

Propiedades antimicrobianas y antioxidantes de Jamaica

Antimicrobial and antioxidant properties of roselle calyces

Gibran López-Nahuatt¹, María Teresa Sumaya-Martínez^{2*}, Edgar Iván Jiménez-Ruiz², Rosendo Balois-Morales², Raquel Enedina Medina-Carrillo³, Juan Guzmán-Ceferino⁴

RESUMEN

Actualmente, el consumidor de alimentos de origen animal exige que éstos sean inocuos, orgánicos y económicos. Por lo anterior, la industria cárnica se ha enfrentado a la necesidad de buscar aditivos naturales que coadyuven a la prolongación de la vida de anaquel de sus productos. Esta revisión presenta las propiedades antimicrobianas y antioxidantes de los cálices de Jamaica como un ingrediente con potencial para prolongar la vida de anaquel de la carne y sus productos, así como los factores que influyen en dicha vida de anaquel.

PALABRAS CLAVE

calidad, carnes, *Hibiscus sabdariffa*, inocuidad, oxidación

ABSTRACT

Currently the consumer demands that food of animal origin be safe, organic and economical. Therefore, the meat industry has faced the need to look for natural additives that contribute to the prolongation of the shelf life of its products. The objective of the present review is to present the antimicrobial and antioxidant properties of roselle calyces (*Hibiscus sabdariffa*) as an ingredient with potential to extend the shelf life of meat and its products, as well as the factors that influence shelf life.

KEYWORDS

quality, meats, *Hibiscus sabdariffa*, food safety, oxidation

¹ Estudiante del Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit. Xalisco, Nayarit, México.

² Unidad de Tecnología de Alimentos, Secretaria de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit, México.

³ Unidad Académica de Ciencias Químico Biológicas y Farmacéuticas, Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit, México.

⁴ División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tenosique, Tabasco, México.

* Autor para correspondencia. Correo electrónico: teresumaya@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Las carnes frescas y procesadas ofrecen numerosos beneficios nutricionales; sin embargo, su consumo es sometido a un escrutinio cada vez más riguroso debido a los riesgos de salud asociados con citotoxinas que podrían generarse durante la preparación de éstos (Leroy y Degreef, 2015). Se ha sugerido que un mecanismo plausible para la formación de toxinas es la vía de los radicales libres (Jiang y Xiong, 2016).

De manera tradicional, la industria cárnica ha empleado antioxidantes sintéticos como el BHA (butil-hidroxil-anisol), BHT (butil-hidroxil-tolueno), la TBHQ (terbutil-hidroquinona) y el galato de propilo como métodos eficaces y económicos para disminuir la aparición de fenómenos oxidativos (Mejia-Benítez *et al.*, 2014). Sin embargo, su uso está cuestionado desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, ya que diversos estudios clínicos han comprobado que poseen un efecto tóxico y que, en niveles altos, pueden actuar como agentes promotores del cáncer o teratógenos, así como producir un aumento significativo del hígado (Ahn *et al.*, 2007; Armenteros *et al.*, 2012). Por lo anterior su uso ha sido regulado y restringido en muchos países.

En este contexto, la industria alimentaria se ha interesado en evaluar la efectividad de sustancias de origen natural como ingredientes funcionales en los alimentos con el propósito de satisfacer las distintas necesidades de los consumidores. Particularmente en la industria cárnica, el consumidor exige productos más saludables, reducidos en grasa, con lipoproteínas de alta densidad (HDL, por sus siglas en inglés), disminución del contenido de sodio y nitritos, una mejor composición del perfil de ácidos grasos y la incorporación de ingredientes que mejoren la salud (Jung y Joo, 2013). Una alternativa son los extractos de cálices de Jamaica, cuyo potencial antimicrobiano y antioxidante puede alargar la vida de anaquel de productos cárnicos (Bozkurt y Belibağlı, 2009; Higginbotham *et al.*, 2014; Jung & Joo, 2013).

Vida de anaquel de carne

Hablar de la calidad de la carne es complejo: el término comprende aspectos nutricionales, sensoriales, tecnológicos y sanitarios, entre otros, cuyo foco central son las características organolépticas de color, aroma, sabor, jugosidad y textura, que son las que más influyen en la experiencia de los consumidores (López-Hernández *et al.*, 2013; Ngapo *et al.*, 2017).

La carne es un producto altamente perecedero debido a su composición biológica (agua, grasas, proteínas). Los principales factores que determinan la vida de anaquel de la carne fresca son el color, la capacidad de retención de agua, la carga microbiana y la estabilidad oxidativa de lípidos y proteínas (Channon *et al.*, 2016; Gul *et al.*, 2016; Zhou *et al.*, 2010).

Factores que impactan en la vida de anaquel

El color es indicio de calidad y frescura del producto. En las carnes rojas (res, cerdo, ovino), el color café rojizo es una característica de la mala calidad ya que evidencia la oxidación de la mioglobina, normalmente generada por la exposición prolongada al oxígeno y la luz (Mozurienne *et al.*, 2016; Sun *et al.*, 2016).

La capacidad de retención de agua es un indicativo de lo sucedido desde la transportación del animal al sacrificio, pasando por la matanza y el enfriamiento de las canales, que se relaciona con la estabilidad de las fibras musculares y con la velocidad y amplitud de la caída del pH. Lo anterior está relacionado con problemas de calidad como el fenómeno pálido-suave-exudativo (PSE, por sus siglas en inglés), que se da por una caída excesiva del pH; este problema es típico en carnes de aves y cerdos. El fenómeno oscuro-firme-seco (DFD, por sus siglas en inglés) es el resultado de la poca producción de ácido láctico ($\text{pH} < 6.1$) en las fibras musculares después de la muerte del animal; este problema es mayormente observado en carne de bovino (Choi *et al.*, 2016; Josell *et al.*, 2003; Newton y Gill, 1981; Zhao *et al.*, 2016).

La carga microbiana inicial en la carne está relacionada con todo el proceso de sacrificio y faenado, lavado de canales y mantenimiento de la cadena de frío. El mal manejo de la cadena de producción favorece el crecimiento de bacterias patógenas, las cuales, al reproducirse y alcanzar ciertos niveles, pueden causar enfermedades o intoxicaciones una vez consumidas por los humanos. De igual forma, las bacterias deterioradoras como *Pseudomonas* spp. afectan la calidad de la carne al producir olores putrefactos y otras características sensoriales indeseables (Cappelletti *et al.*, 2015; Nychas *et al.*, 2008).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en una nota descriptiva sobre la inocuidad de los alimentos, estima que cada año se enferman en el mundo unos 600 millones de personas por ingerir alimentos contaminados y que 420 000 mueren por esta causa. Los patógenos de transmisión alimentaria pueden causar diarrea grave o infecciones debilitantes (como la meningitis) y, si estos padecimientos no son

tratados de forma eficaz, pueden causar discapacidad persistente como el Síndrome Urémico Hemolítico o incluso la muerte (OMS, 2017).

En México, se ha identificado que las bacterias más recurrentes en este tipo de patologías son *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp. y *Escherichia coli* enterohemorrágica, así como la cepa O157:H7, las cuales han sido relacionadas con distintos tipos de alimentos. Se ha identificado a la carne como el actor principal y se atribuye al consumo de ésta mal cocinada o cruda, principalmente las de origen avícola (González-Flores y Rojas-Herrera, 2005).

En la actualidad, se han propuesto e investigado tecnologías alternativas de conservación no térmica, tales como alta presión hidrostática, súper congelación, biopreservadores naturales y envases activos. Aunque algunas de estas tecnologías son eficaces para inactivar los microorganismos más comunes relacionados con las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), no son eficaces contra las esporas (Lambert *et al.*, 1991; Zhou *et al.*, 2010).

Otro de los factores que intervienen en el concepto de vida de anaquel de carne de cerdo es la estabilidad oxidativa de la grasa y las proteínas. La grasa juega un papel relevante en la calidad de los productos cárnicos, ya que es responsable de dos factores de alta importancia en un alimento: el sensorial y el nutricional. El perfil de ácidos grasos depende de la especie animal y del alimento que reciba durante su crianza, la grasa se puede alterar por reacciones de oxidación, lo que resulta en la pérdida de la calidad (Hernández-López *et al.*, 2016).

La oxidación de lípidos es iniciada por radicales libres o el oxígeno molecular. Los ácidos grasos más susceptibles a las reacciones de oxidación son los poliinsaturados (PUFA, por sus siglas en inglés), los cuales están asociados principalmente a los lípidos de membranas celulares u organelos, como las mitocondrias (Morrissey *et al.*, 1998).

La oxidación de los lípidos en la carne depende de la cantidad e interacción con iniciadores de la cadena de oxidación, como el oxígeno reactivo ($\bullet\text{O}$) y metales de transición (Fe^2 y Cu^2). Dentro de la cadena de oxidación, la reducción del oxígeno forma diversos compuestos como el radical anión superóxido ($\text{O}_2\bullet$), peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y el radical hidroxilo ($\bullet\text{OH}$), los cuales desencadenan más reacciones de oxidación. En condiciones ácidas, el radical superóxido puede ser protonado a un radical peroxil ($\text{HOO}\bullet$), que es el agente oxidante más potente, ya que es capaz de penetrar la bicapa lipídica de la membrana celular con mayor facilidad

que otros agentes pro-oxidantes (Estévez, 2017; Raharjo y Sofos, 1993; Wasowicz *et al.*, 2004).

Las proteínas de la carne también son altamente susceptibles a la oxidación, y este campo aún es bastante desconocido. Recientemente, diversos autores han encontrado que las proteínas son oxidadas durante el procesamiento y el almacenamiento, pero la ocurrencia, amplitud y consecuencias de la oxidación de proteínas en carne y productos cárnicos es poco entendida. Las proteínas son el componente de mayor abundancia en la carne y juegan un papel extremadamente relevante en la calidad desde el punto de vista sensorial, nutricional y tecnológico (Estévez *et al.*, 2005; Lund *et al.*, 2007; Ventanas *et al.*, 2007).

Los productos primarios y secundarios de la oxidación de lípidos, algunos hidroperóxidos y aldehídos son capaces de iniciar la oxidación de las proteínas, además de los radicales $\bullet\text{OH}$, $\text{O}_2\bullet$ y $\text{ROO}\bullet$, así como los metales de transición (Fe^2 y Cu^2), y dar como resultado radicales proteicos. De acuerdo con algunos estudios, los aminoácidos que contienen sulfuro, particularmente cisteína y metionina, son los más susceptibles a la oxidación (Park y Xiong, 2007; Viljanen *et al.*, 2004).

Diversos autores han afirmado que la oxidación de las proteínas se origina como una reacción en cadena de radicales libres, similar a la oxidación de lípidos (iniciación, propagación y terminación) (Raharjo y Sofos, 1993). La sustracción de un átomo de hidrógeno inicia la generación de un radical centrado en el carbono de una proteína ($\text{P}\bullet$) y, consecuentemente, éste se convierte en un radical peroxil ($\text{POO}\bullet$) en la presencia de oxígeno y por la sustracción de un átomo de hidrógeno tomado de otra molécula en un álcali peróxido (POOH).

Además, con $\text{HO}_2\bullet$, se promueven las reacciones que dan como resultados radicales alcoxilo ($\text{PO}\bullet$) y éstos derivan en hidroxilos (POH) (Stadman y Levina, 2003; Xiong, 2000). Vale la pena mencionar que, además de las especies reactivas de oxígeno (ROS siglas en inglés), los nitritos y las especies reactivas de nitrógeno (RNS, por sus siglas en inglés) también son capaces de inducir estrés oxidativo en las proteínas de la carne. El nitrato es conocido como un compuesto prooxidante debido a su capacidad de abstraer un electrón de una molécula oxidable (Skibsted, 2011).

Como consecuencia directa del daño oxidativo de las proteínas de la carne, las cadenas laterales de los aminoácidos se modifican. Estos cambios incluyen la pérdida de grupos sulfhídricos, la generación de derivados oxidados (por ejemplo, sulfóxidos de

metionina) y la conversión de aminoácido en otros diferentes. Además, la oxidación de cadenas laterales de ciertos aminoácidos (arginina, lisina, prolina y treonina) conduce a la generación de residuos de carbonilo a través de la reacción de desaminación. Los carbonilos proteínicos pueden formarse como consecuencia de la fragmentación del esqueleto peptídico, la reacción con azúcares reductores (por formación de bases Schiff) y por unión de compuestos no carbonatados de proteína (por ejemplo, MDA) (Berlett y Stadtman, 1997; Estévez *et al.*, 2008).

Finalmente, las especies reactivas del oxígeno y el nitrógeno inducen reacciones de oxidación y nitración en los lípidos y proteínas de la carne. En el caso de los lípidos, se produce la pérdida de ácidos grasos esenciales, alteraciones en el color, olores y sabores desagradables; en las proteínas se degradan los aminoácidos, lo cual ocasiona la pérdida de su funcionalidad, la alteración por proteólisis, dureza de la carne y alteración en digestibilidad (Estévez, 2017). Además, se ha hecho hincapié en las posibles repercusiones en la salud por la ingesta de estos productos, ya que se los ha relacionado con daños en el ADN, así como con promover tumorigénesis, carcinogénesis y úlceras (Papuc *et al.*, 2017).

Alternativas para la conservación de la vida de anaquel

Los antioxidantes se utilizan para minimizar los cambios oxidativos en la carne y productos cárnicos. Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, los antioxidantes sintéticos se consideran un riesgo para la salud, por lo que en los últimos años la demanda de antioxidantes naturales ha aumentado (Lauková, 2011).

Por lo anterior, se han desarrollado investigaciones dirigidas a la identificación de antioxidantes naturales a partir de diversas fuentes vegetales (Shah *et al.*, 2014). Estos antioxidantes han sido extraídos de diversas partes vegetales mediante el uso de diferentes disolventes y métodos de extracción. Las semillas de uva, hojas de té verde, corteza de pino, romero, granada, ortiga y canela han mostrado propiedades antioxidantes similares o mejores en comparación con algunas de las sintéticas (Guerra-Rivas *et al.*, 2016; Van Haute *et al.*, 2016).

Los estudios sobre las propiedades antimicrobianas y antioxidantes de la Jamaica se asocian con el contenido de compuestos polifenólicos. Bozkurt y Belibağlı (2009) estudiaron el uso de la Jamaica y el romero como especias por su actividad antioxidante

en la preparación de kavurma (producto cárnico cocido de origen oriental) y la compararon con el BHT, la adición de los antioxidantes no modificó significativamente el pH, pero sí los parámetros de color, con lo que aumentaron los valores de luminosidad después de los 20 minutos. Para el caso de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS, por siglas en inglés), la adición de antioxidantes disminuyó los valores en comparación con el control (sin antioxidantes) y los parámetros sensoriales no fueron afectados por el uso de los antioxidantes. Estos investigadores proponen el uso del romero y la Jamaica como fuentes de antioxidantes que realzan los atributos de color y que podrían alargar la vida de anaquel del kavurma.

Jung y Joo (2013) evaluaron la aceptación de los consumidores en hamburguesas de cerdo crudas, cocidas y congeladas tratadas con extractos de Jamaica y aceite de soja. Demostraron que la aplicación de dicho extracto era eficiente en el alargamiento de la vida de anaquel desde la aceptación del consumidor, ya que lograron una alta aceptación sensorial y propiedades físico-químicas adecuadas. La cantidad de extracto de *H. sabdariffa* que proponen para la aplicación en la industria podría ser 0.85 g de cálices de Jamaica por 100 g de carne, ya que concentraciones más altas disminuían la aprobación por parte de los consumidores.

Otra de las investigaciones generadas tras la preocupación por los brotes de ETA relacionadas con productos cárnicos denominados *ready to eat* (listos para comer) y patógenos resistentes a antibióticos fue la desarrollada por Higginbotham *et al.* (2014), quienes propusieron usar los extractos acuosos de Jamaica como un enjuague antimicrobiano de origen natural. Demostraron que el uso de 120 a 240 mg/mL de cálices a distintos tiempos de inmersión podía reducir en 1.5 log unidades formadoras de colonias (UFC)/g de muestra, en el caso de *Listeria monocytogenes*, mientras que en el caso de *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (SARM), se redujo a niveles indetectables. Por lo anterior, esta investigación demuestra la efectividad de los extractos de *Hibiscus sabdariffa* contra *L. monocytogenes* y SARM como un enjuague antimicrobiano en productos cárnicos listos para el consumo.

Propiedades antimicrobianas de cálices de Jamaica

Recientemente, se ha incrementado la presencia de microorganismos resistentes a antibióticos. Esto ha acrecentado la demanda de alternativas antimicrobianas

seguras y naturales para productos alimentarios. Una de estas alternativas son los compuestos bioactivos aislados de plantas medicinales y alimentarias; de éstas, se han obtenido compuestos antibacterianos eficaces; por ejemplo, Jaroni y Ravishankar (2012) reportaron que los cálices de Jamaica tienen efecto antimicrobiano sobre bacterias patógenas.

La propiedad antimicrobiana de la Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) ha sido comparada con las del ajo (*Allium sativum* L.) y el jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe), en el combate de especies bacterianas resistentes a antibióticos en infecciones urinarias como *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*, donde la Jamaica demostró ser un potente antimicrobiano que inhibe el crecimiento de las especies bacterianas mediante concentraciones de 25 hasta 200 mg/mL (Sulaiman *et al.*, 2014).

También se han comparado extractos de cálices de Jamaica en agua, acetato de etilo, metanol y acetona contra desinfectantes de uso común en la industria y los hogares mexicanos, como la plata coloidal, ácido acético e hipoclorito de sodio, los cuales se experimentaron contra *Salmonella thiphimurium*, *S. typhi* y *S. montevideo* aisladas de cilantro (un vegetal de uso común en la cocina mexicana), que eran resistentes a antibióticos como amoxicilina, ampicilina, kanamicina, neomicina, entre otros. Los extractos de Jamaica fueron más efectivos: redujeron en promedio de 2 a 2.5 log UFC, casi el doble en relación a la reducción de los desinfectantes de uso común (aproximadamente 1 log UFC) (Rangel-Vargas *et al.*, 2017a).

Este tipo de extracciones se utilizó para evaluar la sobrevivencia de 13 bacterias relacionadas con ETA: *Listeria monocytogenes*, *Shigella flexneri*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella typhi*, *Salmonella montevideo*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* O157:H7, cinco patotipos de *E. coli* (productores de toxina Shiga, enteropatógenos, enterotoxigénicos, enteroinvasivos y enteroagregados) y *Vibrio cholerae* O1. Estos ensayos se realizaron en chiles jalapeños y serranos, donde el tratamiento con extracto de cálices de Jamaica resultó en una mayor reducción en los niveles de todas las bacterias que los tratamientos con hipoclorito de sodio, plata coloidal y ácido acético en ambos tipos de chiles (Rangel-Vargas *et al.*, 2017b). También en fresas, donde se encontró una reducción de 3.8 log UFC para algunos casos; los extractos acetónicos y metanólicos fueron los más efectivos (Gómez-Aldapa *et al.*, en prensa). Los extractos de cálices de Jamaica pueden ser útiles para la desinfección de frutas y hortalizas en plantas de procesamiento, restaurantes y hogares.

Por otra parte, Jaroni *et al.* (2016) evaluaron la sobrevivencia de un coctel de tres cepas de *E. coli* O157:H7 en hojas verdes orgánicas después de lavarse con extractos acuosos de Jamaica. Reportaron una reducción de 1.4 a 2.5 log UFC/g al aplicar un enjuague con una concentración de 20% al día 3, con lo que se evidenció una vez más el potencial de la Jamaica como un agente antimicrobiano.

En su estudio, Alshami y Alharbi (2014) informaron que el efecto antimicrobiano de *H. sabdariffa* era bacteriostático y que las concentraciones mínimas inhibitorias contra seis cepas de *Escherichia coli* y dos de *Klebsiella pneumonia* podían variar de entre 0.5 a 4 mg/mL.

Actividad antioxidante de cálices de Jamaica

En los últimos años, el estudio de los antioxidantes ha recibido un mayor interés debido a las acciones de éstos sobre los radicales libres y otros agentes oxidantes en el cuerpo. Los radicales libres son especies químicas con uno o dos electrones no apareados en su orbital más externo, que se pueden crear de múltiples maneras: exógena (por ejemplo, la radiación ultravioleta) o endógena (Andzi & Feuya, 2016).

Por falta de antioxidantes o un exceso de producción de radicales libres, se puede conducir a un desequilibrio entre el oxidante y el sistema antioxidante. Uno de los factores más importantes en la producción de radicales libres es el estrés oxidativo, que es precursor de muchas enfermedades degenerativas asociadas con el envejecimiento, como cáncer, enfermedades cardiovasculares, cataratas, disminución del sistema inmune y disfunciones cerebrales (Ramos *et al.*, 2011).

La actividad antioxidante asociada a las bebidas elaboradas a partir de la cocción de los cálices de Jamaica en agua se atribuye a los fenoles que éstas contienen, de los que destacan las antocianinas y los ácidos fenólicos. De estos últimos, el ácido clorogénico y sus derivados son los más importantes (Medina-Carrillo *et al.*, 2013; Reyes-Luengas *et al.*, 2015; Salinas-Moreno *et al.*, 2012).

Se han podido detectar y caracterizar, en un extracto *H. sabdariffa*, kaempferol-3-glucósido, un derivado de quercetina, así como varios ácidos fenólicos y derivados tales como ácido gálico, ácido protocatéquico, ácido 5-cafeilquínico, ácido 4-cafeilquínico, ácido clorogénico, derivado feruliquínico y el ácido cafeíco. Las antocianinas naturales más comunes son el 3-glucósidos o 3.5-di-o-glucósidos de cianidina, delphinidina, peonidina, petunidina y malvidina (Da Costa-Rocha *et al.*, 2014; Frank *et al.*, 2012).

Cuadro 1. Capacidad antioxidante de cálices de Jamaica de acuerdo con diferentes técnicas.

DPPH•	FRAP	TEAC/ABTS•+
306.38 (mM ET/g) ^e	0.15 a 39.14 (mg ET/g) ^f	1.00 a 35.00 (mg ET/g) ^f
27.00 a 12.00 (μM ET/g) ^b	46.45 (mM ET/g) ^a	37.90 (μM ET/g) ^a
37.35 a 154.09 (μM ET/g) ^d	483.86 (mM ET/g) ^e	66.87 (mM ET/g) ^e
69.88 a 71.98 (% inhibición) ^f	6.02 a 21.27 (mg EAA/g) ^d	2.48 a 9.41 (mM ET/g) ^c
63.00 a 78.00 (% inhibición) ^a		
0.06 a 0.91(IC50 mg/mL) ^c		

Fuente: ^a Bergmeier *et al.*, 2014; ^b Borrás-Linares *et al.*, 2015; ^c Kalla *et al.*, 2015; ^d Medina-Carrillo *et al.*, 2013; ^e Mercado-Mercado *et al.*, 2015; ^f Sindi *et al.*, 2014; ^g Villanueva-Carvajal *et al.*, 2013.

ET: equivalentes a Trolox; EAA: equivalentes ácido ascórbico.

Debido al amplio estudio *in vitro* de la capacidad antioxidante de la Jamaica (cuadro 1), se han empezado a hacer pruebas en humanos. En estas pruebas se suministraron dosis de *H. sabdariffa* y se midieron los niveles de FRAP, ácido ascórbico, ácido úrico, malonaldehído (marcador de estrés oxidativo) y ácido hipúrico (marcador de polifenoles) en sangre y orina, con lo cual se observó que los indicadores de estrés oxidativo disminuían y las cantidades recuperadas de antioxidantes sólo representaban 0.02% de las dosis administradas, lo que sugiere una biotransformación del extracto de *Hibiscus* y la asimilación por parte de la microbiota del colon (Frank *et al.*, 2012). Los avances en farmacología y la industria están impulsando la gestión del conocimiento para el desarrollo de cápsulas de pectina, proteínas de suero y CMC (carboximetil celulosa) para la administración de polifenoles de *H. sabdariffa* a humanos (Serrano-Cruz *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

Los extractos acuosos de cálices de Jamaica han demostrado tener un efecto antioxidante y antimicrobiano importante. En los estudios con productos cárnicos, se ha observado una mejora significativa en algunos aspectos del concepto de vida de anaquel, como la aceptación sensorial, la mejora del color y la reducción de la carga bacteriana durante el al-

macenamiento, así como la reducción de oxidación durante la cocción. Por todo esto, los extractos acuosos de cálices de Jamaica podrían utilizarse en productos cárnicos como un aditivo de origen natural que prolongue la vida de anaquel.

LITERATURA CITADA

- Ahn, J., I. U. Grün & A. Mustapha. 2007. Effects of plant extracts on microbial growth, color change and lipid oxidation in cooked beef. *Food Microbiology* 24: 7–14.
- Alshami, I. & A. E. Alharbi. 2014. *Hibiscus sabdariffa* extract inhibits in vitro biofilm formation capacity of *Candida albicans* isolated from recurrent urinary tract infections. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 4: 104–108.
- Andzi B., T. & G. R. Feuya T. 2016. Comparative study of the anti-oxidant activity of the total polyphenols extracted from *Hibiscus sabdariffa* L., *Glycine max* L. Merr., yellow tea and red wine through reaction with DPPH free radicals. *Arabian Journal of Chemistry* 9: 1–8.
- Armenteros, M., S. Ventanas, D. Morcuende, M. Estévez & J. Ventanas. 2012. Empleo de antioxidantes naturales en productos cárnicos. *Eurocarne* 207: 63–73.
- Bergmeier, D., P. H. D. Berres, D. Filippi, D. Bilibio, V. R. Bettiol & W. L. Priamo. 2014. Extraction of total polyphenols from hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L.) and waxweed/"sete-sangrias" (*Cuphea carthagenensis*) and evaluation of their antioxidant potential. *Acta Scientiarum. Technology* 36: 545–551.
- Berlett, B. S. & E. R. Stadtman. 1997. Protein oxidation in aging, disease, and oxidative stress. *Journal of Biological Chemistry* 272: 20313–20316.
- Borrás-Linares, I., S. Fernández-Arroyo, D. Arráez-Roman, P. A. Palmeros-Suárez, R. Del Val-Díaz, I. Andrade-González, A. Fernández-Gutiérrez, J. F. Gómez-Leyva & A. Segura-Carretero. 2015. Characterization of phenolic compounds, anthocyanidin, antioxidant and antimicrobial activity of 25 varieties of Mexican Roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *Industrial Crops and Products* 69: 385–394.
- Bozkurt, H. & K. B. Belibağlı. 2009. Use of rosemary and *Hibiscus sabdariffa* in production of kavurma, a cooked meat product. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 1168–1173.
- Cappelletti, M., G. Ferrentino & S. Spilimbergo. 2015. High pressure carbon dioxide on pork raw meat: Inactivation of mesophilic bacteria and effects on colour properties. *Journal of Food Engineering* 156: 55–58.
- Channon, H. A., A. J. Hamilton, D. N., D'Souza & F. R. Dunshea. 2016. Estimating the impact of various pathway parameters on tenderness, flavour and juiciness of pork using Monte Carlo simulation methods. *Meat Science* 116: 58–66.
- Choi, M. J., S. G. Min & G. P. Hong. 2016. Effects of pressure-shift freezing conditions on the quality characteristics and histological changes of pork. *LWT-Food Science and Technology* 67: 194–199.
- Da-Costa-Rocha, I., B. Bonnlaender, H. Sievers, I. Pischel & M. Heinrich. 2014. *Hibiscus sabdariffa* L.—A phytochemical and pharmacological review. *Food Chemistry* 165: 424–443.
- Estévez, M. 2017. What's New in Meat Oxidation? pp. 91–109. In: Purslow, P.P. (Ed.). *New Aspects of Meat Quality*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Woodhead Publishing. Cambridge, UK.
- Estévez, M., S. Ventanas & R. Cava. 2005. Protein oxidation in frankfurters with increasing levels of added rosemary essential oil: effect on color and texture deterioration. *Journal of Food Science* 70: c427–c432.
- Estévez, M., D. Morcuende & S. Ventanas. 2008. Determination of oxidation. pp. 141–162. In: Nollet, L. M. & F. Toldra (Ed.). *Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis*. CRC Press. Boca Raton, USA.
- Frank, T., G. Netzel, D. R. Kammerer, R. Carle, A. Kler, E. Kriesl, I. Bitsch, R. Bitsch & M. Netzel. 2012. Consumption of *Hibiscus sabdariffa* L. aqueous extract and its impact on systemic antioxidant potential in healthy subjects. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92: 2207–2218.
- Gómez-Aldapa, C., A. Portillo-Torres, L. Villagómez, R. Rangel-Vargas, E. Tellez, M. Cruz-Gálvez & J. Castro-Rosas. En prensa. Survival of foodborne bacteria on strawberries and antibacterial activities of *Hibiscus sabdariffa* extracts and chemical sanitizers on strawberries. *Journal of Food Safety*.
- González-Flores, T. & R. A. Rojas-Herrera, 2005. Enfermedades transmitidas por alimentos y PCR: prevención y diagnóstico. *Salud Pública de México* 47: 388–390.
- Guerra-Rivas, C., C. Vieira, B. Rubio, B. Martínez, B. Gallardo, A. R. Mantecón, P. Lavín & T. Manso. 2016. Effects of grape pomace in growing lamb diets compared with vitamin E and grape seed extract on meat shelf life. *Meat Science* 116: 221–229.
- Gul, K., P. Singh & A. A. Wani, 2016. Safety of Meat and Poultry. pp. 63–77. In: Prakash, V., O. Martin-Belloso, L. Keener, S. Astley, S. Braun, H. McMahon, H. Lelieveld (Eds.). *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods*. Academic Press. San Diego, USA.
- Hernández-López, S., J. G. Rodríguez-Carpena, C. Lemus-Flores, J. Galindo-García & M. Estévez. 2016. Antioxidant protection of proteins and lipids in processed pork loin chops through feed supplementation with avocado. *Journal of Food Science and Technology* 53: 2788–2796.
- Higginbotham, K. L., P. B., Kellie, Z. Svetlana, P. M. Davidson & C. Stewart. 2014. Aqueous extracts of *Hibiscus sabdariffa* calyces as an antimicrobial rinse on hot dogs against *Listeria monocytogenes* and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Food Control* 40: 274–277.
- Jaroni, D., R. Kakani, S. Ravishankar & R. Jadeja. 2016. Efficacy of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) calyx formulations against *Escherichia coli* O157:H7 during flume-washing of organic leafy greens. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods* 9: 115–121.
- Jiang, J. & Y. L. Xiong. 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. *Meat Science* 120: 107–117.

- Josell, Å., G. von Seth & E. Tornberg. 2003. Sensory quality and the incidence of PSE of pork in relation to cross-breed and RN phenotype. *Meat Science* 65: 651-660.
- Jung, E. & N. Joo. 2013. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) and soybean oil effects on quality characteristics of pork patties studied by response surface methodology. *Meat Science* 94: 391-401.
- Kalla, M. L. M., E. N. Jong, J. G., Kayem, M. M. Sreekumar & P. Nisha. 2015. Effect of re-extraction parameters and drying temperature on the antioxidant properties and dietary fiber of Red sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyces residues. *Industrial Crops and Products* 74: 680-688.
- Lambert, A. D., J. P. Smith & K. L. Dodds. 1991. Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat-a review. *Food Microbiology* 8: 267-297.
- Lauková, L. 2011. Using natural and novel antimicrobials to improve the safety and shelf-life stability of processed meat products. pp. 299-330. In: Kerry, J. P. & J. F. Perry (Eds.). *Processed Meats: Improving Safety, Nutrition and Quality*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Oxford, UK.
- Leroy, F. & F. Degreef. 2015. Convenient meat and meat products. Societal and technological issues. *Appetite* 94: 40-46.
- López H., L. H., D. Braña-Varela & I. Hernández-Hernández. 2013. Estimación de la Vida de Anaquel de la Carne. INIFAP. Libro Técnico No. 11. Ajuchitán, México. 77 pp.
- Lund, M. N., R. Lametsch, M. S. Hviid, O. N. Jensen & L. H. Skibsted. 2007. High-oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine longissimus dorsi during chill storage. *Meat Science* 77: 295-303.
- Medina-Carrillo, R. E., M. T. Sumaya-Martínez, M. L. Machuca-Sánchez, L. M. Sánchez-Herrera, R. Balois-Morales & E. I. Jiménez-Ruiz. 2013. Actividad antioxidante de extractos de cálices deshidratados de 64 Variedades de jamaica (*Hibiscus Sabdariffa* L.) en función de fenólicos y antocianinas totales. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 22: 41-44.
- Mejía-Benítez, D. P., M. C. Pérez-Juárez, M. Rosas-Nexticapa. 2014. ¡Alerta! TBHQ en alimentos con grasa. *La Ciencia y el Hombre* 27: 1.
- Mercado-Mercado, G., F. J. Blancas-Benitez, G. R. Velderrain-Rodríguez, E. Montalvo-González, G. A. González-Aguilar, E. Alvarez-Parrilla & S. G. Sáyago-Ayerdi. 2015. Bioaccessibility of polyphenols released and associated to dietary fibre in calyces and decoction residues of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Functional Foods* 18, Part A: 171-181.
- Morrissey, P. A., P. J. A. Sheehy, K. Galvin, J. P. Kerry & D. J. Buckley. 1998. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science* 49: S73-S86.
- Mozurienne, E., E. Bartkiene, V. Krungleviciute, D. Zadeike, G. Juodeikiene, J. Damasius & A. Baltusnikiene. 2016. Effect of natural marinade based on lactic acid bacteria on pork meat quality parameters and biogenic amine contents. *LWT-Food Science and Technology* 69: 319-326.
- Newton, K. G. & C. O. Gill. 1981. The microbiology of DFD fresh meats: A review. *Meat Science* 5: 223-232.
- Ngapo, T. M., M. S. Rubio L. & D. Braña Varela. 2017. Mexican consumers at the point of meat purchase. *Pork choice*. *Meat Science* 135: 27-35.
- Nychas, G. J. E., P. N. Skandamis, C. C. Tassou & K. P. Koutsoumanis. 2008. Meat spoilage during distribution. *Meat Science* 78: 77-89.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2017. Nota descriptiva | Inocuidad de los alimentos. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs399/es/> (consultado: 28 de septiembre de 2017).
- Papuc, C., G. V. Goran, C. N. Predescu & V. Nicorescu, 2017. Mechanisms of oxidative processes in meat and toxicity induced by postprandial degradation products: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16: 96-123.
- Park, D. & Y. L. Xiong. 2007. Oxidative modification of amino acids in porcine myofibrillar protein isolates exposed to three oxidizing systems. *Food Chemistry* 103: 607-616.
- Raharjo, S. & J. N. Sofos. 1993. Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: A review. *Meat Science* 35: 145-169.
- Ramos, D. D., M. C. Vieira, A. S. N. Formagio, C. A. L. Cardoso, D. D. Ramos & T. O. Carnevali. 2011. Atividade antioxidante de *Hibiscus sabdariffa* L. em função do espaçamento entre plantas e da adubação orgânica. *Ciência Rural* 41: 1331-1336.
- Rangel-Vargas, E., E. J. Gutiérrez-Alcántara, C. A. Gómez-Aldapa, R. N. Falfán-Cortés, J. A. Segovia-Cruz, L. P. Salas-Rangel & J. Castro-Rosas. 2017a. Antibacterial activity of roselle calyx extracts, sodium hypochlorite, colloidal silver and acetic acid against multidrug-resistant *salmonella* serotypes isolated from coriander. *Journal of Food Safety* 37: e12320.
- Rangel-Vargas, E., C. A. Gómez-Aldapa, R. N. Falfán-Cortés, M. L. Rodríguez-Marín, A. Godínez-Oviedo, O. A. Acevedo-Sandoval & J. Castro-Rosas. 2017b. Attachment of 13 types of foodborne bacteria to jalapeño and serrano peppers and antibacterial effect of roselle calyx extracts, sodium hypochlorite, colloidal silver, and acetic acid against these foodborne bacteria on peppers. *Journal of Food Protection* 80: 406-413.
- Reyes-Luengas, A., Y. Salinas-Moreno, M. E. Ovando-Cruz, R. I. Arteaga-Garibay & M. D. Martínez-Peña. 2015. Análisis de ácidos fenólicos y actividad antioxidante de extractos acuosos de variedades de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) con cálices de colores diversos. *Agrociencia* 49: 277-290.
- Salinas-Moreno, Y., A. R. E. Zúñiga-Hernández, L. B. Jiménez-De la Torre, V. Serrano-Altamirano & C. Sánchez-Feria. 2012. Color en cálices de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) y su relación con características fisicoquímicas de sus extractos acuosos. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18: 395-407.
- Serrano-Cruz, M. R., A. Villanueva-Carvajal, E. J. Morales-Rosales, J. F. Ramírez Dávila & A. Dominguez-Lo-

- pez. 2013. Controlled release and antioxidant activity of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract encapsulated in mixtures of carboxymethyl cellulose, whey protein, and pectin. *LWT-Food Science and Technology* 50: 554-561.
- Shah, M. A., S. J. D. Bosco & S. A. Mir. 2014. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science* 98: 21-33.
- Sindi, H. A., L. J. Marshall & M. R. A. Morgan. 2014. Comparative chemical and biochemical analysis of extracts of *Hibiscus sabdariffa*. *Food Chemistry* 164: 23-29.
- Skibsted, L. H. 2011. Nitric oxide and quality and safety of muscle based foods. *Nitric Oxide* 24: 176-183.
- Stadtman, E. R. & R. L. Levine. 2003. Free radical-mediated oxidation of free amino acids and amino acid residues in proteins. *Amino Acids* 25: 207-218.
- Sulaiman, F. A., M. O. Kazeem, A. M. Waheed, S. O. Temowo, I. O. Azeem, F. I. Zubair, T. A. Adeyemi, A. Nyang & O. S. Adeyemi. 2014. Antimicrobial and toxic potential of aqueous extracts of *Allium sativum*, *Hibiscus sabdariffa* and *Zingiber officinale* in Wistar rats. *Journal of Taibah University for Science* 8: 315-322.
- Sun, X., J. Young, J. H. Liu, L. Bachmeier, R. M. Somers, K. J. Chen & D. Newman. 2016. Prediction of pork color attributes using computer vision system. *Meat Science* 113: 62-64.
- Van Haute, S., K. Raes, P. Van der Meeren & I. Sompers. 2016. The effect of cinnamon, oregano and thyme essential oils in marinade on the microbial shelf life of fish and meat products. *Food Control* 68: 30-39.
- Ventanas, S., J. Ventanas, J. Tovar, C. García & M. Estévez. 2007. Extensive feeding versus oleic acid and tocopherol enriched mixed diets for the production of Iberian dry-cured hams: Effect on chemical composition, oxidative status and sensory traits. *Meat Science* 77: 246-256.
- Viljanen, K., R. Kivikari & M. Heinonen, 2004. Protein-lipid interactions during liposome oxidation with added anthocyanin and other phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 1104-1111.
- Villanueva-Carvajal, A., L. R. Bernal-Martínez, M. T. García-Gasca & A. Domínguez-López. 2013. In vitro gastrointestinal digestion of *Hibiscus sabdariffa* L.: the use of its natural matrix to improve the concentration of phenolic compounds in gut. *LWT-Food Science and Technology* 51: 260-265.
- Wasowicz, E., A. Gramza, M. Heś, H. Jelen, J. Korczak, M. Małecka, S. Mildner-Szkudlarz, M. Rudzińska, U. Samotyja & R. Zawirska-Wojtasiak, 2004. Oxidation of lipids in food. *Polish Journal of Food Nutrition Sciences* 13: 87-100.
- Xiong, Y. L. 2000. Protein oxidation and implications for muscle food quality. pp. 85-111. In: Decker, E. A., C. Faustman & C. J. Lopez-Bote (Eds.). *Antioxidants in muscle foods: nutritional strategies to improve quality*. John Wiley & Sons. New York, USA.
- Zhao, X., Chen, X., Han, M., Qian, C., Xu, X., Zhou, G., 2016. Application of isoelectric solubilization/precipitation processing to improve gelation properties of protein isolated from pale, soft, exudative (PSE)-like chicken breast meat. *LWT - Food Science and Technology* 72, 141-148.
- Zhou, G. H., X. L. Xu & Y. Liu, 2010. Preservation technologies for fresh meat-A review. *Meat Science, Special Issue: 56th International Congress of Meat Science and Technology (56th ICoMST)*, 15-20 August 2010, Jeju, Korea 86, 119-128.