 ±	6.22 ±	6.17 ±	6.28 ±	6.26 ±	6.26 ±	5.59 ±	6.14 ±
	6.31 ± 0.004 ^{aA}	0.012 ^{aA}	0.004 ^{aA}	0.004 ^{aA}	0.004 ^{aA}	0.004 ^{aA}	0.009 ^{aA}	0.004 ^{bA}	0.008 ^{aA}
75		6.28 ±	6.31 ±	6.29 ±	6.29 ±	6.30 ±	6.27 ±	5.72 ±	6.26 ±
	6.27 ± 0.004 ^{aA}	0.004 ^{aA}	0.008 ^{aA}	0.009 ^{aA}	0.004 ^{aA}	0.008 ^{aA}	0.004 ^{aA}	0.008 ^{bA}	0.012 ^{aA}
90			6.35 ±	6.34 ±	6.36 ±	6.35 ±	6.31 ±	6.20 ±	6.25 ±
	6.29 ± 0.008 ^{aA}	6.34 ± 0 ^{aA}	0.004 ^{aA}	0.008 ^{aA}	0.008 ^{aA}	0.004 ^{aA}	0.012 ^{aA}	0.004 ^{bA}	0.008 ^{aA}

a, b: Valores con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente diferentes (P<0.05) para cada tratamiento.

A, B: Valores con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (P<0.05) para el tiempo de almacenamiento.

El pH del tratamiento de EAS presenta una diferencia significativa (P<0.05) en comparación con el resto de los tratamientos. Piñón *et al.* (2015) obtuvo resultados similares a los de esta investigación relacionados al pH en carne de pollo tratada con aceite de orégano, teniendo 5.98 de pH como valor máximo para la pierna y para la pechuga de 5.81. Periago (2013) menciona que durante el almacenamiento de la carne se produce un incremento del pH en las etapas finales, cuando el crecimiento de microorganismo proteolíticos produce una degradación de las proteínas y la consecuente liberación de compuestos nitrogenados. Se ha visto que durante el proceso de maduración existe un incremento en el pH de la carne debido a que hay un proceso de degradación de proteínas, también existe una liberación de iones de sodio y calcio por parte del retículo sarcoplasmático, todo esto conlleva a un incremento de la presión osmótica de las células musculares y por consiguiente un incremento del pH.

Color

El análisis estadístico (no mostrado) de los resultados obtenidos en base al color para los parámetros L, a y b indican que para el parámetro L, son cuatro tratamientos (P80, P40, P20 y BHT) que tienen una diferencia significativa (P<0.05). Al evaluar el parámetro a, vemos que existen dos tratamientos (K80 y EAS) que son significativamente diferentes (P<0.05), los cuales presentan un comportamiento contrario; el tratamiento K80 tiende a valores negativos mientras que EAS a valores positivos. Para el parámetro b, no existe diferencia significativa para los tratamientos (P>0.05). Piñón *et al.* (2015) presenta valores similares a los de este estudio para los parámetros de color en carne de pollo adicionada con aceite de orégano. Bravo (1998) menciona en su investigación de un producto

cárnico tratado con mangostán, que el mangostán está compuesto por azúcares fermentables que pueden generar color oscuro incrementando así la tonalidad roja en el tratamiento. La guayaba tiene cerca del 10 % de carbohidratos lo cual puede estar relacionado con lo que indica este autor. El color de la carne se debe al pigmento mioglobina, que está diseñado para unir y almacenar oxígeno en el músculo hasta que se necesita para procesos metabólicos. Amensour *et al.* (2010) explica que en los productos cárnicos la coordenada a^* está influenciada por diversos factores tanto tecnológicos (emulsión en frío o caliente, tipo de picado, etc.) como de composición (relación fracción magra/fracción grasa, entre otros). Por su parte la luminosidad está relacionada con el agua libre en la superficie, el contenido de grasa, tejido conjuntivo, contenido y tipo de hemopigmentos. Existen muchos factores que afectan a la estabilidad del color de la carne: los de mayor importancia son: pH, temperatura, humedad relativa, iluminación, bacterias, oxidación de lípidos, etc. (Escalante *et al.*, 2008).

TBARS

El efecto de los extractos naturales sobre la oxidación de lípidos de las hamburguesas de pollo durante todo el periodo de almacenamiento se muestra en la Fig. 1. El análisis estadístico (no mostrado) para los datos de TBARS indica que los valores se vieron significativamente afectados ($P < 0.05$) tanto por el período de almacenamiento (45, 60, 75 y 90 días) como para los tratamientos (P80 y BHT). Estos resultados sugieren que los antioxidantes naturales provenientes de extractos de guayaba pueden disminuir la oxidación de lípidos de la carne, siendo el extracto de pulpa a una concentración de 80 mg fenoles/kg carne el mejor tratamiento para dicha actividad.

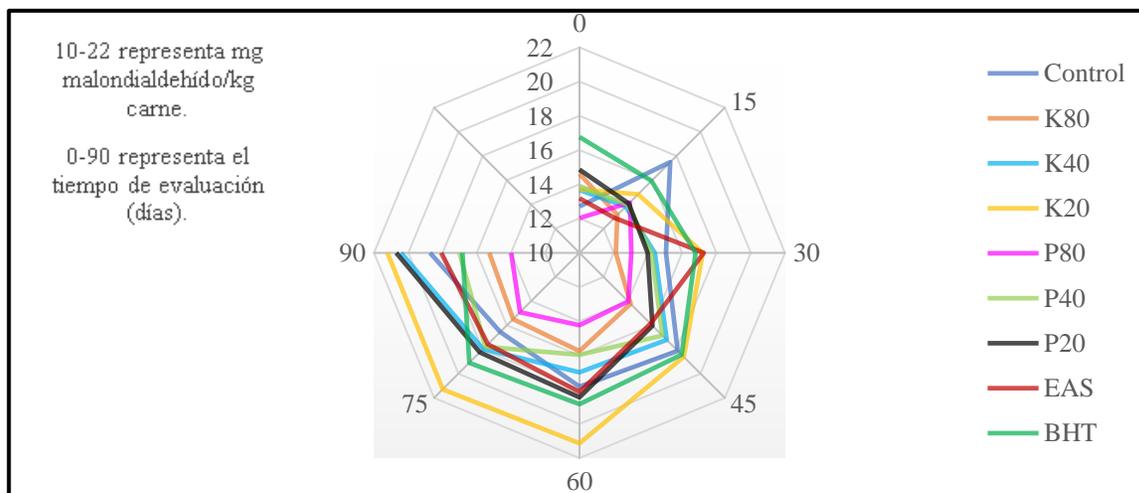


Figura 1. Comportamiento de TBARS en la carne durante todo el estudio (K: cáscara; P, pulpa; EAS: eritorbato de sodio; BHT: butilhidroxitolueno; 80, 40 y 20: mg fenoles/kg carne).

Los resultados obtenidos se comportan de manera similar a los reportados por Fernández-López *et al.* (2005) donde evaluaron el efecto de extractos naturales en albóndigas de carne. Djenane *et al.* (2004) encontraron que la adición de ácido ascórbico (500 ppm) a la carne fresca antes del almacenamiento refrigerado de envasado en atmósfera modificada retrasó la oxidación durante 28 días. Vázquez *et al.* (2009) analizaron el efecto que tendría el agregar a un batido de carne extractos provenientes de romero y chile ancho, y obtuvieron resultados favorables donde se ve que ambos extractos disminuyen la rancidez de la carne en comparación con la del control, lo cual concuerda con los resultados de este estudio. El efecto de la estabilidad oxidativa de los extractos etanólicos está relacionada con la composición del extracto, es decir, con el contenido de polifenoles, flavonoides y antocianinas (Juntachote *et al.*, 2007), lo cual posiblemente explique las diferencias encontradas en la aplicación como antioxidantes naturales en batidos cárnicos. A todos los tratamientos utilizados en este estudio incluido el control se les agregó cloruro de sodio. Price & Schweigert (1994) menciona que la sal actúa como prooxidante de la oxidación del grupo hemo, causando pardeamiento. Lagarraña (1999) indica que la presencia de cloruros sódicos favorece a la reacción de oxidación. Las hamburguesas fueron tratadas térmicamente a 72 °C. Según investigaciones realizadas por Mielche

& Bertelsen (1993), la mayoría de los tratamientos térmicos a altas temperaturas (60-80 °C) aceleran la oxidación de lípidos en carne cocida, desarrollando durante su posterior almacenamiento refrigerado, sustancias volátiles principalmente aldehídicas que producen olores y sabores desagradables, lo que se conoce como el Warmed Over Flavour (WOF) o sabor rancio, mostrando un aumento del desarrollo de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico cuando se trabaja en sistemas modelos calentados en baño de agua.

CONCLUSIÓN

Con respecto a la hipótesis planteada en este estudio, es decir, que al utilizar antioxidantes naturales extraídos de diversas fracciones de guayaba (*Psidium guajava L.*) y aplicados a un sistema alimenticio elaborado a base de carne de pollo se logra disminuir la oxidación lipídica prolongando su vida de anaquel, quedó demostrado que con la concentración de 80 mg de fenoles totales del extracto proveniente de la pulpa se logra reducir la oxidación de los lípidos en relación con el control en un 17 %, lo cual manifiesta que la pulpa de guayaba es un posible inhibidor de la rancidez oxidativa de los lípidos presentes en la carne y productos cárnicos haciendo posible el alargamiento de la vida de anaquel de dichos productos. En esta investigación se muestra que los antioxidantes naturales provenientes de extractos de la guayaba son eficaces y confiables aplicados para la conservación de la carne de pollo, en comparación con los que comúnmente se utilizan en la industria cárnica (eritorbato de sodio y BHT), dándole un valor agregado a dicha fruta. Los resultados de este estudio pueden dar la pauta para que se empiecen a buscar y utilizar nuevas fuentes de antioxidantes naturales que ayuden a la conservación y preservación de alimentos, agregando dichos compuestos en su procesamiento. Además, los antioxidantes pueden beneficiar los procesos de oxidación del organismo y no perjudicar la salud de los individuos como los antioxidantes sintéticos. En la actualidad las personas buscan alimentos más naturales y sanos tratando de disminuir los que contengan compuestos artificiales en su elaboración.

BIBLIOGRAFÍA

- Amensour, M., Zapata, E. S., Abrini, J., Nadal, E. S., Barberá, M. E., Vera, d., . . . López, J. F. (2010). Estabilidad del color en salchichas de pollo tipo Frankfurt adicionadas con extracto acuoso de hoja de *Myrtus communis*. *Óptica pura y aplicada*, 43(4), 251-257.
- AOAC. (2000). *Determination of ash in animal feed: AOAC official method 942.05*.
- AOAC. (2003). *Métodos de análisis de la asociación oficial de química analítica para determinar humedad, fibra, cenizas, grasa y proteína*.
- Benites Vílchez, J., Díaz García, R., López Vivar, J., Gajardo Solari, S., Kusch Fuschlocher, F., & Rojas Arredondo, M. (2011). Actividad antioxidante y antibacteriana de seis cáscaras de frutos del oasis de Pica. *Biofarbo*, 19, 1.
- Bradford, M. M. (1976): A rapid and sensitive method for the quantitation of micro-gram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal. Biochem.*, 72:248-254.
- Brannan, R. G. (2009). Effect of grape seed extract on descriptive sensory analysis of ground chicken during refrigerated storage. *Meat science*, 81(4), 589-595.
- Bravo, L. (1998). Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. *Nutrition Reviews*, 56: 11.
- Carbajal, A. A. (2018). *Los alimentos como fuente de energía, nutrientes y otros bioactivos*. Madrid: Manual de nutrición y dietética.
- Carné, S., Zaragoza, A., & Mascarell, J. (2013). Función de los antioxidantes en el pienso y efectos en la calidad de carne. *Selecciones avícolas*.
- Charles, W. W., Philip, E. S., & Carl, W. C. (2006). Determination of organic acids and sugars in guajava L. cultivars by high-performance liquid chromatography. *Journal of the Food and Agriculture*, 33, 777-780.
- Cortés, C. (2011). Valoración de madurez en cinco variedades de guayaba (*Psidium guajava L.*). *XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería*.

- Cortes-Penagos, C. (2016). Actividad antioxidante en cinco variedades de *Psidium guajava* L. *Agroproductividad*, 9(4).
- De Moreno, L. A., Marín, M., Peña, D., Toyo, E., & Sandoval, L. (1999). Contenido de humedad, materia seca y cenizas totales en guayabas (*Psidium guajava* L.) cosechadas en granjas del municipio Mara del estado Zulia. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 16(1).
- Djenane, D., Martínez, L., Sánchez-Escalante, A., Beltrán, J. A., & Roncalés, P. (2004). Antioxidant effect of carnosine and carnitine in fresh beef steaks stored under modified atmosphere. *Food Chemistry*, 85(3), 453-459.
- Ersus, S., & Yurdagel, U. (2007). Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. *Journal of Food Engineering*, 80(3), 805-812.
- Escalante, A. S., Urrutia, G. R., Arriola, J. P., Méndez, N. F., & Watanabe, G. H. (2008). Sistemas combinados de conservación para prolongar la vida útil de la carne y los productos cárnicos. *Nacameh*, 2(2), 124-159.
- Fernández-López, J., Zhi, N., Aleson-Carbonell, L., Pérez-Alvarez, J. A., & Kuri, V. (2005). Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs. *Meat science*, 69(3), 371-380.
- Franco, R. D., & Moure, V. A. (2010). *Antioxidantes naturales. Aspectos saludables, toxicológicos y aplicaciones industriales*. Santiago de Compostela: Gráficas Garabal, S.L.
- González-Aguilar, G. A., Villegas-Ochoa, M. A., Martínez-Téllez, M. A., Gardea, A. A., & Ayala-Zavala, J. F. (2007). Improving antioxidant capacity of fresh-cut mangoes treated with UV-C. *Journal of Food Science*, 72(3), S197-S202.
- Gutiérrez, A. A. (2013). Evaluación de la calidad de frutos de guayaba *Psidium guajava* L. del banco de germoplasma de Corpoica Palmira.
- Gutiérrez, R. M., Mitchell, S., & Solis, R. V. (2008). *Psidium guajava*: a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of ethnopharmacology*, 117(1), 1-27.
- Juntachote, T., Berghofer, E., Siebenhandl, S., & Bauer, F. (2007). Antioxidative effect of added dried Holy basil and its ethanolic extracts on susceptibility of cooked ground pork to lipid oxidation. *Food Chemistry*, 100(1), 129-135.
- Lagarraña, I. (1999). *Control e higiene de los alimentos*. Madrid: McGraw-Hill.
- Lara, C., Nerio, L. S., & Oviedo, L. E. (2007). Evaluación fisicoquímica y bromatológica de la guayaba agria (*Psidium araca*) en dos estados de maduración. *Temas agrarios*, 12(1).
- Makkar, H. P., Blümmel, M., Borowy, N. K., & Becker, K. (1993). Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61(2), 161-165.
- Mata, B. I., & Rodríguez, M. (2000). Cultivo y Producción del Guayabo. *Trillas*.
- McBride, N. T., Hogan, S. A., & Kerry, J. P. (2007). Comparative addition of rosemary extract and additives on sensory and antioxidant properties of retail packaged beef. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(10), 1201-1207.
- Medina, B., & Pagano, G. (2003). Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) tipo "Criolla Roja". *Revista de la Facultad de Agronomía*, 20(1), 72-86.
- Mielche, M. M., & Bertelsen, G. (1993). Effects of heat treatment on warmed-over flavour in ground beef during aerobic chill storage. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 197(1), 8-13.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 26(2), 211-219.
- Mondragón Jacobo, C., Toriz Ahumada, L. M., & Guzmán Maldonado, S. H. (2009). Caracterización de selecciones de guayaba para el Bajío de Guanajuato, México. *Agricultura técnica en México*, 315-322.
- NMX-F-102-S-1978. *Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas. Norma Mexicana. Dirección general de normas*. (6 de noviembre de 2017). Obtenido de <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-102-S-1978.PDF>
- NMX-F-103-1982. *Alimentos. Frutas y derivados. Determinación de grados Brix. Foods. Normas mexicanas. Dirección general de normas*. (6 de noviembre de 2017). Obtenido de <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-103-1982.PDF>

- NMX-F-317-S-1978. *Determinación de pH en alimentos. Determination of pH in foods. Normas Mexicanas. Dirección general de normas.* (5 de noviembre de 2017). Obtenido de <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-317-S-1978.PDF>
- NMX-FF-040-1993. *Fruta fresca. Guayaba. (Psidium guajava L.) Especificaciones. Fresh fruit. Guava (Psidium guajava L.). Specifications. Normas mexicanas. Dirección general de normas.* (6 de Noviembre de 2017). Obtenido de <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-040-1993.PDF>
- Periago, M. J. (2013). Técnicas analíticas en carne y productos cárnicos. *Higiene, inspección y control alimentario.*
- Piñón, J. R., Monterrubio, A. L., Meléndez, L. A., Martínez, A. C., Rojo, A. D., Palma, N. G., & Vázquez, R. S. (2015). Efecto del aceite esencial de orégano en el rendimiento y las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la carne de pollo. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (66), 5-11.
- Price, J., & Schweigert, B. (1994). *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos.* España: Acribia 2a edición.
- Singh, N. (2008). Antioxidant-mediated protective effect of potato peel extract in erythrocytes against oxidative damage. *Chemico-Biological Interactions*, 173 (2), 97-104.
- Singh, S. (2011). Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits. *Woodhead Publishing Series in Food Science*, 213-245.
- Vázquez, A. M., Martínez, I. G., & Sánchez, A. T. (2009). Evaluación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos etánicos de romero y chile ancho y su aplicación en un batido cárnico. *Nacameh*, 3(1), 21-32.
- Zapata, K., Cortes, F. B., & Rojano, B. A. (2013). Polifenoles y actividad antioxidante del fruto de Guayaba Agria (*Psidium araca*). *Información tecnológica*, 103-112.
- Zapata, S. P. (2014). Capacidad atrapadora de radicales oxígeno (ORAC) y fenoles totales de frutas y hortalizas de Colombia. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 16(1), 25-36.
- Zenebon, O., Sadocco, N., & Tiglea, P. e. (2008). *Métodos físicos químicos para análisis de alimentos.* Sao Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- Zipser, M. W., Dupont, J., & Watts, B. M. (1962). Extraction of Lipids from Oxidizing Mullet a. *Journal of Food Science*, 27(2), 135-138.