



Henry I. Castro-Vargas^{1,*}, Fabián Parada-Alfonso²

¹Doctor en Ciencias Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Libre, Seccional Bogotá, Carrera 70 No 53-40, Bogotá D.C., Colombia.

²Doctor en Ciencias Química, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Carrera 30 No 45-03, Bogotá D.C., Colombia.

*Autor para correspondencia: hicastrov@unal.edu.co

Recibido: 5 de Agosto de 2016. Aceptado: 15 de Diciembre de 2016.

Evaluación del efecto protector contra la oxidación lipídica de fracciones obtenidas a partir del epicarpio de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Sendtn)

Resumen

Se obtuvieron fracciones a partir del epicarpio de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Sendtn) y se evaluó su efecto protector contra la oxidación lipídica en carne de res cocida (CRC). Un extracto obtenido a través de extracción supercrítica fue fraccionado empleando, a su vez, extracción en fase sólida; dichas fracciones fueron adicionadas a CRC (concentración 200 mg/kg). El efecto protector fue determinado a través de la comparación de algunos productos de oxidación y el antioxidante sintético terbutilhidroquinona (TBHQ, concentración 200 mg/kg). Cuatro fracciones fueron obtenidas, la fracción de mayor polaridad mostró una alta eficiencia para inhibir la oxidación lipídica en CRC, reduciendo la formación de hidroperóxidos HPL y TBARS en 100 y 98,5%, respectivamente; esta mostró una eficiencia superior a la observada para el TBHQ. Esta fracción más activa fue sometida a análisis HPLC-DAD y se identificaron algunos compuestos fenólicos: tres catequinas (epigallocatequina, epicatequina y galato de epigallocatequina) y un ácido fenólico (rosmarínico). Los resultados obtenidos permitieron evidenciar que el epicarpio de tomate de árbol es fuente de antioxidantes con efecto protector sobre CRC, alternativa de aprovechamiento y valorización para dicho residuo agroindustrial.

Palabras clave: epicarpio de tomate de árbol, *Solanum betaceum* Sendtn, oxidación lipídica, actividad antioxidante, extracción con fluidos supercríticos.

Evaluation of protective effect against lipid oxidation of fractions obtained from tree tomato (*Solanum betaceum* Sendtn) epicarp

Abstract

Fractions from tree tomato (*Solanum betaceum* Sendtn) epicarp were obtained and their effect against lipid oxidation in cooked beef meat (CBM) was evaluated. An extract obtained by supercritical fluids extraction was fractionated using solid phase extraction and these fractions were added to CBM (at 300 mg/kg). The protector effect against lipid oxidation was determined by measuring some lipid oxidation products and comparison against the synthetic antioxidant tert-butylhydroquinone (TBHQ at 300 mg/kg). Four fractions were obtained, the most polar fraction showed high efficiency to reduce the lipid oxidation on CBM, this fraction reduced the LHP and TBARS formation at 100.0 and 98.5%, respectively. This fraction showed an ability to retard lipid oxidation in CRC higher than TBHQ. The fraction with the highest protector effect was analyzed for its phenolic composition by High-Performance Liquid Chromatography with Diode-Array Detection (HPLC-DAD). Three catechin (epigallocatechin, epicatechin and epigallocatechin gallate) and a phenolic acid (rosmarinic acid) were identified. The results revealed that the tree tomato epicarp is a source of antioxidants with protective effect on CBM, an alternative for the use and valorization of this agroindustrial waste.

Keywords: Tree tomato epicarp, *Solanum betaceum* Sendtn, lipid oxidation, antioxidant activity, supercritical fluids extraction.

Avaliação do efeito protetor contra oxidação lipídica de frações obtidas a partir da casca de tomate da árvore (*Solanum betaceum* Sendtn)

Resumo

Frações da casca de tomate de árvore (*Solanum betaceum* Sendtn) foram obtidas e seu efeito para retardar a oxidação dos lipídios em carne bovina cozida (CBC) foi avaliado. Um extrato obtido através da extração supercrítica foi fracionado utilizando extração em fase sólida e as frações obtidas foram adicionadas à CBC (concentração 300 mg/kg). O efeito protetor contra a oxidação dos lipídios foi determinado medindo alguns produtos de oxidação e comparando com a terbutil-hidroquinona (TBHQ, concentração 300 mg/kg). Quatro frações foram obtidas, destas, a fração de maior polaridade mostrou a maior eficiência para inibir a oxidação dos lipídios da CBC, reduzindo a formação de HPL e TBARS em 100 e 98,5%, respectivamente; mostrou uma eficiência maior da observada para TBHQ. Esta foi submetida a análise por a cromatografia líquida de alta eficiência com detector de díodos (HPLC-DAD) e foram identificados alguns compostos fenólicos: três catequinas (epigallocatequina, galato de epicatequina e galato de epigallocatequina) e um ácido fenólico (rosmarínico). Os resultados permitiram evidenciar que a casca do tomate de árvore é uma fonte de compostos antioxidantes como protetor sobre a CBC, esta é uma alternativa de utilização e aproveitamento desse resíduo agroindustrial.

Palavras-Chave: casca de tomate de árvore, *Solanum betaceum* Sendtn, oxidação dos lipídios, atividade antioxidante, extração supercrítica.

Introducción

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* Sendtn) es un fruto tropical nativo de los Andes del Perú, Ecuador y Colombia. Actualmente se conocen tres ecotipos de tomate de árbol diferenciados por su color: amarillo, rojo y púrpura (1); en Colombia los más comunes son el amarillo y el rojo. Colombia, Brasil, Nueva Zelanda, Kenia, Sudáfrica, Estados Unidos (California), India y Sri Lanka son los principales productores y exportadores mundiales de tomate de árbol, al respecto, Colombia en el año 2013 produjo 146265 ton (2). El tomate de árbol es conocido por su valor nutricional debido a que es una buena fuente de nitrógeno, fósforo y potasio (3). Otros metabolitos de importancia biológica han sido también identificados y cuantificados en el fruto, tal es el caso de carotenoides (4, 5) y polisacáridos (6, 7), en el ecotipo amarillo, y antocianinas en el ecotipo rojo (8-10). Algunos de estos compuestos (p.e. antocianinas y otros compuestos fenólicos) hacen del fruto una fuente de antioxidantes. Dicha actividad antioxidante (AA) de extractos de tomate de árbol ha sido evaluada frente a radicales como el DPPH y el ABTS⁺ (11, 12) y en la inhibición de la oxidación de lipoproteínas de baja densidad (13).

Ahora bien, la oxidación lipídica es uno de los procesos más relevantes en el deterioro de algunos alimentos, genera sabores y aromas desagradables, disminución del tiempo de vida útil, pérdida de la calidad nutricional y formación de compuestos altamente tóxicos (14, 15). Dicho proceso se puede controlar por medio de antioxidantes y, en el caso particular de Colombia, la industria alimentaria usa antioxidantes sintéticos como el ácido eritórbito y la terbutil-hidroquinona (TBHQ), pues son relativamente económicos y bastante eficientes. Sin embargo, dichos compuestos sintéticos han sido muy juzgados por sus efectos nocivos sobre la salud de los consumidores (16, 17). Por tanto, una alternativa en la protección de alimentos frente a la oxidación lipídica es el uso de extractos, fracciones o compuestos obtenidos a partir de fuentes naturales como frutas y vegetales, estos han demostrado ser muy eficientes, además de proporcionar un carácter funcional a los alimentos (18). El epicarpio de tomate de árbol es una de esas fuentes naturales alternativa, estudios previos realizados por nuestro grupo de investigación han demostrado que extractos supercríticos (obtenidos a diferentes presiones y temperaturas) provenientes de dicho residuo poseen un potente efecto protector frente a la oxidación lipídica en carne de res cocida (CRC) (19).

En Colombia, el consumo interno del tomate de árbol está enfocado a su uso en fresco, elaboración de jugos y conservas y obtención de algunos productos procesados; este uso involucra de forma exclusiva a la pulpa del fruto, descartando como residuos sus semillas y su epicarpio. En el caso particular del epicarpio, este residuo puede alcanzar hasta 5% en peso fresco relativo al fruto, esta es una cantidad significativa de material vegetal que, en la actualidad, posee pocas opciones de uso o aprovechamiento. Los antecedentes muestran que los residuos agroindustriales, en particular el epicarpio de tomate de árbol, son fuentes importantes de antioxidantes (18, 19), lo que plantea una alternativa para el aprovechamiento y valorización de dichas biomásas.

Dado lo anterior, el presente trabajo exploró una alternativa de uso para el epicarpio de tomate de árbol como fuente de fracciones (antioxidantes) capaces de atenuar de forma eficiente la oxidación lipídica en CRC. Para esto, un extracto obtenido a partir de epicarpio de tomate de árbol, empleando extracción con fluidos supercríticos (EFS), fue sometido a fraccionamiento y las fracciones fueron adicionadas como antioxidantes a CRC.

La eficiencia de las fracciones para atenuar la oxidación lipídica en CRC fue comparada con al antioxidante sintético TBHQ. Finalmente, algunos compuestos fenólicos fueron identificados en la fracción con mayor eficacia.

Materiales y métodos

Reactivos y estándares

El dióxido de carbono fue proporcionado por White Martins Praxair Inc (Joinville-SC, Brasil). Los disolventes orgánicos (metanol, etanol, cloroformo, hexano e isooctano) y ácidos (clorhídrico y tricloroacético) fueron proporcionados por Vetec Química Fina Ltda (Rio de Janeiro-RJ, Brasil). El ácido tiobarbitúrico fue obtenido de Alfa Aesar (Lancashire, UK). El 1,1,3,3-tetraoxipropano fue proporcionado por Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis-MO, USA). El antioxidante comercial para alimentos TBHQ fue proporcionado Kemin Food Technologies. Para la identificación de los compuestos fenólicos se emplearon patrones certificados de ácidos fenólicos (gálico, phidroxibenzoico, vanílico, ferúlico y cinámico), catequinas (catequina, galato de epigalocatequina, epicatequina, galato de epicatequina y epigalocatequina) y flavonoides (ácido caféico, ácido *p*-cumárico, ácido rosmarínico, quercetina, naringenina, luteolina, kaempferol, ácido ursólico y pinoembrina), estos fueron proporcionados por Sigma-Aldrich (St. Louis-MO, USA).

Muestras y preparación

El epicarpio de tomate de árbol, ecotipo amarillo, fue proporcionado por Alimentos SAS S.A. (Bogotá, Colombia). Este correspondía al residuo generado en la producción de pulpa a partir del fruto. El corte de carne de res empleado fue morrillo con un contenido de grasa de 30% en peso fresco, fue adquirido en un mercado local de Bogotá. El epicarpio fue removido de residuos de pulpa y semillas y lavado con agua corriente, posteriormente se secó a temperatura ambiente por 72 h (humedad final $0,20 \pm 0,01\%$). La muestra seca fue sometida a molienda y posteriormente separada por tamaño de partícula en agitador vibratorio vertical (Bertel Metalurgic Ind. Ltda., Caieiras-SP, Brasil); el tamaño medio de partícula final fue $0,278 \pm 0,008$ mm. Por otra parte, la muestra de carne (≈ 10 kg) fue lavada con abundante agua y se le removió el tejido conectivo y la grasa externa. Luego se dividió por cuarteos sucesivos, hasta obtener 16 fracciones de 600 ± 5 g que fueron cortadas en cubos de 1 cm^3 y mezclados aleatoriamente.

Obtención de extracto

La muestra de epicarpio de tomate de árbol fue sometida a extracción con fluidos supercríticos (EFS) empleando una unidad de extracción dinámica descrita por Danielski *et al.* (20) y siguiendo la metodología descrita por Castro-Vargas *et al.* (19). El extracto fue obtenido empleando como disolvente dióxido de carbono, adicionado con etanol (EtOH) como cosolvente (CO_2/EtOH) a un flujo constante de $0,50 \pm 0,05$ kg/h. Las condiciones de extracción fueron: presión 30 MPa, temperatura 50 ± 1 °C y 2% en peso (respecto al CO_2) de cosolvente. El tiempo de extracción empleado fue 210 min, tiempo establecido por medio de ensayos cinéticos (curvas de extracción) a las condiciones antes citadas. Todas las condiciones fueron establecidas a partir de estudios previos (19, 21). Estas condiciones permitieron obtener un extracto con alta eficiencia para retardar la oxidación lipídica en CRC.

Obtención de fracciones

El extracto obtenido fue fraccionado empleando un cartucho de extracción en fase sólida empacado con 2,0 g de sílica modificada, diol, como fase estacionaria (HyperSep™ Diol, 40-60 μm). Se inyectaron en el cartucho 300 mg de extracto, previamente liofilizado, disuelto en una mezcla hexano/acetato de etilo (1:9). Los compuestos fueron eluidos empleando un gradiente de hexano/acetato de etilo a un flujo 1 mL/min. Cuatro fracciones fueron obtenidas, rotuladas como F1 a F4, correspondientes a diferentes composiciones de hexano/acetato de etilo (1:9, 3:7, 6:4 y 8:2); para cada una se usaron 25 mL de fase móvil. Todas las fracciones fueron concentradas en rotavapor y liofilizadas evaluando su rendimiento; posteriormente fueron reconstituidas en EtOH y se evaluó su efecto contra la oxidación lipídica en CRC.

Oxidación lipídica en CRC

El efecto protector contra la oxidación lipídica o actividad antioxidante (AA) del extracto crudo y las fracciones de epicarpio de tomate de árbol fue evaluado en CRC y comparado frente al antioxidante sintético TBHQ (19).

Preparación de carne de res cocida y almacenamiento

La carne de res (CR) fue molida en licuadora a máxima velocidad usando ciclos cortos hasta obtener un paté homogéneo. Porciones de $20 \pm 0,01$ g de paté fueron ubicadas en tubos Falcon ámbar y se llevaron a cocción en baño de agua a 75 ± 1 °C, hasta alcanzar una temperatura interna de 65 ± 1 °C (aproximadamente 40 min), obteniendo la CRC. El extracto crudo, las fracciones y el TBHQ fueron adicionados de forma independiente a muestras de CRC hasta alcanzar una concentración final de $200 \pm 0,5$ mg/kg (22).

Muestras control fueron preparadas de forma similar adicionando $10 \pm 0,1$ μL de etanol sin antioxidantes. Un grupo de muestras de CRC sin antioxidantes fue sometido a análisis inmediato (día cero), mientras que las otras muestras adicionadas con el extracto, fracciones y TBHQ fueron almacenadas a 4 °C por 9 días. Cada grupo de muestras (día cero, control, adicionadas con extracto, fracciones o TBHQ) involucró seis replicas. La oxidación lipídica en CRC fue determinada por cuantificación de hidroperóxidos lipídicos (HPL) y las especies reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS). Los resultados son presentados como la diferencia en el contenido de HPL y TBARS entre los días 0 y 9, respectivamente.

Medición de hidroperóxidos lipídicos

La formación de HPL fue evaluada por el método de dienos conjugados (23, 24). La CRC fue sometida a extracción de los hidroperóxidos empleando una mezcla de hexano:metanol (1:1); la fracción apolar fue concentrada en vacío y los HPL fueron disueltos en isoootano. Posteriormente se midió la absorbancia de la disolución a 234 nm (VARIAN Cary® 50 UV-Vis, Palo Alto-CA, USA). La concentración de HPL fue calculada usando el coeficiente de extinción molar de los hidroperóxidos del ácido linoleico ($\xi = 26000 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) (25); los resultados son expresados como mmol de HPL por kilogramo de CRC (mmol HPL/kg).

Medición de especies reactivas al ácido tiobarbitúrico

Las TBARS fueron medidas con base en reportes previos con ligeras modificaciones (26-28). Se tomaron muestras de 500 mg de CRC en tubos Falcon y se adicionaron sucesivamente:

50 μL de una disolución de butilhidroxitolueno (23 mM), $1,5 \pm 0,1$ mL de disolución de ácido tiobarbitúrico (26 mM) y 10,0 mL de ácido tricloroacético (0,3 M en HCl 0,2 M). La mezcla se agitó en vortex por 30 s y se ubicó en baño de agua en ebullición por 40 min, después se detuvo la reacción sumergiendo los tubos en un baño de hielo. Se tomaron $5,0 \pm 0,1$ mL de la suspensión resultante y se mezcló con $5,0 \pm 0,1$ mL de cloroformo, se agitó en vortex y se centrifugó (Hettich® Universal 320/320R, Tuttlingen, Germany) a 5500 rpm por 20 min (3348 g). Se tomó la fase acuosa y se determinó su absorbancia a 532 nm (VARIAN Cary® 50 UV-Vis, Palo Alto-CA, USA). Los resultados obtenidos son expresados en términos de mg de malondialdehído (MDA) por kilogramo de CRC (mg MDA/Kg). Para esto se preparó una curva de calibración MDA ($0,036 \mu\text{M}$ a $0,185 \mu\text{M}$) obtenido por hidrólisis de 1,1,3,3-tetraetoxipropano.

Análisis de compuestos fenólicos

La fracción que presentó la mayor AA en CRC fue sometida a análisis por cromatografía líquida de alta eficiencia con detección por arreglo de diodos (HPLC-DAD). Para esto se empleó un cromatógrafo Agilent Technologies Serie 1200 (Palo Alto-CA, USA). La separación se realizó en una columna en fase reversa KINETEX C18 Phenomenex (100 mm x 4,6 mm x 2,6 μm) mantenida a 35 °C. La fase móvil usada fue ácido acético al 0,3% *p/p* (disolvente A) y acetonitrilo (disolvente B) a un flujo constante de 1 mL/min. Durante la separación se empleó el siguiente gradiente de elución: inicio con 95,5% de A y 4,5% de B durante 13 min; luego la concentración de B fue incrementada hasta 15% en 1 min, manteniéndola constante por 3 min; después la concentración de B fue incrementada hasta 22% a una velocidad de 2,3%/min, manteniéndola constante por 8 min; finalmente la concentración de B fue llevada a 100% en 2 min. La inyección de la muestra consistió en 10 μL de una disolución de la fracción de 5000 ppm. Algunos compuestos fenólicos fueron identificados por comparación de sus espectros UV y sus tiempos de retención frente a compuestos puros (ácidos fenólicos, catequinas y flavonoides).

Análisis estadísticos

Los ensayos de AA fueron realizados bajo un diseño experimental completamente aleatorio, los resultados son presentados como la media y su desviación estándar, obtenidos a partir de seis repeticiones. Un análisis de varianzas (ANOVA) de una vía (95% de confianza) fue realizado con el objetivo de evidenciar diferencias significativas en la AA del extracto, las fracciones y el TBHQ. Todos los análisis fueron ejecutados empleando el software R (Version 2.13.0).

Resultados y discusión

Trabajos previos realizados en nuestro grupo de investigación abordaron la obtención de extractos con AA a partir de epicarpio de tomate de árbol empleando EFS. Los resultados obtenidos proporcionaron la condición de extracción más adecuada para obtener un extracto con alta AA en CRC (CO_2 a 30 MPa, 50 °C y 2% de EtOH como cosolvente) (19). Dicho extracto fue sometido a fraccionamiento con el fin de separar algunos de los compuestos responsables de la AA observada, al mismo tiempo se buscó mejorar el efecto protector sobre la CRC por medio de uso de las fracciones.

Se obtuvieron cuatro fracciones (F1 a F4), la más abundante fue F1 con un 69% en peso relativo al extracto, seguida por F2 con 12,5%, F3 con 8,5% y F4 con 7%, el 3% del extracto fue perdido por adhesión a la columna. Todas las fracciones fueron adicionadas de forma independiente a CRC y su AA fue evaluada.

Oxidación lipídica en carne de res cocida

La eficiencia de las fracciones para retrasar la oxidación lipídica en CRC o AA fue evaluada y comparada contra el TBHQ y el extracto crudo, las concentraciones de HPL y TBARS presentes en las muestras de CRC tratadas son presentadas en la Figura 1.

La mayor AA fue presentada por F4 que inhibió la formación de HPL en CRC en un 100% respecto al CONTROL. La muestra de CRC, adicionada con dicha fracción, no presentó diferencias significativas (siglas ND en la Figura 1a) en la concentración de HPL entre los días cero y nueve de almacenamiento. Un resultado similar fue observado para las TBARS (Figura 1b): F4 minimizó su formación en un 98,5% en comparación al CONTROL (0,02 mg MDA/kg respecto a 1,34 mg MDA/kg). La F3 también presentó una buena AA, pues redujo la formación de HPL y TBARS en 88,5 y 91,0%, respectivamente. Por su parte las fracciones F1 y F2 no mostraron una AA importante, por el contrario, ejercieron un efecto prooxidante sobre la formación de TBARS en CRC.

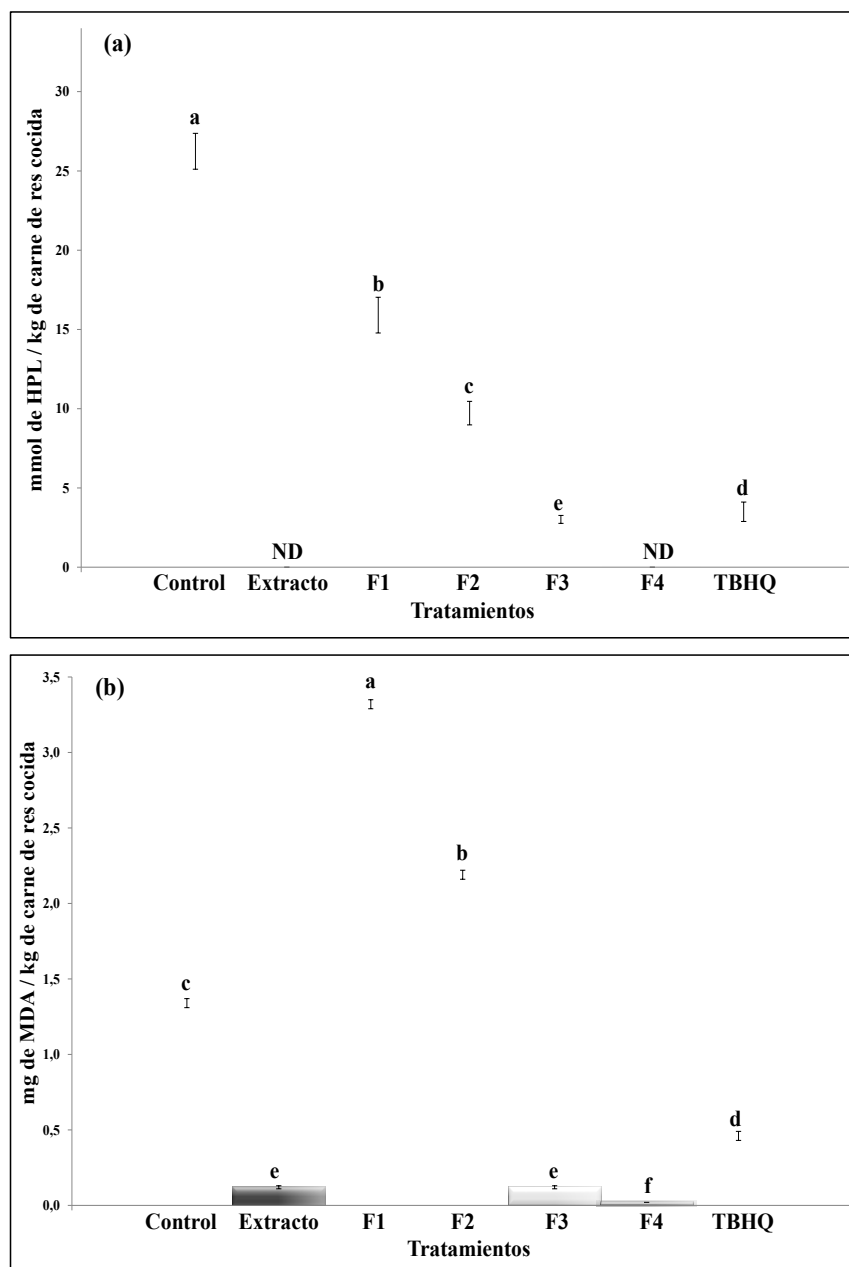


Figura 1. Concentración de hidroperóxidos lipídicos (a) y especies reactivas al ácido tiobarbitúrico (b) presentes en las muestras de carne de res cocida tratadas con el extracto crudo, las fracciones (F1 a F4) y el antioxidante TBHQ. ND: no existen diferencias en la concentración entre los días cero y nueve de almacenamiento. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Al comparar la AA de F4 frente a la observada en el extracto crudo se evidencia que dicha fracción posee una mayor eficiencia para atenuar la formación de TBARS en CRC. F4 mostró una habilidad seis veces mayor para reducir la formación de TBARS respecto a la presentada por el extracto crudo (0,020 mg MDA/kg en la muestra de CRC adicionada con F4 respecto a 0,120 mg MDA/kg en la muestra de CRC adicionada con el extracto crudo). Esto muestra que el fraccionamiento del extracto fue un proceso eficiente ya que permitió separar en una fracción (F4) algunos de los compuestos con mayor AA presentes en el extracto crudo.

El antioxidante sintético TBHQ mostró una AA inferior a la observada en el extracto crudo, F3 y F4, esto sugiere que dichos productos obtenidos a partir del epicarpio de tomate de árbol podrían ser empleados en la conservación de productos cárnicos en reemplazo del TBHQ, obteniendo una alta protección frente a la oxidación lipídica y reduciendo los riesgos asociados a la presencia de sustancias de origen sintético.

Teniendo en cuenta los resultados observados en la evaluación de la AA de las diferentes fracciones, la F4 fue sometida a análisis por HPLC-DAD con el propósito de identificar algunos compuestos fenólicos responsables del efecto protector observado.

Identificación de compuestos fenólicos

La fracción F4 fue sometida a análisis por HPLC-DAD; en la Figura 2 se presentan el cromatograma obtenido a 245 nm. La comparación de los tiempos de retención y espectros UV-Vis de los compuestos separados a partir de F4 contra compuestos puros permitió identificar cuatro compuestos en F4: epigallocatequina (EGC, pico 1), epicatequina (EC, pico 2), galato de epigallocatequina (GEGC, pico 3) y ácido rosmarínico (AR, pico 4). De los compuestos identificados, el AR ha sido previamente reportado en pulpa de tomate de árbol ecotipo amarillo (29), sin embargo, no se encontraron reportes sobre la identificación de los demás compuestos en el fruto.

La AA del AR en CRC ha sido previamente reportada en la literatura (30); la adición de 500 ppm de AR en forma de rosmarínico inhibió totalmente la formación de TBARS en CRC durante su almacenamiento a 4 °C por 14 días.

Respecto a EGC, EC y GEGC, actualmente no existen reportes en la literatura relacionados con la AA en CRC o matrices similares (carnes cocidas). Sin embargo, la AA de dichos compuestos ha sido evaluada en matrices menos complejas como emulsiones agua/aceite observándose una reducción de la formación de HPL y TBARS mayores a 50%, relativo al control (31, 32). Estos resultados muestran que los compuestos fenólicos identificados en F4 presentan un buen comportamiento como agentes protectores contra la oxidación lipídica, lo que permite considerar que su aporte a la AA en CRC observada para F4 debe ser significativo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que el epicarpio de tomate de árbol es un residuo agroindustrial altamente promisorio para la obtención de antioxidantes con gran eficiencia para retardar la oxidación lipídica en alimentos como CRC. Teniendo en cuenta esto, el epicarpio de tomate de árbol se presenta como una fuente de extractos, fracciones o compuestos con potencial aplicación en la conservación de productos cárnicos similares. Esta alternativa de aprovechamiento podría beneficiar la cadena productiva del fruto, al proporcionarle un valor agregado generado por la comercialización de los extractos o fracciones del epicarpio. Las industrias procesadoras de tomate de árbol también podrían verse beneficiadas al comercializar el residuo, obteniendo así un ingreso adicional. Por su parte, la industria procesadora de carne dispondría de un aditivo alternativo para conservar sus productos, el cual reemplazaría los actuales, incrementaría la vida útil de sus productos y les proporcionaría un carácter funcional.

Cuatro fracciones fueron obtenidas, de estas la de mayor polaridad, F4, mostró una eficiencia para inhibir la formación de HPL y TBARS en CRC muy cercana al 100%. En comparación con el extracto crudo y el antioxidante sintético TBHQ, F4 presentó una AA notablemente superior. Finalmente, tres catequinas y un ácido fenólico fueron identificados en F4, estos compuestos probablemente aportaron de forma significativa a la AA observada.

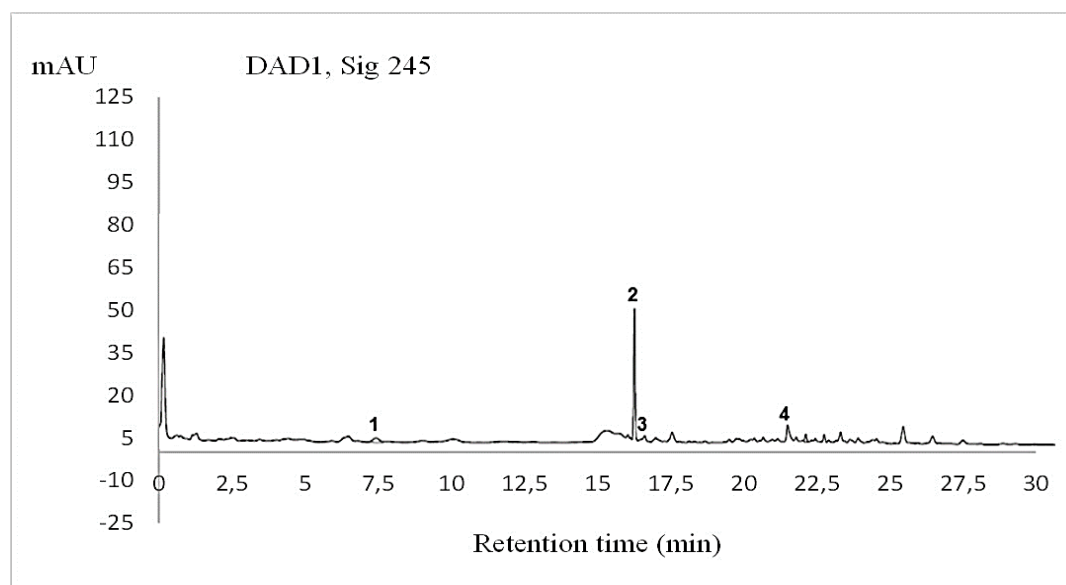


Figura 2. Cromatograma obtenido en el análisis por CLAE-DAD de F4 a 245 nm

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación Bogotá (DIB) de la Universidad Nacional de Colombia y a la Red Nacional para la Bioprospección de Frutas Tropicales-RIFRUTBIO (proyecto 550854332012, COLCIENCIAS) por su apoyo económico, también a alimentos SAS S.A. por proporcionarnos el material vegetal.

Referencias

- Vasco, C.; Avila, J.; Ruales, J.; Svanberg, U.; Kamal-Eldin, U. Physical and chemical characteristics of golden-yellow and purple-red varieties of tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). *Int. J. Food Sci. Nutr.* **2009**, *60*, 278-288. DOI: <https://doi.org/10.1080/09637480903099618>.
- Cámara de comercio de Bogotá, Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial, Manual del Tomate de Árbol, Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial, 2015, pp 34-36.
- Clark, C.; Richardson, A. Biomass and mineral nutrient partitioning in a developing tamarillo (*Cyphomandra betacea*) crop. *Sci. Hortic.* **2002**, *94*, 41-51. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00355-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00355-7).
- Rodríguez-Amaya, D.B.; Bobbio, P.A.; Bobbio, F.A. Carotenoid composition and vitamin A value of the Brazilian fruits *Cyphomandra betacea*. *Food Chem.* **1983**, *12*, 61-65. DOI: [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(83\)90050-X](https://doi.org/10.1016/0308-8146(83)90050-X)
- De Rosso, V.; Mercadante, A. HPLC-PDA-MS/MS of anthocyanins and carotenoids from dovyalis and tamarillo fruits. *J. Agric. Food Chem.* **2007**, *55*, 9135-9141. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf071316u>.
- do Nascimento, G.; Corso, C.; Werner, M.; Baggio, C.; Iacomini, M.; Cordeiro, L. Structure of an arabinogalactan from the edible tropical fruit tamarillo (*Solanum betaceum*) and its antinociceptive activity. *Carbohydr. Polym.* **2015**, *116*, 300-306. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.03.032>.
- do Nascimento, G.; Hamm, L.; Baggio, C.; Werner, M.; Iacomini, M.; Cordeiro, L. Structure of a galactoarabinoglucuronoxylan from tamarillo (*Solanum betaceum*), a tropical exotic fruit, and its biological activity. *Food Chem.* **2013**, *141*, 510-516. DOI: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814613003257>.
- Osorio, C.; Hurtado, N.; Dawid, C.; Hofmann, T.; Heredia-Mira, F.J.; Morales, A.L. Chemical characterisation of anthocyanins in tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) and Andes berry (*Rubus glaucus* Benth.) fruits. *Food Chem.* **2012**, *132*, 1915-1921. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.026>.
- Mertz, C.; Gancel, A.; Gunata, Z.; Alter, P.; Dhuique-Mayer, C.; Vaillant, F.; et al. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. *J. Food Compos. Anal.* **2009**, *22*, 381-387. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2008.06.008>.
- Wrolstad, R.E.; Heatherbell, D.A. Identification of anthocyanins and distribution of flavonoids in tamarillo fruit (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt.). *J. Sci. Food Agric.* **1974**, *15*, 1221-1228. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740251005>.
- Ordoñez, R.M.; Cardozo, M.L.; Zampini, I.C.; Isla, M.I. Evaluation of antioxidant activity and genotoxicity of alcoholic and aqueous beverages and pomace derived from ripe fruits of *Cyphomandra betacea* Sendt. *J. Agric. Food Chem.* **2010**, *58*, 331-337. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf9024932>.
- Sánchez, W.F.; Murillo, E.; Méndez, J.J. Antioxidant potential of agroindustrial residues from three high consumption fruits in Tolima. *Scientia et Technica* **2010**, *46*, 138-143.
- Kou, M.C.; Yen, J.H.; Hong, J.T.; Wang, C.L.; Lin, C.W. et al. *Cyphomandra betacea* Sendt. phenolics protect LDL from oxidation and PC12 cells from oxidative stress. *LWT-Food Sci. Technol.* **2009**, *42*, 458-463. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2008.09.010>.
- Gordon, M.H. The development of oxidative rancidity in foods. In *Antioxidants in food Practical applications*; Pokorny, J.; Yanishlieva, N.; Gordon M., Ed.; CRC Press, Boca Raton, 2001; pp 7-20.
- Cross, H.; Leu, R.; Miller, M.F. Scope of warmed-over-flavor and its importance to the meat industry. In *Warmed-over-flavor of meat*; St. Angelo, A.J.; Bailey M.E., Ed.; Academic Press, Orlando, 1987; pp 1-18.
- Eskandani, M.; Hamishehkar, H.; Ezzati Nazhad Dolatabadi, J. Cytotoxicity and DNA damage properties of tert-butylhydroquinone (TBHQ) food additive. *Food Chem.* **2014**, *153*, 315-320. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.087>.
- Kashanian, S.; Ezzati Nazhad Dolatabadi, J. DNA binding studies of 2-tertbutylhydroquinone (TBHQ) food additive. *Food Chem.* **2009**, *116*, 743-747. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.027>.
- Contreras-Calderón, J.; Calderón-Jaimes, L.; Guerra-Hernández, E.; García-Villanova, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Res. Int.* **2011**, *44*, 2047-2053. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.003>.
- Castro-Vargas, H.I.; Benelli, P.; Ferreira, S.R.S.; Parada-Alfonso, F. Supercritical fluid extracts from tamarillo (*Solanum betaceum* Sendtn) epicarp and its application as protectors against lipid oxidation of cooked beef meat. *J. Supercrit. Fluids* **2013**, *76*, 17-23. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2012.10.006>.
- Danielski, L.; Michielin, E.M.Z.; Ferreira, S.R.S. Horsetail, (*Equisetum giganteum* L.) oleoresin and supercritical CO₂: experimental solubility and empirical data correlation. *J. of Food Eng.* **2007**, *78*, 1054-1059. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.016>.
- Castro Vargas, H.I. Obtención de antioxidantes a partir de residuos frutícolas empleando extracción con fluidos supercríticos. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá, Colombia, Noviembre 2013.
- World Health Organization-WHO, Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO, Codex Alimentarius, Norma general del Codex para los aditivos alimentarios, Codex Stan 192-1995, Revision 2009. Antioxidantes en carnes y derivados cárnicos, WHO/FAO 2009.
- Juntachote, T.; Berghofer, E.; Siebenhandl, S.; Bauer, F. The antioxidative properties of Holy basil and Galangal in cooked ground pork. *Meat Sci.* **2006**, *72*, 446-456. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.08.009>.
- Frankel, E.; Huang, S.W.; Kanner, J.; German, J.B. Interfacial phenomena in the evaluation of antioxidants: bulk oils versus emulsions. *J. Agric. Food Chem.* **1994**, *42*, 1054-1059. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf00041a001>.

25. Chan, H.; Levett, G. Autoxidation of Methyl Linoleate. Separation and Analysis of Isomeric Mixtures of Methyl Linoleate Hydroperoxides and Methyl Hydroxylinoates. *Lipids* **1977**, *12*, 99-104. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf02532979>.
26. Wang, L.L.; Xiong, Y.I. Inhibition of lipid oxidation in cooked beef patties by hydrolyzed potato protein is related to its reducing and radical scavenging ability. *J. Agric. Food Chem.* **2005**, *53*, 9186-9192. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf051213g>.
27. Maraschiello, C.; Sárraga, C.; García Regueiro, J.A. Glutathione peroxidase activity, TBARS, and α -tocopherol in meat from chickens fed different diets. *J. Agric. Food Chem.* **1999**, *47*, 867-872. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf980824o>.
28. Lee, B.J.; Hendricks, D.G.; Cornforth, D.P. A comparison of carnosine and ascorbic acid on color and lipid stability in a ground beef pattie model system. *Meat Sci.* **1999**, *51*, 245-253. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00121-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00121-1).
29. Espin, S.; Gonzalez-Manzano, S.; Taco, V.; Poveda, C.; Ayuda-Durán, B.; Gonzalez-Paramas, A.M.; *et al.* Phenolic composition and antioxidant capacity of yellow and purple-red Ecuadorian cultivars of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.). *Food Chem.* **2016**, *194*, 1073-1080. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.131>.
30. Allen, K.; Cornforth, D. Comparison of spice-derived antioxidants and metal chelators on fresh beef color stability. *Meat Sci.* **2010**, *85*, 613-619. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.03.012>.
31. Almajano, P.; Delgado, E.; Gordon, M. Albumin causes a synergistic increase in the antioxidant activity of green tea catechins in oil-in-water emulsions. *Food Chem.* **2007**, *102*, 1375-1382. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.067>.
32. Huang, S.; Frankel, E. Antioxidant Activity of Tea Catechins in Different Lipid Systems. *J. Agric. Food Chem.* **1997**, *45*, 3033-3038. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf9609744>.

Article citation:

Castro-Vargas, H. I.; Parada-Alfonso, F. Evaluación del efecto protector contra la oxidación lipídica de fracciones obtenidas a partir del epicarpio de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Sendtn) *Rev. Colomb. Quim.* **2017**, *46* (2), 17-23. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v46n2.62988>