

Evaluación de la capacidad antioxidante de frutas cultivadas en el departamento del Tolima y sus residuos agroindustriales

Evaluation of the antioxidant capacity of fruits grown in the department of Tolima and agro-industrial wastes

Luis Daniel Daza-Ramírez*, Elizabeth Murillo-Perea[†], Daniel Andrés Pardo.

Resumen

En este trabajo se determinó el contenido de compuestos fenólicos y flavonoides presentes en los frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.), mangostino (*Garcinia mangostana* L.) y pitahaya (*Hylocereus megalanthus*), cultivadas en el departamento del Tolima y sus respectivos desechos agroindustriales (cáscara y semilla). Adicionalmente, se evaluó el potencial antioxidante mediante el empleo de la metodología del catión ABTS⁺, la inhibición de la peroxidación lipídica en un sistema de ácido linoleico y la capacidad antioxidante de compuestos hidrosolubles. Todas las fracciones evaluadas presentaron capacidad antioxidante, la cual fue relacionada con el contenido de compuestos fenólicos. La cáscara de mangostino evidenció la mayor cantidad de compuestos fenólicos (59,1 mgEAG/g) y por consiguiente la mayor capacidad antioxidante entre todas las porciones evaluadas, incluso demostró el mayor potencial que los controles positivos BHT (Butil hidroxitolueno) y ácido ascórbico. Debido a su contenido en compuestos bioactivos y su capacidad antioxidante las frutas y residuos analizados se perfilan como materias primas promisorias para su aprovechamiento en la industria alimenticia, farmacéutica, cosmética entre otras.

Palabras clave: compuestos fenólicos, flavonoides, *Physalis peruviana*, *Garcinia mangostana*, *Hylocereus megalanthus*.

[†] Departamento de alimentos e nutrição experimental, FCF, Laboratorio de compostos bioactivos, Universidade de São Paulo, Av. Lineu Prestes, 05508-900 São Paulo - SP, Brazil.

[‡] Grupo de Investigación en Productos Naturales. (GIPRONUT), Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Barrio Santa Helena Parte Alta, Ibagué (Tolima), CP: No 73000-6299.

[§] Grupo de Investigación Fitoquímica Universidad Javeriana. (GIFUJ), Universidad Javeriana bloque 52 laboratorio 204-205, Bogotá (Colombia). *Autor para correspondencia E-mail: danieldaza08@gmail.com

Abstract

In this work total phenolic content and flavonoids present in the cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.), mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) and dragon fruit (*Hylocereus megalanthus* K.) cultivated in the department of Tolima and their respective waste biomass of agroindustrial processing (peel and seed) was measurement. Additionally, the antioxidant capacity was evaluated by using the methodology of the cation ABTS. +, Inhibition of lipid peroxidation in a system of linoleic acid and the antioxidant capacity of water-soluble compounds. All fractions evaluated showed antioxidant capacity, which was related to the content of phenolic compounds. Mangosteen peel showed the highest content of phenolic compounds (59.1 mgEAG/g) and therefore the highest antioxidant capacity among all evaluated portions, showed even greater potential than the positive control BHT and ascorbic acid. Due to its content of bioactive compounds and antioxidant capacity contained in its pulp and waste biomass, the above are emerging as promising raw materials for use in the food, cosmetics, and pharmaceuticals industry, among others.

Keywords: phenolic compounds, flavonoids, *Physalis peruviana*, *Garcinia mangostana*, *Hylocereus megalanthus*.

1. INTRODUCCIÓN

El departamento del Tolima posee una serie de condiciones agroecológicas favorables para el cultivo de frutales; tales como disponibilidad de tierras, variedad en pisos térmicos y una excelente localización geográfica con respecto a los mercados nacionales con una elevada demanda de productos agrícolas; convirtiéndola así en una región potencialmente apta para el cultivo y procesamiento de una amplia y variada gama de productos frutícolas, especialmente los frutos exóticos. La pitahaya (*Hylocereus megalanthus* K. Schumann ex Vaupel, Ralf Bauer (2003)), la uchuva (*Physalis peruviana* L.), y el mangostino (*Garcinia Mangostana* L.) son algunos ejemplos, los cuales se utilizan tanto para consumo interno, como para su exportación. En el mercado interno estos frutos encuentran aplicación en la transformación agroalimentaria de su fracción comestible; sin embargo, poco se conoce sobre sus metabolitos secundarios y los beneficios que ellos puedan tener sobre la salud humana (Botero et al., 2007).

Importa mencionar que la agroindustria frutícola es generadora de grandes cantidades de residuos, considerados en principio como desechos agrícolas; no obstante, puede mirárseles como un recurso abundante y renovable de biomasa (Oliveira et al., 2006). Pese a todo, existe la posibilidad de que estos residuos puedan ser fuente importante de compuestos biológicamente activos con alto valor comercial y, a su vez, constituirse en alternativas que mitiguen la contaminación ambiental causada por su descarga indiscriminada en diferentes paisajes ecológicos (Moure et al., 2001). La industria alimentaria, consiente de esta problemática, se ha enfocado en la búsqueda de compuestos naturales provenientes de materias primas generadas en la industrialización de diferentes materiales vegetales, buscando con esto un aprovechamiento integral de estos, una disminución en el impacto ambiental generado y la formulación de productos alimenticios funcionales enriquecidos con este tipo de compuestos, que no se limiten exclusivamente a aportar los beneficios fisiológicos

inherentes al alimento, sino que además aporten a los consumidores beneficios para la salud y reduzcan el riesgo de sufrir enfermedades (Caleja et al., 2016).

Los antioxidantes son sustancias que pueden neutralizar gran parte del proceso de oxidación ocasionada por los radicales libres, sin perder su estabilidad electroquímica, transformándose en débil y no tóxico. Las células son capaces de producir cierta cantidad de este tipo de compuestos que actúan como antioxidantes endógenos (enzimas); sin embargo, la producción de estos es limitada y se requiere de la ingesta de alimentos que contengan en su estructura o composición, antioxidantes exógenos que contribuyan en los mecanismos de protección contra procesos de oxidación (Crozier et al., 2009). Los antioxidantes sintéticos se han convertido en un recurso alternativo industrial frente a las pérdidas ocasionadas por el deterioro de las grasas y aceites, son un ejemplo de estos el hidroxianisol butilado (BHA), el hidroxitolueno butilado (BHT) y la butilhidroquinona (TBHQ), entre otros. No obstante, su aplicabilidad es discutible debido al potencial carcinogénico y a su toxicidad (Madhavi and Salunkhe, 1995, Siddhuraju and Becker, 2007).

Conocedores de esta situación, y sobre la base de la alta disponibilidad de recursos frutícolas en el departamento del Tolima, este trabajo se propuso medir la capacidad antioxidante de la fracción comestible y los residuos agroalimentarios de tres frutos exóticos, producidos en el departamento; y en último término correlacionar la actividad antioxidante de los extractos con el contenido de fenoles, de tal manera que se fomente el aprovechamiento de los residuos agroindustriales, y a su vez, reducir el impacto ambiental, utilizándolos como fuente alternativa de obtención de antioxidantes naturales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

La quercetina, el ácido gálico, ácido ascórbico y el BHT usados en este estudio fueron adquiridos en Sigma Aldrich, todos los demás reactivos empleados fueron de grado analítico.

2.1.1 Material vegetal

Los frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L) y pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) fueron adquiridos en un mercado local de la ciudad de Ibagué. Por su parte, los frutos de Mangostino (*Garcinia mangostana* L.) fueron colectados en el municipio de Mariquita Tolima (5°11'54"N 74°53'37"O).

2.2 Acondicionamiento del material vegetal

Las muestras fueron clasificadas, descartando frutos con daños en su superficie, y posteriormente lavadas por inmersión en agua. A continuación, los materiales fueron fraccionados en cáscara (C), pulpa (P) y semillas (S). Posteriormente, las diferentes fracciones se sometieron a secado en estufa (40°C durante 72 horas). Las muestras secas fueron trituradas con la ayuda de un mortero y el producto obtenido fue tamizado usando un tamiz 100 mesh.

2.3 Obtención de extractos etanólicos

El material seco triturado fue extraído por maceración usando etanol en una relación 1:10 (w/v), el solvente fue removido cada 24 horas hasta agotar el material vegetal. Los extractos fueron concentrados a presión reducida y almacenados a 4°C hasta su posterior análisis.

2.4 Determinación del contenido de fenoles totales (CFT)

La determinación del CFT fue llevada a cabo siguiendo la metodología descrita por (Dastmalchi et al., 2007) con algunas modificaciones. Brevemente, a una alícuota del extracto (0.1 mL) se adicionó agua destilada (6 mL), reactivo Folin-Ciocalteu (0.5mL) y carbonato de sodio (1.5 mL, 20%), la mezcla fue aforada con agua destilada en balón volumétrico de 10 mL y se incubó a temperatura ambiente por 2 horas, la absorbancia de las muestras se leyó a 760nm contra un blanco de reactivos disueltos en agua en un espectrofotómetro Thermo Scientific Helios y (Madison WI, USA). El ácido gálico fue utilizado para preparar la curva de calibración (0-700 mg/mL). Los resultados fueron expresados como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de material seco (mgEAG/g b.s).

2.5 Determinación del contenido de flavonoides

La determinación del contenido de flavonoides en las muestras se realizó usando la metodología descrita por (Li et al., 2015). El extracto (1mL) se mezcló con agua destilada (4mL) y carbonato de sodio (0.3mL, al 5%); la mezcla se dejó reposar 5 minutos a temperatura ambiente, seguidamente se adicionó una solución de cloruro de aluminio $AlCl_3$ (0.3ml, al 10%), dejando reposar nuevamente durante 6 min, finalmente se agregó hidróxido de sodio (2ml, 1M). La mezcla reactante se llevó a un volumen de 10 mL con agua destilada y se midió la densidad óptica a 510 nm contra un blanco de reactivos. La curva de calibración se preparó usando quercetina (0-100 μ g/mL). Los resultados fueron expresados en miligramos equivalentes de quercetina por gramo de material vegetal seco (mgEQ/g b.s).

2.6 Determinación de la capacidad antioxidante de los extractos

2.6.1 Evaluación de la Capacidad Antioxidante por el método del radical catiónico 2,2'azinobis-(3-étilbenzotiazolina)-6-sulfónico (ABTS⁺)

La capacidad antioxidante de los extractos fue evaluada mediante la inhibición del catión radical ABTS⁺, empleando la metodología propuesta por (Re et al., 1999). El radical ABTS⁺ fue preparado mezclando ABTS⁺ (7 mM) y persulfato de potasio (2.45 mM) en relación (1:1). La mezcla se incubó a temperatura ambiente y en la oscuridad (12-16 h), una vez formado el radical fue diluido en etanol (99%) hasta alcanzar una absorbancia de 0.700 ± 0.02 a 754 nm. El radical ABTS⁺ formado se mezcló (980 μ L) con el extracto (10 μ L) a diferentes concentraciones (50, 250, 500, 1000 y 5000 μ g/mL). La mezcla se incubó a temperatura ambiente (6 min) con lectura de la absorbancia a 754nm. La capacidad antioxidante de los extractos frente al catión, fue comparada frente al ácido ascórbico (AA) y el Butil hidroxitolueno (BHT), que fueron preparados a diferentes

Ciencias-Químicas

concentraciones (0-100 $\mu\text{L/mL}$). La capacidad estabilizadora del radical ABTS^{*+} se determinó mediante la ecuación 1.

$$CEABTS = \left(\frac{Abs_{ABTS} - Abs_{min6}}{Abs_{ABTS}} \right) \times 100 \quad ec. 1$$

Donde:

CEABTS: capacidad estabilizadora del radical ABTS^{*+} , expresada en porcentaje

AABTS: Absorbancia del radical ABTS^{*+}

A6min: Absorbancia de la mezcla reaccionante a los 6 minutos.

2.6.2 Determinación de la capacidad inhibitoria de la peroxidación lipídica en un sistema de ácido linoleico

El potencial antioxidante de los extractos fue evaluado mediante la inhibición de la peroxidación lipídica del ácido linoleico siguiendo la metodología reportada por (Iqbal et al., 2005). 5 mg de los extractos preparados a una concentración de 500 $\mu\text{L/mL}$, fueron adicionados a una mezcla de ácido linoléico (0.13 mL), etanol (10 mL, del 99.8%) y buffer fosfato (10 mL, 0.2M, pH 7). Toda la mezcla fue aforada a 25 mL con agua destilada e incubada (40°C, 360h). La oxidación fue medida mediante el valor de peróxido utilizando el método del tiocianato (Yen et al., 2000). Para tal efecto fue mezclado con etanol (10 mL, al 75%), tiocianato de amonio (0.2 mL, 30% w/v), extracto (0.2 mL) y cloruro ferroso (0.2 mL, 20 mM en ácido clorhídrico al 3.5%), la mezcla fue agitada durante 3 min y con lectura a 500 nm. El BHT y ácido ascórbico (200 $\mu\text{L/mL}$) fueron utilizados como controles.

El porcentaje de inhibición de la oxidación del ácido linoléico fue calculado según la ecuación 2:

$$\%IPL = 100 - \left[\left(\frac{AAbsM}{AAbsC} \right) \times 100 \right] \quad (ec. 2)$$

Donde:

AAbsM: aumento absorbancia de la muestra

AAbsC: aumento absorbancia control negativo

2.7 Análisis estadístico

Todas las determinaciones fueron realizadas por triplicado y los resultados son presentados como la media \pm desviación estándar. La relación entre los diferentes ensayos de actividad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos se reportaron a través del coeficiente de correlación (R^2). A través del programa estadístico InfoStat/Profesional® versión 1.2. (Licencia de uso proporcionado por la Universidad del Tolima), se sometieron los datos a un análisis de varianza, con interacción entre fruto y fracción del fruto, prueba de comparación múltiple de Duncan, homogeneidad de varianza y distribución de los residuos; los valores de $p < 0.05$ fueron considerados significativos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Contenido de fenoles totales (CFT) y flavonoides (CFL)

El CFT presentó valores en el rango de 5,5 a 20,7 mgEAG/g (b.s) para las pulpas de fruta, entre 13,0 a 40,4 mgEAG/g (b.s) para las semillas y entre 10,2 a 59,1 mgEAG/g (b.s) para los extractos obtenidos a partir de la cáscara de los materiales vegetales (Tabla 1). El contenido de compuestos fenólicos totales presente en las fracciones comestibles y no comestibles evaluadas fue similar al reportado para manzana, melocotón, pera y residuos agroindustriales de cascara y semillas de uva, así como, para residuos de otros vegetales como tallo de brócoli y de espárrago (Kabir et al., 2015). Las fracciones con mayor contenido en compuestos fenólicos difieren de acuerdo con el material vegetal analizado, así la pulpa de uchuva, las semillas de pitahaya y la cáscara de mangostino se presentaron como las fracciones más ricas en CFT para cada (Tabla 1) material. No obstante, las fracciones correspondientes a la cáscara y semillas de mangostino se perfilaron como las mayores fuentes de compuestos fenólicos, presentando un contenido de dos a tres veces mayor que el presentado por las fracciones de uchuva y pitahaya (Tabla 1). En contraposición, la fracción correspondiente a la pulpa de mangostino presentó el menor contenido de compuestos fenólicos entre todas las fracciones analizadas (Tabla 1).

Las diferencias entre el contenido de compuestos fenólicos de las fracciones de las frutas evaluadas pueden explicarse en términos de estructura física y química. En el caso del mangostino, la presencia de un epicarpio (cáscara) resistente a daños mecánicos y a la penetración debido a su grosor, proporciona una mayor protección del mesocarpio (pulpa) frente a diferentes factores de estrés ambiental que puedan estimular la producción de compuestos fenólicos en la pulpa, teniendo en cuenta que estos compuestos son producidos en las plantas en respuesta a ataques por patógenos, predadores y estrés ambiental (Duthie et al., 2003). Por su parte, la presencia de otros compuestos con capacidad reductora, como el ácido ascórbico, puede influenciar la respuesta obtenida en el análisis de compuestos fenólicos usando el reactivo de Folin Ciocalteau, resultando en una sobreestimación del contenido de estos en fracciones como las semillas.

Con relación al contenido de flavonoides los resultados variaron entre 1,0 a 5,2 mgEQ/g (b.s) para pulpas, entre 3,9 a 28,2 mgEQ/g (b.s) para semillas y entre 1,9 a 17,7 mgEQ/g (b.s) para cáscara. Como era de esperarse las fracciones más ricas en compuestos fenólicos correspondientes a semillas y cáscara de mangostino, también lo fueron en flavonoides (Tabla 1). Se encontró una relación directa entre el CFT y CFL presentes en las diferentes fracciones, con valores de correlación de 0,93 y 0,99 para la uchuva y pitahaya, respectivamente. En el caso del mangostino la correlación entre el CFT y CFL fue de 0,73, esto puede deberse a la presencia mayoritaria de compuestos fenólicos de tipo no flavonoide como ácidos benzoicos, ácidos cinámicos o taninos en la cáscara de *G. mangostana* L.

Tabla 1. Contenido de fenólicos totales, flavonoides y capacidad antioxidante de los extractos obtenidos de diferentes fracciones de uchuva, pitahaya y mangostino

Muestra	CFT (mgEAG/g)	CFL (mgEQ/g)	ABTS CI50(mg/mL)	%IPL	CATH (mgEAA/g)
PU	20,7±0,0 ^e	5,2±0,2 ^d	4,9±0,0 ^e	50,5±1,9 ^c	52,6±0,6 ^c
SU	13,0±0,1 ^d	3,9±0,31 ^e	8,3±0,0 ^h	42,2±1,1 ^e	45,3±4,5 ^d
CU	10,3±0,0 ^c	2,1±0,0 ^f	6,3±0,0 ^g	43,7±1,7 ^{de}	38,5±0,3 ^e
PP	7,8±0,0 ^b	1,0±0,0 ⁱ	11,4±0,0 ⁱ	24,5±0,4 ^f	55,7±1,1 ^c
SP	20,3±0,1 ^e	8,2±0,2 ^c	2,7±0,0 ^d	58,5±1,9 ^b	11,7±0,1 ^g
CP	10,2±0,1 ^c	1,9±0,0 ^h	6,6±0,0 ^f	47,8±2,6 ^{cd}	6,4±0,1 ^h
PM	5,5±0,1 ^a	1,8±0,1 ^g	4,5±0,0 ^d	27,0±3,8 ^f	66,1±0,2 ^b
SM	40,4±0,7 ^f	28,2±0,2 ^a	0,8±0,0 ^c	48,0±1,5 ^{cd}	30,6±0,2 ^f
CM	59,1±0,3 ^g	17,7±0,0 ^b	0,1±0,0 ^b	69,3±1,1 ^a	212,7±0,5 ^a
BHT	ND	ND	0,06±0,0 ^a	56,1±1,6 ^b	ND
A.A	ND	ND	ND	69,2±0,3 ^a	ND

PU, pulpa de uchuva; SU, semilla de uchuva; CU, cáscara de uchuva; PP, pulpa de pitahaya; SP, semilla de pitahaya; CP, cáscara de pitahaya; PM, pulpa de mangostino; SM, semilla de mangostino; CM, cáscara de mangostino; BHT, butil hidroxitolueno; A.A, ácido ascórbico; CFT, contenido de fenoles totales; mgEAG, miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de vegetal seco; CFL, contenido de flavonoides; mgEQ/g, miligramo equivalente de quercetina por gramo de vegetal seco; CI50, concentración media inhibitoria; IPL, inhibición de la peroxidación lipídica; CATH, capacidad antioxidante total hidrosoluble; mgEAA/g, miligramo equivalente de ácido ascórbico por gramo de vegetal seco. Los valores fueron expresados como la media de tres resultados ± desviación estándar poner. Diferentes letras en la misma columna significan diferencias estadísticamente significativas $p < 0,05$.

3.2 Capacidad antioxidante de los extractos

La capacidad antioxidante de los extractos fue evaluada utilizando las metodologías de estabilización del catión ABTS⁺, inhibición de la peroxidación lipídica y capacidad antioxidante total (CATH).

3.2.1 Capacidad estabilizadora del catión ABTS⁺

La metodología de estabilización del catión ABTS⁺ es aplicable para antioxidantes de naturaleza lipofílica como hidrofílica, ya que se considera un protocolo de elevada sensibilidad, práctico, rápido y estable (Pérez et al., 2003). Los resultados de concentración mínima inhibitoria (CI50) se determinaron para todos los extractos de las fracciones evaluadas (Tabla 1) y un antioxidante utilizado ampliamente en la industria alimentaria (BHT, IC50 = 0,06 mg/mL). Como puede observarse, los valores de CI50 presentados por los extractos son bajos en comparación al control positivo (BHT) (Tabla 1). Sin embargo, todos los extractos mostraron buena actividad frente al catión ABTS⁺. Del mismo modo que el contenido de compuestos fenólicos, la fracción correspondiente a la cáscara de mangostino presentó la mayor actividad entre las fracciones analizadas y una actividad comparable a la del control positivo utilizado (BHT).

Se observó una correlación significativa ($p < 0,05$) entre el contenido de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante presentada por los extractos de pitahaya y mangostino frente al catión ABTS⁺. Los valores de los coeficientes de correlación para el CFT en relación con la capacidad antioxidante frente al catión ABTS⁺ de las muestras analizadas fueron $r=0,6$; $r=0,92$ y $r=0,97$ para uchuva, pitahaya y mangostino, respectivamente. La

baja relación entre el CFT y la actividad presentada por los extractos obtenidos de uchuva, puede ser explicada debido a la presencia de otros compuestos como proteínas con poder antioxidante en estos materiales (Elias et al., 2008) y posiblemente por efectos antagónicos ejercidos por parte de compuestos de diferente naturaleza química sobre los compuestos fenólicos (Wang et al., 2011).

3.2.2 Inhibición de la peroxidación lipídica

La actividad antioxidante también ha sido relacionada con la capacidad de prevenir la oxidación de sistemas vulnerables a la oxidación, tales como los ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) de las membranas celulares, lo que puede conducir a alteraciones de las propiedades biológicas de las proteínas y del ADN (Lasheras et al., 2003), de tal forma que establecer el potencial para inhibir la oxidación en los sistemas mencionados se convierte en otro recurso para determinar la capacidad antioxidante de un extracto vegetal.

La capacidad para inhibir la peroxidación lipídica en un sistema de ácido linoleico por parte de los extractos analizados, fueron comparados con la actividad del BHT y el ácido ascórbico (Tabla 1). Los resultados obtenidos en esta prueba pueden categorizarse de la siguiente manera:

CM=AA>SP>BHT>PU>SM>CP>CU>SU>PM>PP. Destacándose la actividad inhibitoria de la peroxidación lipídica por parte de la cáscara del mangostino (CM) y la semilla de pitahaya (SP), con valores mayores en comparación a los controles positivos utilizados en el análisis (BHT 56% y AA 69%). Además, la capacidad inhibitoria de la peroxidación lipídica del ácido linoleico por parte de las fracciones evaluadas presentó relación directa con el contenido de compuestos fenólicos, pero sin relación con el contenido de flavonoides. Como fue argumentado anteriormente, la presencia de compuestos de naturaleza fenólica del tipo no flavonoide pueden estar presentes en mayor proporción que los flavonoides.

3.2.3 Capacidad antioxidante total hidrosoluble (CATH)

La capacidad antioxidante de los compuestos hidrofílicos presentes en los extractos de las fracciones obtenidas de las frutas fue evaluada. La capacidad antioxidante presentó valores en un rango de 38,5 a 52,6 mgEAA/g para los extractos de uchuva, entre 6,4 a 55,7 mgEAA/g para los extractos de pitahaya y entre 30,6 a 2112,7 mgEAA/g para los extractos de las fracciones de mangostino. Se observó una relación directa entre el CFT y la capacidad antioxidante total hidrosoluble únicamente para las fracciones obtenidas de la uchuva ($r=0,96$). Las fracciones obtenidas de la pitahaya y el mangostino no presentaron dicha relación ($r=-0,57$ y $r=0,67$), lo cual puede suponer en el caso de SM, SP y CP la baja concentración de moléculas de naturaleza fenólica con un alto grado de hidroxilación y glicosilación.

4. CONCLUSIONES

Los extractos de las fracciones obtenidas de uchuva, pitahaya y mangostino demostraron ser una fuente potencial de compuestos fenólicos, y tener un alto potencial antioxidante, lo que convierte a estos materiales en fuentes promisorias para su aprovechamiento en la industria de alimentos y farmacéutica. Por otro lado, es importante la identificación de los compuestos fenólicos presentes en estos materiales y su posterior evaluación funcional mediante metodologías *in vivo* con el fin de establecer la naturaleza y el potencial biológico de dichas moléculas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Botero, M. I., Ricaurte, S. C., Monsalve, C. E. and Rojano, B. (2007). 'Capacidad reductora de 15 frutas tropicales', *Scientia et Technica*, 1(33).
- Caleja, C., Barros, L., Antonio, A. L., Carocho, M., Oliveira, M. B. P. and Ferreira, I. C. (2016). 'Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives: A comparative study between natural and synthetic additives', *Food chemistry*, 210, pp. 262-268.
- Crozier, A., Jaganath, I. B. and Clifford, M. N. (2009). 'Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health', *Natural product reports*, 26(8), pp. 1001-1043.
- Dastmalchi, K., Dorman, H. D., Koşar, M. and Hiltunen, R. (2007). 'Chemical composition and in vitro antioxidant evaluation of a water-soluble Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extract', *LWT-Food Science and Technology*, 40(2), pp. 239-248.
- Duthie, G. G., Gardner, P. T. and Kyle, J. A. (2003). 'Plant polyphenols: are they the new magic bullet?', *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(03), pp. 599-603.
- Elias, R. J., Kellerby, S. S. and Decker, E. A. (2008). 'Antioxidant activity of proteins and peptides', *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(5), pp. 430-441.
- Iqbal, S., Bhangar, M. and Anwar, F. (2005). 'Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan', *Food Chemistry*, 93(2), pp. 265-272.
- Kabir, F., Tow, W. W., Hamauzu, Y., Katayama, S., Tanaka, S. and Nakamura, S. (2015). 'Antioxidant and cytoprotective activities of extracts prepared from fruit and vegetable wastes and by-products', *Food chemistry*, 167, pp. 358-362.
- Lasheras, C., Gonzalez, S., Huerta, J. M., Lombardia, C., Ibañez, R., Patterson, A. M. and Fernandez, S. (2003). 'Food habits are associated with lipid peroxidation in an elderly population', *Journal of the American Dietetic Association*, 103(11), pp. 1480-1487.
- Li, J.-E., Fan, S.-T., Qiu, Z.-H., Li, C. and Nie, S.-P. (2015). 'Total flavonoids content, antioxidant and antimicrobial activities of extracts from *Mosla chinensis* Maxim. cv. Jiangxiangru', *LWT-Food Science and Technology*, 64(2), pp. 1022-1027.
- Madhavi, D. and Salunkhe, D. (1995). 'Toxicological aspects of food antioxidants', *FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-NEW YORK-MARCEL DEKKER-*, pp. 267-360.
- Moure, A., Cruz, J. M., Franco, D., Domínguez, J. M., Sineiro, J., Domínguez, H., Núñez, M. a. J. and Parajó, J. C. (2001). 'Natural antioxidants from residual sources', *Food chemistry*, 72(2), pp. 145-171.
- Oliveira, L. A., Porto, A. L. and Tambourgi, E. B. (2006). 'Production of xylanase and protease by *Penicillium janthinellum* CRC 87M-115 from different agricultural wastes', *Bioresource Technology*, 97(6), pp. 862-867.

Ciencias-Químicas

- Pérez, R., Vargas, R., Martínez, F., García, E. and Hernández, B. (2003). 'Actividad antioxidante de los alcaloides de *Bocconia arborea*. Estudio sobre seis métodos de análisis'.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. (1999). 'Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay', *Free radical biology and medicine*, 26(9), pp. 1231-1237.
- Siddhuraju, P. and Becker, K. (2007). 'The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts', *Food Chemistry*, 101(1), pp. 10-19.
- Wang, S., Meckling, K. A., Marcone, M. F., Kakuda, Y. and Tsao, R. (2011). 'Synergistic, additive, and antagonistic effects of food mixtures on total antioxidant capacities', *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(3), pp. 960-968.
- Yen, G.-C., Duh, P.-D. and Chuang, D.-Y. (2000). 'Antioxidant activity of anthraquinones and anthrone', *Food Chemistry*, 70(4), pp. 437-441.

Referencia	Fecha de recepción	Fecha de aprobación
Evaluación de la capacidad antioxidante de frutas cultivadas en el departamento del Tolima y sus residuos agroindustriales. Luis Daniel Daza-Ramírez, Elizabeth Murillo-Perea, Daniel Andrés Pardo. <i>Revista Tumbaga</i> (2015), 10, vol.2, 3-12	Días /mes /año 10/08/2015	Días/mes/año 29/09/2015