CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE SIETE ESPECIES VEGETALES CRIOLLAS Y NATIVAS DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO ANTES Y DESPUES DE COCCIÓN

María Juliana Vargas Naranjo

Asesor: Isabel Cristina Zapata Vahos

RESUMEN

La agricultura es fundamental para el Oriente Antioqueño, es su principal fuente alimentaria y beneficia de manera directa el desarrollo rural. Sin embargo, el número especies vegetales cultivadas se ha reducido con el paso de los años. La diversificación de los cultivos es de gran importancia ya que contribuye a la autonomía alimentaria y preserva el valor biocultural de las semillas y sus productos vegetales. Dentro de la diversidad de compuestos que tienen las plantas se encuentran los antioxidantes, metabolitos secundarios de interés en el mundo científico por su efecto contra el estrés oxidativo y el daño celular. En este estudio, se planteó, como objetivo, caracterizar el potencial antioxidante de algunas especies vegetales criollas y nativas del Oriente Antioqueño antes y después de cocción a través de cuatro técnicas (ABTS, DPPH, FRAP y fenoles totales). Las leguminosas como el frijol petaco y el frijol media cara obtuvieron los valores más altos para el contenido fenólico total y la capacidad antioxidante, sin embargo, estos valores fueron afectados por el tratamiento térmico, a diferencia de lo que ocurrió con las otras especies. Se propone considerar estos frijoles, cultivados en la región, dentro del consumo habitual bien sea en grano entero o en nuevos productos como harinas y hummus. De acuerdo a las pruebas realizadas se concluye que podría haber una gama de compuestos bioactivos en estas plantas, por lo tanto, se requieren análisis cualitativos y cuantitativos detallados que permitan realizar una caracterización completa.

ABSTRACT

Agriculture is essential for Eastern Antioquia, it is its main source of food and directly benefits rural development. However, the number of cultivated plant species has been reduced over the years. Crop diversification is important as it contributes to food autonomy and preserves the biocultural value of seeds and their plant products. Within the great diversity of compounds that plants contain are antioxidants, secondary metabolites of interest in the scientific world for their effect against oxidative stress and cell damage. In this study, the objective was to characterize the antioxidant potential of some Creole and native plant species of Eastern Antioquia before and after cooking through four techniques (ABTS, DPPH, FRAP and total phenols). Legumes such as petaco bean and media cara bean obtained the highest values for total phenolic content and antioxidant capacity, however, these values were affected by heat treatment, unlike the rest of the evaluated spices. Despite this, it is proposed to consider these beans, grown in the region, within the usual consumption, either as whole grains or in new products such as flour and hummus. According to the tests carried out, there could be a range of bioactive compounds in these plants, therefore, detailed qualitative and quantitative analyzes are required to allow a complete characterization.

Palabras clave: Autonomía alimentaria, antioxidantes, capacidad antioxidante, ABTS, DPPH, FRAP, fenoles totales, Oriente Antioqueño, plantas, especies vegetales, cocción.

INTRODUCCIÓN

Desde el origen de la agricultura las semillas se han considerado un componente fundamental de los sistemas productivos y de la soberanía alimentaria. Son apreciadas como un bien sagrado de los pueblos, y se han perpetuado como patrimonio de los mismos. Son el resultado de innovaciones acumuladas por diferentes culturas, que las han conservado, mejorado, criado, intercambiado y utilizado por miles de millones de años (Corporación grupo semillas de Colombia, 2015). Las semillas nativas son aquellas que tienen su centro de origen en la misma región donde se cultivan (Harlan 1971 en Montaño et al., 2021) y las criollas son aquellas que han sido adaptadas por los agricultores de acuerdo a las condiciones ambientales y culturales del territorio (Gutiérrez Escobar & Fitting, 2016).

Colombia es considerado el segundo país con mayor diversidad del mundo, con aproximadamente el 10% de la biodiversidad del planeta (Rangel - Ch., 2015), posee cerca de 50.000 especies de plantas (Dávalos et al., 2003) y muchas de ellas con potencial para la obtención de productos que podrían resolver problemas alimentarios y/o industriales. El Oriente Antioqueño no es ajeno, gracias a su ubicación geográfica y a la fertilidad de sus suelos es uno de los principales centros de biodiversidad de flora y fauna del departamento, siendo una de las regiones más productivas del país desde el punto de vista económico y cultural (Quijano-Abril, 2016).

A pesar de ser conocido el valor biocultural de las semillas, el número de variedades vegetales empleadas en los cultivos se ha reducido drásticamente. Los cambios en el uso del suelo, la pérdida de conocimientos tradicionales, las preferencias del mercado, el comercio internacional a gran escala y el impacto de la social media en las elecciones alimentarias son las principales causas de dicha perdida. En la actualidad, muy pocas variedades de plantas son cultivadas, desarrolladas, comercializadas y conservadas en todo el mundo, contribuyendo de manera directa a la perdida de la agro diversidad (Cerillo, 2019).

Dentro de los compuestos que albergan las plantas se encuentran los antioxidantes, estos metabolitos secundarios tienen un papel muy importante en su protección y se pueden encontrar en hojas, flores, raíces y frutos (Gulcin, 2020). En la dieta humana se han encontrado gran variedad de los mismos, que aun en bajas concentraciones protegen las membranas celulares del daño oxidativo, neutralizan radicales libres y otras especies reactivas de oxígeno; además, se han relacionado con la prevención y disminución en la progresión de enfermedades no transmisibles que afectan a los seres humanos (Govindaraj et al., 2017; Sun & Johnson, 2015); algunos de estos compuestos son los carotenoides, las vitaminas A, E y C y los polifenoles (ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, lignanos y terpenos) (Neha et al., 2019).

El potencial antioxidante de un alimento está relacionado con la presencia de compuestos bioactivos en la matriz alimentaria, para medir dicho potencial resulta útil identificar el nivel antioxidante, ya que permite cuantificar la cantidad de estos en un sistema e identificar la calidad de un alimento (López-Alarcón & Denicola, 2013). Existen diversos métodos para evaluar la actividad antioxidante, una de las estrategias aplicadas en el laboratorio consiste en determinar la actividad del antioxidante (como grupo funcional) frente a sustancias cromógenas de naturaleza radical (ABTS, DPPH, FRAP); el cambio de color ocurre de manera proporcional con la concentración de los compuestos bioactivos (Kuskoski et al., 2005). Por otro lado, el análisis del nivel antioxidante se puede realizar como grupo de antioxidantes, dentro de los principales ensayos para este propósito se incluye la determinación del contenido de fenoles totales.

Los antioxidantes han sido ampliamente estudiados dada su importancia biológica y aplicación en el campo de la salud y la industria alimentaria (Moure et al., 2001), aumentando el interés en el mundo

científico durante los últimos años. En este contexto, se encuentran diferentes referentes como los estudios en tubérculos andinos (Mejía Lotero et al., 2018), mangostino (Mosquera-Martínez et al., 2020), semillas de uva (Contreras et al., 2019), cítricos (Ordoñez-Gómez et al., 2018), semillas de cacao (Ordoñez et al., 2019), cafés especiales (Castillo et al., 2021), lechugas (Zapata-Vahos et al., 2020), leguminosas silvestres (Pastor-Cavada et al., 2016), ahuyama (Garcia & Pineda, 2016), entre otros.

De acuerdo con la literatura, los diferentes métodos de cocción (hervido, salteado, freído, tostado, asado, etc.) producen cambios significativos en la composición química y en la concentración de compuestos bioactivos de los alimentos (Miglio et al., 2008). Se han documentado efectos tanto positivos como negativos según las características morfológicas y nutricionales de las especies vegetales, del mismo modo, las condiciones de calentamiento (tiempo de calentamiento y temperaturas de cocción) pueden tener diferentes efectos en las propiedades antioxidantes de los alimentos (Pellegrini et al., 2009).

La cidra (*Sechium edule*) es una planta perteneciente a la familia de las Cucurbitáceas; los frutos, hojas y raíces se consumen como verdura, sin embargo, el consumo del fruto es más difundido. Es un alimento alto en fibra y bajo en calorías que dentro de la cocina tradicional es utilizado en diferentes preparaciones: hervida, horneada, rellena, hecha puré, frita, gratinada, en escabeche, cruda en ensaladas o salsas; aunque la principal forma de consumo es en caldo (Lim, 2012). De acuerdo con la literatura, su actividad antioxidante está relacionada con una amplia variedad de compuestos bioactivos: peroxidasas, alcaloides, saponinas, ácidos fenólicos, flavonoides, carotenoides, cucurbitanos, triterpenoides y fitoesteroles, a razón de lo anterior, se le ha atribuido actividad antialérgica, antiinflamatoria, antiviral, efecto antitumoral y actividad antibacteriana (Frías et al., 2016; Vieira et al., 2019).

La vitoria *(Cucurbita ficifolia)* es una planta rastrera-trepadora, perteneciente a la familia cucurbitácea. Existe una amplia variedad en sus frutos, con formas elipsoidales o globosas, exteriormente de color blanco o verde amarillento con manchas longitudinales irregulares verdes y pulpa blanca o transparente (Delgado Paredes et al., 2014). Su fruto se utiliza para elaborar dulces regionales o para alimentar animales domésticos; en general, es poco utilizado como alimento (Antonio-Estrada et al., 2018).

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es una herbácea perenne de 1 a 2.5 m de alto, es una de las raíces con mayor contenido de agua (83-90 %) en peso fresco y los carbohidratos representan el 90 % en peso seco, tiene una cantidad significativa de K, polifenoles, antioxidantes y triptófano, el contenido de proteínas y lípidos es bastante bajo (Seminario et al., 2003). Los tubérculos de yacón son jugosos y crujientes con un sabor relativamente dulce y se consumen tradicionalmente como fruta fresca (de Almeida Paula et al., 2015). Una particularidad del yacón es su alto contenido de FOS (fructooligosacáridos), carbohidratos prebióticos no digeribles (Choque Delgado et al., 2013). Se le ha atribuido propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y anticancerígenas; los compuestos fenólicos del yacón se han relacionado con la protección de algunas biomoléculas, como el ADN, los lípidos y las proteínas, contra el estrés oxidativo (Simonovska et al., 2003).

La ahuyama *(Cucurbita máxima)* es una baya que forma parte de la familia de las Cucurbitáceas, es una fuente importante de carbohidratos, aminoácidos esenciales y vitamina A y C (Alemán Pérez et al., 2017). Se digiere fácilmente y aporta pocas calorías; además, ha sido ampliamente utilizada en la dieta humana, encontrándose en diferentes preparaciones como: sopas, jugos, tortas, cremas, quesillo, flan y en algunas regiones del país el mote de ahuyama (Garcia & Pineda, 2016). La actividad antioxidante de esta planta se ha atribuido principalmente a su contenido de ácidos fenólicos carotenos y vitaminas E, A y B, (Ibrahim et al., 2010).

El maíz *(Zea Mays)* es una cereal compuesto de 70 % - 75 % de almidón, 8 % - 10 % de proteína, 4 % - 5 % de lípidos, 1 % - 3 % de azúcares y 1 % – 4 % de cenizas, tiene una amplia variedad de compuestos fenólicos, en donde el ácido ferúlico es el de mayor representación (Adom & Liu, 2002). El contenido de compuestos fenólicos y su actividad antioxidante puede verse afectado durante los tratamientos en elaboración de los alimentos (Harakotr et al., 2014). Dentro de la gastronomía colombiana se puede encontrar en preparaciones como arepas, sopas, mazamorra, envueltos, harina, mazorca, crispetas dulces y saladas (Gómez G. et al., 2010).

El frijol petaco *(Phaseolus coccineus)* es una leguminosa espontánea y muy prolífera (Alvarez & Turbay, 2009). Contiene aminoácidos hidrofóbicos y aromáticos, se ha reportado la presencia de sacarosa, estaquiosa, ácido glutámico, cisteína, compuestos fenólicos, flavonoides y antocianinas con una alta actividad antioxidante (Bedoya & Maldonado, 2022).En Colombia, este frijol se utiliza en preparaciones como sopas y guisados, aunque, se ha reportado un bajo consumo por su sabor amargo (Alvarez & Turbay, 2009).

El frijol media cara (*Phaseolus lunatus*), es una leguminosa de la familia Fabaceae. Se cultiva en Antioquia, Santander, Nariño y Huila; su principal uso es como grano entero para alimentación humana (Miranda-Villa et al., 2013). Contiene alrededor del 20% de fibra dietética, un promedio de 1,3% de grasa, y 22% de proteína, tiene un alto contenido de lisina y alta digestibilidad, aunque, es deficiente en treonina; posee variedad de compuestos bioactivos como polifenoles y taninos, que pueden proporcionar beneficios para la salud de sus consumidores (Granito et al., 2007). El frijol media cara tiene un contenido nutricional muy parecido al del cargamanto (*Phaseolus vulgaris)*; sin embargo, su consumo es bajo ya que se sabe muy poco sobre sus características bromatológicas y valor nutricional (Sathe, 2002).

Como objetivo central de esta investigación, se propuso caracterizar el potencial antioxidante de algunas especies vegetales criollas y nativas del Oriente Antioqueño: cidra o papa de pobre (*Sechium edule*), vitoria o calabaza blanca (*Cucurbita ficifolia*), yacón (*Smallanthus sonchifolius*), Ahuyama (*Cucurbita maxima*), Maíz (*Zea mays*), frijol petaco *(Phaseolus coccineus)* y frijol media cara (*Phaseolus lunatus*) antes y después de cocción, con el fin de aportar información relevante como punto de partida para el desarrollo gastronómico y de prototipos novedosos que permitan recuperar el uso de costumbres y de la cultura alimentaria de la región.

METODOLOGÍA

Recolección de muestras

Se obtuvieron muestras de cidra (*Sechium edule*), vitoria (*Cucurbita ficifolia*), yacón (*Smallanthus sonchifolius*), Ahuyama (*Cucurbita maxima*), maíz (*Zea mays*), frijol petaco (*Phaseolus coccineus*) y frijol media cara (*Phaseolus lunatus*) a partir de la oferta en los puestos de venta de la galería central de Rionegro, durante la primera mitad del año 2021. En el caso de los frijoles solo se encuentran disponibles en los tres primeros meses del año. Las muestras fueron tratadas en el tecnoparque- SENA del municipio de Guarne y la mayoría se pelaron, trozaron y almacenaron en refrigeración, los frijoles y el maíz fueron refrigerados directamente.

Tratamiento de los frutos crudos y extracción

Los frutos crudos (pulpa) se secaron a 60°C por 24 horas en un horno de convección y luego se molieron en un molino de aspas. Después se realizó la extracción con una solución etanólica así: 4 g de polvo

obtenido, 15 mL de solución etanólica al 60% etanol, 1 % HCl (López-Mejía et al., 2014), con el objetivo de romper los cloroplastos de las células donde se almacenan los compuestos antioxidantes. Finalmente, se centrifugó durante 10 minutos a 1000 g o 4000 rpm y el resultante se almacenó a -18 °C.

Proceso de cocción

Las semillas de frijol y maíz se sometieron a un proceso de cocción en autoclave (100 g de frijol y 300 mL de agua) con un tiempo de 20 minutos a 120 °C y 15 psi (Corzo-Ríos et al., 2020), el producto cocido se homogenizó en el ultra turrax (T 25 digital ULTRA-TURRAX®) con el agua de cocción. Finalmente, se tomaron 4 g del producto homogenizado y se siguió el proceso de extracción con solución etanólica (López-Mejía et al., 2014). Las semillas restantes fueron cocidas en agua a temperatura de ebullición (100 g semillas y 200 mL de agua) durante 15 min (Dini et al., 2013), con el producto final se realizó el protocolo de extracción. El yacón fue la única de las semillas que no se sometió al proceso de cocción ya que es un alimento que dentro de la gastronomía se consume crudo.

Cuantificación de metabolitos secundarios

Contenido de fenoles totales. La determinación del contenido de fenoles totales se realiza mediante el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999). Se construyó una curva patrón a partir de ácido gálico. Se mezclaron 50 µL del extracto con 425 µL de agua destilada, 125 µL del reactivo de Folin y 400 µL de carbonato de sodio. Se agitó la solución y se dejó reposar en ausencia de luz por 30 minutos. La absorbancia se leyó a 760 nm, teniendo en cuenta el control.

Capacidad antioxidante

Método del radical catiónico ABTS• +. El método ofrece una medida de la actividad antioxidante basado en la cuantificación de la decoloración del radical ABTS• +. El radical preformado de 2,29-azinobis-(ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS•+) es un mono catión que absorbe a una longitud de onda de 734 nm y se genera mediante oxidación de ABTS con persulfato de potasio (Re et al., 1999). Se realizó una curva patrón a partir de TROLOX. Se utilizaron 10µL del extracto y 990 µL de la solución del radical ABTS•+. La solución se incubó durante 30 minutos en la oscuridad y se leyó el cambio en la absorbancia a una longitud de onda de 734 nm, teniendo en cuenta el control.

Decoloración del catión radical α-αdifenil-ß-picrilhidrazilo (DPPH•). Según el modelo de Brand-Williams, con algunas modificaciones, se determina la capacidad de captar radicales libres de los extractos a partir del grado de decoloración que provocan sus metabolitos a una solución metanólica de DPPH (Brand-Williams et al., 1995; Kuskoski et al., 2005). Se construyó una curva patrón a partir del antioxidante TROLOX. Se preparó una solución con 990 µL de DPPH y se mezcló con 10 µL del extracto. Se dejó reposar en oscuridad durante 30 minutos y se observó la disminución en la absorbancia a una longitud de onda de 517 nm en un espectrofotómetro (PG instruments T80), teniendo en cuenta la solución control (DPPH y agua destilada).

FRAP (Ferric Reducing/Antioxidant Power). Esta metodología se fundamenta en el poder reductor de una muestra en base a su capacidad para reducir el hierro férrico (Fe^{+3}) unido a 2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina (TPTZ) a su forma ferrosa (Fe+2), que presenta un máximo de absorbancia a una longitud de onda entre 590-595 nm (Benzie & Strain, 1996). Se construyó una curva de referencia utilizando ácido ascórbico. Se tomaron 50 µL del extracto y se adicionaron 900 µL de la solución de FRAP que consistió en un Buffer de ácido acético-acetato de sodio (pH 3,4), TPTZ y $FeCl^3$, finalmente se añadió 50 µL de agua

destilada. Luego de 30 minutos en oscuridad se determinó la absorbancia a una longitud de onda de 593 nm.

Análisis estadístico

Se obtuvieron seis réplicas de cada tratamiento y los resultados se informan como media ± desviación estándar (DE). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías y una prueba de Tuckey para comparar las diferencias estadísticas entre las plantas y su estado (crudo/ cocción). Los análisis fueron calculados con un nivel de significancia del 95% (P<0,05), mediante el software estadístico JASP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio acerca del nivel antioxidante de siete especies criollas y navitas del Oriente, Antioqueño se relaciona a continuación (Tabla 1.) Se observa que las especies de frijoles tienen los valores más altos en cada uno de las pruebas realizadas.

Tabla 1. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de siete especies vegetales

Muestra	Fenoles Totales (mg GAE/ 100 g)		ABTS (Mm Trolox/ 100 g)		DPPH (Mm Trolox/ 100 g)		FRAP (mg AAE/ 100 g)	
	A	D	A	D	A	D	A	D
Maíz	54.504 ±7.140	20.025 ±1.522	0.843 ±0.120	0.288 ±0.018	0.311 ±0.028	0.414 ±0.071	41.392 ±8.337	11.651 ±1.201
Frijol petaco	189.642 ±22.423	82.048 ±6.763	3.524 ±0.706	1.721 ±0.174	0.745 ±0.051	0.331 ±0.049	254.309 ±26.657	99.171 ±11.792
Frijol media c.	94.467 ±20.353	34.272 ±2.868	2.154 ±1.326	0.773 ±0.131	1.719 ±0.238	0.313 ±0.049	100.130 ±41.498	31.191 ±3.464
Ahuyama	14.896 ±1.719	11.766 ±2.216	0.313 ±0.032	0.202 ± 0.048	0.305 ±0.053	0.170 ± 0.115	4.761 ±0.986	2.488 ±0.788
Cidra	24.538 ±2.572	11.629 ±1.359	0.531 ±0.051	0.363 ±0.104	0.305 ±0.049	0.282 ±0.175	6.245 ±1.622	3.715 ±0.802
Vitoria	12.611 ±2.592	9.618 ±0.317	0.204 ±0.058	0.211 ±0.024	0.372 ±0.058	0.209 ±0.092	4.764 ± 1.468	2.394 ±0.358
Yacón	32.238 ±3.889	-	0.393 ±0.109	-	0.426 ±0.064	-	27.275 ±4.970	-

**Los valores están presentados como media ± DE peso fresco.*
**A = Antes de cocción, D= Después de cocción.*

Fenoles totales

Los resultados para la prueba de fenoles totales mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las plantas y la interacción plantas: estado (crudo/ cocción). La muestra con mayor contenido de fenoles totales fue el frijol petaco (189,6 mg GAE/ 100 g) seguido del frijol media cara (94,4 mg GAE/ 100 g), mientras que la vitoria presentó el valor más bajo (12,6 mg GAE/ 100 g). Alvarado-López et al. (2019) reportaron para el frijol petaco compuestos fenólicos totales (207,591 mg GAE/ 100 g), flavonoides totales (161,296 mg QE/ 100 g) y antocianinas totales (119,327 mg CGE/100g), al igual que una alta actividad antioxidante; estos valores son similares a los encontrados en este estudio. Algunas investigaciones han relacionado el color de frijol con el contenido de fenoles totales, en donde los frijoles de color oscuro

contienen más fenoles que los de color claro (Xu & Chang, 2009), lo que podría explicar la diferencia entre las dos especies aquí examinadas.

Al comparar los resultados con la prueba Tuckey no se observaron diferencias estadísticamente significativas después del proceso de cocción para la ahuyama, la vitoria y la cidra, a diferencia del frijol petaco, el frijol media cara y el maíz (P<0,05). Según un estudio de Granito et al. (2007) el proceso térmico disminuye el contenido de fenoles totales en las leguminosas, sin embargo, en algunos alimentos vegetales se ha demostrado que el tratamiento térmico puede aumentar o no cambiar el contenido de los mismos. Fogliano et al. (2008) afirman que cuando las plantas se someten a un proceso de cocción mediante hervor, los compuestos fenólicos disminuyen debido a un proceso de lixiviación a través de la migración de sustancias hacia el agua de procesamiento, lo que se puede relacionar con los resultados de esta investigación.

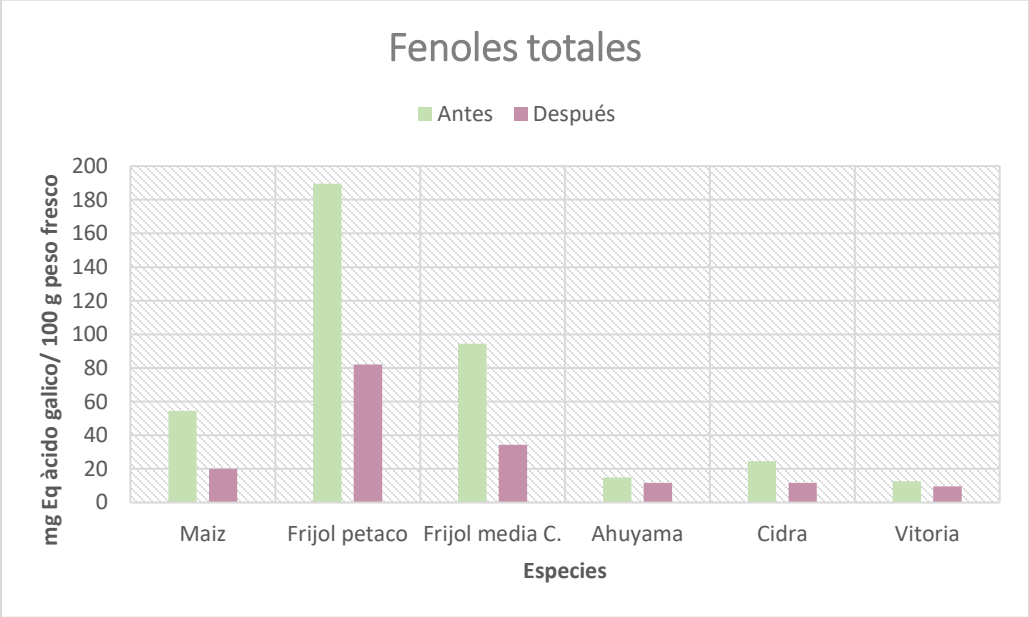

Figura 1. Fenoles totales antes y después de cocción.

ABTS• +.

El frijol petaco y el frijol media cara mostraron los valores más altos para la técnica ABTS con 3,53 mmol trolox/ 100 g y 2,15 mmol de trolox / 100g respectivamente. Los resultados del ANOVA mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las plantas y la interacción plantas: estado (crudo/ cocción) con un P < 0,05. Al comparar los resultados con la prueba Tuckey no se observaron diferencias estadísticamente significativas después del proceso de cocción para la ahuyama, la vitoria, el maíz y la cidra, a diferencia de lo que sucedió con el frijol petaco y el frijol media cara en donde se evidencia un P < 0,05 (figura 2).

Para dos de las cucurbitáceas evaluadas (*Cucurbita ficifolia* y *Cucurbita maxima*) se obtuvo un total de 0,20 mmol trolox/ 100 g y 0,31 mmol trolox/ 100 g respectivamente, sin embargo los resultados de este estudio fueron menores a los de Oyeleke et al. (2019) en dónde reportaron un total de 0,02 mmol trolox/g

para la ahuyama, dicha variación podría explicarse por las diferencias en el proceso de conservación y extracción del polvo o por la variación en el protocolo ABTS (mayor tiempo en oscuridad y dilución del extracto).

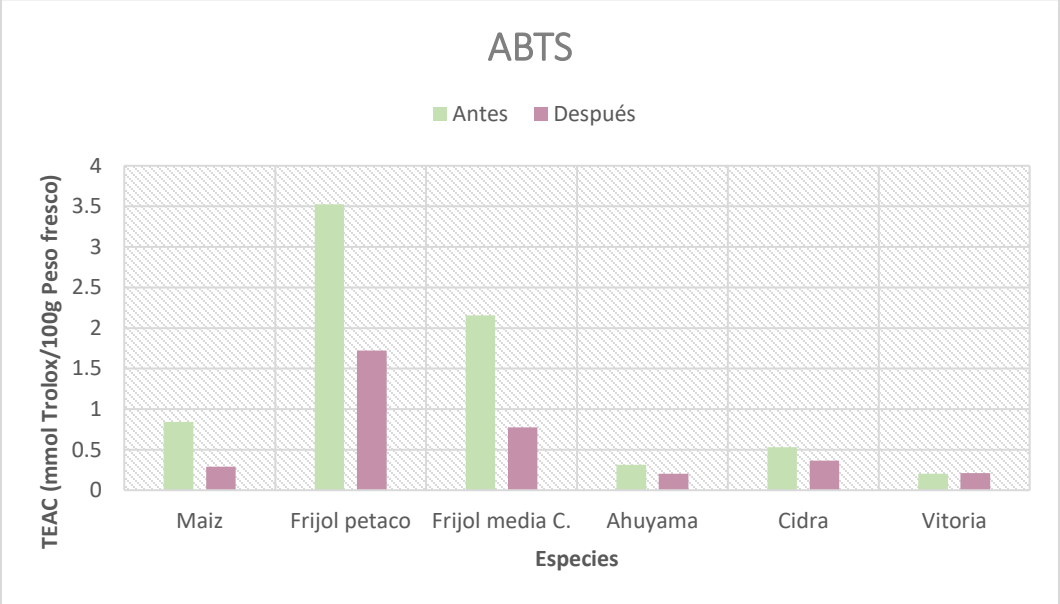

Figura 2. ABTS antes y después de cocción.

DPPH•

En cuanto a la actividad antioxidante medida por DPPH, los valores más altos correspondieron al frijol media cara (1,71 mmol trolox/ 100 g) y al frijol petaco (0,74 mg trolox/ 100 g), a diferencia de la ahuyama y la cidra que presentaron los valores más bajos (0,30 mmol trolox/ 100 g). En este caso, también hubo diferencias estadísticamente significativas entre las plantas y la interacción plantas: estado (crudo/ cocción). Al comparar los resultados con la prueba Tuckey no se evidenció diferencias estadísticamente significativas después del proceso de cocción para la ahuyama, la vitoria, el maíz y la cidra a diferencia del frijol petaco y el frijol media cara que obtuvieron un valor $P<0,05$ (figura 3).

El análisis de la cidra arrojó un valor de 0,305 mmol trolox/ 100 g para la prueba DPPH con un porcentaje de inhibición del 52.1 %, estos valores fueron comparados con otros estudios mostrando resultados muy diferentes, en el estudio de Albarracin et al.(2010) en donde evaluaron la actividad antioxidante en pulpa, semillas y fruta entera la inhibición varió entre el 88,7% a 90,42%; por otro lado, Sulaiman et al.(2013) reportaron que la mayor actividad indicada para *S. edule* fue de 439,23 ± 4,86 mM TE/g en peso seco; en este mismo estudio los autores afirman que el uso de diferentes matrices (cáscara, semilla, fruto entero, pulpa), así como la metodología empleada (peso seco, peso fresco, solventes, entre otros) puede llevar a resultados incomparables respecto a la información disponible en la literatura.

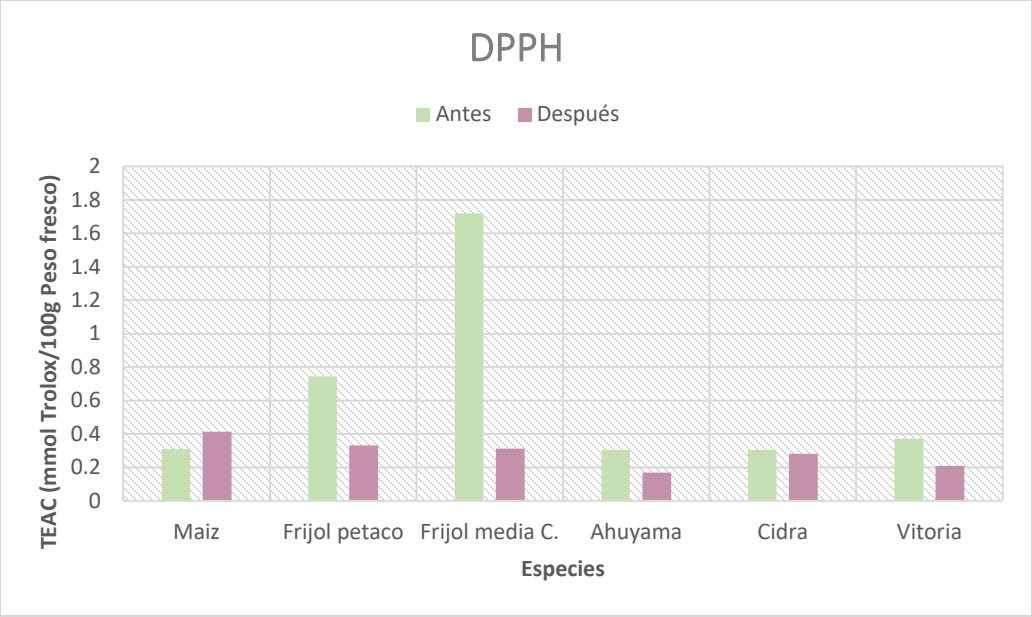

Figura 3. DPPH antes y después de cocción

FRAP

Los resultados de la actividad antioxidante medida por FRAP – capacidad reductora, muestran los valores más altos para el frijol petaco (254,3 mg AAE/ 100 g) y el frijol media cara (100,1 mg AEE/ 100g). Por otro lado, al realizar el ANOVA se pudo observar diferencias estadísticamente significativas entre las plantas y en la interacción plantas: estado (crudo/ cocción). Al comparar los resultados con la prueba Tuckey no se observó diferencias estadísticamente significativas después del proceso de cocción para la ahuyama, la vitoria, el maíz y la cidra a diferencia del frijol petaco y el frijol media cara ($P<0,05$) (figura 4.), lo que sugiere que la capacidad reductora si fue afectada por el proceso de cocción en las leguminosas.

Para la prueba FRAP, el maíz presentó un valor de 41,39 mg AAE/ 100 g, aunque se han realizado diferentes estudios en esta planta (Capocchi et al., 2017; Mansilla, 2018; Ramos-Escudero et al., 2012) los valores reportados no son comparables, debido a que la curva patrón fue diseñada con trolox y en todos los casos, las muestras, correspondían a variedades de maíces con diferentes pigmentos (rojo, morado, negro), en estudio se utilizó el maíz blanco.

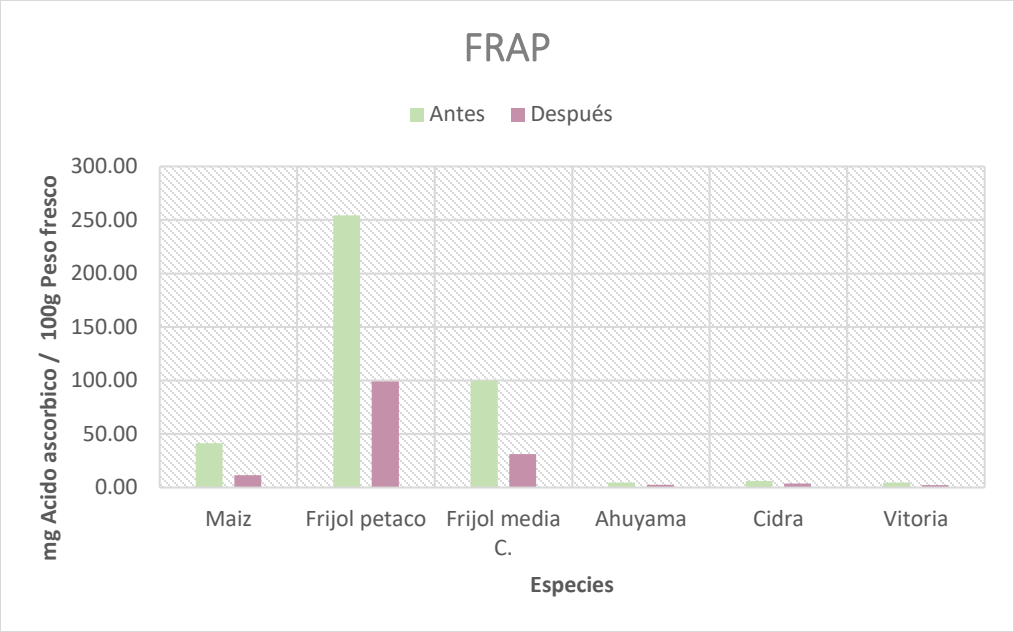

Figura 4. FRAP antes y después de cocción

Yacón

Para el yacón crudo se encontraron fenoles totales de 32,23 mg GAE/ 100 g y actividad antioxidante medida por ABTS, DPPH Y FRAP de 0,393 mmol trolox/ 100 g, 0,426 mmol trolox/ 100 g y 27,27 mg AAE/ 100 g respectivamente. Arnao et al. (2011) en su estudio sobre extractos de raíces de yacón reportaron fenoles totales entre 217,5-352,4 µg de GAE/mL estos resultados son similares a los de esta investigación asumiendo que la densidad es uno. En el caso de ABTS Pereira et al. (2016) encontraron 274.8+39.9 µmol trolox/ g en la pulpa de yacón, estos valores son mayores a los obtenidos en esta investigación, variación que podría estar relacionada con el planteamiento metodológico (solvente y condiciones de extracción). Finalmente, Khajehei et al. (2018) en su estudio actividad antioxidante, fitoquímicos y azúcares contenidos en la pulpa, cáscara y tubérculos enteros de yacón mostraron resultados para DPPH y FRAP, sin embargo, estos valores no son comparables debido a que en cada caso la construcción de la curva patrón se realizó con antioxidantes diferentes a los utilizados aquí.

CONCLUSIÓN

Las especies de frijol evaluadas poseen una alta capacidad antioxidante que podría atribuirse a sus niveles de fenoles totales. Aunque el tratamiento térmico disminuyó el nivel de actividad antioxidante en los frijoles, estas leguminosas deberían considerarse dentro del consumo habitual bien sea en grano entero o como ingrediente en el desarrollo de nuevos agro productos como harinas y hummus.

Los métodos de cocción pueden producir cambios significativos en la composición química de los alimentos, lo que indica que se necesitan análisis con diferentes condiciones de calentamiento (tiempo, temperatura) que aporten información acerca de la variación de la actividad antioxidante y el contenido total de compuestos bioactivos.

A partir de las pruebas realizadas se concluye que podría haber una amplia gama de compuestos bioactivos en estas especies, por lo tanto, se requieren análisis cualitativos y cuantitativos más detallados que permitan para realizar una caracterización completa.

REFERENCIAS

Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Antioxidant activity of grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*(21), 6182–6187. https://doi.org/10.1021/jf0205099

Albarracin, G. de, Lopez, R. V. L., Arellano, M. L. de, Marchesvky, E., & L.Escudero, N. (2010). Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Fruit on Sechium edule. *Natural Products An Indian Journal*, *6*(2), 468–469. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/92879

Alemán Pérez, R., Medina, C. B., Socorro Castro, A., & García Batista, M. (2017). *Desarrollo Del Zapallo (Cucurbita Máxima) Con Sis-Tema De Fertilización Mineral Y Orgánica En Las Con-Diciones De La Amazonía Ecuatoriana*. 169–175. http://aes.ucf.edu.cu/index.php/

Alvarado-López, A. N., Gómez-Oliván, L. M., Heredia, J. B., Baeza-Jiménez, R., Garcia-Galindo, H. S., & Lopez-Martinez, L. X. (2019). Nutritional and bioactive characteristics of Ayocote bean (Phaseolus coccienus L.): An underutilized legume harvested in Mexico. *CYTA - Journal of Food*, *17*(1), 199–206. https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1571530

Alvarez, L., & Turbay, S. (2009). El fríjol petaco (Phaseolus coccineus) y la maravilla (Phaedranassa sp.): aspectos etnobotánicos de dos plantas alimenticias de origen americano en el oriente antioqueño, Colombia. *Agroalimentaria*, *15*(29), 101–113.

Antonio-Estrada, C., Hernández, M. A. S., & Vázquez, J. P. A. (2018). Caracterización parcial del chilacayote (Cucurbita ficifolia Bouché), como alternativa de uso industrial para la región Cañada de Oaxaca. *Journal Nutrition*, *22*(universidad de papaloapan, Oaxaca-Mexico), 3–12. https://www.researchgate.net/publication/328792634%0ACaracterización

Arnao, I., Seminario, J., Cisneros, R., & Trabucco, J. (2011). Antioxidant potential of 10 yacon Smallanthus sonchifolius (Poepp. & Endl.) H. Robinson accessions native from Cajamarca - Peru. *Anales de La Facultad de Medicina*, *72*(3), 239–243. http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/anales/v72n4/pdf/a03v72n4.pdf

Bedoya, R. A., & Maldonado, M. E. (2022). Características nutricionales y antioxidantes de la especie de frijol petaco (Phaseolus coccineus). *Revista Chilena de Nutrición*, *49*(1), 34–42. https://doi.org/10.4067/S0717-75182022000100034

Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, *239*(1), 70–76. https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, *28*(1), 25–30. https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5

Capocchi, A., Bottega, S., Spanò, C., & Fontanini, D. (2017). Phytochemicals and antioxidant capacity in four Italian traditional maize (Zea mays L.) varieties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *68*(5), 515–524. https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1261809

Castillo, U. G., Joachin, E. A., Martínez, M. L., Velásquez, E., Pacas, L., & Núñez, M. J. (2021). *Capacidad*

antioxidante y contenido de cafeína en Cafés especiales de El Salvador Antioxidant capacity and caffeine content in specialty coffees from El Salvador. *4*, 75–84. https://minerva.sic.ues.edu.sv

Cerillo, A. (2019). *La pérdida de biodiversidad pone a la humanidad en riesgo, alertan los expertos de la ONU*. La Vanguardia. https://www.lavanguardia.com/natural/20190506/462060533339/biodiversidad.html

Choque Delgado, G. T., da Silva Cunha Tamashiro, W. M., Maróstica Junior, M. R., & Pastore, G. M. (2013). Yacon (Smallanthus sonchifolius): A Functional Food. *Plant Foods for Human Nutrition*, *68*(3), 222–228. https://doi.org/10.1007/s11130-013-0362-0

Contreras, D. E., Alor, R. A., & Macavilca, E. A. (2019). *Actividad antioxidante de extractos de semillas de uvas recuperadas del residuo sólido de actividades vitivinícolas en el Valle de Cañete , Perú Antioxidant activity of grape seed extracts recovered from solid residue of viticulture activities in Cañete V*.

Corporación grupo semillas de Colombia. (2015). *Las semillas patrimonio de los pueblos, en manos de los agricultores* (D. Jaimes, L. Gutiérrez, & G. Vélez (eds.)). ARFO Editores e Impresores Ltda.

Corzo-Ríos, L. J., Sánchez-Chino, X. M., Cardador-Martínez, A., Martínez-Herrera, J., & Jiménez-Martínez, C. (2020). Effect of cooking on nutritional and non-nutritional compounds in two species of Phaseolus (P. vulgaris and P. coccineus) cultivated in Mexico. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *20*(March), 100206. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100206

Dávalos, L. M., Sears, R. R., Raygorodetsky, G., Simmons, B. L., Cross, H., Grant, T., Barnes, T., Putzel, L., & Porzecanski, A. L. (2003). Regulating access to genetic resources under the Convention on Biological Diversity: An analysis of selected case studies. *Biodiversity and Conservation*, *12*(7), 1511–1524. https://doi.org/10.1023/A:1023615303748

de Almeida Paula, H. A., Abranches, M. V., & de Luces Fortes Ferreira, C. L. (2015). Yacon (Smallanthus Sonchifolius): A Food with Multiple Functions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *55*(1), 32–40. https://doi.org/10.1080/10408398.2011.645259

Delgado Paredes, G., Rojas Idrogo, C., Sencie Tarazona, A., & Vasquez Nuñez, L. (2014). CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS Y SEMILLAS DE ALGUNAS CUCURBITÁCEAS EN EL NORTE DEL PERÚ CHARACTERIZATION OF FRUITS AND SEEDS OF SOME CUCURBITS IN NORTHERN PERÚ Guillermo E . Delgado-Paredes *, Consuelo Rojas-Idrogo , Ángela Sencie-Tarazona y Leopoldo Vásquez-N. *Revista Fitotecnica*, *37*(1), 7–20.

Dini, I., Tenore, G. C., & Dini, A. (2013). Effect of industrial and domestic processing on antioxidant properties of pumpkin pulp. *Lwt*, *53*(1), 382–385. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.01.005

Frías, J., Ramírez, G., de la Paz Lorente, C., Herrero, C., & Acosta, Y. (2016). Sechium edule (jacq) sw: potencia fitoterapéutica como agente antibacteriano. *Medisur*, *14*(6), 664–670.

Garcia, I., & Pineda, H. R. (2016). *Determinación cuantitativa de la capacidad antioxidante presente en las semillas de ahuyama (cucurbita máxima) hortaliza típica del Quindío Quantitative determination of antioxidant capacity found in ahuyama seeds (cucurvita máxima), a vegetable typic*. 193–197.

Gómez G., L. K., Restrepo, J., & Pachón, H. (2010). Caracterización del consumo de maíz y fríjol en familias del departamento del Cauca, Colombia. *Perspectivas En Nutrición Humana*, *12*(1), 87–98.

Govindaraj, M., Masilamani, P., Albert, V. A., & Bhaskaran, M. (2017). Role of antioxidant in seed quality-A review. *Agricultural Reviews*, *38*(03). https://doi.org/10.18805/ag.v38i03.8977

Granito, M., Brito, Y., & Torres, A. (2007). Chemical composition, antioxidant capacity and functionality of raw and processed Phaseolus lunatus. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *87*(15), 2801–2809. https://doi.org/10.1002/jsfa.2926

Gulcin, İ. (2020). Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. In *Archives of Toxicology* (Vol. 94, Issue 3). https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3

Gutiérrez Escobar, L., & Fitting, E. (2016). The Red de Semillas Libres: Contesting Biohegemony in Colombia. *Journal of Agrarian Change*, *16*(4), 711–719. https://doi.org/10.1111/joac.12161

Harakotr, B., Suriharn, B., Tangwongchai, R., Scott, M. P., & Lertrat, K. (2014). Anthocyanin, phenolics and antioxidant activity changes in purple waxy corn as affected by traditional cooking. *Food Chemistry*, *164*, 510–517. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.069

Ibrahim, T. A., El-Hefnawy, H. M., & El-Hela, A. A. (2010). Antioxidant potential and phenolic acid content of certain cucurbitaceous plants cultivated in Egypt. *Natural Product Research*, *24*(16), 1537–1545. https://doi.org/10.1080/14786419.2010.489049

Khajehei, F., Merkt, N., Claupein, W., & Graeff-Hoenninger, S. (2018). Yacon (smallanthus sonchifolius poepp. And endl.) as a novel source of health promoting compounds: Antioxidant activity, phytochemicals and sugar content in flesh, peel, and whole tubers of seven cultivars. *Molecules*, *23*(2), 1–18. https://doi.org/10.3390/molecules23020278

Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, *25*(4), 726–732. https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016

Lim, T. K. (2012). Edible medicinal and non-medicinal plants: Volume 2, fruits. *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 2, Fruits*, *2*, 1–1088. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1764-0

López-Alarcón, C., & Denicola, A. (2013). Evaluating the antioxidant capacity of natural products: A review on chemical and cellular-based assays. *Analytica Chimica Acta*, *763*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.aca.2012.11.051

López-Mejía, O. A., López-Malo, A., & Palou, E. (2014). Capacidad antioxidante de subproductos de semillas de amaranto (Amaranthus hypochondriacus). *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, *64*(1), 50–58.

Mansilla, P. (2018). *Evaluación del valor nutricional de maíces especiales (Zea mays L.):selección para la calidad agroalimentaria*. 285. https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/6107/Mansilla%2C P. S. Evaluación del valor nutricional de maíces especiales...pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mejía Lotero, F. M., Salcedo Gil, J. E., Vargas Londoño, S., Serna Jiménez, J. A., & Torres Valenzuela, L. S. (2018). CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE TUBÉRCULOS ANDINOS (Tropaeolum tuberosum y Ullucus tuberosus) TT - ANTIMICROBIAL AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF ANDEAN TUBERS (Tropaeolum tuberosum y Ullucus tuberosus). *Rev. Udca Actual. Divulg. Cient*, *21*(2), 449–456. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&amp%0Apid=S0123-42262018000200449

Miglio, C., Chiavaro, E., Visconti, A., Fogliano, V., & Pellegrini, N. (2008). Effects of Different Cooking

Methods on Nutritional and Physicochemical Characteristics of Selected Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *56*(1), 139–147.

Miranda-Villa, P. P., Marrugo-Ligardo, Y. A., & Montero-Castillo, P. M. (2013). Caracterización funcional del almidón de fríjol Zaragoza (Phaseolus Lunatus L.) y cuantificación de su almidón resistente. *TecnoLógicas*, *30*, 17. https://doi.org/10.22430/22565337.80

Montaño, M. E., Sanabria-Diago, O. L., Manzano, R., & Quilindo, O. (2021). Biocultural route for the conservation of native and creole seeds in the indigenous territory of Puracé, Cauca. *Revista U.D.C.A Actualidad and Divulgacion Cientifica*, *24*(1), 1–8. https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1771

Mosquera-Martínez, O. M., Obando-Cabrera, M. A., & Ortega-Cano, N. (2020). Chemistry characterization and antioxidant activity of mangosteen (Garcinia mangostana L., clusiaceae) cultivated in Colombia. *Boletin Latinoamericano y Del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*, *19*(2), 167–178.

Moure, A., Cruz, J. M., Franco, D., Manuel Domínguez, J., Sineiro, J., Domínguez, H., Núñez, M. J., & Carlos Parajó, J. (2001). Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*, *72*(2), 145–171. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00223-5

Neha, K., Haider, M. R., Pathak, A., & Yar, M. S. (2019). Medicinal prospects of antioxidants: A review. *European Journal of Medicinal Chemistry*, *178*, 687–704. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.06.010

Ordoñez-Gómez, E. S., Reátegui-Díaz, D., & Villanueva-Tiburcio, J. E. (2018). Total polyphenols and antioxidant capacity of peel and leaves in twelve citrus. *Scientia Agropecuaria*, *9*(1), 123–131. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.13

Ordoñez, E. S., Leon-Arevalo, A., Rivera-Rojas, H., & Vargas, E. (2019). Quantification of total polyphenols and antioxidant capacity in skins and seeds from cacao (Theobroma cacao L.), tuna (Opuntia ficus indica Mill), grape (Vitis Vinífera) and uvilla (Pourouma cecropiifolia). *Scientia Agropecuaria*, *10*(2), 175–183. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.02

Oyeleke, A. W., Oluwajuyitan, D. T., Oluwamukomi, O. M., & Enujiugha, N. V. (2019). Amino Acid Profile, Functional Properties and In-vitro Antioxidant Capacity of Cucurbita maxima and Cucurbita mixta Fruit Pulps and Seeds. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, *10*(4), 224–241. https://doi.org/10.9734/ejnfs/2019/v10i430117

Pastor-Cavada, E., Juan, R., Pastor, J. E., Alaiz, M., & Vioque, J. (2016). A Comprehensive Approach to Antioxidant Activity in the Seeds of Wild Legume Species of Tribe Fabeae. *Journal of Botany*, *2016*. https://doi.org/10.1155/2016/8926765

Pellegrini, N., Miglio, C., Del Rio, D., Salvatore, S., Serafini, M., & Brighenti, F. (2009). Effect of domestic cooking methods on the total antioxidant capacity of vegetables. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *60*(SUPPL. 2), 12–22. https://doi.org/10.1080/09637480802175212

Pereira, J. A. R., Teixeira, M. C., Saczk, A. A., Barcelos, M. de F. P., Oliveira, M. F. de, & Abreu, W. C. de. (2016). Total antioxidant activity of yacon tubers cultivated in Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, *40*(5), 596–605. https://doi.org/10.1590/1413-70542016405009416

Quijano-Abril, M. A. (2016). *Flora del Oriente Antioqueño Biodiversidad, ecología y estrategias de conservación*. ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES FONDO

EDITORIAL UNIVERSIDAD CATÓLICA DE ORIENTE COLECCIÓN JORGE ÁLVAREZ LLERAS No. 32.

Ramos-Escudero, F., Muñoz, A. M., Alvarado-Ortíz, C., Alvarado, Á., & Yáñez, J. A. (2012). Purple corn (Zea mays L.) phenolic compounds profile and its assessment as an agent against oxidative stress in isolated mouse organs. *Journal of Medicinal Food*, *15*(2), 206–215. https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0342

Rangel - Ch., J. O. (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *39*(51), 176. https://doi.org/10.18257/raccefyn.136

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, *26*(9–10), 1231–1237. https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3

Sathe, S. K. (2002). Dry bean protein functionality. *Critical Reviews in Biotechnology*, *22*(2), 175–223. https://doi.org/10.1080/07388550290789487

Seminario, J., Valderrama, M., & Manrique, I. (2003). *El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio*. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza del Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).

Simonovska, B., Vovk, I., Andrenšek, S., Valentová, K., & Ulrichová, J. (2003). Investigation of phenolic acids in yacon (Smallanthus sonchifolius) leaves and tubers. *Journal of Chromatography A*, *1016*(1), 89–98. https://doi.org/10.1016/S0021-9673(03)01183-X

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in Enzymology* (Vol. 299, pp. 152–178). Academic Press. https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Sulaiman, S. F., Ooi, K. L., & Supriatno. (2013). Antioxidant and α-glucosidase inhibitory activities of cucurbit fruit vegetables and identification of active and major constituents from phenolic-rich extracts of lagenaria siceraria and sechium edule. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*(42), 10080–10090. https://doi.org/10.1021/jf4031037

Sun, M., & Johnson, M. A. (2015). Measurement of total antioxidant capacity in sub-µL blood samples using craft paper-based analytical devices. *RSC Advances*, *5*(69), 55633–55639. https://doi.org/10.1039/c5ra06479a

Vieira, E. F., Pinho, O., Ferreira, I. M. P. L. V. O., & Delerue-Matos, C. (2019). Chayote (Sechium edule): A review of nutritional composition, bioactivities and potential applications. *Food Chemistry*, *275*, 557–568. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.146

Xu, B., & Chang, S. K. C. (2009). Total phenolic, phenolic acid, anthocyanin, flavan-3-ol, and flavonol profiles and antioxidant properties of pinto and black beans (Phaseolus vulgaris L.) as affected by thermal processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(11), 4754–4764. https://doi.org/10.1021/jf900695s

Zapata-Vahos, I. C., Rojas-Rodas, F., David, D., Gutierrez-Monsalve, J. A., & Castro-Restrepo, D. (2020). Comparison of antioxidant contents of green and red leaf lettuce cultivated in hydroponic systems in greenhouses and conventional soil cultivation. *Revista Facultad Nacional de Agronomia Medellin*, *73*(1), 9077–9088. https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.77279