



Propiedades funcionales de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.)

S. Cid-Ortega^{1,2*} y J. A. Guerrero-Beltrán¹

¹Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas Puebla.
Ex hacienda Sta. Catarina Mártir S/N, San Andrés Cholula, Puebla. C.P.72810. México.

²Programa Educativo de Ingeniería en Procesos Alimentarios. Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros.
Prol. Reforma N° 168 Barrio Santiago Mihuacán, Izúcar de Matamoros 74420 Puebla, México

Resumen

Continuamente se encuentran nuevas evidencias científicas que apoyan el papel de los fitoquímicos para prevenir y tratar enfermedades crónicas y degenerativas, tales como el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y los desórdenes y alteraciones de los lípidos. A este respecto, diversos estudios han demostrado las propiedades benéficas que tienen la flor de jamaica y sus extractos. Lo anterior hace que la elaboración de productos a base de éstos, represente una gran alternativa para la industria de alimentos y bebidas, principalmente en el sector de los denominados “alimentos funcionales” y que han tenido un aumento muy importante en el mercado nacional e internacional. En este sentido, se realizó una revisión en la cual se abordan los aspectos más importantes relacionados con las propiedades funcionales de los cálices y extractos de jamaica.

Palabras clave: fitoquímicos, extractos de jamaica, alimentos funcionales.

Abstract

Continually are disclosed new scientific evidences supporting the role of phytochemicals in the preventing and treating chronic and degenerative diseases such as cancer, cardiovascular diseases, and disorders and alterations of the lipids. In this respect, several studies have shown the beneficial properties that have the hibiscus flower and its extracts. The development products based on these represents a great alternative to the food and beverage industry, mainly in the sector referred to as “functional foods”, which have a significant increase in the national and international market. This review was conducted in presenting the most important aspects related to the functional properties of the calyces and extracts of hibiscus flower.

Keywords: phytochemicals, hibiscus flower extracts, functional foods..

Introducción

Actualmente, la ciencia de la nutrición ha pasado de los conceptos clásicos de cómo evitar las deficiencias de nutrientes y la

suficiencia nutricional básica, al concepto de nutrición “positiva” u “óptima”. Las investigaciones han pasado a centrarse más en la identificación de componentes biológicamente activos en los alimentos, que ofrezcan la posibilidad de mejorar las condiciones físicas y mentales, así como de reducir el riesgo a contraer enfermedades

*Programa de Doctorado en Ciencia de Alimentos
Tel.: +52 222 229 2126, fax: +52 222 229 2727
Dirección electrónica: sandro.cid@udlap.mx

(EUFIC, 2006). Los alimentos que tienen uno o más de estos componentes biológicamente activos se conocen como alimentos funcionales (Hasler, 2002; Falk, 2004). Por lo anterior, la industria de alimentos se ha enfocado en el diseño de nuevos productos, que contengan fitoquímicos (compuestos propios o intencionalmente adicionados) que coadyuven a una mejor calidad de vida para los consumidores. Los alimentos funcionales pueden ser similares en apariencia a los alimentos convencionales y ser consumidos como parte de una dieta habitual. En este sentido, es importante mencionar la diferencia entre lo que es un alimento funcional y un nutracéutico; los nutracéuticos son productos elaborados a partir de alimentos, los cuales se venden en forma de cápsulas, pastillas, polvos, o soluciones que generalmente no están asociadas con el alimento y que han demostrado ventajas fisiológicas y/o proveen protección contra enfermedades crónicas (Shahidi, 2004).

Por otra parte, la jamaica y los extractos de ésta, se han propuesto como ingredientes para el desarrollo de alimentos funcionales. La parte que más se aprovecha de la planta de jamaica es el cáliz o flor, en México es consumida tradicionalmente como extracto acuoso para preparar bebidas refrescantes, así como mermeladas, jaleas, licores, harinas para galletas, etc. En los últimos años ha tenido un uso potencial en el área farmacológica debido a los beneficios que produce como medicina alternativa, atribuyéndole propiedades diuréticas, antifebriales, en la disminución del colesterol y la hipertensión. Derivado de lo anterior, se han realizado investigaciones con extractos de jamaica, demostrando que sus componentes como vitaminas (E y C), ácidos polifenólicos, flavonoides y antocianinas, poseen actividad antioxidante, contribuyendo a las acciones anticancerígenas y cardioprotectivas. Bajo este contexto, el objetivo principal de esta revisión es dar a conocer los aspectos más importantes

relacionados con las propiedades funcionales de los cálices y extractos de jamaica.

Revisión bibliográfica

1. Aspectos generales de la flor de jamaica

1.1. Cultivo

Desde el punto de vista morfológico, la jamaica es una planta arbustiva semileñosa anual o bianual que pertenece a la familia Malvaceae y alcanza entre uno y tres metros de altura. Sus tallos son abundantes, muy ramificados y de corteza roja, con hojas alternas de bordes irregularmente aserrados (Ortiz-Marquéz, 2008). En la Tabla I se presenta la clasificación taxonómica de la jamaica, se piensa que es nativa de Asia (India hasta Malasia) o África tropical y actualmente se conocen más de 500 especies de *Hibiscus* en el mundo. Estas plantas son frecuentes en las regiones tropicales y subtropicales, y poseen cálices de color verde o rojo (Cisse *et al.*, 2009).

La jamaica es muy popular en algunos países del Medio-Oriente sobre todo en Egipto. En Sudán, la jamaica representa un cultivo principal de exportación sobre todo en la parte occidental donde éste ocupa el segundo lugar después del mijo perla

Tabla I. Clasificación taxonómica de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.)

Reino	Plantae
Sub-reino	Tracheobionta
División	Anthophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Género	<i>Hibiscus</i>
Especie	<i>sabdariffa</i> L.

Adaptado de Ortiz-Marquéz (2008) y Meza-Chavarría

(*Pennisetum glaucum*) (Mahadevan y Kamboj, 2009). En América, la planta es cultivada ampliamente en las zonas tropicales del Caribe y Centroamérica, como un cultivo doméstico.

A nivel internacional se distinguen seis variedades (diferenciadas por el color, forma, apariencia, peso, fruto y tamaño de la planta) destacándose: sudán, china o morada, roja (larga y corta, americana), negra gigante (nigeriana), morada gigante (tailandesa) y la no ácida (Vietnam) (Meza-Chavarría, 2012). La mayoría de las variedades son utilizadas como plantas ornamentales a excepción del tipo *sabdariffa* de la cual se han identificado dos subtipos, una de ellas es *Hibiscus sabdariffa* variedad Altissima y la otra, *Hibiscus sabdariffa* variedad Sabdariffa L, la cual es una planta alta, vigorosa, poco ramificada y muy fibrosa, por lo que es cultivada principalmente para la obtención de fibras, aunque también provee cálices comestibles. En México, las principales variedades que se cultivan son: criolla (variedad roja larga, con la mayor superficie cultivada), china, jerzy y sudán (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2007).

1.2. Producción en México

La flor de jamaica en México se agrupa en el sector de especias y plantas medicinales,

siendo un cultivo no tradicional que se desarrolla en regiones donde predomina un clima cálido-seco. La producción a nivel mundial de este cultivo la encabeza China con 27.76% de la producción, seguido por la India (17.91%), Sudán (9.1%), Uganda (8.40%), Indonesia (6.23%), Malasia (5.53%) y en séptimo lugar México con el 5.14% (SAGARPA-CONACyT, 2010).

En México, la producción nacional en los últimos 5 años ha sido en promedio de 5300 ±287 toneladas. Conforme a datos de la Fundación Produce de Guerrero A. C. (2012), la principal producción de jamaica se concentra en los estados de Guerrero con 77.52%, Oaxaca con 12.61%, Michoacán con 3.60%, Nayarit con 2.68%, Puebla con 1.89% y el 1.7% restante se produce en los estados de Campeche, Colima, Jalisco y Veracruz. En el estado de Puebla, la jamaica se cultiva en la mixteca, principalmente en los municipios de Chiautla de Tapia, Ixcamilpa de Guerrero, Cohetzala, Huehuetlán el Chico, Chietla, Acatlán de Osorio y Tehuitzingo; siendo la superficie sembrada en los últimos dos años de 359 hectáreas (Tabla II). En la mixteca, solamente diez municipios tienen potencial productivo, siendo Chiautla de Tapia el principal productor, teniendo un importante aumento en la producción de flor de jamaica (de 19.5 a 92 toneladas) en los últimos 5 años (Tabla II).

Tabla II. Producción¹ de jamaica a nivel nacional, estado de Puebla y municipio de Chiautla de Tapia.

Año	Nacional		Puebla		Chiautla de Tapia	
	Superficie sembrada (Ha)	Producción (ton)	Superficie sembrada (Ha)	Producción (ton)	Superficie sembrada (Ha)	Producción (ton)
2011	18620.70	5673.31	359.00	182.00	184.00	92.00
2010	19020.50	5469.27	359.00	179.32	184.00	92.00
2009	18684.50	4926.48	390.00	257.00	180.00	72.00
2008	18906.50	5152.96	302.00	61.90	188.00	37.60
2007	18830.00	5281.40	110.00	32.80	78.00	19.50

¹Ciclo: año agrícola otoño-invierno + primavera-verano, modalidad: riego+temporal. Datos obtenidos del SIAP (2012)

1.3. Composición química

De acuerdo al color de los cálices de jamaica se pueden distinguir tres tipos: verde, rojo y rojo oscuro. Los cálices de color rojo y rojo oscuro son utilizados para la obtención de extractos con los cuales se prepara una bebida refrescante, mientras que los cálices verdes son usados para preparar sopas con vegetales (Babalola *et al.*, 2001). La composición en los cálices de jamaica varía, principalmente, de acuerdo a la variedad, color y diferencias genéticas. En la Tabla III se presenta la composición química de los cálices de jamaica, se puede apreciar un contenido importante de proteína, fibra cruda y ácido ascórbico. Con respecto al contenido de aminoácidos (Tabla IV), los cálices de jamaica aportan la mayoría de los aminoácidos esenciales, a excepción del triptófano.

Respecto al contenido de compuestos bioactivos (principalmente fenoles y antocianinas), éste varía de acuerdo a la variedad de la flor de jamaica, así como al método de extracción utilizado. En un estudio

realizado por Peng-Kong *et al.* (2002), reportan una concentración de antocianinas totales de 2520 ± 50 mg/100 g de flor de jamaica (expresada como delphinidina-3-glucósido). Así mismo, mencionan que, de acuerdo al análisis por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), las principales antocianinas presentes en la flor de jamaica son la delphinidina-3-sambubiosido (71.4%) y la cianidina-3-sambubiosido (26.6%). Galicia-Flores *et al.* (2008), reportaron un contenido de antocianinas totales entre 364.98-606.67 mg/100 g de muestra seca y molida (el extracto fue obtenido utilizando metanol acidificado al 1 % con ácido trifluoracético). En este mismo trabajo, la concentración de antocianinas fue menor (entre 172.58-296.99 mg/100 g de muestra seca de cálices enteros) al utilizar agua destilada. En otro estudio realizado por Abou-Arab *et al.* (2011), la concentración de antocianinas totales fue de 622.91 ± 2.0 mg/100 g de muestra seca (como cianidina-3-glucósido) y un contenido de fenoles totales de 3742 ± 200 mg/100 g (como ácido gálico).

Tabla III. Composición química de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.).

Elemento	Tipos de cálices				
	Frescos ¹	Rojos ²	Rojo-oscuros ²	Rojos ³	Blancos ³
Humedad (%)	9.20	86.50	85.30	11.00	9.30
Proteína cruda (%)	1.15	17.40*	8.60*	7.88	7.53
Extracto etéreo (%)	2.61	2.10*	2.90*	0.16	0.12
Fibra cruda (%)	12.00	8.50*	9.80*	13.20	12.00
Cenizas (%)	6.90	6.50*	6.80*	10.60	9.50
Carbohidratos (%)	68.15	65.50*	71.90*	57.16	61.55
Ácido ascórbico (mg/100 g)	6.70	63.50	54.80	11.00	15.50
Caroteno (mg/100 g)	0.03	-	-	-	-
Tiamina (mg/100 g)	0.12	-	-	-	-
Riboflavina (mg/100 g)	0.28	-	-	-	-
Niacina (mg/100 g)	3.77	-	-	-	-

Adaptado de ¹Morton (1987), ²Babalola *et al.* (2001) y ³Suliman *et al.* (2011)

*En base seca

Tabla IV. Contenido de aminoácidos (mg/g de materia seca) en la flor de jamaica.

Aminoácidos	Morton (1987)	Glew <i>et al.</i> (1997)
Ácido aspártico	16.30	10.50
Ácido glutámico	7.20	8.85
Prolina	5.60	5.82
Leucina	5.00	4.21
Lisina	3.90	2.77
Glicina	3.80	2.47
Valina	3.80	3.33
Alanina	3.70	3.46
Arginina	3.60	4.48
Serina	3.50	2.65
Isoleucina	3.00	2.70
Treonina	3.00	2.36
Tirosina	2.20	1.44
Histidina	1.50	1.19
Cistina o Cisteína	1.30	0.87
Metionina	1.00	0.65
Fenilalanina	1.00	2.32

Así mismo la jamaica es una fuente importante de calcio, magnesio y oligoelementos (Tabla V). Estos últimos compuestos no los puede producir el ser humano, por lo que se deben obtener de fuentes externas, ya que son necesarios para vivir y preservar la salud pues, intervienen en las funciones respiratorias, digestivas, neurovegetativas y musculares, como reguladores. Los oligoelementos que en la actualidad se consideran esenciales para el hombre son: cromo (Cr), cobre (Cu), cobalto (Co), flúor (F), yodo (I), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), selenio (Se), vanadio (V), cinc (Zn), níquel (Ni), silicio (Si), arsénico (As) y estaño (Sn) (Alarcón-Corredor, 2009).

2. Productos derivados de la flor y extractos de jamaica

En México, la industria de la jamaica ha tenido un avance muy importante, en el año 2005 se inició el diseño de una planta procesadora (Integradora Agroindustrial de Chiautla de Tapia S. A. de C. V.) para el desarrollo de nuevos productos derivados de la flor de jamaica (variedad criolla): licor, mermelada, jarabe, jalea, ate, extracto y bebida refrescante. Lo anterior benefició a 158 agricultores de cinco municipios de la mixteca poblana (Martínez-Martínez *et al.*, 2006, Cid *et al.*, 2007).

2.1. Aplicaciones de la flor de jamaica en alimentos

Los cálices de jamaica se han utilizado en la obtención de mermeladas, jaleas y ates. En un

Tabla V. Composición (mg/100 g de materia seca) en macro y micro minerales de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.).

Elemento	Glew <i>et al.</i> (1997)	Babalola <i>et al.</i> (2001)	Ortiz-Márquez (2008)	Cid-Ortega <i>et al.</i> (2010)
Calcio (mg/100 g)	1130.00	1584.00	122.06	1230.00
Fósforo (mg/100 g)	163.00	-	-	-
Magnesio (mg/100 g)	309.00	316.00	4403.87	500.00
Potasio (mg/100 g)	-	2060.00	-	2030.00
Sodio (mg/100 g)	3.83	5.50	-	10.17
Hierro (mg/100 g)	6.14	37.80	224.71	8.82
Manganoso	10.00	-	-	8.77
Cobre	-	-	24.19	0.35
Níquel	-	-	11.51	-
Cobalto	-	-	-	0.19
Zinc (mg/100 g)	2.71	7.50	118.57	1.45

estudio realizado por Ashaye y Adeleke (2009), evaluaron las características fisicoquímicas y la aceptabilidad de mermelada de jamaica utilizando dos variedades de flor de jamaica (roja y roja obscura), empleando flor fresca y seca de cada una. La mermelada elaborada a partir de flor roja obscura fresca tuvo mayor aceptación en los atributos de calidad. Por lo anterior, los autores concluyen que es mejor elaborar la mermelada a partir de flor fresca y almacenarla a bajas temperaturas, ya que además este producto y bajo estas condiciones mantuvo un contenido de ácido ascórbico significativamente mayor que las elaboradas con flor seca y/o almacenadas a temperatura ambiente.

Henry y Badrie (2007) evaluaron el efecto de la adición de néctar de jamaica en yogur. El néctar lo prepararon a partir de un puré de cálices, jarabe de alta fructosa, sacarosa cristalina y goma xantana (0.6%) a 2 concentraciones, 60 y 67 °Bx. El néctar lo agregaron al yogur en 2 concentraciones (para cada néctar, 60 y 67 °Bx), 27% y 33% (v/v), además adicionaron saborizante artificial de jamaica en 2 concentraciones (0.2% y 0.6% v/v); finalmente, mezclaron para obtener yogur batido. Los autores reportan que todos los yogures elaborados con el néctar de jamaica fueron mayormente aceptados que el yogur sin

néctar, resultando el mejor el que fue adicionado con 33% de néctar con 60 °Bx y saborizante artificial al 0.6%. Cabe mencionar que los autores mencionan que tuvieron que emplear sabor artificial de jamaica debido a que el sabor del néctar no se percibía.

La flor de jamaica se ha usado en la elaboración de productos de panificación y repostería debido a su contenido de fibra, calcio y hierro. Almana (2001) evaluó el efecto del polvo de flor de jamaica en pastel de chocolate para enriquecerlo con calcio, hierro y fibra cruda. El autor adicionó diferentes concentraciones del polvo (0, 1, 3, 5 ó 7%) con respecto a la harina de trigo utilizada en la formulación y observó que altas concentraciones del polvo disminuían el volumen y la firmeza del pastel, sin embargo, pudo contrarrestar este efecto modificando el pH de la masa con bicarbonato de sodio hasta un valor ~7. De esta manera logró incorporar 5% de flor de jamaica en polvo al pastel de chocolate, con lo que aumentó 5 veces más el contenido de fibra, 4 veces más el de calcio y 2 veces más el de hierro con respecto al pastel sin polvo.

En Turquía, se ha evaluado el uso de los cálices de jamaica como antioxidante natural en “kavurma” (producto cárnico tradicional hecho a base de carne, grasa de res y sal). Se

probó y comparó el poder antioxidante de los cálices de jamaica, hojas de romero y BHT (butil-hidroxi-tolueno). La jamaica y el romero se adicionaron en una concentración de 1 g (cálices secos u hojas secas) por kilogramo de carne y 3300 mg/kg para el BHT. Los autores reportan que la adición de antioxidantes reduce la oxidación de grasas durante su cocimiento, por lo que la carne adicionada con romero presentó los valores más bajos de TBARS (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico) (0.23 ± 0.02 mg/kg), mientras que la adicionada con jamaica y BHT, fueron iguales (0.47 ± 0.03 y 0.41 ± 0.01 mg/kg respectivamente). Por otra parte, los atributos sensoriales (sabor, color y facilidad de corte) mejoran al adicionar la jamaica y romero, lo cual se puede deber a la presencia de ácidos orgánicos (Bozkurt y Belibağlı, 2009).

2.2. Aplicaciones de los extractos de jamaica en alimentos

En general una de las aplicaciones más comunes de la flor de jamaica es en la elaboración de bebidas refrescantes a partir de su extracto acuoso, a este respecto se han reportado trabajos en los cuales han evaluado diferentes variedades de jamaica (roja, roja obscura y amarilla), procesos de elaboración, aporte nutricional y las sustancias bioactivas (principalmente antocianinas).

Con el objetivo de determinar la óptima relación de cálices de jamaica-agua caliente en el proceso de extracción para elaborar una bebida endulzada de jamaica, Bolade *et al.* (2009) evaluaron tres proporciones (p/v) de cálices-agua caliente: 1:52, 1:57 y 1:62; con tiempos de extracción de 20, 25 y 30 min. y una temperatura constante de 100 ± 2 °C. Las mejores condiciones para la preparación de la bebida fueron una relación de 1:62 (p/v) y 30 minutos, la cual además se endulzó con azúcar al 13%. Bajo estas condiciones, el aporte de ácido ascórbico fue de 15.5 mg/100 mL. Cid-Ortega *et al.*, 2010 diseñaron una bebida a

partir del extracto de jamaica (criolla roja) y evaluaron diferentes edulcorantes no calóricos y los compararon con el azúcar de caña. El extracto de jamaica se obtuvo con agua destilada en una proporción de 1:7 (p/v), a 60 °C durante 20 min. La extracción fue muy eficiente al obtener el $95 \pm 3\%$ de los minerales K, Ca, Mg, Fe, Co, Mn y Zn, y el $64 \pm 2\%$ para Na y Cu (ver Tabla V). El edulcorante no calórico mejor aceptado fue el Canderel® (aspartame+acesulfame-K) y el aporte de antocianinas totales fue de aproximadamente 5 mg por botella de agua de jamaica (500 mL), cubriendo el 22% de la ingesta diaria recomendada (23 mg/día) (Biruete-Guzmán *et al.*, 2009). Nnam y Onyeke (2003), compararon bebidas hechas a partir de dos variedades de jamaica (roja y amarilla), encontrando que ambas tuvieron un contenido apreciable de Fe (roja: 833.00 mg/100 g y amarilla: 800.67 mg/100 g), β -caroteno (roja: 285.29 RE/100 g y amarilla: 281.28 RE/100 g) y ácido ascórbico (roja: 53 mg/100 g y amarilla: 56.83 mg/100 g); concluyendo que son una fuente importante de éstos.

Por otra parte, se han realizado estudios para determinar el efecto de la adición de extracto de jamaica en la elaboración de yogur, evaluando sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales. Iwalokun y Shittu (2007) determinaron el efecto del extracto acuoso de *Hibiscus sabdariffa* (20 mL/L de yogur) sobre el pH, acidez titulable, sinéresis, cenizas y contenido de humedad en yogur con bajo contenido de grasa elaborado a partir de leche reconstituida al adicionarlo antes o después del proceso de fermentación. Los autores observaron que la adición del extracto antes de la fermentación reduce el tiempo de este proceso (aprox. 42 min.), sugiriendo una reacción entre el extracto y los sustratos y productos de la fermentación. La abundancia de ácidos orgánicos en el extracto, pudieran provocar una sinergia con los cultivos iniciadores y de esta manera acelerar la reducción del pH y por consiguiente la

coagulación. La sinéresis de este yogur fue significativamente menor que la del yogur sin extracto o el adicionado después de la fermentación. En la evaluación sensorial, el yogur con extracto de jamaica presentó una menor aceptación que un yogur de fresa, debido tal vez a una acidez excesiva que causa un sabor desagradable, por lo que recomiendan el uso de aditivos como sacarosa, estabilizantes, mantequilla y/o lactosa.

Resultados similares encontraron Rasdhari *et al.* (2008), al utilizar el extracto acuoso de jamaica en un yogur probiótico (conteniendo *L. casei*) elaborado con leche pasteurizada. Ellos manejaron dos concentraciones del extracto en el yogur (1 y 2% en volumen). De manera general, la adición del extracto mejoró las propiedades antioxidantes y disminuyó la sinéresis. A diferencia del estudio de Iwalokun y Shittu (2007) la aceptabilidad mostró puntuaciones altas en los diferentes atributos, por lo que los autores concluyen que la adición del extracto de jamaica tuvo un efecto benéfico en la calidad del yogur. Las diferencias entre estos trabajos probablemente se deban al tipo de leche utilizada.

Daramola y Asunni (2006) evaluaron el efecto de la adición de extracto acuoso de jamaica como antioxidante y fortificante de hierro en pizzas, se utilizaron dos concentraciones (3 y 12.5 %). El extracto de jamaica mejoró algunas características sensoriales del producto, específicamente el sabor y la textura, no así, la apariencia (aspecto rugoso). La aceptación general fue igual para todas las pizzas. El efecto antioxidante se cuantificó mediante el monitoreo del índice de peróxido. Las pizzas con el extracto tuvieron menor índice de peróxidos, por lo que ayuda a prevenir la oxidación. Así mismo, las concentraciones de hierro fueron mayores en las pizzas enriquecidas con el extracto aportando 1.05 y 1.97 mg/g. Por lo anterior los autores sugieren el uso del extracto en botanas fritas.

Recientemente, los polvos encapsulados de los extractos de jamaica representan una opción muy interesante como colorante para la industria de alimentos y bebidas, principalmente por su aporte de compuestos bioactivos (antocianinas y fenoles). Duangmal *et al.* (2004), evaluaron la estabilidad del color de un extracto de jamaica liofilizado y encapsulado con maltodextrina (3%), en una bebida refrescante. Se probaron y compararon 3 colorantes: 0.1% de polvo liofilizado de jamaica, 0.05% de SAN RED RC® y 0.05% de carmín artificial; en una bebida que además contenía 10% de azúcar y 0.5% de ácido cítrico, por 12 semanas. La bebida con polvo liofilizado de jamaica fue rechazada por los panelistas (en función del color) después de 56 días (debido a la degradación de las antocianinas), mientras que las dos restantes fueron aceptadas hasta los 84 días. Sin embargo, la aceptación general fue superior para la bebida de jamaica. En otro estudio (Selim *et al.*, 2008) similar, se utilizó el extracto de jamaica liofilizado y encapsulado con maltodextrina (10%), como colorante en la elaboración de mermelada de fresa. El polvo se adicionó a diferentes concentraciones (0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 g/kg de mermelada) y se realizó un análisis sensorial para evaluar su aceptación. La mejor formulación fue la mermelada adicionada con el 1.0%. En cuanto a la estabilidad del color, éste se mantuvo estable a los 6 meses de almacenamiento. Las mermeladas adicionadas con el polvo de jamaica tuvieron una mayor aceptación que el control (mermelada sin polvo de jamaica), incluso después de 9 meses. De acuerdo a estas investigaciones, el uso de polvos liofilizados de extractos de jamaica puede tener un uso significativo como colorante en los alimentos y bebidas.

3. Beneficios a la salud de los extractos de jamaica

Las investigaciones realizadas a la flor de jamaica, con el objetivo de evaluar sus

beneficios a la salud, se centran principalmente en sus extractos, los cuales se utilizan para enriquecer o fortificar diversos alimentos, como se mencionó en la sección anterior. Hasta el momento no se han publicado trabajos en los que se demuestren los efectos positivos de productos elaborados particularmente con la flor de jamaica y sus extractos, a excepción de las bebidas refrescantes. Por lo anterior, en esta sección se presentarán los principales beneficios que tienen los extractos de jamaica para tratar o prevenir padecimientos habituales en el ser humano. Estudios recientes con los extractos acuosos y etanólicos de jamaica demuestran que éstos podrían actuar como antioxidantes y contribuir a las acciones anticancerígenas, además de que ayudan a reducir enfermedades cardiovasculares y crónicas como la diabetes mellitus, las dislipidemias, y la hipertensión. Los principales compuestos antioxidantes en los extractos son los flavonoides y antocianinas, desde el punto de vista toxicológico, estos no presentan actividad tóxica ni mutagénica.

3.1. Propiedades antioxidantes

Actualmente los seres humanos estamos expuestos a un gran número de agentes oxidantes, producto de la contaminación ambiental, situaciones de estrés, inhalación de humo del cigarrillo y compuestos químicos que se añaden a los alimentos (que mejoran sus propiedades sensoriales o su conservación). Por otro lado, como producto de las reacciones químicas el cuerpo produce radicales libres, por lo que si bien ordinariamente son neutralizados por los antioxidantes biológicos, pueden causar la oxidación de las membranas para después dañar el ADN, desencadenando una serie de reacciones no deseables que pueden conducir al desarrollo de enfermedades como cáncer, problemas cardiovasculares, entre otros (Biruete-Guzmán *et al.*, 2009). Los compuestos fenólicos, como el ácido protocatéquico, que se encuentra en el extracto

de las flores de jamaica, tienen fuertes propiedades antioxidantes. El ácido protocatéquico disminuye la peroxidación de lípidos, que es un mecanismo potencial del daño celular. Este ácido es un agente eficaz para inhibir la acción carcinogénica de la dietilnitroso-amina en el hígado, de la 1-óxido-4-nitroquinoleína en la cavidad oral, del azoxymetano en el colon, de la N-metil-N-nitrosourea en el tejido glandular del estómago y de la N-butil-N-(4-hidroxibutil) nitrosamina en la vesícula (Carvajal *et al.*, 2006).

Diversos estudios han evaluado las propiedades antioxidantes de los extractos de jamaica. Usoh *et al.* (2005) evaluaron el efecto antioxidante de los extractos etanólicos de flores secas de *Hibiscus sabdariffa* L. en algunos biomarcadores de estrés oxidativo en ratas de raza Wistar. La administración oral del extracto (200 y 300 mg/kg de peso corporal) reduce significativamente la formación de malondialdehído (principal compuesto utilizado como indicador de la peroxidación de lípidos) en el hígado, inducida por el arsenito de sodio, lo que sugiere el papel protector del extracto en contra del daño celular inducido. Así mismo, el tratamiento con los extractos mostró un aumento significativo en el hígado y una disminución en la sangre, de las enzimas dismutasa superóxido y catalasa, lo que indica su eficacia antioxidante y su efecto protector.

En otro estudio (Hsieh *et al.*, 2006) investigaron el daño oxidativo inducido por el ejercicio exhaustivo y el efecto protector de la adición del ácido protocatéquico de jamaica sobre los niveles de malondialdehído, superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa y glutatión reductasa, en el músculo esquelético de ratas. La cantidad de ácido protocatéquico suministrado fue de 1 mg/kg de masa corporal por día, durante 7 días. Los resultados de este estudio mostraron que el ejercicio exhaustivo podría resultar en un estrés oxidativo y que la administración del ácido protocatéquico fue

favorable ya que mejoró la capacidad antioxidante e inhibió el estrés oxidativo. Mohamed y Subramanian, (2007), estudiaron los efectos del extracto etanólico de jamaica contra la hiperamonemia y como antioxidante en los tejidos cerebrales de ratas con exceso de hiperamonemia, inducidas por cloruro de amonio. La administración oral del extracto de jamaica (250 mg/kg de peso corporal) normalizó de manera significativa los niveles de amoníaco, urea, ácido úrico, creatinina y nitrógeno no proteico en la sangre. Así mismo, disminuyó significativamente los niveles de peroxidación de lípidos en el cerebro, cuantificados como TBARS (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico) e hidroperóxidos. Esta investigación demuestra una significativa actividad anti-hiperamonemia y antioxidante del extracto etanólico de jamaica.

Sáyago-Ayerdi *et al.* (2007) demostraron la presencia de fibra dietética (0.66 g de fibra soluble/L) y compuestos bioactivos antioxidantes (66 mg/100 mL de compuestos fenólicos) en una bebida obtenida por decocción de los cálices de jamaica. Una porción de 250 mL de esta bebida aporta aproximadamente 166 mg de dicha fibra, lo que representa alrededor del 2% de la ingesta recomendada en México. Además, esta fibra dietética soluble contiene polifenoles asociados que confieren actividad antioxidante, posiblemente induciendo un efecto saludable en el colon, donde puede contrarrestar los efectos metabólicos de la microflora y que contribuye a un estado saludable.

Se ha investigado (Won-Kyoung *et al.*, 2008) la acción anti-proliferativa de las células primarias de humanos cultivadas con leiomioma (neoplasia benigna del músculo liso que es muy rara y puede ocurrir en cualquier órgano, pero las formas más comunes se producen en el útero, el intestino delgado y el esófago) debido a la ingesta del ácido

protocatéquico de jamaica. Las células de leiomioma uterino tratadas con una concentración de 5 mmol/L de ácido protocatéquico, redujo en un 70% el crecimiento de dichas células, en un tiempo de prueba de 72 h. Los resultados obtenidos en este trabajo indican que el ácido protocatéquico induce la apoptosis (proceso por el que la célula muere ante estímulos extra o intracelulares) en las células de leiomioma uterino *in vitro*, lo que indica su potencial en el tratamiento de este padecimiento en humanos.

Los efectos del extracto de jamaica sobre los padecimientos de cáncer también han sido estudiados. Akim *et al.* (2011) evaluaron la capacidad antioxidante de un jugo comercial de jamaica en tres períodos de almacenamiento y su efecto antiproliferativo sobre células de cáncer de mama (MCF-7 y MDA-MB-231), ovario (Caov-3) y cuello uterino (HeLa). En general, el jugo comercial de jamaica almacenado en diferentes períodos (un año, un mes, y una semana), exhibieron una alta actividad antioxidante y ésta no fue significativamente diferente entre las muestras almacenadas. Así mismo, mostró actividad anti-proliferativa de células Caov-3, HeLa, MDA-MB-231 y MCF-7. En conclusión, los autores demostraron que el jugo comercial de jamaica posee propiedades antioxidantes y actividad antiproliferativa de células cancerígenas que podrían atribuirse a su contenido de flavonoides y saponinas.

Así mismo, se han estudiado las propiedades hemo-protectoras y citotóxicas (Ologundudu *et al.*, 2009; 2010) del extracto de *Hibiscus sabdariffa* utilizando el modelo inducido de estrés oxidativo por 2,4-dinitrofenilhidrazina en conejos. Los resultados hallados indican que las antocianinas, presentes en el extracto de los cálices secos de *Hibiscus sabdariffa*, protegen a la sangre contra los efectos de la oxidación inducida por 2,4-dinitrofenilhidrazina y

efectos hemolíticos, así como, la protección contra los efectos debidos a la peroxidación de lípidos y citotóxicos.

Josiah *et al.* (2010) investigaron el papel protector del extracto acuoso de *Hibiscus sabdariffa* en tejidos (cerebro, riñón, estómago, bazo, corazón e hígado) dañados de ratas, inducido por bromato de potasio. Las dosis utilizadas del extracto fueron de 250 y 500 mg/kg del peso corporal. No hubo diferencia significativa en la proporción del peso de los órganos en todos los tejidos investigados en ambas dosis, en comparación con el control. El nivel de malondialdehído en los grupos de ensayo se redujo significativamente de una manera dependiente de la dosis utilizada del extracto de jamaica.

3.2. Efecto como hipolipemiante

Se entiende por hipolipemiante a cualquier sustancia farmacológicamente activa que tenga la propiedad de disminuir los niveles de lípidos en sangre. Ubani *et al.* (2010) demostraron una disminución significativa en el colesterol total y los niveles de LDL (lipoproteínas de baja densidad), al administrar extracto de *Hibiscus sabdariffa* L., en concentraciones de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 mg/kg, en ratas inducidas con fenobarbitona. Resultados similares obtuvieron Gosain *et al.* (2010), al investigar el efecto hipolipídico del extracto etanólico de *Hibiscus sabdariffa* L. en ratas hiperlipidémicas (niveles elevados de lípidos en la sangre). El extracto de jamaica fue evaluado en tres dosis: 100, 200 y 300 mg/kg, por vía oral. Como fármaco estándar se utilizó atorvastatina (10 mg/kg, por vía oral). Las concentraciones de 200 y 300 mg/kg de extracto de jamaica mostraron una reducción significativa en el nivel de colesterol sérico en un 18.5% y 22%, respectivamente, el nivel de triglicéridos en suero en un 15.6% y 20.6%, respectivamente; nivel sérico de LDL en un 24% y 30%, respectivamente, y el nivel de VLDL (lipoproteínas de muy baja densidad)

en suero en un 15.5% y 20.5%, respectivamente. Sin embargo, ningún cambio significativo en el nivel de HDL (liproteínas de alta densidad) fue observado. Estos resultados indican que el extracto etanólico de jamaica exhibe un efecto hipolipídico y la mejor concentración fue la de 300 mg/kg (pero menos eficaz que el fármaco estándar atorvastatina). No obstante, se requiere de más investigaciones con diferentes condiciones experimentales para justificar el efecto hipolipemiante de los extractos de *Hibiscus sabdariffa*.

Por otra parte, Chia-Wen *et al.* (2010) demostraron que el extracto de jamaica inhibió el crecimiento de las células musculares lisas de la aorta mediante apoptosis, siendo dependiente de la dosis administrada del extracto de jamaica (0.5 a 6 mg/mL), por lo que puede ser un componente natural útil para prevenir cambios patológicos de la aterosclerosis.

Hernández-Martínez *et al.* (2003), no encontraron diferencias en el efecto de disminuir el colesterol y las LDL, y aumentar las HDL, al consumir encapsulados (500 mg) del extracto de jamaica en polvo (dosis de 3 g/día durante dos meses) o el consumo de agua de jamaica (10 g de flor en 1 litro de agua diarios) en pacientes con diversos grados de dislipidemia. Ellos comprobaron una disminución del colesterol total, con agua de jamaica del 23.6% y con encapsulados del 22.9%, LDL 30.2% y 31.5% y triglicéridos 21.2% y 17.9%, al consumir agua de jamaica o encapsulados respectivamente; mientras que, el nivel de HDL se elevó en un porcentaje similar, 17.5% y 21.0%, al consumir agua de jamaica o encapsulados respectivamente. Por otra parte, Carvajal-Zarrabal *et al.* (2005, 2009) demostraron que el extracto etanólico de *Hibiscus sabdariffa* L. al 5% ayuda a reducir en un 35% los niveles de lípidos en suero de ratas. Así mismo, investigaron la acción del extracto etanólico de *Hibiscus sabdariffa* en la

absorción y excreción de grasas, y el peso corporal en ratas. La ganancia de peso fue menor en los grupos administrados con 10 y 15% del extracto de jamaica, revelando que estas concentraciones pudieran ser potenciales agentes contra la obesidad. Lo anterior, pareciera indicar que esas concentraciones de extracto de jamaica podrían inhibir la amilasa pancreática, y en consecuencia impedir el fraccionamiento de polisacáridos y su absorción.

Tzu-Li *et al.* (2007) evaluaron el efecto del extracto de *Hibiscus sabdariffa* en la reducción de colesterol en humanos, utilizando una preparación oral de cápsulas de extracto de jamaica liofilizado. En este estudio, 42 voluntarios (entre 18 y 75 años con un nivel de colesterol de 175 a 327 mg/dL) fueron observados durante un período de 4 semanas. Los sujetos fueron asignados aleatoriamente a 3 grupos: grupo I (1 cápsula de extracto de jamaica liofilizada en cada comida por día, 3 en total), grupo II (6 cápsulas, 2 en cada comida), y grupo III (9 cápsulas, 3 en cada comida). Cada cápsula de liofilizado de jamaica contenía 20.1 ± 3.0 mg de antocianinas, 14.0 ± 2.8 mg de polifenoles y 10.0 ± 2.5 mg de flavonoides. De manera general, el consumo de cápsulas con extracto de jamaica condujo a una disminución significativa en el nivel de colesterol sérico en los sujetos de los grupos I y II después de 4 semanas. El nivel de colesterol en suero para el 71% de los voluntarios del grupo II, se redujo significativamente en promedio 12%. Se concluye que una dosis de 2 cápsulas de extracto de jamaica (en cada comida) durante 1 mes puede reducir significativamente el nivel de colesterol sérico. La observación de niveles bajos de colesterol en suero en estos sujetos sugiere que el extracto de jamaica puede ser eficaz en pacientes hipercolesterolémicos.

3.3. Efectos positivos en afecciones cardiovasculares e hipertensivas

Uno de los principales factores de riesgo que predomina en el mundo es la hipertensión arterial, afectando a 900 millones de pacientes aproximadamente (420 millones en países desarrollados). Cuando esta enfermedad no se trata, puede producir engrosamiento de los vasos sanguíneos que propician enfermedades cardiovasculares (insuficiencia cardiaca e infarto agudo del miocardio), insuficiencia renal y accidentes cerebrovasculares (trombosis e ictus), las cuales son motivo de incapacidad permanente o muerte prematura (Blanquer *et al.*, 2009). Entre los principales factores responsables de la hipertensión se encuentran la retención de agua y sodio, así como niveles elevados de dicarbopeptidasa, la cual se conoce como enzima convertidora de la angiotensina (por sus siglas en inglés, ACE: Angiotensin Converting Enzyme), es una enzima proteolítica que convierte la angiotensina I en angiotensina II, esta última causa hipertensión, ya que es un poderoso vasoconstrictor que funciona en el cuerpo controlando la presión arterial. Diversas investigaciones han evidenciado el efecto hipotensor de los extractos de jamaica, los cuales inhiben la enzima convertidora de la angiotensina II. Se ha reportado que los extractos acuosos de jamaica disminuyen la actividad de la ACE en un 30% (Blanquer *et al.*, 2009). En un estudio se suministró diariamente a pacientes de 30 a 80 años, una infusión a partir de cálices de jamaica (10 g de flor en 500 mL de agua caliente, con un contenido de 9.6 mg de antocianinas) antes del desayuno, durante 4 semanas. Los resultados mostraron una disminución en la hipertensión (presión arterial sistólica de 139.05 a 123.73 mm Hg y presión arterial diastólica de 90.81 a 79.52 mm Hg) (Herrera-Arellano *et al.*, 2004). Además, se evidenció un aumento en la

eliminación de sodio urinario, así como una reducción de la actividad en la ACE. Lo anterior demuestra el efecto del extracto de jamaica como diurético y como inhibidor de la ACE (Herrera-Arellano *et al.*, 2007).

En otros estudios, se comprobó que el consumo diario (una porción en la mañana y otra por la tarde) de té de jamaica (2 g de flor en 250 mL de agua caliente y un tiempo de extracción de 20 a 30 minutos), durante 1 mes, en pacientes diabéticos, disminuyó su presión arterial (de 134.4 ± 11.8 / 81.6 ± 6.1 a 112.7 ± 5.79 / 80.5 ± 8.9 mm Hg) (Mozaffari-Khosravi *et al.*, 2009). Resultados similares obtuvieron McKay *et al.* (2010), quienes demostraron que el consumo diario (2160 mL) de té de jamaica (1.25 g de flor en 240 mL de agua, sometido a ebullición por 6 minutos), durante 6 semanas, en personas adultas con hipertensión, disminuyó su presión arterial (de 129.4 ± 4.8 / 78.9 ± 7.7 a 122.3 ± 10.3 / 75.8 ± 8.6 mm Hg). Es importante mencionar que la aportación de compuestos bioactivos en una porción de 240 mL de esta bebida de jamaica fue de 21.85 mg de fenoles totales y 7.04 mg de antocianinas totales.

3.4. Propiedades diuréticas, antipiréticas y contra los efectos de la diabetes

Los alimentos con propiedades diuréticas tienen la capacidad de favorecer la eliminación de líquidos y toxinas del organismo, ésta es una de las propiedades de los extractos acuosos de jamaica. Márquez-Vizcaino *et al.* (2007), llevaron a cabo un estudio en el cual utilizaron extracto de jamaica en diferentes formas: extracto total acuoso liofilizado (en concentraciones de 20, 200 y 400 mg/kg de peso corporal), fracción en etanol liofilizado (en concentraciones de 20 y 200 mg/kg de peso corporal) y extracto total acuoso sin liofilizar (20 mg/kg de peso corporal); los cuales se administraron en ratas albinas macho. Los tratamientos que presentaron mayor actividad diurética fueron los

administrados con 20 mg/kg de extracto etanólico liofilizado y extracto total acuoso sin liofilizar, teniendo estos tratamientos un comportamiento similar al control positivo de hidroclorotiazida en la eliminación del volumen de orina. Por otra parte, la eliminación de sodio y potasio en la orina, fue mayor para las concentraciones de 20 y 200 mg/kg de extracto total acuoso liofilizado. De acuerdo a lo anterior, el extracto etanólico liofilizado en concentraciones de 20 mg/kg presentó el mejor efecto diurético, incluso superior a la hidroclorotiazida en las condiciones ensayadas.

Otra de las propiedades que se han demostrado en los extractos de jamaica es el efecto antipirético. Se denomina antipirético a toda sustancia o fármaco que hace disminuir la fiebre. Reanmongkol e Itharat (2007) evaluaron la actividad antipirética del extracto acuoso (800 mg/kg) y etanólico (400 y 800 mg/kg) de la jamaica, en dicho estudio ambos extractos disminuyeron la fiebre inducida por levaduras en ratones albinos suizos y ratas Wistar. El extracto etanólico mostró un mayor efecto en la disminución de fiebre (1.2 y 1.1 °C) en comparación con el extracto acuoso (1 °C). Esto indica que posiblemente los extractos etanólicos contengan más componentes activos que promuevan una acción antipirética, que los extractos acuosos, así mismo, el efecto antipirético de los extractos de jamaica podría estar asociado a la inhibición de sustancias inductoras de fiebre, como las citocinas. Resultados similares obtuvo Velázquez-Hernández (2010), quien utilizó tres extractos de jamaica: extracto acuoso (100 g de cálices en 1 litro de agua, calentado a 100 °C por 30 min.), extracto concentrado en pigmentos (cálices extraídos con acetona y etanol, y posterior eliminación por destilación y evaporación) y extracto proteico (obtenido del residuo del extracto concentrado en pigmentos; concentración proteica de 100 µg/mL). Los tres extractos presentaron actividad antipirética, siendo el

mejor el extracto concentrado en pigmentos y éste es comparable con el paracetamol (control positivo).

Por otro lado, la diabetes es una enfermedad muy común en el mundo entero. Sus causas varían, pero generalmente están relacionadas a la cuestión genética y también a la obesidad. La característica de la diabetes es la falta de secreción de insulina en el páncreas. Se ha demostrado que los extractos de jamaica presentan efectos hipoglucémicos (Wen-Chin *et al.*, 2009); los cuales actúan sobre la glucosamina-nitrosourea que es un compuesto tóxico para las células beta, que son las responsables de producir la insulina. Resultados similares encontraron Sini *et al.* (2011), quienes realizaron un estudio en el cual se administró una dosis oral de extracto de jamaica de 0.5 mg/mL como bebida durante 5 semanas, a ratas albinas macho. Los resultados demostraron una reducción significativa en glucosa sanguínea y el peso corporal. El extracto de jamaica mostró actividad hipoglucémica, así como una disminución significativa en el nivel de colesterol sérico total y triglicéridos. El posible mecanismo por el cual el extracto de jamaica provoca su acción hipoglucemante puede ser debido a un efecto potencial del aumento de la insulina en plasma o bien, mediante la secreción pancreática de insulina a partir de células beta de los islotes pancreáticos (células que se encargan de producir hormonas como la insulina y el glucagón, con función netamente endocrina).

Conclusiones y comentarios finales

Es evidente que la flor de jamaica, así como sus extractos, poseen propiedades funcionales que tienen la capacidad de proveer beneficios a la salud del ser humano, lo anterior debido principalmente a su gran aporte de compuestos bioactivos (principalmente fenoles y

antocianinas). Las investigaciones recientes nos permiten proyectar a la flor de jamaica y sus extractos, como una nueva alternativa para la industria de alimentos y bebidas, en el diseño de nuevos productos que coadyuven a la prevención y/o tratamiento de enfermedades crónico degenerativas. Sin embargo, el reto para la industria alimentaria es desarrollar y comercializar de manera efectiva alimentos funcionales a partir de la flor de jamaica y sus extractos, y para los científicos, el desafío consiste en aportar las pruebas científicas para comprender el impacto de estos alimentos funcionales en la salud.

Agradecimientos

S. Cid-Ortega agradece al PROMEP (Programa de Mejoramiento del Profesorado) y a la UTIM (Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros) por la beca otorgada para la realización de sus estudios de doctorado.

Referencias

- Abou-Arab, A. A., Abu-Salem, F. M. y Abou-Arab, E. A. 2011. Physico-chemical properties of natural pigments (anthocyanin) extracted from roselle calyces (*Hibiscus subdariffa*). *Journal of American Science*. 7(7):445-456.
- Akim, A., Chooi, L. L., Rahmat, A. y Amiruddin, Z. Z. 2011. Antioxidant and anti-proliferative activities of roselle juice on Caov-3, MCF-7, MDA-MB-231 and HeLa cancer cell lines. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 5(7):957-965.
- Alarcón-Corredor, O. M. 2009. Los elementos traza. *Revista Médica de la Extensión Portuguesa*. 4(3):107-124.
- Almana, H. A. 2001. Karkade (*Hibiscus sabdariffa*) as a mineral and fiber supplement in chocolate cakes. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*. 9(1):283-295.

- Ashaye, O. A. y Adeleke, T. O. 2009. Quality attributes of stored roselle jam. *International Food Research Journal*. 16(3):363-371.
- Babalola, S. O., Babalola, A. O. y Aworh, O. C. 2001. Compositional attributes of the calyces of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Food Technology in Africa*. 6(4):133-134.
- Biruete-Guzmán, A., Juárez-Hernández, E., Sieiro-Ortega, E., Romero-Viruegas, R. y Silencio-Barrita, J. L. 2009. Los nutracéuticos. Lo que es conveniente saber. *Revista Mexicana de Pediatría*. 76(3):136-145.
- Blanquer, A., Herrera, A., Zamilpa, A., Olivar, T. y Martínez, M. 2009. Interés de la flor de hibisco en problemas cardiovasculares. *Revista de Fitoterapia*. 9(1):25-33.
- Bolade, M. K., Oluwalana, I. B. y Ojo, O. 2009. Commercial practice of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) beverage production: optimization of hot water extraction and sweetness level. *World Journal of Agricultural Sciences*. 5(1):126-131.
- Bozkurt, H. y Belibağı, K. B. 2009. Use of rosemary and *Hibiscus sabdariffa* in production of kavurma, a cooked meat product. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89:1168-1173.
- Carvajal, O., Waliszewski, S. y Infanzón, R. M. 2006. Los usos y maravillas de la jamaica. *La Ciencia y el Hombre*. 19(2):37-40.
- Carvajal-Zarrabal, O., Waliszewski, S. M., Barradas-Dermitz, D. M., Orta-Flores, Z., Hayward-Jones, P. M., Nolasco-Hipólito, C., Angulo-Guerrero, O., Sánchez-Ricaño, R., Infanzón, R. M. y Trujillo, P. R. L. 2005. The consumption of *Hibiscus sabdariffa* dried calyx ethanolic extract reduced lipid profile in rats. *Plant Foods for Human Nutrition*. 60 (4): 153-159.
- Carvajal-Zarrabal, O., Hayward-Jones, P. M., Orta-Flores, Z., Nolasco-Hipólito, C., Barradas-Dermitz, D. M., Aguilar-Uscanga, M. G., y Pedroza-Hernández, M. F. 2009. Effect of *Hibiscus sabdariffa* L. dried calyx ethanol extract on fat absorption-excretion, and body weight implication in rats. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2009: 1-5.
- Chia-Wen, L., Hui-Pei, H., Kuei-Chuan, C., Cheng-Hsun, W. y Chau-Jong W. 2010. *Hibiscus sabdariffa* extract induced apoptosis of proliferating smooth muscle cell. *Journal of Food Biochemistry*. 34(3):549-563.
- Cid, O. S., Navarro, F. A. E., Rodríguez, V. F. J., Caso, V. L. R. y Monroy, R. J. A. 2007. Industrialización de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) en la mixteca poblana. *Memorias del VII Coloquio Nacional de Investigación en Ingeniería Química*. Orizaba, Veracruz, México. 14-15 Noviembre 2007. p. 25-29.
- Cid-Ortega, S., Navarro-Frómata, A. E., Rostagno, M. A., López-Méndez, E. M. y Monterrosas-Fuentes, A. 2010. Sugar-free hibiscus water production: process design and economic evaluation. *Memorias del XXXI Encuentro Nacional de la AMIDIQ*. Huatulco, Oaxaca, México. 4-7 Mayo 2010. ISBN: 978-970-764-976-7. p. 4947 – 4952.
- Cisse, M., Dornier, M., Sakho, M., Ndiaye, A., Reynes, M. y Sock, O. 2009. Le bissap (*Hibiscus sabdariffa* L.): composition et principales utilisations. *Fruits*. 64(3):179-193.
- Daramola, B. y Asunni, O. A. 2006. Nutrient composition and storage studies on roselle extract enriched deep-fat-fried snack food. *African Journal of Biotechnology*. 5(19):1803-1807.
- Domínguez-Domínguez, S., Domínguez-López, A., González-Huerta, A. y Navarro-Galindo, S. 2007. Cinética de imbibición e isotermas de adsorción de humedad de la semilla de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 6(3):309-316.
- Duangmal, K., Saicheua, B. y Sueprasan, S. 2004. Roselle anthocyanins as a natural food colorant and improvement of its colour stability. *Proceedings of the AIC 2004 Color and Paints, Interim Meeting of the International Color Association*. Porto Alegre, Brazil. 2-5 Noviembre 2004. p. 155-158.
- EUFIC, 2006. Functional foods. The European Food Information Council. <http://www.eufic.org/article/en/expid/basics-functional-foods/>, accesada 12/09/2012.
- Falk, M. 2004. The impact of regulation on informing consumers about the health promoting properties of functional foods in the U.S.A. *Journal of Food Science*. 69(5):143-145.
- Fundación Produce de Guerrero A. C. 2012. Jamaica. Agenda de innovación. Publicaciones gratuitas. <http://fundacionproducegro.org.mx/publicaciones/gratisas/page/3/>, accesada 11/10/2012.
- Galicia-Flores, L. A., Salinas-Moreno, Y., Espinoza-García, B. M. y Sánchez-Feria, C. 2008. Caracterización fisicoquímica y actividad antioxidante de extractos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) nacional e importada. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 14(2):121-129.
- Glew R. H., Vanderjagt, D. J., Lockett, C., Grivetti, L. E., Smith, G. C., Pastuszyn, A. y Millson, M. 1997.

- Amino acid, fatty acid, and mineral composition of 24 indigenous plants of Burkina Faso. *Journal of Food Composition and Analysis*. 10(3):205-217.
- Gosain, S., Ircchiaya, R. y Sharma, P. 2010. Hypolipidemic effect of ethanolic extract from the leaves of *Hibiscus sabdariffa* L. in hyperlipidemic rats. *Acta Poloniae Pharmaceutica-Drug Research*. 67(2):179-184.
- Hasler, C. M. 2002. Functional foods: benefits, concerns and challenges (A position paper from the American Council on Science and Health). *The Journal of Nutrition*. 132(12):3772-3781.
- Henry, N. y Badrie, N. 2007. Utilization of sorrel/roseelle (*Hibiscus sabdariffa* L.) nectar in stirred yoghurts: physicochemical and sensory quality. *Journal of Food Technology*. 5(1):55-61.
- Hernández-Martínez, A., Lobo-Moreno, J. A. y Noveron-Miranda, S. 2003. Efecto hipolipemiante de *Hibiscus sabdariffa* en pacientes con dislipidemia. Tesis de especialidad en acupuntura y fitoterapia, *Universidad Autónoma Metropolitana- Unidad Iztapalapa*. México. 40 p.
- Herrera-Arellano, A., Flores-Romero, S., Chávez-Soto, M. A. y Tortoriello, J. 2004. Effectiveness and tolerability of a standardized extract from *Hibiscus sabdariffa* in patients with mild to moderate hypertension: a controlled and randomized clinical trial. *Phytomedicine*. 11(5):375-382.
- Herrera-Arellano, A., Miranda-Sánchez, J. y Avila-Castro, P. 2007. Clinical effects produced by a standardized herbal medicinal product of *Hibiscus sabdariffa* on patients with hypertension. A randomized, double-blind, lisinopril-controlled clinical trial. *Planta Medica*. 73(1): 6-12.
- Hsieh, C. C. C., Lee, M. Y., Chen, C. C., Hsu, J. J., Lu, H. K. y Wang, C. J. 2006. Hibiscus protocatechuic acid supplementation reduces oxidative stress induced by exhaustive exercise in rat muscle. *Journal of Exercise Science and Fitness*. 4(1):59-64.
- Iwalokun, B. A. y Shittu, M. O. 2007. Effect of *Hibiscus sabdariffa* (calyce) extract on biochemical and organoleptic properties of yogurt. *Pakistan Journal of Nutrition*, 6 (2): 172-182.
- Josiah, S., Omotuyi, O., Oluyemi, K., Ezea, I., Uhunmwangho, E., Nwangwu, S., Oyesola, O. y Njoya, H. 2010. Protective role of aqueous extract of *Hibiscus sabdariffa* (calyx) against potassium bromate induced tissue damage in wistar rats. *African Journal of Biotechnology*. 9(21):3218-3222.
- Mahadevan, S. N. y Kamboj, P. 2009. *Hibiscus sabdariffa* Linn-An overview. *Natural Product Radiance*. 8(1):77-83.
- Márquez-Vizcaino, R. L., de La Rosa-Torres, C., Agusto-Rivero, C. y Medina-Montes, M. 2007. Actividad diurética del extracto total acuoso de los cálices de *Hibiscus sabdariffa* L. administrado en ratas albinas variedad Wistar. *Scientia et Technica*. 13(33):377-381.
- Martínez-Martínez, C. T., Cid-Ortega, S. y Campos-Reyes, L. 2006. Diseño de una planta agroindustrial de jamaica. *Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla y Fundación Produce Puebla*, A. C. *Memorias: Cuarto Encuentro de Innovación Tecnológica para el fortalecimiento de las cadenas Agroalimentarias en el estado de Puebla*. Puebla, México. 11 julio 2006. ISBN: 968-839-534-X. p. 72-76.
- Mckay, D. L., Oliver-Chen, C. Y., Saltzman, E. y Blumberg, J. B. 2010. *Hibiscus sabdariffa* L. tea (tisane) lowers blood pressure in prehypertensive and mildly hypertensive adults. *The Journal of Nutrition*. 140(2):298-303.
- Meza-Chavarría, P. 2012. Guía: flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L) e (*Hibiscus cruentus* Bertol). *Asociación para el Desarrollo Eco-Sostenible (ADEES)*. Chinandega, Nicaragua. 25 p.
- Mohamed, M. E. y Subramanian, P. 2007. *Hibiscus sabdariffa* affects ammonium chloride-induced hyperammonemic rats. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*. 4(3):321-325.
- Morton, J. F. 1987. Roselle. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/rose.html>, accesada 18/09/2012.
- Mozaffari-Khosravi, H., Jalali-Khanabadi, B. A., Afkhami-Ardekani, M., Fatehi, F. y Noori-Shadkam, M. 2009. The effects of sour tea (*Hibiscus sabdariffa*) on hypertension in patients with type II diabetes. *Journal of Human Hypertension*. 23(1):48-54.
- Nnam, N. M. y Onyeke, N. G. 2003. Chemical composition of two varieties of sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.), calyces and the drinks made from them. *Plant Foods for Human Nutrition*. 58(3):1-7.
- Ologundudu, A., Ologundudu, A. O., Ololade, I. A. y Obi, F. O. 2009. Effect of *Hibiscus sabdariffa* anthocyanins on 2, 4-dinitrophenylhydrazine-induced hematotoxicity in rabbits. *African Journal of Biochemistry Research*. 3(4):140-144.

- Ologundudu, A., Ologundudu, A. O., Oluba, O. M., Omotuyi, I. O. y Obi, F. O. 2010. Effect of *Hibiscus sabdariffa* anthocyanins on 2, 4-dinitrophenylhydrazine-induced tissue damage in rabbits. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*. 2(1):1-6.
- Ortiz-MArquéz, S. 2008. Composición en macronutrientes, minerales y metales pesados en cálices de jamaica cultivada en el estado Monagas. *Tecnología y pensamiento*, 3 (1 – 2): 61-75.
- Peng-Kong, W., Yusof, S., Ghazali, H. M., y Che-Man, Y. B. 2002. Physico-chemical characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Nutrition and Food Science*. 32(2):68-73.
- Rasdhari, M., Parekh, T., Dave, N., Patel V. y Subhash, R. 2008. Evaluation of various physico-chemical properties of *Hibiscus sabdariffa* and *L. casei* incorporated probiotic yoghurt. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 11(17):2101-2108.
- Reanmongkol, W. e Itharat, A. 2007. Antipyretic activity of the extracts of *Hibiscus sabdariffa* L. calyces in experimental animals. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 29(1):29-38.
- Sagarpa-Conacyt, 2010. Fondo Sectorial de Investigación en materia agrícola, pecuaria, acuacultura, agrobiotecnología y recursos fitogenéticos. Anexo B. Demandas del sector 2010-7, demanda única: jamaica - “Generación de variedades de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) con alta concentración de compuestos bioactivos, de alto rendimiento y tolerantes a enfermedades para una producción sustentable en México”. <http://www.encuentra.gob.mx/resultsAPF.html?q=C%20onvocatoria%202010-7&client=conacyt&ts=all&geo=0>, accesada 15/09/2012.
- Sáyago-Ayerdi, S. G., Arranz, S., Serrano, J. y Goñi, I. 2007. Dietary fiber content and associated antioxidant compounds in Roselle flower (*Hibiscus sabdariffa* L) beverage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55(19):7886-7890.
- Selim, K. A., Khalil, K. E., Abdel-Bary, M. S. y Abdel-Azeim, N. A. 2008. Extraction, encapsulation and utilization of red pigments from roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as natural food colourants. Special Volume Conference. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*. Alexandria University. 4-6 Marzo 2008. p. 7-20.
- Shahidi, F. 2004. Functional foods: their role in health promotion and disease prevention. *Journal of Food Science*. 69(5):146-149.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2012. Cierre de la producción agrícola por cultivo. http://www_siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350, accesada 15/10/2012.
- Sini, J. M., Umar, I. A. e Inuwa, H. M. 2011. The beneficial effect of extract of *Hibiscus sabdariffa* calyces in alloxan-diabetic rats: hypoglycaemic and hypolipidaemic activities. *Journal of Medicinal Plants Research*. 5(11):2182-2186.
- Suliman, A. M. A., Ali, O. A., Idriss-Sharaf, E. A. A. y Abdualrahman, M. A. Y. 2011. A comparative study on red and white karkade (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyces, extracts and their products. *Pakistan Journal of Nutrition*. 10(7):680-683.
- Tzu-Li, L., Hui-Hsuan, L., Chang-Che, C., Ming-Cheng, L., Ming-Chih, C. y Chau-Jong, W. 2007. *Hibiscus sabdariffa* extract reduces serum cholesterol in men and women. *Nutrition Research*. 27(3):140-145.
- Ubani, C. S., Joshua, P. E. y Oraeki, A. N. 2010. Influence of aqueous extract of *Hibiscus sabdariffa* calyces on lipid profile of phenobarbitone induces wistar albino rats. *Journal of Pharmacy Research*. 3(2):319-324.
- Usoh, I., Akpan, E., Etim, E. y Farombi, E. 2005. Antioxidant action of dried *Hibiscus sabdariffa* L. on sodium arsenite – induced oxidative stress in rats. *Pakistan Journal of Nutrition*. 4(3):135-141.
- Velázquez-Hernández, M. E. 2010. Actividad antipirética de extractos crudos y proteicos de flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). Tesis de licenciatura, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*. Morelia, Michoacán, México. 99 p.
- Wen-Chin, L., Chau-Jong, W., Yu-Hsin, C., Jen-Dong, H., Su-Ya, C., Hong-Chen, C. y Huei-Jane, L. 2009. Polyphenol extracts from *Hibiscus sabdariffa* Linnaeus attenuate nephropathy in experimental type 1 diabetes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57(6):2206-2210.
- Won-Kyoung, S., Chi-Heum, C., Sabarish, R., Dae-Kyu, S., So-Jin, S., Sang-Hoon, K. y Soon-Do, C. 2008. Induction of apoptosis by hibiscus protocatechuic acid, in human uterine leiomyoma cells. *Korean Journal of Gynecologic Oncology*. 19(1):48-56.