

## **Frutas tropicales como fuentes de antioxidantes y sus perspectivas en la industria de bebidas**

### **Tropical fruits as sources of antioxidants and their perspectives in the beverage industry**

VÁZQUEZ-BRIONES, María Del Carmen†\*, CHAVEZ-REYES, Yanet y MATA-GARCÍA, Moisés

*Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz. Departamento de Ingeniería Química. Av. Universidad Tecnológica. Lote Grande, Núm. 1. C.P.:96360*

*Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas. Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Carretera las Choapas-Cerro de Nanchital Km6. Col. J. Mario Rosado, Las Choapas, Veracruz, C.P. 96980*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *María Del Carmen, Vázquez-Briones* / **ORC ID:** 0000 000261869004, **Researcher ID Thomson:** F-9484-2019, **CVU CONACYT ID:** 92265

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Yanet, Chavez-Reyes* / **ORC ID:** 0000-0001-7205-8664, **Researcher ID Thomson:** A-2278-2013, **CVU CONACYT ID:** 286143

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Moisés, Mata-García* / **ORC ID:** 0000-0001-5626-9074, **Researcher ID Thomson:** S-7653-2018, **CVU CONACYT ID:** 92229

M. Vázquez, Y. Chavez y M. Mata

maría.vazquez.b@utsv.edu.mx

J. Olives (Dr.). Ciencias biológicas y químicas. Proceedings-©ECORFAN-Mexico, 2019.

## Abstract

Currently consumers prefer to consume natural products free of synthetic additives. Therefore, in the near future it is expected the application of natural antioxidants as substitutes for synthetic additives, so it will be necessary to study these molecules in more detail and find sources from which to obtain them to revalue the great variety of existing tropical fruits and byproducts of agroindustry to formulate food for the prevention of diseases. Therefore, the purpose of this work was to address the importance of the consumption of tropical fruits and their antioxidant properties, and the methods for the determination of the antioxidant content, which allows to establish future products of the food industry of beverages with bioactive compounds formulated based on tropical fruits. Through a literature review of the topics: oxidative stress causing diseases, antioxidant activity, recent studies of antioxidant content in tropical fruits and agroindustrial residues, importance of tropical fruit antioxidants in the prevention of diseases, compounds with antioxidant capacity, methods to determine the antioxidant content, finally the authors present an outline of the future perspective for the market of the food industry of beverages formulated tropical fruits with high content of antioxidants.

## Frutas, Antioxidante, Bebidas

### Introducción

Actualmente se ha incrementado el consumo de fruta fresca en todo el mundo. Este aumento está asociado con diversos factores: los consumidores buscan productos saludables para un mayor cuidado de la salud y aspectos nutricionales en los alimentos, para evitar el consumo de conservadores químicos que en estudios experimentales han demostrado causar efectos nocivos a la salud, campañas publicitarias sobre los beneficios del consumo de frutas y verduras, tendencia a liberar horarios y costos (que aumenta la sustitución de comidas rápidas. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha demostrado que la comercialización a nivel mundial, de productos de frutas ha crecido más de cinco veces. Se tienen reportes que, en los últimos 15 años, la producción mundial de fruta fue de 773.8 millones de toneladas en el año 2012 (FAO FAOSTAT, 2017). La fruticultura es considerada uno de los segmentos agrícolas más rentables, atrayendo la atención no solo de los empresarios rurales, agricultores, también de las agencias gubernamentales. Sin embargo, existe pérdidas de estos productos después de la cosecha, estimándose en un rango de 20 a 40% en países en vías de desarrollo y 10-15% en países desarrollados Ding (2017). De igual forma, el sector de bebidas a base de frutas, jugos concentrados, han sido creciendo en los últimos años. Con respecto al segmento de zumos de frutas el mercado a nivel mundial se mueve alrededor de los US \$ 5.0 mil millones/año. Por lo tanto, el mercado internacional de zumos y sus derivados está en pleno desarrollo. Los jugos de frutas tropicales son una opción popular de bebidas, tanto para adultos como para niños por su sabor, color amigable y propiedades nutricionales. A pesar de la gran variedad de frutas tropicales con deliciosos sabores exóticos, que presentan un excelente potencial de mercado, hay pocos productos (jugos de fruta) comerciales de especies tropicales (Maia, da Silva, do Prado, Fonseca, de Sousa, y de Figueiredo 2019). Las frutas exóticas se utilizan cada vez más, con excelentes oportunidades de innovación (Moura Neto et al., 2016). Los componentes más abundantes en frutas tropicales son el agua y los carbohidratos. Con valor nutricional: las vitaminas y los minerales. También contiene fibra dietética que ayudan al paso del tracto gastrointestinal y compuestos antioxidantes, que actúan para disminuir o inhibir radicales libres en el cuerpo. En el estado de Veracruz, México se produce una gran variedad de frutas tropicales como: guayaba, nanche, mango, piña, papaya, plátano, cítricos, sandía, coco, pitahaya, chico zapote, guanábana, tamarindo, naranja, mandarina, por mencionar algunas, gracias al tipo de clima que prevalece. Debido a que existe un interés por la búsqueda de antioxidantes de origen natural, especialmente aquellos que están presentes en frutas tropicales, y al consumo de frutas que ha sido asociado con la disminución del riesgo de padecer enfermedades provocadas por el estrés oxidativo (Gülçin, 2012). En este contexto, es necesario buscar alternativas para la industrialización de frutas tropicales producidas en el estado de Veracruz, México que permita aprovechar al máximo estos productos.

Actualmente los consumidores prefieren consumir productos naturales libres de aditivos sintéticos. Por tanto, en un futuro cercano se espera la aplicación de antioxidantes naturales como sustitutos de aditivos sintéticos, por lo que será necesario estudiar con más detalle estas moléculas y encontrar fuentes de donde obtenerlos para revalorizar la gran variedad de frutas tropicales existentes y los subproductos de la agroindustria para formular alimentos para la prevención de enfermedades.

El propósito de este trabajo fue abordar la importancia del consumo de frutas tropicales y sus propiedades antioxidantes, y los métodos para la determinación del contenido de antioxidantes, que permita a futuro establecer productos de la industria alimentaria de bebidas con compuestos bioactivos formulados a base de frutas tropicales, cultivadas en el estado de Veracruz, México.

En este capítulo se indaga el tema de estrés oxidativo causante de enfermedades en personas, se define la actividad antioxidante y se da a conocer resultados de estudios del contenido de antioxidantes obtenidos a partir de frutas tropicales y residuos agroindustriales, también se menciona la importancia de los antioxidantes presentes en frutas tropicales en la prevención de enfermedades. Se dan a conocer compuestos que presentan capacidad antioxidante, su contenido en frutas tropicales y métodos para determinar el contenido de antioxidante, de igual forma se da a conocer un esbozo de la perspectiva del futuro para el mercado de la industria alimentaria de bebidas y por último consideraciones finales de por parte de los autores.

### **Estrés oxidativo causante de enfermedades en las personas**

El oxígeno es un metabolito esencial para la vida. Sin embargo, puede ser altamente dañino para el organismo y para los alimentos que consumimos si su actividad no es controlada. Uno de los efectos negativos del oxígeno es que provoca oxidación de los lípidos o rancidez oxidativa. Este proceso se inicia en los alimentos por las llamadas especies reactivas del oxígeno (ROS), sin embargo, también se pueden formar en organismos vivos como consecuencia de la actividad metabólica. Ciertos procesos metabólicos requieren de la participación de los ROS, por lo cual, el control de la formación y destrucción de los ROS es de gran importancia (Descalzo et al, 2008). El estrés oxidativo es uno de los principales factores causantes de muchas enfermedades humanas (Jeong et al. 2019) y se define como un desequilibrio en el balance entre la formación y destrucción de los ROS, y es en este proceso donde los antioxidantes tienen una función protectora importante. Los sistemas in vivo que el ser humano posee contra el daño oxidativo pueden clasificarse en tres líneas de defensa: la primera consiste en la inhibición de la formación de especies reactivas de oxígeno y de radicales libres a través del secuestro de iones metálicos, por reducción de hidroperóxidos y peróxido de hidrógeno y por captación de oxígeno singlete.

Por esta razón, en los últimos años, el estudio de la química de los radicales libres ha sido objeto de diversos estudios, debido a que son especies de oxígeno reactivas (ROS) y especies de nitrógeno reactivas (RNS) generadas por nuestro cuerpo por varios sistemas endógenos, se encuentran expuestos a diferentes tipos de estrés o estados patológicos. Si los radicales libres superan la capacidad del cuerpo para regularlos, se produce una condición conocida como estrés oxidativo, por lo tanto, se requiere un equilibrio entre los radicales libres y los antioxidantes para una función fisiológica adecuada. El estrés oxidativo puede alterar severamente lípidos y proteínas (oxidación), rompimiento del ADN y desencadenar daños en la salud humana. Por lo tanto, el suministro de antioxidantes a través de los alimentos puede coadyuvar al control del estrés oxidativo y disminuir el riesgo del daño celular causante de enfermedades degenerativas.

De acuerdo con las evidencias anteriores, actualmente los consumidores se inclinan hacia alimentos de alto valor nutricional, pero que además aporten beneficios a la salud humana. A este tipo de alimentos, se les denomina “alimentos funcionales”, los cuales son aquellos alimentos naturales, procesados o mínimamente procesados que además de sus componentes nutritivos contienen ciertos compuestos (metabolitos secundarios) que desempeñan una función específica en las funciones fisiológicas del organismo, favoreciendo el estado físico y mental de las personas. Un gran número de investigaciones han demostrado que las frutas favorecen el balance de radicales libres a través del suministro de compuestos bioactivos debido a su capacidad antioxidante, atribuida principalmente a compuestos fenólicos que se sabe, protegen al organismo contra los daños causados por las especies reactivas al oxígeno (Kaur, C. y Kapoor, H. C. 2001; María do Socorro et al. 2010; Allothman, et al. 2009; Mahattanatawee, et al. 2006; Shahidi, et al. 2003).

De los antioxidantes que absorben radicales, los principales representantes de este grupo son la vitamina liposoluble E y la hidrosoluble C. Ambas captan radicales e inhiben la reacción en cadena o rompen la reacción de propagación. Los compuestos polifenólicos también pueden actuar como potentes antioxidantes absorbedores de radicales.

Los antioxidantes tienen acción estabilizadora sobre los radicales libres inhibiendo la peroxidación lipídica, proceso que está involucrado en el desarrollo de diversas enfermedades comunes, en las que se incluyen la aterosclerosis y desórdenes neurodegenerativos como la enfermedad de Alzheimer entre otras (Beneficios de la vitamina C en fumadores con enfermedad coronaria. Numerosos compuestos presentes en las frutas como la vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol), vitamina C (ácido ascórbico),  $\beta$ caroteno (pro-vitamina A), compuestos fenólicos y flavonoides, se han relacionado a efectos positivos en la salud debido a su efecto antioxidante (Rojas-Barquera & Narváez-Cuenca, 2009a). Estudios recientes indican que el consumo frecuente de frutas se asocia con un menor riesgo de accidente cerebrovascular y cáncer. Este efecto protector está relacionado con el contenido de antioxidantes en las frutas (Saura-Calixto & Goni, 2006).

### **Actividad antioxidante**

La capacidad antioxidante de los alimentos está determinada por una mezcla de compuestos antioxidantes con diferentes mecanismos de acción (Moo et al., 2014, 2015); como tal pueden unirse a polímeros biológicos, como enzimas, transportadores de hormonas, y ADN; quelar iones metálicos transitorios, tales como hierro, cobre, zinc; catalizar el transporte de electrones, y depurar radicales libres (Martínez et al. 2002). La actividad antioxidante denota la capacidad de un compuesto bioactivo para mantener la estructura y función celular al eliminar de manera efectiva los radicales libres, inhibiendo las reacciones de peroxidación de lípidos y previniendo otros daños oxidativos. También es la base de muchas otras funciones biológicas, como los anticancerosos, antiinflamatorios y antienvjecimiento. Se ha sugerido que la prevención de muchas enfermedades crónicas, como el cáncer, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares, se asocia con la actividad antioxidante. Por lo tanto, un estudio profundo de los antioxidantes naturales, obtenidos de frutas tropicales es de gran importancia para la salud humana (Zou et al. 2016). Sin embargo, debe considerarse que la capacidad antioxidante de las frutas frescas crudas es dependiente principalmente del estado de madurez, estrés, tipo de cultivar, condiciones ambientales, prácticas de cultivo y cosecha, pero sin duda alguna los cambios más importantes ocurren durante el manejo postcosecha y procesamiento.

### **Antioxidantes obtenidos a partir de frutas tropicales y residuos agroindustriales**

Los compuestos fenólicos son componentes que han demostrado tener un rango amplio de propiedades fisiológicas, en la salud, como anti-alérgicas, anti-aterogénicas, anti-inflamatorias, antivirales (Li y Forstermann, 2012). Muchas de estas propiedades fisiológicas han sido atribuidas a su efecto antioxidante ejercido de manera directa como secuestrantes de radicales libres. Los subproductos agrícolas poseen compuestos fenólicos, por ejemplo, las semillas de frutas como mango, jaca, tamarindo que han mostrado tener mayor contenido de compuestos que la pulpa de la misma fruta (Soong y Barlow, 2004). Murillo (2000) demostró que el marañón de variedad rojo y amarillo tienen mayor capacidad antioxidante en comparación con algunas frutas tropicales como la naranja, maracuyá, noni, guayaba, carambola. 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. Los subproductos del marañón rojo y amarillo presentan alto contenido de fenoles, bagazo: 194.03 mg EAG/100 g, 166.28 mg EAG/100 g; Cáscara; 220.82 mg EAG/100 g, 213.62 mg EAG/100 g y fruto completo: 197.33 mg EAG/100 g, 168.08 mg EAG/100 g, respectivamente (Morales et al. 2018). Huchin et al. (2014), mencionan que la pulpa del marañón rojo contiene un alto contenido de fenoles. Para la conservación de los compuestos bioactivos del marañón, Morales et al. (2018) emplearon microondas como alternativas al horno convencional para la deshidratación de alimentos, ya que conserva las características fisicoquímicas, organolépticas, así como la capacidad antioxidante del alimento.

Los subproductos de la carambola también han demostrado contenido de fenoles, Muñoz et al. (2009) comprobaron que las cáscaras de carambola, guinda, tomate de árbol y camu contienen alto contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante y son fuentes disponibles para la formulación de alimentos funcionales. La carambola pintona contiene mayor actividad antioxidante respecto a la fruta madura (Vargas, 2008); Rodiz et al. 2018) comprobaron que el bagazo de marañón deshidratado por microondas contiene mayor contenido de fenoles y capacidad antioxidante en comparación con el bagazo fresco. Los subproductos del mango, en especial la cáscara representa del 15 al 20% del peso total del fruto (Serna et al. 2016), y se ha encontrado que es una buena fuente de fitoquímicos como polifenoles, carotenoides, vitamina C y E, que han mostrado buenas propiedades antioxidantes, además se ha indicado que el contenido de polifenoles es mayor en la cáscara del mango que en la pulpa (Kim et al. 2010). Por lo cual, estos subproductos pueden ser aprovechados en la industria con el fin de obtener nuevos ingredientes que puedan ser incorporados en matrices alimentarias. Serna et al. (2015) evaluaron el aprovechamiento de cáscara de mango en la obtención de polvos alimentarios como fuente de ingredientes funcionales; encontraron que estos contienen antocianinas, carotenoides, licopeno y ácido ascórbico, y que además tienen una alta capacidad de retención de agua, por lo cual podría tener aplicaciones como agentes emulsionantes. En este sentido, Ajila et al. (2007) mencionan que la cáscara del mango tiene una buena actividad antioxidante y por tanto se puede utilizar para obtener alimentos nutraceuticos y funcionales, debido a que estos antioxidantes han despertado un considerable interés por su potencial valor nutricional y terapéutico. La cáscara de piña también posee alto contenido de fenoles, Li et al. (2012). Su contenido es superior al plátano, similar a la carambola, pero menor a la uva, manzana (Luximon et al. 2005). Los carotenoides son los responsables de color en los frutos rojos, amarillos y anaranjados (Meléndez et al. 2015), gran parte de los subproductos agroalimentarios están compuestos por este pigmento. Los subproductos del marañón rojo y amarillo presentan alto contenido de carotenoides, bagazo: 9.86 mg/100 g, 8.32±0.05 mg/100 g; Cáscara; 16.51 mg/100 g, 12.32±0.06 mg/100 g y fruto completo: 14.48±0.06 mg/100 g, 13.32±0.04 mg/100 g respectivamente (Morales et al. 2018). Un alimento con antioxidante de alto consumo es la guayaba (*Psidium guajava* L.) que contiene vitaminas A, C y polifenoles. Al estudiarse la fruta fresca, la piel, la pulpa y toda la capa externa (casco) se observa un mayor contenido de polifenoles (base húmeda) en la piel del fruto y después en la pulpa y el casco (Palomino, Guija y Lozano, 2009).

### **Importancia de los antioxidantes de frutas tropicales en la prevención de enfermedades**

En la actualidad los problemas de salud pública se centran en el envejecimiento de la población y en el aumento de la prevalencia de determinadas enfermedades crónicas (Herrera et al. 2014). Las principales investigaciones demuestran que el uso de compuestos bioactivos derivados de plantas como fuente de ingredientes funcionales en los productos alimenticios puede disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas. En consecuencia, se ha demostrado que las frutas son la principal fuente de sustancias biológicamente activas, que contribuyen a su potencial quimiopreventivo (Mahattanatawee et al. 2006; Dembitsky et al. 2011; Jiménez et al. 2011). De igual forma, los extractos de residuos provenientes de frutas y vegetales también son considerados como potenciales recursos nutraceuticos por sus compuestos bioactivos presentes en ellas (Dembitsky et al. 2011). El marañón es una fruta fibrosa que contiene varias moléculas bioactivas tales como polifenoles, taninos, ácido anacárdico, carotenoides y vitamina C (Deenanath et al. 2015). Con actividades antiproliferativas, antimicrobianas y anti-inflamatorio que se han descubierto en los extractos de las hojas y la corteza del tronco del *anacardium* (Santos et al. 2006), Por lo que es importante su estudio para su aplicación en terapias antimicrobianas y anticancerígenos. Dias-souza (2017) mostró que los extractos del jugo de marañón son activos contra las células planctónicas de las cepas *S. aureus*, debido a que el zumo del marañón es rico en nutrientes, por lo que detectó actividades antimicrobianas comparados con fármacos. Olatunji et al. (2005) evaluaron la actividad antidiabética de la planta del marañón en ratas alimentadas con fructosa (diabéticas) y normales, demostraron que la administración oral crónica de extracto de la corteza del marañón a una dosis de 200.0 mg/kg de peso corporal, puede ser un agente antihiper glucémico alternativo seguro que tiene un efecto beneficioso al mejorar la glucosa en plasma y los lípidos en ratas diabéticas inducidas por fructosa, que se asocia con una reducción de la peroxidación lipídica.

La carambola es una fruta baja en calorías, es una fuente de potasio, vitamina A y vitamina C. Así mismo, posee compuestos fenólicos, polifenólicos y carotenoides con capacidad antioxidante, y antitumoral (Henaó 2011).

Hasta el momento se ha logrado determinar el principio activo y las propiedades farmacológicas de los compuestos de la carambola para la prevención de enfermedades cancerígenas. Los subproductos del mango como semillas y cascara, son ricos en compuestos bioactivos como polifenoles, carotenoides y vitaminas (Ajila, Aalami Leelavathi y Rao, 2010). El-Gied et al. (2012) mencionan que los extractos etanólicos de semillas de mango en una concentración de 5 mg/mL, han mostrado inhibición contra *Staphylococcus aureus* con halos de 10 mm y 11 mm. Así mismo, Oliveira (2016) encontró que el principal compuesto del mango y sus subproductos es la mangiferina que poseen acciones farmacológicas (analgésicas, antioxidantes, antiinflamatorias, antiviral y antitumoral).

Jasminder Kaur et al. (2010) determinaron la actividad antibacteriana de la semilla de mango kernel, la actividad antibacteriana se evaluó mediante un ensayo de difusión en disco con tres patógenos bacterianos de importancia médica, como como *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (*S. aureus*) (MRSA), *Escherichia coli* (*E. coli*) y *Vibrio vulnificus* (*V. vulnificus*). Por lo tanto, extractos con actividad antioxidante podrían ser de gran interés en la industria alimentaria como conservadores naturales (Vázquez-Briones et al. 2015).

Como resultados, la semilla de mango a una concentración de 100 mg/mL tiene una actividad antimicrobiana potencial contra MRSA y *E. coli* en comparación con *V. vulnificus*, indicando que no hay una significativa diferencia en el contenido fitoquímico y la actividad biológica de la semilla de mango. Los componentes de *Ananas comosus* se ha conocido por una serie de actividades biológicas beneficiosas como antioxidante, contra el cáncer, actividades antiinflamatorias y antiplaquetas (Kalaiselvil et al., 2013).

Las frutas tropicales con un alto contenido de antioxidantes previenen enfermedades cardíacas y cáncer hasta mejorar el sistema inmunológico y reducir el proceso de envejecimiento. Se encuentra en los pigmentos rojo, azul y púrpura que dan a las frutas su color (Priyadarshini y Priyadarshini, 2018). Por otra parte, debido a que los frutos por lo general se producen en regiones alejadas de los grandes mercados, es necesario utilizar procesos tecnológicos para mejorar su estabilidad y minimizar los costos de transporte (secado, deshidratación, pasteurización), reducir las reacciones enzimáticas (escaldado), y almacenamiento (empacado y refrigeración), los cuales pueden causar oxidación y otros eventos que causan reducción en la capacidad antioxidante del alimento procesado en comparación con el fruto fresco.

Además, durante el procesamiento es importante en algunos casos considerar la ubicación de los compuestos responsables de la actividad antioxidante dentro del tejido de la fruta (cáscara, semilla, pulpa), ya que su eliminación puede reducir el contenido de antioxidantes o alternativamente se pueden obtener subproductos ricos en antioxidantes (Skrede et al. 2000). En ese sentido, a continuación, en la siguiente tabla se presentan algunos trabajos relevantes sobre el contenido de antioxidante en frutas tropicales.

**Tabla 7.1** Contenido de antioxidantes en frutas tropicales determinado por diferentes métodos

Fruta tropical	Contenido	Método	Referencia
Pulpa de mango	0.18 mM TAA.g <sup>-1</sup>	ABTS	Palmar et al. (2016)
Plátano	35.8 ± 4.11 %	DPPH	Alothman et al. (2009)
<i>Pulpa C. sanguinolentum</i>	26,47 EC (mg/mL)	ABTS	Tuesta, et al. 2014.
<i>Pulpa P. caimito</i>	20,73 EC (mg/mL)	DPPH	
	27,76 EC g/mL)	ABTS	Kuskoski et al. (2005).
	>1000	DPPH	
<i>Guayaba</i>	4,2±0,1 mg/100 g	DMPD	Kuskoski et al. (2005).
	5,9±0,4 mg/100 g	DPPH	
	8,2±0,4 mg/100 g	ABTS	
<i>Piña</i>	5,3±0,0 mg/100 g	DMPD	Kuskoski et al. (2005).
	0,5±0,01 mg/100 g	DPPH	
	3,4±0,3 mg/100 g	ABTS	
<i>Mango</i>	24,3±0,3 mg/100 g	DMPD	Kuskoski et al. (2005).
	12,9±0,2 mg/100 g	DPPH	
	13,2±0,3 mg/100 g	ABTS	
<i>Maracuyá</i>	5,0±0,2 %	DMPD	Kuskoski et al. (2005).
	0,9±0,2 %	DPPH	
	2,3±0,6 %	ABTS	
<i>(Tamarindus indica L.)</i>	IC50 = 38.17	DPPH	Ugwuona y Onweluzo (2013)
	2.04± 0.48	DPPH	
<i>Papaya</i>	2.24± 0.06	DPPH	Almeida et al. 2011
<i>Moras</i>	109.05 a 1524.84 mg/100 g FW	DPPH	Farahani et al. 2019
	0,59 a 12,49 mmol/100 g FW	FRAP	
<i>Chirimoya</i>	649.69 ± 21.89 µL/100 g FW	ABTS	Moo-Huchin (2014).
	376.30 ± 2.29 µL/100 g FW	DPPH	
<i>Zapote blanco</i>	661.03 ± 18.94 µL/100 g FW	ABTS	
	349.21 ± 19.70 µL/100 g FW	DPPH	
<i>Nance amarillo</i>	661.79 ± 35.0 µL/100 g FW	ABTS	
	372.91 ± 4.05 µL/100 g FW	DPPH	Moo-Huchin (2014).
<i>Mamey zapote</i>	393.81 ± 0.36 µL/100 g FW	ABTS	
	113.06 ± 26.45 µL/100 g FW	DPPH	

Fuente: Elaboración propia

### Compuestos que presentan capacidad antioxidante

Los antioxidantes pueden clasificarse según su origen en sintéticos y naturales. Dentro del primer grupo se encuentran el hidroxianisol butilado (BHA), el hidroxitolueno butilado (BHT), la butilhidroquinona terciaria (TBHQ) y los ésteres del ácido gálico; mientras que los tocoferoles, flavonoides y ácidos fenólicos son antioxidantes naturales, que además se asume que son más potentes, eficaces y seguros que los sintéticos (Alfonso Valenzuela et al. 2003). 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 y Becker, 2007).

Entre los antioxidantes hay varias familias de principios activos como los polifenoles y los fitoestrógenos. Entre los primeros se encuentran los flavonoides y los taninos. Entre los flavonoides se pueden señalar sólo como ejemplo las antocianidinas (rojo-azulado de las fresas), catequinas (té verde y negro), citroflavonoides (naranja, que da sabor amargo a lo naranja, limón, toronja), isoflavonoides (genisteína y daidzeína presentes en soya y sus derivados). Protoantocianidinas en semillas de uva y vino tinto.

Otro tipo de antioxidantes son los taninos (polifenoles), respecto a los fitoestrógenos (isoflavonas lignanos, flavonoides) se encuentran particularmente en las proteínas de la soya o sus derivados.

La genisteína y daidzeína que también se biosintetizan en abundancia en la cascarilla de semillas de linaza y centeno. Entre los productos con antioxidantes, más consumidos, están aquellos con: vitamina E: aguacate, aceite de oliva, arroz integral, frutas secas; con vitamina C: acelgas, tomates (licopeno), todos los cítricos (limón, naranja, mandarina), además kiwi, fresa, guayaba; con  $\beta$ -caroteno: zanahoria, espinacas, mango, melón; con flavonoides: té verde, vino, manzana, o peras. Además, hay antioxidantes en el ajo, cebolla, ginseng, ginko, avena, sauco (gripa), hierbabuena, menta, albacá, Jamaica, chaya, calabacita, betabel y verdolagas. El tomate de árbol tiene una cantidad moderada de antioxidantes y el noni una cantidad elevada (Coronado y col. 2015).

Los antioxidantes no enzimáticos, nos lo proporcionan los alimentos (frutas y verduras): polifenoles, carotenoides, vitaminas y minerales y se podrían considerar como agentes preventivos, por ello que la demanda del consumo de alimentos antioxidantes se ha incrementado. Entre ellos tenemos a los polifenoles que son el grupo de antioxidantes naturales más amplio en frutas y verduras; sin embargo, se debe considerar que el contenido de estos varía, ya que diversos autores mencionan que, la parte no comestible de las frutas (por ejemplo, cáscara, semillas, etc.) puede tener mayores contenidos nutricionales que la parte comestible (pulpa), es decir, contenido de compuestos bioactivos con mayor actividad antioxidante. Septiembre-Malaterre, Stanislas, Douraguia y Gonthiera (2016) evaluaron las propiedades nutricionales y antioxidantes de plátano, litchi, mango, papaya, maracuyá y piña, informaron cantidades totales de carbohidratos, vitamina C y carotenoides de 7.7–67.3 g de equivalente de glucosa, 4.7–84.9 mg de equivalente de ácido ascórbico y 26.6–3829.2  $\mu$ g de equivalente de  $\beta$ -caroteno/100 g de peso fresco, respectivamente. Los polifenoles se detectaron como los antioxidantes más abundantes (33.0–286.6 mg de equivalente de ácido gálico/100 g de peso fresco) con el mayor contenido de la fruta de la pasión. El análisis UPLC-MS permitió identificar epigallocatequina y derivados de quercetina de banano y litchi, ácidos férul, sinápico, jeringo y gálico de piña y mango, y piceatannol de maracuyá. Los extractos ricos en polifenol protegen los glóbulos rojos y las células preadiposas contra el estrés oxidativo. En conjunto, estos hallazgos destacan los beneficios nutricionales de las frutas tropicales y su posible interés por mejorar las capacidades antioxidantes del cuerpo durante la obesidad. A continuación, se muestra el contenido de antioxidante presente en frutas tropicales obtenidos por diferentes métodos.

### **Métodos para determinar el contenido de antioxidantes**

La actividad antioxidante de los extractos no se puede validar razonablemente por un solo método debido a la naturaleza compleja de fitoquímicos y sus interacciones, de ahí la importancia de la utilización de múltiples sistemas de ensayo (Ramful et al. 2011; Moo et al. 2015). Existen varios métodos establecidos para la extracción de antioxidantes a partir de materiales vegetales, esos métodos varían en solventes y condiciones utilizadas de temperatura, presión, agitación, tiempos. El método de extracción es esencial para la cuantificación precisa del contenido de antioxidante, por lo tanto, esto dificulta la comparación de datos de informes reportados en la literatura. Existen diversos métodos para evaluar la actividad antioxidante. Las determinaciones de la capacidad antioxidante realizadas *in vitro* dan tan sólo una idea aproximada de lo que ocurre en situaciones complejas *in vivo*. La capacidad antioxidante depende del microambiente en que se encuentra el compuesto. Alternativamente, diversos compuestos cromógenos (ABTS, DPPH, DMPD, DMPO y FRAP) son utilizados para determinar la capacidad antioxidante.

El método DPPH, es conocida como la técnica que emplea el 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo como radical. Este es un radical libre estable que se puede obtener directamente disolviendo el reactivo en un medio orgánico. La reducción de este se evalúa por la disminución de la absorbancia a una longitud de onda característica. El DPPH en su forma común de radical libre absorbe a 515 nm y cuando este sufre una reducción por un antioxidante, esta absorción se desaparece. Para finalizar, la desaparición de DPPH otorga un índice para determinar la capacidad del compuesto para captar radicales; estos antioxidantes actúan como anti radical donando átomos de hidrogeno, como resultado se establecen estructuras estables que detendrán la reacción en cadena, como en el caso de los fenoles. Este método tiene como principio básico en el que el radical tiene un electrón desapareado, de coloración azul violeta, el cual va reduciendo su color hacia amarillo pálido al reaccionar con una sustancia antioxidante, el resultado de la absorbancia se mide a través del espectrofotómetro a una longitud de 515 nm. El cual es indispensable para determinar los parámetros de las propiedades antioxidantes que son obligatorias para lograr el estado estacionario y lograr la reacción redox. La diferencia de absorbancia reporta el porcentaje de captación de radicales libres (Muedas, La Rosa y Robles, 2008b).



Por lo tanto, el método consiste en monitorizar la desaparición del radical DPPH<sup>+</sup> causada por la edición de una muestra que contiene antioxidantes. Cuando una disolución de DPPH entra en contacto con una sustancia que puede donar un átomo de hidrógeno o con otra especie radical, se produce la forma reducida con la consecuente pérdida de color y, por lo tanto, pérdida de la absorbancia (Molyneux, 2004).

El método ABTS tiene que ser generado tras una reacción que puede ser química (dióxido de manganeso, persulfato potasio, ABAP), enzimática (peroxidase, mioglobulina), o también electroquímica. Con el ABTS se puede medir la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica. El radical ABTS<sup>•+</sup> tiene la ventaja de que su espectro presenta máximos de absorbancia a 414, 654, 754 y 815 nm en medio alcohólico. Según Mesa-Vanegas et al. (2010) este método se fundamenta en la cuantificación de la decoloración del radical ABTS<sup>•+</sup>, debido a la interacción con especies donantes de hidrógeno o de electrones.

El radical catiónico ABTS<sup>•+</sup> es un cromóforo que absorbe a una longitud de onda de 734 nm y se genera por una reacción de oxidación del ABTS (2,2'-azino-bis-[3-etil benzotiazolin-6-sulfonato de amonio]) con persulfato de potasio. En la evaluación pueden utilizarse cantidades en microlitros de extracto y de la solución del radical ABTS<sup>•+</sup>. Es necesario un tiempo de reacción de 30 minutos a temperatura ambiente y en la oscuridad. La referencia del reactivo consistirá en una solución del radical ABTS<sup>•+</sup> con el solvente de la muestra. Los resultados se expresan como valores TEAC (Trolox equivalente a capacidad antioxidante) mediante la construcción de una curva patrón, usando como antioxidante Trolox.

Método FRAP, Este método se basa en la reducción del complejo TPTZ-Fe<sup>3+</sup> a TPTZ-Fe<sup>2+</sup> por acción de los compuestos antioxidantes, dando un color azul que absorbe a 593 nm, cuya intensidad está en relación directa con la capacidad reductora de la muestra analizada (Carvajal de Pabón, 2011).

Método Folin-Ciocalteu, El reactivo está compuesto por una mezcla de ácidos fosfotungstácico y fosfomolibdico en medio básico, los que sufren reducción al oxidar los compuestos fenólicos, originando un complejo wolframio-molibdeno de color azul cuya absorbancia es dependiente de la concentración de los polifenoles de la muestra y se midió en un espectrofotómetro a 725 nm. Los resultados se expresan como mg equivalentes de ácido gálico/100 g de muestra fresca.

Los compuestos fenólicos cuantificados en los extractos de las frutas son de gran importancia debido a que constituyen un grupo de metabolitos secundarios que se consideran antioxidantes naturales con múltiples beneficios biológicos para el ser humano, tales como la prevención de enfermedades cardiovasculares y degenerativas. En frutas se ha encontrado que los principales compuestos presentes son, en su mayoría, ácidos fenólicos, flavonoides y taninos, no obstante, también se han encontrado fitoquímicos como vitamina C (ácido ascórbico), ácido fólico (vitamina B) y β-carotenos (provitamina A), lo que permite establecer que el consumo de frutas incrementa la ingesta de compuestos bioactivos con múltiples propiedades para la salud humana. Una de las frutas ampliamente consumida es la naranja en forma de jugo. La fracción hidrofílica de la naranja se compone principalmente de vitamina C y compuestos fenólicos, tales como ácidos hidroxicinámicos (ácido ferúlico, ácido p-cumárico, ácido sinápico y ácido caféico) y flavonoides glicosilados, específicamente flavanonas (hesperidina y narirutina) (Kuskoski, et al. 2005; Encina Zelada, et al. 2013). En el estudio de la actividad antioxidante se realizan diferentes ensayos con el fin de comparar y determinar los diferentes resultados con respecto a un extracto. Estos análisis experimentales son específicos para el tipo de compuestos con actividad antioxidante, hidrofílica o lipofílica.

### **Tendencia de la industria de bebidas de jugos formulados a base de frutas tropicales**

El mercado de jugos es uno de los mercados de productos más innovadores y competitivo en el sector de alimentos y bebidas. Impulsado por el aumento de la conciencia y la preferencia de los consumidores por productos saludables, sustituyendo las bebidas carbonatadas (Baourakis y Baltas, 2004). Los jugos de frutas forman parte de lo que se denomina "bebidas de la nueva era". Actualmente, las bebidas naturales, que no tienen aditivos o conservadores químicos gobiernan el mercado de jugos de frutas, y las bebidas hechas de ingredientes orgánicos están ganando popularidad. En sintonía con la creciente inclinación del consumidor hacia opciones más saludables,

Los fabricantes están lanzando a nivel mundial numerosos productos nuevos e innovadores para estimular las ventas a través de innovaciones en mezclas de sabores, niveles de calorías y dulzor, y beneficios funcionales (Annette, 2008). El mercado de jugos de frutas depende de la distribución geográfica y la disponibilidad de la fruta salud. En el estado de Veracruz, México prevalece el clima tropical, por lo que se cultiva una gran variedad de frutas tropicales, las cuales no han tenido un aprovechamiento máximo, obteniéndose grandes pérdidas de postcosecha. Por otra parte, de las frutas tropicales que se cultivan en los hogares como guayaba, nanche, almendra, etc. Las personas no tienen conocimiento de los beneficios funcionales que otorgan al ser consumidas. Actualmente se tiene una tendencia predominante de preferencia por las bebidas de jugo en la mayoría de Asia y países latinoamericanos. Las economías en crecimiento como China e India presentan oportunidades lucrativas en términos de consumidores potenciales (Annette, 2008).

Los consumidores prefieren cada vez más jugos de frutas naturales o que presentan un contenido de 100% de fruta (zumo concentrado). Presentándose una oportunidad de crecimiento para las empresas que fabrican jugos, por lo tanto, los fabricantes actualmente también se están aventurando en bebidas funcionales (Persistence Market Research Report, 2015). Las frutas tropicales se están incorporando fácilmente en Jugos saludables debido a la presencia de altos niveles de polifenoles presentes de forma natural en ellos. Los fabricantes están aprovechando la oportunidad específica para atraer a los consumidores conscientes de la imagen al mercado de jugos de frutas mediante el desarrollo de bebidas funcionales que se centran en mejorar la apariencia saludable de la piel, el cabello y las uñas (Priyadarshini y Priyadarshini, 2018).

### **Consideraciones finales**

Debido a que, en el estado de Veracruz, México, es un estado productor de frutas tropicales, sin embargo, no se tiene un adecuado aprovechamiento de estos productos y los agricultores presentan pérdidas económicas. Pueden ser las bebidas formuladas a base de frutas tropicales con propiedades antioxidantes, una alternativa para el aprovechamiento de estos productos que se cultivan en el estado Veracruz, México. De igual forma, productos formulados a base de frutas tropicales con propiedades nutricionales pueden ser aplicados en la industria farmacéutica mejorando el acceso al mercado de alimentos funcionales. Como perspectivas futuras se puede prever un crecimiento a nivel mundial de la industria de jugos de frutas tropicales con alto contenido de antioxidantes por los beneficios a la salud que busca actualmente el consumidor.

### **Agradecimiento**

Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz por los apoyos otorgados para ser sede de la gira ECORFAN-México y abrir la posibilidad de la publicación del capítulo del libro.

### **Conclusiones**

Es necesario evaluar el contenido de antioxidantes en frutas tropicales cultivadas en el estado de Veracruz, México, en cada una de las etapas de maduración de la fruta, que nos permita seleccionar frutas tropicales con alto contenido de antioxidante para establecer formulaciones de bebidas funcionales que mejoren la salud del consumidor y que permita a futuro introducirlas al mercado de la industria alimentaria de bebidas.

### **Referencias**

Abdalla, A. E. M., Darwish, S. M., Ayad, E. H. E. y El-Hamahmy, R.M. (2007). Egyptian mango by-product 1. Compositional quality of mango seed kernel. *Food chemistry*, 103(4), 1134-1140. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.017>

Aguilera, M., reza, M., Chew, R. y Meza, J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista BIOtecnia, Universidad de Sonora. México*. 8(2), 16-22. <http://doi.org/10.18633/bt.v13i2.81>

- Almeida, B.M.M., De Sousa, P.H.M., Arriaga, C.A.M., Do Prado, G.M. y Magalhães, C.C.M. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Research International*. 44, 2155–2159.
- Allothman, M., Bhat, R. y Karim, A. A. (2009). Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry*, 115(3), 785–788. doi:10.1016/j.foodchem.2008.12.005
- Ajila, C.M., A, Naidu, S.G. Bhat y U. Prasada. (2007). Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chem*. 105(3), 982-988. Doi: 10.1016/j.foodchem.2007.04.05
- Martínez, M. M. A., Vicario, M, I. y Heredia, J.F. (2015). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos Área de Nutrición y Bromatología. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla Sevilla, España. sci-hub.tw/10.0000/idus.us.es/11441/26409
- Carvajal de Pabón, L. (2011). Algunas especies de *Passiflora* y su capacidad antioxidante. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 16(4), 354-363.
- Coronado, M.H., Y León, V.L., Gutiérrez, T.R., Vázquez, F. M. y Radilla, C. V. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Rev Chil Nutr*. 42, 2.
- Dembitsky, V., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearasilp, S., Trakhtenberg, S. y Gorinstein, S. (2011). The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. *Food Research International* 44 (7): 1671 – 1701. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.003>
- Deenanath ED, Rumbold K, Daramola M, Falcon R, y Iyuke S. (2015). Evaluation of physicochemical properties of South African cashew Apple juice as a biofuel feedstock. *Scientific*: 764196 . <http://dx.doi.org/10.1155/2015/764196>
- Ding, P. (2017). Tropical Fruits. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, 431–434. doi:10.1016/b978-0-12-394807-6.00185-4
- Dorta, E., Lobo, G., y González, M. (2012). Using drying treatments to stabilize mango peel and seed : Effect on antioxidant activity. *Food Sci. Techn*. 45(2):261 - 268. doi:10.1016/j.lwt.2011.08.016
- Encina Zelada, C.R., Bernal Sánchez, A.P. y Rojas Hurtado, D. (2013). Efecto de la temperatura de pasteurización y proporción de mezclas binarias de pulpa de carambola y mango sobre su capacidad antioxidante lipofílica. *Ingeniería industrial*. 31, 197-219.
- Farahani, M., Salehi-Arjmand, H., Khadivi, A., y Akramian, M. (2019). Chemical characterization and antioxidant activities of *Morus alba* var. nigra fruits. *Scientia Horticulturae*, 253, 120–127. doi:10.1016/j.scienta.2019.04.040
- Fernández-Palmar, V., Varela, H. J.D. y Rodríguez, S.B. (2016). Physico-chemical characterization and antioxidant activity of mango fruits (*Mangifera indica*) cv. Tommy Atkins. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 33:216-231.
- Jasminder Kaur, Xavier Rathinam, Marimuthu Kasi1, Khoo Miew Leng, Rajasekaran Ayyalu, Kathiresan S, y Sreeramanan S. (2010) Preliminary investigation on the antibacterial activity of mango (*Mangifera indica* L.: *Anacardiaceae*) seed kernel. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* 707-710. DOI: 10.1016/S1995-7645(10)60170-8
- Jeong HK, Lee D, Kim HP, y Baek S-Hoon. (2019). Structure analysis and antioxidant activities of an amylopectin-type polysaccharide isolated from dried fruits of *Terminalia chebula*, *Carbohydrate Polymers*. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.01.097>
- Jiménez, A., Sierra C., Rodríguez R., González M., Heredia F., y Osorio C. (2011). Physicochemical characterisation of gulupa (*Passiflora edulis* Sims) fruit from Colombia during the ripening. *Food*

Research International 44 (7): 1912 – 1918. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.007>

Henao-Castaño M. (2011). El Corozo De Teta O Corozo (*Bactris Minor*). Universidad Nacional De Medellín. <Http://Www.Unalmed.Edu.Co/~Crsequed/Corozo.Htm> Consultado El 10 De noviembre De 2011.

Herrera, F., Betancur, D. y Segura, M. (2014). Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos. *Nutrición Hospitalaria* 29 (1): 10 – 20. <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.29.1.6990>

Kalaiselvil M, Gomathil D, Ravikumar I G, Devakil K, y Uma C. (2013). Ameliorative effect of *Ananus comosus* peel on 7, 12 dimethylbenz (alfa) anthracene induced mammary carcinogenesis with reference to oxidative stress. *Journal of Acute Disease*. 22-28

Kim, H., J. Yong, H. Kim, D. Lee, M. Cho, H. Choi, Y. Kim, A. Mosaddik y S. Kim. (2010). Antioxidant and antiproliferative activities of mango (*Mangifera indica* L.) flesh and peel. *Food Chem.* 121(2), 429-436. Doi: 10.1016/j.foodchem.2009.12.060

Kodama, D., Goncalvez, A., Lajolo, F., y Genovese, M. (2010). Flavonoids, total phenolics and antioxidant capacity: comparison between commercial Green tea preparations. *Ciencia y Tecnología de Alimentos. Brasil*, 30(4), 1077-1082.

Kuskoski, E.M., Asuero, A.G., Troncoso, A.M., Mancini-Filho, J. y Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 25(4): 726-732.

Lawrence A. Olatunji, John I. Okwusidi y Ayodele O. Soladoye (2005). Antidiabetic Effect of *Anacardium occidentale*. Stem-Bark in Fructose-Diabetic Rats, *Pharmaceutical Biology*, 43:7, 589-593, DOI: 10.1080/13880200500301712

Li, Y., Ambrosone, Ch., Mc Cullough, M., Ahn, J., Stevens, V., Thun, M., y Hong, Ch. (2009). Oxidative stress-related genotypes, fruit and vegetable consumption and breast cancer risk. *Carcinogenesis*. 2009; 30 (5): 777-84.

Luximon-Ramma, A., Bahorun, T., Crozier, A., Zbarsky, V., Datla, K.P., Dexter, D.T., y Aruoma, O.I. (2005). Characterization of the antioxidant functions of flavonoids and proanthocyanidins in Mauritian black teas. *Food Research International*, 38, 357–367. doi:10.1016/j.foodres.2004.10.005

Mahattanatawee, K., Manthey, J., Luzio, G., Talcott, S., Goodner, K., y Baldwin, E. (2006). Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 54: (19) 7355 – 7363. DOI: 10.1021/jf060566s

Maia, G. A., da Silva, L. M. R., do Prado, G. M., Fonseca, A. V. V., de Sousa, P. H. M., y de Figueiredo, R. W. (2019). Development of Mixed Beverages Based on Tropical Fruits. *Non-Alcoholic Beverages*, 129–162. doi:10.1016/b978-0-12-815270-6.00005-0

Masibo, M., y He, Q. (2008). Major mango polyphenols and their potential significance to human health. *Comprehensive reviews in Food science and Food safety*, 7(4), 309-319. doi: 10.1111/j.1541-4337.2008.00047.x

Melo AFM, Santos EJV, Souza LFC, Carvalho AAT, Pereira MSV, y Higinio JS.(2006). *In vitro* antimicrobial activity of an extract of *Anacardium occidentale* L. against *Streptococcus* . *Rev. Bras. Farmacogn*;16:202-5 <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2006000200012>.

Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrilhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *J. Sci Technol* 2004, 26:211-219.

- Moo-Huchin, V. M., Estrada-Mota, I., Estrada-León, R., Cuevas-Glory, L., Ortiz-Vázquez, E., Vargas, M. de L. V. y Sauri-Duch, E. (2014). Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*, 152, 508–515. doi:10.1016/j.foodchem.2013.12.013
- Morales-Cruz, Alfredo; Rodiz-Torres, Lorena; Fosado-Cruz, Reyna; Carrillo-Landeros, Jesús Eduardo y Chávez-Reyes, Yanet. (2018) Comparación de dos métodos de deshidratación del pseudofruto del marañón (*anacardium occidentale*) sobre los compuestos bioactivos. *Revista del Centro de Graduados e Investigación. Instituto Tecnológico de Mérida*. Vol. 33 núm. 73, ISSN 0185-6294 pp. 170-174.
- Moreno, E., Ortiz, B.L. y Restrepo, L.P. (2014). Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de pulpa de seis frutas tropicales. *Rev. Colomb. Quim.* 43 (3), 41-48.
- Moura Neto, L.G., Sousa Lira, J., Silva Torres, M.M.F., Barbosa, I.C., Amarante Melo, G.F., Soares, D.J. (2016). Development of a mixed drink made from hydrosoluble soybean extract, coconut water and umbu pulp (*Spondias tuberosa*). *Acta Sci. Technol.* 38, 371.
- Muedas, G., La Rosa, A., y Robles, J. (2008). Evaluación electroquímica de la actividad antioxidante del extracto alcohólico de la *Bauhinia guianensis* var. Kuntiana Aubl. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(4), 233-246.
- Muñoz, J. A. M., Ramos-Escudero, F., Alvarado-Ortiz, U. C., Castañeda, C. B., y Lizaraso, C. F. (2009). Evaluación de compuestos con actividad biológica en cáscara de camu camu (*Myrciaria dubia*), Guinda (*Prunus serotina*), Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) y Carambola (*Averrhoa carambola* L.) cultivadas en Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 75, núm. 4, pp. 431 Lima, Perú.
- Murillo, E., y Carrasquilla, Islam, M. (2000). “Actividad Antioxidante de frutas tropicales”. *Revista Latinoamericana de Química*. Vol 28: 84-85.
- Nidia, C. F., Noralda, D. y Camilo, R. (2016). Utilization of dehydrated mango (*Mangifera indica* L.) peels in the preparation of herbal teas. *Agronomía Colombiana* 34(1Supl.), S325-S328, 2016 ISSN: 0120-9965. Doi: 10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58088
- Olivera, E. M. (2012). Evaluación de subproducto obtenido en la elaboración de jugos de mango y guayaba como fuente de fibra antioxidante. facultad de química. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Palomino, M., Guija, E., y Lozano, N. (2009). Propiedades antioxidantes de la guayaba (*Psidium guajava* L.). *Rev Soc Quím Perú*. 75 (2): 227-34.
- Priyadarshini, A., y Priyadarshini, A. (2018). Market Dimensions of the Fruit Juice Industry. *Fruit Juices*, 15–32. doi:10.1016/b978-0-12-802230-6.00002-3
- Rodiz-Torres, Lorena; Morales-Cruz, Alfredo; Carrillo-Landeros, Jesús Eduardo y Chávez-Reyes, Yanet. (2018).Deshidratación con microondas del bagazo de carambola y semilla de mango, efecto en fenoles y fibra. *Revista del Centro de Graduados e Investigación. Instituto Tecnológico de Mérida*. Vol. 33 núm. 73 ISSN 0185-6294 pp. 158-166.
- Septembre-Malaterre, A., Stanislas, G., Douraguia, E. y Gonthiera, M.P. (2016). Evaluation of nutritional and antioxidant properties of the tropical fruit's banana, litchi, mango, papaya, passion fruit and pineapple cultivated in Réunion French Island. *Food Chemistry*. 212 (1), 225-233.
- Serna, L., C. Torres y A. Ayala. (2015). Evaluación de polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) como fuente de ingredientes funcionales. *Inf. Tecnol.* 26(2), 41-50. Doi: 10.4067/S0718-07642015000200006
- Serna, L., E. García y C. Torres. 2016. Agro-industrial potential of the mango peel based on its nutritional and functional properties. *Food Rev. Int.* 32(4), 364-376. Doi: 10.1080/87559129.2015.1094815

- Tuesta, G., Orbe, P., Merino, C., Rengifo, E. Cabanillas, B. (2014). Actividad antioxidante y determinación de compuestos fenólicos del caimito (*Pouteria caimito*), Caimitillo (*Chrsophyllum sanguinolentum*), Guava (*Inga edulis*) y yarina (*Phytelephas macrocarpa*). 23 (1): 87 - 92.
- Ugwuona, F.U. y Onweluzo, J.C. (2013). Assessment of Antioxidant Properties of Tamarind Fruit Pulp and its Effect on Storage Stability of African Bread Fruit Seed dhal and Flour. Official Journal of Nigerian Institute of Food Science and Technology. 31, 2, 41 – 47.
- Vargas, Marilú (2008). Cuantificación de la actividad antioxidante en dos estados de madurez de la carambola (*averrhoa carambola l.*) Tesis. Departamento de Ingeniería en industrias Alimentarias. Huancayo, Perú. Pág. 48.
- Vázquez-Briones, M. del C., Ricardo-Hernández, L. y Guerrero-Beltrán, J.A, (2015). Physicochemical and Antioxidant Properties of *Cymbopogon citratus* Essential Oil. Journal of Food Research. 4(3), 36-45. URL: <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v4n3p36>
- Vázquez-Briones, María del Carmen, y Guerrero-Beltrán, José Ángel. (2017). Efecto del aceite esencial de *Cymbopogon citratus* sobre propiedades fisicoquímicas en películas de quitosano. Scientia Agropecuaria, 8(4), 401-409. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.11>
- Víctor Moo-Huchin, Iván Estrada-Mota, Wilma Piña-Canché, Abraham Can- Cauich, Luis Cuevas-Glory, y Enrique Sauri-Duch. (2014) Compuestos Bioactivos De Frutas Tropicales Cultivados En Yucatán. Instituto Tecnológico Superior de Calkiní Campeche, México.
- Zou, Z., Xi, W., Hu, Y., Nie, C., y Zhou, Z. (2016). Antioxidant activity of Citrus fruits. Food Chemistry, 196, 885–896. doi:10.1016/j.foodchem.2015.09.072