

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES Y NUTRACÉUTICAS DE HORTALIZAS DE USO ANCESTRAL EN MÉXICO

NUTRITIONAL AND NUTRACEUTICAL CHARACTERISTICS OF VEGETABLES OF ANCESTRAL USE IN MEXICO

Nallely R. Román-Cortés¹, Ma. del Rosario García-Mateos^{1*},
Ana Ma. Castillo-González¹, Jaime Sahagún-Castellanos¹ y Ma. Adelina Jiménez-Arellanes²

¹Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de México, México.

²Unidad de Investigación Médica en Farmacología de Productos Naturales, Unidad Médica de Alta Especialidad, Hospital de Pediatría. Siglo XXI IMSS, Av. Cuauhtémoc 330. 06720, Col. Doctores. Delegación Cuauhtémoc, CDMX, México.

*Autor para correspondencia (rosrgar08@hotmail.com)

RESUMEN

En México, el consumo de verdolagas (*Portulaca oleracea*), quelites (*Chenopodium* spp.), quintoniles (*Amaranthus* spp.), huauzontles (*Chenopodium* spp.) y romeritos (*Suaeda* spp.) se mantiene desde épocas precolombinas. Actualmente, estas hortalizas forman parte de las costumbres y tradiciones culinarias y de la gran biodiversidad que se cultiva en el país; sin embargo, se desconoce su calidad nutricional y nutraceutica. El objetivo de este estudio fue evaluar el contenido de minerales, composición proximal y nutraceuticos para contribuir a la revalorización alimentaria de estas hortalizas. Los análisis de minerales y proximal se realizaron mediante métodos convencionales y las concentraciones de nutraceuticos por análisis espectrofotométricos. El análisis de varianza y la prueba de medias (Tukey, 0.05) mostraron que las verdolagas tuvieron las concentraciones mayores de N, P, Fe, Mg, Mn, Cu y Zn; los quintoniles presentaron los contenidos mayores de Ca en comparación con los de las hortalizas restantes. Los contenidos de carbohidratos en orden decreciente fueron en huauzontles > quelites > quintoniles > verdolagas > romeritos, y en fibra cruda fueron en huauzontles > quelites > verdolagas > quintoniles > romeritos. Los Quintoniles y verdolagas presentaron los niveles mayores de proteína (26.2 y 25.9 % respectivamente en base a peso fresco), los huauzontles y los quelites tuvieron el mayor contenido de compuestos fenólicos (432.9 y 420.2 mg equivalentes de ácido gálico 100 g⁻¹ de peso fresco, respectivamente), de flavonoides (135.3 y 117.0 mg equivalentes de quercetina 100 g⁻¹ de peso fresco, respectivamente) y actividad antioxidante (83.3 y 88.8 % de inhibición de radicales libres, respectivamente). La actividad antioxidante en huauzontles se asoció con los contenidos de compuestos fenólicos y flavonoides.

Palabras clave: Nutraceuticos, actividad antioxidante, proteína, minerales, hortalizas.

SUMMARY

In Mexico, consumption of purslanes (*Portulaca oleracea*), quelites (*Chenopodium* spp.), quintoniles (*Amaranthus* spp.), huauzontles (*Chenopodium* spp.) and romeritos (*Suaeda* spp.) is maintained since pre-Columbian times. Nowadays, these vegetables are part of the customs and culinary traditions and of the great biodiversity cultivated in the country; however, their nutritional and nutraceutical quality are unknown. The objective of this study was to evaluate the mineral content, proximal composition and nutraceuticals to contribute to the food revaluation of these vegetables. The mineral and proximal analyses were performed by conventional methods

and the nutraceutical concentrations by spectrophotometric analyses. The analysis of variance and the means test (Tukey, 0.05) showed that purslanes had the highest concentrations of N, P, Fe, Mg, Mn, Cu and Zn; quintoniles presented the highest content of Ca in comparison to that of the remaining vegetables. The carbohydrates contents in decreasing order were in huauzontles > quelites > quintoniles > purslanes > romeritos, and in crude fiber they were in huauzontles > quelites > purslanes > quintoniles > romeritos. Quintoniles and purslanes presented the highest levels of protein (26.2 and 25.9 % on fresh weight basis, respectively), huauzontles and quelites had the highest content of phenolic compounds (432.9 and 420.2 mg of gallic acid equivalents 100 g⁻¹ fresh weight), flavonoids (135.3 y 117.0 mg equivalents of quercetin 100 g⁻¹ fresh weight) and antioxidant activity (83.4 and 88.8 % inhibition of free radicals, respectively). The antioxidant activity in huauzontles was associated to the contents of phenolic compounds and flavonoids.

Index words: Nutraceuticals, antioxidant activity, protein, minerals, vegetables.

INTRODUCCIÓN

México es un país con gran biodiversidad y riqueza natural, alberga aproximadamente 26,000 especies de plantas superiores, lo que representa 10 % de la flora mundial (Basurto, 2011). Desde tiempos prehispánicos, algunas especies vegetales como huauzontles (*Chenopodium* spp.), quelites (*Chenopodium* spp.), quintoniles (*Amaranthus* spp.), romeritos (*Suaeda* spp.) y verdolagas (*Portulaca oleracea*) han sido recursos importantes para la alimentación de diversas comunidades indígenas; actualmente, su consumo forma parte de las costumbres y tradiciones de la población de diversas regiones del país (Mera *et al.*, 2013). Estas especies crecen como arvenses o malezas de otros cultivos como maíz (*Zea mays*), chile (*Capsicum annuum*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y café (*Coffea arabica*), aunque no representan una competencia significativa para éstos (Basurto, 2011); por su demanda comercial también se cultivan en regiones templadas y tropicales para consumo como ingredientes en la preparación de platillos de importancia cultural (Mera *et al.*, 2013).

Recibido: 13 de septiembre de 2017

Aceptado: 08 de mayo de 2018

Debido a la importancia económica local o regional, las verdolagas son las hortalizas ancestrales de mayor demanda, por lo que se han implementado algunas técnicas para su cultivo (parcelas individuales de manejo intensivo y cultivo hidropónico, principalmente) (Mera *et al.*, 2013). Los quelites como hortalizas también ocupan un lugar destacado entre las plantas de consumo, las fuentes históricas citan aproximadamente 164 plantas que fueron designadas como quelites en el México prehispánico; actualmente, su consumo ha sido desplazado por otras plantas comestibles de mayor valor comercial (Rojas *et al.*, 2011) y por factores ambientales, cambios en los hábitos alimentarios, transformación del hábitat, etc. (Basurto, 2011; Castro-Lara *et al.*, 2014).

A pesar de la riqueza productiva y la gran diversidad vegetal, son muy pocos los trabajos que han estudiado la presencia de compuestos nutraceuticos y antioxidantes en hortalizas de uso ancestral. Los compuestos nutraceuticos (vitaminas, flavonoides, tocotrienoles, compuestos alilsulfuro, carotenoides y polifenoles) (Badimon *et al.*, 2010) se asocian con propiedades antioxidantes, anti-inflamatorias, anti-envejecimiento y desintoxicantes, estos metabolitos actúan en la prevención de aterosclerosis y en patologías degenerativas de articulaciones (Badimon *et al.*, 2010; Das *et al.*, 2012). Recientemente, estudios epidemiológicos han mostrado que en la población existe una relación inversa entre la ingesta de alimentos nutraceuticos y la aparición de ciertos padecimientos como cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares, obesidad y alteraciones del sistema nervioso (Chintale Ashwini *et al.*, 2013).

El presente estudio tiene la intención de aportar información sobre la calidad nutricional y nutraceutica de algunos alimentos vegetales autóctonos, con el fin de revalorizar su identidad como elemento cultural, los cuales forman parte de la Macro Red de Especies Subutilizadas del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI) (Bye y Linares, 2011) y para mantener y prevenir enfermedades en los consumidores por los contenidos de sus componentes antioxidantes (Bello, 2006). En este contexto, el objetivo del presente estudio fue determinar el contenido de minerales, componentes nutricionales y nutraceuticos, así como la actividad antioxidante en huauzontles, quelites, quintoniles, romeritos y verdolagas, de consumo ancestral en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las muestras de huauzontles, quelites, quintoniles, romeritos y verdolagas se obtuvieron de la Central de Abasto de Ecatepec, Estado de México en 2014. La parte

comestible (hojas) de las especies se eligió libre de daños físicos visibles de plagas y enfermedades. En el laboratorio, el material se lavó con agua corriente y después con agua destilada para su análisis.

Cuantificación de minerales

Cada muestra seca y molida (0.5 g) se procesó mediante digestión húmeda con la adición de 4 mL de una mezcla diácida ($H_2SO_4:HClO_4$, 4:1 v/v) y 2 mL de peróxido de hidrógeno. Las determinaciones de B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, N y Zn se realizaron en un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada (ICP-AES) (VARIAN Modelo Liberty II, Melbourne, Australia). El contenido de N se determinó por el método colorimétrico mediante la digestión en micro-Kjeldahl descrito por Alcántar y Sandoval (1999).

Análisis proximal

Los porcentajes de humedad, lípidos, fibra cruda y cenizas de cada muestra seca y molida se determinaron mediante los métodos descritos por la AOAC (1998). El contenido de ácidos grasos se calculó a partir de la fórmula: $\% AG = 0.8 \times GC$; donde AG representa los ácidos grasos y GC la grasa cruda (Audu y Aremu, 2011). El contenido de carbohidratos totales se calculó por diferencia mediante la fórmula: $\% CT = 100 - (\% PC + \% L + \% C)$; donde CT se refiere a los carbohidratos totales, PC a la proteína cruda, L a los lípidos, C a cenizas (Audu y Aremu, 2011). Los resultados se expresaron como porcentaje en peso base a fresco.

Cuantificación de compuestos nutraceuticos

Al material fresco (1 g) de cada especie se le adicionaron 10 mL de metanol acuoso a 80 % (v/v), la mezcla se homogeneizó mediante agitación en un vórtex; posteriormente, se colocó en sonicación por 15 min a temperatura ambiente, la mezcla se dejó reposar por 24 h y se centrifugó por 10 min a $1409 \times g$ para usarse en la cuantificación de los compuestos fenólicos y flavonoides (Chang *et al.*, 2002).

Cuantificación de compuestos fenólicos

Se tomaron 0.5 mL del sobrenadante del extracto metanólico previamente preparado, se agregaron 0.5 mL del reactivo Folin-Ciocalteu 0.2 N y 4 mL de una solución 0.7 M de Na_2CO_3 , la mezcla se incubó a temperatura ambiente y en oscuridad por 2 h. Se tomaron lecturas de absorbancia en un espectrofotómetro Genesys 10s (Thermo Fisher Scientific, Tampa, Florida, USA) a una longitud de onda de 765 nm. La concentración de compuestos fenólicos se calculó a partir de una curva estándar preparada a base de ácido gálico y se expresó en mg equivalentes de ácido

gálico por 100 g de peso fresco (mg EAG 100 g⁻¹ p. f.) de acuerdo con el método de Waterman y Mole (1994) con algunas modificaciones.

Cuantificación de flavonoides

A 0.5 mL del extracto metanólico preparado anteriormente se agregaron 1.5 mL de etanol 95 % (v/v), 0.1 mL de solución de AlCl₃ 10 % (p/v), 0.1 mL de solución 1 M de CH₃COOK y 2.8 mL de agua destilada; la mezcla se incubó por 30 min. Se registró la absorbancia en un espectrofotómetro Genesys 10s a una longitud de onda de 415 nm. Para la cuantificación de los flavonoides se elaboró una curva estándar a base del flavonol quercetina (Chang *et al.*, 2002). Los resultados se expresaron en mg equivalentes de quercetina por 100 g de peso fresco (mg EQ 100 g⁻¹ p. f.).

Cuantificación de taninos condensados

A 200 mg de material fresco se agregaron 10 mL de solución del HCl en metanol a 1 % (v/v), se mantuvo en agitación constante por 20 min y después se filtró. Se tomó 1 mL de la mezcla filtrada y se le agregaron 4 mL de una solución de HCl a 8 % en metanol (v/v) y una solución de vainillina en metanol a 4 % (v/v) en una proporción de 1:1. La mezcla resultante se mantuvo en baño maría a 30 °C por 20 min; posteriormente, se midió la absorbancia de la mezcla en un espectrofotómetro Genesys 10s a una longitud de onda de 500 nm (Cardador-Martínez *et al.*, 2011). Se realizó una curva estándar a base de catequina para la cuantificación. El contenido total de taninos se expresó como mg de catequina en 100 g⁻¹ de peso fresco (mg EC 100 g⁻¹ p. f.).

Actividad antioxidante

Método ABTS

La actividad antioxidante se determinó con el método descrito por Re *et al.* (1999). Para determinar la actividad antioxidante en la muestra, primero se generó el radical libre y después esta solución se ajustó a una absorbancia determinada (0.7 ± 0.1) de la siguiente manera: 1) para generar el radical libre ABTS^{•+} (Ácido 2,2'-azino-bis (3-etilben-zotiazolin)-6-sulfónico) a 10 mL de una solución 7 mM de ABTS, se le agregaron 6.61 mg de K₂S₂O₈, la mezcla se dejó reposar a temperatura ambiente en oscuridad durante 16 h; 2) a 1 mL se adiciono de esta solución de ABTS se le agregó el volumen necesario de etanol anhidro hasta lograr obtener en la mezcla una absorbancia de 0.7 ± 0.1 (máxima concentración de radical ABTS^{•+} formado) medida en un espectrofotómetro Genesys 10s a una longitud de onda de 734 nm (A_i = absorbancia inicial).

Para la determinación de la actividad antioxidante en la muestra, a 1 mL de la solución 7 mM del radical libre de ABTS^{•+} se le adicionaron 10 mL del extracto metanólico de la muestra, la mezcla se incubó en baño maría a 30 °C en oscuridad por 7 min; posteriormente, se midió la absorbancia de la muestra en un espectrofotómetro Genesys™ 10s a una longitud de onda de 734 nm (A_f = absorbancia muestra). Para la cuantificación de la actividad antioxidante se realizó una curva estándar a base de trolox (Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico). Los resultados se expresaron en mg equivalentes de trolox por cada 100 g de peso fresco (mg ET 100 g⁻¹ p. f.). Para calcular el porcentaje de inhibición del radical libre ABTS^{•+} se empleó la fórmula: % de inhibición = [(A_i - A_f)/A_i]*100; donde: A_i es la absorbancia inicial del radical libre a 734 nm y A_f es la absorbancia final de la reacción con la muestra.

Método DMPD

La actividad antioxidante se determinó con el método descrito por Fogliano *et al.* (1999). Para determinar la actividad antioxidante en la muestra, primero se generó el radical libre de la manera siguiente: se preparó una solución 100 mM del radical libre DMPD^{•+} (Diclorhidrato de N,N-dimetil-p-fenilendiamina); posteriormente, a 1 mL de esta solución se le adicionaron 100 mL de una solución amortiguadora (10 mL de CH₃COOH 0.2 M y 40 mL CH₃COONa•3H₂O 0.2 M; volumen de aforo final de 100 mL) para mantener un pH de 5.25 y 200 mL de una solución 0.5 M de FeCl₃•6H₂O, la solución del radical libre DMPD^{•+} se agitó y se dejó reposar en oscuridad por 10 min y se leyó su absorbancia en un espectrofotómetro Genesys 10s a una longitud de onda de 506 nm (A_i = absorbancia inicial). Para determinar la actividad antioxidante de la muestra, se tomó 1 mL de la solución del radical libre DMPD^{•+}, se adicionaron 50 mL de la muestra problema, se agitó y se dejó reposar en oscuridad por 10 min. Se leyó la absorbancia a la misma longitud de onda (A_f = absorbancia final). Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de peso fresco (mg EAG 100 g⁻¹ p. f.). El porcentaje de inhibición del radical libre DMPD^{•+} se calculó mediante la fórmula: % de inhibición = [1 - (A_f / A_i)] × 100.

Método DPPH

Se preparó una solución metanólica acuosa a 80 % (v/v) del radical libre DPPH^{•+} (2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo) a una concentración de 100 mM, se midió su absorbancia a 515 nm (A_i = absorbancia inicial), se tomaron 2.9 mL de la solución del radical libre DPPH^{•+} y se adicionaron 100 mL del extracto metanólico de la muestra, la mezcla se incubó en oscuridad a 23 °C por 30 min. Se midió la absorbancia en un espectrofotómetro Genesys 10s a una longitud de onda de 506 nm (A_f = absorbancia final). Los resultados

se expresaron en mg equivalentes de quercetina por cada 100 g de peso fresco (mg EQ 100 g⁻¹ p. f.). El porcentaje de inhibición del radical libre DPPH⁺ se calculó mediante la fórmula: % de inhibición = $[1 - (A_p/A_c)] \times 100$ de acuerdo con la metodología de Kim *et al.* (2002).

Análisis estadístico

Los datos se sometieron a un análisis de varianza de acuerdo con un diseño experimental completamente al azar, en el que cada muestra seleccionada se consideró como un tratamiento con seis repeticiones, y prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$); además, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre los contenidos de los compuestos fenólicos, flavonoides y taninos con la actividad antioxidante determinada por los tres métodos con la finalidad de correlacionar la actividad antioxidante con algún tipo de metabolito, todo ello mediante el programa Statistical Analysis System versión 9.0 (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de minerales

En las muestras analizadas se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el contenido de todos los minerales, con excepción de Boro (Cuadro 1). El análisis de varianza y la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) mostraron que las verdolagas presentaron los niveles mayores de N, P, Fe, Mg, Mn, Cu y Zn; los quintoniles tuvieron las concentraciones mayores de P, Mg, Ca y Fe en comparación con los contenidos de las hortalizas restantes; no se encontraron diferencias significativas en los contenidos de P y Fe entre ambas especies. Los romeritos destacaron por su contenido de Na y los huauzontles por el contenido superior de K en comparación con las otras hortalizas.

Dhellot *et al.* (2006) reportaron para semillas de dos variedades de quintoniles, valores inferiores de K (48.5 y 18.5

mg 100 g⁻¹), Na (11.8 y 3.7 mg 100 g⁻¹), Mg (223.4 y 970 mg 100 g⁻¹) y Ca (12.5 y 22.1 mg 100 g⁻¹), mientras que en hoja no se encontró información. Por otro lado, Mandle *et al.* (2012) encontraron 27 % menos Fe en verdolagas (6.75 mg 100 g⁻¹ p. f.) que lo observado en el presente estudio. La concentración de Mg en quintoniles (1094.5 mg 100 g⁻¹ p. f.) superó a lo reportado por Mera-Ovando *et al.* (2003) en quintoniles blanco y rojo (600.3 y 589.6 mg 100 g⁻¹ p. f., respectivamente), mientras que los contenidos de K (1908.4 y 2609.1 mg 100 g⁻¹ p. f.; respectivamente) y de Ca (3120.1 y 2359 mg 100 g⁻¹ p. f., respectivamente) fueron superiores a los encontrados en el presente trabajo (Cuadro 1). Las diferencias encontradas en las concentraciones de minerales entre las hortalizas estudiadas pueden atribuirse a factores genéticos, condiciones edafoclimáticas, al tipo de cultivo y al método de análisis, como se ha reportado en otros estudios de hortalizas y frutos (Reynoso-Camacho *et al.*, 2006).

Las concentraciones de P, Fe, Ca y Zn en todas las hortalizas superaron a las reportadas para otras hortalizas de hoja como acelga (*Beta vulgaris*) (3.0, 3.9, 113.0, 0.02 mg 100 g⁻¹ p. f.), apio (*Apium graveolens* L.) (24, 0.2, 40, 0.13 mg 100 g⁻¹ p. f.) y espinaca (*Spinacia oleracea*) (49, 2.71, 90, 0.53 mg 100 g⁻¹ p. f., respectivamente) (Menchú y Méndez, 2012).

Los minerales presentes en las hojas de los vegetales verdes juegan un papel importante en el metabolismo, por lo que son considerados constituyentes principales en la dieta humana (Rai *et al.*, 2014); por lo tanto, el consumo de estas hortalizas podría contribuir con la ingesta de minerales.

Análisis proximal

Las verdolagas y los quintoniles presentaron la concentración mayor de proteína en comparación con los niveles de las hortalizas restantes. Dhellot *et al.* (2006) reportaron concentraciones menores de proteína en dos variedades

Cuadro 1. Concentraciones de minerales en cinco especies de hortalizas consumidas ancestralmente en México.

Hortaliza	Concentración (mg 100 g ⁻¹ peso fresco)										
	N	P	Mg	K	Ca	Na	Fe	Mn	Cu	B	Zn
Huauzontles	1322.3 c [†]	240.9 c	463.8 d	1862.3 a	504.8 b	37.3 d	7.1 b	3.1 b	0.6 b	6.2 a	1.5 c
Quelites	1275.8 d	260.3 b	748.5 b	1202.1 b	383.4 c	2760.3 b	6.2 b	1.5 c	0.6 b	6.4 a	1.6 c
Quintoniles	1599.3 b	329.7 a	1094.5 a	1191.1 b	951.8 a	53.2 d	9.3 a	1.4 c	0.8 b	6.2 a	2.2 b
Romeritos	1350.7 c	141.8 d	661.1 c	279.0 c	225.5 d	3363.5 a	3.3 c	0.7 d	0.4 b	6.8 a	0.5 d
Verdolagas	1651.3 a	329.5 a	1121.5 a	1230.7 b	512.7 b	158.9 c	9.3 a	3.8 a	1.2 a	5.3 a	3.3 a
DSH (0.05)	45.7	8.2	78.3	142.9	38	97.4	1.5	0.2	0.3	1.4	0.5

[†]Medias con igual letra en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

híbridas de quintoniles (17.6 y 18.9 %) que lo encontrado en el presente estudio. Mera-Ovando *et al.* (2003) reportaron concentraciones similares de proteína (24.2 y 24.3 %) en dos especies diferentes de quintoniles (*A. cruentus* y *A. hypochondriacus*) en relación con los resultados del presente estudio (Cuadro 2).

Quintoniles y verdolagas presentaron concentraciones superiores de proteína a las encontradas en otras hortalizas como espinaca (2.86 %) (Menchú y Méndez, 2012). No existen estudios previos de los niveles de proteína en estas hortalizas de hoja, así como sobre la alteración de la calidad nutricional (% proteína) en las que se consumen cocidas (romeritos, verdolagas, huauzontles).

Los huauzontles presentaron la concentración mayor de carbohidratos; los contenidos encontrados en estas hortalizas resultaron en valores superiores a los reportados para otras hortalizas como acelga (4.5 %) y apio (1.3 %) (Moreiras *et al.*, 2013). En los quintoniles se encontró una concentración superior a la reportada por Mera-Ovando *et al.* (2003) para quintoniles rojos y blancos (*A. cruentus* y *A. hypochondriacus*) con 34 y 27.2 g 100 g⁻¹ p. f., respectivamente.

Algunas frutas y hortalizas contienen concentraciones menores de carbohidratos digeribles y una proporción mayor de carbohidratos no digeribles (CND) como almidón resistente, fibra insoluble y oligosacáridos no digeribles, tal es el caso de las leguminosas de grano que contienen 30 % de carbohidratos (almidón y fibra dietética), aunque una alta proporción de CND se fermentan en el organismo durante la digestión; sin embargo, los CND se asocian con una respuesta glucémica baja, niveles bajos de colesterol y una disminución de factores de riesgo de padecer cáncer de colon; entonces, un aumento en el consumo de hortalizas y frutos con niveles elevados de CND puede ayudar a reducir la incidencia de dicha enfermedad (Reynoso-Camacho *et al.*, 2006).

Los huauzontles tuvieron la concentración mayor de

fibra cruda, valor que superó a lo reportado en algunas hortalizas como apio y espinaca (1.6 y 2.2 % p. f., respectivamente) (Menchú y Méndez, 2012), también superaron a la encontrada en quelites (14.2 %). Gupta *et al.* (2013) señalaron niveles mayores de fibra (1.85 % p. f.) en otra especie de quelite conocida como "cenizo" (*Chenopodium album*) en comparación a lo encontrado en el presente estudio. Mera-Ovando *et al.* (2003) reportaron valores mayores de fibra (11.2 y 14.1 % p. f.) en dos especies diferentes de quintoniles (*A. cruentus* y *A. hypochondriacus*) a los encontrados en este trabajo (Cuadro 2). Por lo anterior, debido a que los huauzontles presentaron altos niveles de fibra cruda en comparación con otros alimentos vegetales, se recomienda el estudio de la evaluación del porcentaje de fibra soluble e insoluble para poderlos considerar alimentos funcionales.

Es importante mencionar que el consumo de fibra disminuye los niveles de colesterol y de azúcar en la sangre (aunque el mecanismo de acción aún no está totalmente elucidado), regula la mecánica digestiva, también se le atribuyen efectos benéficos en la prevención de algunos padecimientos degenerativos como cardiovasculares y diabetes (Martino *et al.*, 2012). Algunos metabolitos como los ácidos biliares, el colesterol, las hormonas esteroides y los compuestos tóxicos son absorbidos por la fibra dietética y se le ha relacionado nutricionalmente con la absorción de minerales y metales pesados y con la absorción de fluidos y electrolitos en el lumen del intestino, por lo que su ingesta mediante hortalizas ricas en fibra ofrece beneficios a la salud (Singh *et al.*, 2015).

En verdolagas se encontró el mayor nivel de ácidos grasos y de lípidos (Cuadro 2), aunque en el presente trabajo no se determinó el perfil de éstos. Vicente-Murillo *et al.* (2014) y Besong *et al.* (2011) reportaron 1.7 y 6.9 % p. f., respectivamente, de lípidos en verdolagas, valores menores a los encontrados en este estudio, las diferencias se podrían deber a los métodos diferentes de análisis. En diversos estudios (Besong *et al.*, 2011; Vicente-Murillo *et al.*, 2014) los autores determinaron contenidos mayores de

Cuadro 2. Análisis proximal de cinco especies de hortalizas de hoja consumidas ancestralmente en México.

Hortaliza	Componentes (% peso fresco)						
	Humedad	Cenizas	Proteína cruda	Fibra cruda	Carbohidratos	Lípidos	Ácidos grasos
Huauzontles	3.8 b [†]	17.3 c	23.1 b	16.9 a	56.8 a	2.8 b	2.24 b
Quelites	3.9 b	24.5 b	19.7 c	14.2 b	53.6 b	2.2 c	1.77 c
Quintoniles	4.4 a	17.6 c	26.2 a	8.5 d	53.5 b	2.7 b	2.12 b
Romeritos	2.0 c	27.9 a	23.1 b	6.9 e	46.3 c	2.8 b	2.25 b
Verdolagas	1.3 d	17.9 c	25.9 a	12.3 c	52.1 b	4.1 a	3.28 a
DSH (0.05)	1.4	0.5	1.7	1.1	2.6	0.33	0.27

[†]Medias con igual letra en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, P ≤ 0.05).

ácidos grasos insaturados que de saturados en verdolagas, donde el ácido linolénico (ácido graso insaturado) fue el más abundante en la misma especie, cultivada en Cuba. El ácido linolénico (omega 3) se ha reportado también en algunos vegetales como espinaca, con grandes beneficios en la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, mejora de la función mental, mejora de la vista y con efectos anti-inflamatorios (Jackson y Paliyath, 2011). Mera *et al.* (2013) señalaron los niveles de los ácidos grasos insaturados α -linoleico y araquidónico en cinco variantes cultivadas de verdolagas (San Gregorio, Queretano, Americana, San Gregorio y Morelos) de México. El contenido de ácidos grasos omegas 3 y 6 podría explicar las propiedades antioxidantes, antiinflamatoria, antiulcerogénica, antidiabética y neuroprotectora que se atribuyen a las verdolagas (Uddin *et al.*, 2014); estos autores reportaron que las verdolagas contienen cinco veces más el contenido de ácidos grasos que la espinaca ($0.1 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p. f.}$). Esto sugiere la necesidad de determinar el perfil de ácidos grasos en las hortalizas estudiadas en el presente trabajo.

Contenido de compuestos nutraceuticos

Se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de compuestos fenólicos, flavonoides y taninos en las hortalizas estudiadas (Figura 1). Las diferencias de los contenidos de los compuestos nutraceuticos entre especies podrían deberse a variaciones genéticas (Martino *et al.*, 2012); aunque el corte y manipulación del material

vegetal puede generar una situación de estrés en algunas especies, lo que altera la fisiología del vegetal y estimula respuestas que provocan la acumulación de compuestos fenólicos (Pirovani *et al.*, 2009), lo que puede explicar las variaciones de estos antioxidantes.

En todas las hortalizas los contenidos de los compuestos fenólicos fueron superiores a los de los flavonoides, posiblemente porque algunos flavonoides se pueden encontrar como proantocianidinas (taninos condensados), como sucede en diversos frutos (López *et al.*, 2015); en hortalizas no se encontró información al respecto. Todas las especies estudiadas presentaron niveles superiores de taninos en comparación con los compuestos fenólicos y flavonoides.

Los huazontles fueron los que presentaron la mayor concentración de compuestos fenólicos y de flavonoides en comparación con los niveles de las especies restantes, mientras que la mayor concentración de taninos se observó en los quintoniles (Figura 1). Los taninos son considerados como sustancias antinutricionales por precipitar las proteínas, factor que interviene en la reducción de la digestibilidad de las proteínas (Soares *et al.*, 2011), lo que limita la aceptabilidad de consumo; sin embargo, son sensibles al calor y tienen propiedades antioxidantes (Chaires *et al.*, 2013).

No existen estudios que describan los contenidos de

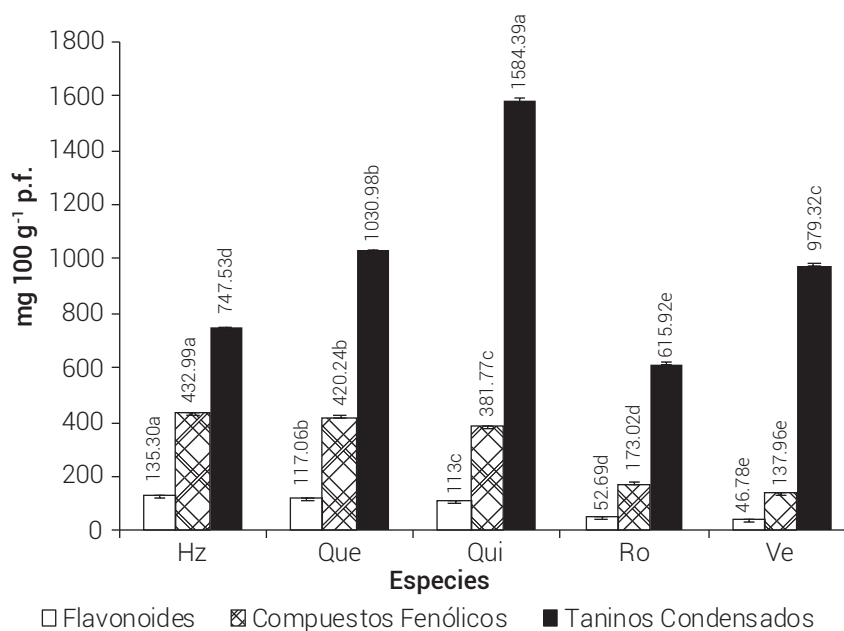


Figura 1. Concentraciones de compuestos fenólicos, flavonoides y taninos de cinco hortalizas. Hz: huazontles, Que: quelites, Qui: quintoniles, Ro: romeritos, Ve: verdolagas. La concentración de compuestos fenólicos se expresa en mg EAG 100 g⁻¹ p. f.; de flavonoides en mg EQ 100 g⁻¹ p. f. y de taninos en mg EC 100 g⁻¹ p. f. Letras diferentes en barras del mismo compuesto indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Los valores son presentados como medias, n=3.

compuestos fenólicos, flavonoides y taninos en quintoniles, quelites, romeritos y huauzontles. Liang *et al.* (2014) desarrollaron un método rápido de extracción por microondas e identificaron por espectrometría de masas la presencia de 26 flavonoides (apigenina, kaempferol, quercetina, rutina, genisteína, entre otros) en verdolagas cultivadas de siete regiones de China. Estos autores reportaron valores mayores de flavonoides ($304.8 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p. f.}$) a los encontrados en el presente estudio; la variación podría deberse a la aplicación de otros métodos de análisis, diferentes especies y cultivares, condiciones climáticas, agronómicas y de cosecha (Tiwari y Cummins, 2013), así como al corte y manipulación de algunos frutos frescos, lo que puede generar una situación de estrés en algunas variedades al alterar la fisiología del vegetal y estimular respuestas que provocan la acumulación de compuestos fenólicos (Pirovani *et al.*, 2009; Tiwari *et al.*, 2013).

Las cinco hortalizas analizadas en este estudio presentaron concentraciones superiores de compuestos fenólicos a las reportadas para endivia (*Cichorium endivia* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y espinaca con 92.0, 100.7 y 112.0 mg de ácido gálico $100 \text{ g}^{-1} \text{ p. f.}$, respectivamente (Isabelle *et al.*, 2010), aunque las hortalizas del presente trabajo son de menor demanda por el consumidor, a pesar de su calidad nutracéutica. Los compuestos fenólicos, además de su capacidad antioxidante, poseen otros mecanismos de acción que explican sus diversos efectos benéficos en los consumidores (Mercado-Mercado *et al.*, 2013). Los flavonoides son también compuestos fenólicos con potencial antioxidante presentes en hortalizas y frutas; en las últimas dos décadas los estudios epidemiológicos han demostrado una relación inversa entre el consumo de flavonoides y la incidencia de padecimientos degenerativos (Toh *et al.*, 2013).

Actividad antioxidante

El Cuadro 3 muestra la actividad antioxidante, así como el porcentaje del radical libre inhibido por el extracto de cada hortaliza por tres métodos de análisis. La mayor actividad antioxidante y porcentaje de inhibición se encontró en huauzontles, que fue la especie que presentó las concentraciones mayores de compuestos fenólicos y flavonoides; en contraste, los quelites y quintoniles tuvieron el mayor contenido de taninos. Ramos-Gómez *et al.* (2011) reportaron la actividad antioxidante determinada por el método del DPPH de extractos liofilizados de quelites y verdolagas (160.8 y $89.5 \text{ mg ET g}^{-1} \text{ p. f.}$, respectivamente) colectadas en Querétaro, superior a los encontrados en el presente estudio.

Los resultados del análisis de correlación de Pearson mostraron una correlación positiva de los compuestos fenólicos y los flavonoides con la actividad antioxidante, mientras que en taninos se observó una correlación negativa, por lo que los últimos no contribuyeron a la actividad antioxidante en todas las hortalizas (Cuadro 4), aunque la actividad antioxidante en frutos y de verduras no solamente se podría deber a la presencia de los compuestos fenólicos y flavonoides, sino también a otros metabolitos como carotenoides y vitamina C (Brat *et al.*, 2007; Georgé *et al.*, 2005), metabolitos que en este estudio no fueron analizados.

Se ha documentado la actividad antioxidante en otras hortalizas de hoja de mayor demanda por el consumidor. Palomo *et al.* (2009) encontraron porcentajes de inhibición de los extractos metanólicos en acelga (58 % p. f.), espinaca (52 % p. f.) y lechuga (55 % p. f.) superiores a lo reportado para romeritos, verdolagas y quintoniles, pero inferiores a los de quelites y huauzontles del presente estudio (Cuadro

Cuadro 3. Actividad antioxidante determinada por los métodos de ABTS, DPPH y DPMD de los extractos de cinco hortalizas de hoja consumidas ancestralmente en México.

Hortaliza	ABTS		DMPD		DPPH	
	Actividad antioxidante (mg ET 100 g^{-1} p. f.)	Inhibición (%)	Actividad antioxidante (mg EAG 100 g^{-1} p. f.)	Inhibición (%)	Actividad antioxidante (mg EQ 100 g^{-1} p. f.)	Inhibición (%)
Huauzontle	$487.2 \pm 1.2 \text{ a}^{\dagger}$	83.3 ± 0.1	$216 \pm 0.9 \text{ a}$	79 ± 0.3	$125 \pm 0.3 \text{ a}$	79.9 ± 0.9
Quelites	$486.8 \pm 2.01 \text{ a}$	82.8 ± 0.1	$211.8 \pm 1.4 \text{ b}$	79 ± 0.4	$115.8 \pm 0.6 \text{ b}$	75.7 ± 0.3
Quintoniles	$386.6 \pm 1.3 \text{ b}$	72 ± 0.3	$162.2 \pm 0.8 \text{ c}$	66.2 ± 0.3	$40 \pm 0.3 \text{ c}$	42.8 ± 0.2
Romeritos	$339.0 \pm 1.9 \text{ c}$	60.6 ± 0.4	$159.5 \pm 2 \text{ c}$	63.4 ± 0.8	$39.4 \pm 1.8 \text{ c}$	41.9 ± 0.9
Verdolagas	$220.6 \pm 5.6 \text{ d}$	35.4 ± 1.0	$110.5 \pm 1.4 \text{ d}$	43 ± 0.5	$34.2 \pm 0.6 \text{ d}$	38.4 ± 0.3
DSH (0.05)	6.3	-	3.05	-	2.7	-

[†]Medias con igual letra en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

Cuadro 4. Coeficientes de correlación de Pearson de los nutraceuticos y actividad antioxidante determinada por tres métodos en cinco tipos de hortalizas consumidas ancestralmente en México.

Variables	Flavonoides	Fenoles	Taninos	ABTS	DMPD	DPPH
Flavonoides	1	0.991	0.302	0.900	0.850	0.779
Fenoles		1	0.333	0.921	0.866	0.775
Taninos			1	-0.004	-0.147	-0.259
ABTS				1	0.989	0.864
DMPD					1	0.903
DPPH						1

3). Por otro lado, Liu *et al.* (2007) reportaron porcentajes de inhibición por el método de DPPH en 12 diferentes cultivares de lechuga (55.5 - 82.1 % p. f.), similares a los encontrados en las hortalizas de este estudio. La mayoría de las hortalizas aquí estudiadas no se consumen frescas, la temperatura podría afectar la actividad antioxidante por alteración de los niveles de algunos nutraceuticos. Se desconoce información al respecto; por lo tanto, se recomienda estudiar el efecto de la temperatura en estas hortalizas.

El presente estudio podría considerarse como una contribución al conocimiento sobre la calidad nutricional y antioxidante, aun no documentado, de un recurso consumido ancestralmente por diferentes pueblos mesoamericanos, que aún forma parte de la identidad cultural de algunos estados de la República Mexicana.

CONCLUSIONES

Las verdolagas tuvieron las concentraciones mayores de N, P, Fe, Mg, Mn, Cu y Zn; los quintoniles presentaron los contenidos mayores de Ca en comparación con las hortalizas restantes; quintoniles y verdolagas presentaron los contenidos mayores de proteína; mientras que el mayor índice de carbohidratos y fibra cruda se encontró en huauzontles. La actividad antioxidante en huauzontles se asocia con los contenidos de compuestos fenólicos y flavonoides. Las concentraciones más elevadas de estos metabolitos se encontraron en huauzontles, que fue la hortaliza con mayor actividad antioxidante, por lo tanto los huauzontles se podrían considerar como un alimento funcional.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántar G. G. y M. Sandoval V. (1999) Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Guía de Muestreo, Preparación, Análisis e Interpretación. Publicación Especial Núm. 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, Estado de México. 155 p.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemist (1998) Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th edition. S. Williams (ed.). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA.
- Audu S. S. and M. O. Aremu (2011) Effect of processing on chemical composition of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour. *Pakistan Journal of Nutrition* 10:1069-1075, <https://doi.org/10.3923/pjn.2011.1069.1075>
- Badimon L., G. Vilahur and T. Padro (2010) Nutraceuticals and atherosclerosis: human trials. *Cardiovascular Therapeutics* 28:202-215, <https://doi.org/10.1111/j.1755-5922.2010.00189.x>
- Basurto P. F. (2011) Los quelites de México: especies de uso actual. In: Especies Vegetales Poco Valoradas: Una Alternativa Para la Seguridad Alimentaria. L. M. Mera O., D. Castro L. y R. A. Bye B. (eds.). Instituto de Biología, UNAM. México, D. F. pp:23-46.
- Bello J. (2006) La ciencia de los alimentos saludables: una panorámica actual. *Ars Pharmaceutica* 47:137-171.
- Besong S. A., M. O. Ezekwe and E. I. Ezekwe (2011) Evaluating the effects of freeze-dried supplements of purslane (*Portulaca oleracea*) on blood lipids in hypercholesterolemic adults. *International Journal of Nutrition and Metabolism* 3:43-49.
- Brat P., L. Mennen, S. Georgé, A. Scalbert, A. Bellamy, M. J. Amiot-Carlin and L. Du Chautaut (2007) Determination of the polyphenol content of fruits and vegetables. Establishment of a database and estimation of the polyphenol intake in the French diet. *Acta Horticulturae* 744:61-70, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.744.5>
- Bye B. R. y E. Linares M. (2011) Continuidad y aculturación de plantas alimenticias: los quelites especies subutilizadas de México. In: Especies Vegetales Poco Valoradas: Una Alternativa para la Seguridad Alimentaria. L. M. Mera O., D. Castro L. y R. A. Bye B. (eds.). Instituto de Biología, UNAM. México, D. F. pp:11-22.
- Cardador-Martínez A., C. Jiménez-Martínez and G. Sandoval (2011) Revalorization of cactus pear (*Opuntia* spp.) wastes as a source of antioxidants. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos* 31:782-788, <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612011000300036>
- Castro-Lara D., R. Bye-Boettler, F. Basurto-Peña, L. M. Mera-Ovando, J. Rodríguez-Servín, J. Álvarez-Vega, J. Morales De León y A. Caballero-Roque (2014) Revalorización, conservación y promoción de quelites. Una tarea conjunta. *Agroproductividad* 7:8-12.
- Chaires M. L., M. A. Pérez V., A. I. Cantor A., F. Cruz B. and H. A. Jimenez A. (2013) Total phenolic content and antioxidant capacity of germinated, popped, and cooked huauzontle (*Chenopodium berlandieri* spp. *nuttalliae*) seeds. *Cereal Chemistry* 90:263-268, <https://doi.org/10.1094/CHEM-03-12-0022-R>
- Chang C. C., M. H. Yang, H. M. Wen and J. C. Chern (2002) Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis* 10:178-182.
- Chintale Ashwini G., V. S. Kadam, R. S. Sakhare, G. O. Birajdar and D. N. Nalwad (2013) Role of nutraceuticals in various diseases: a comprehensive review. *International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry* 3:290-299.
- Das L., E. Bhaumik, U. Raychaudhuri and R. Chakraborty (2012) Role of nutraceuticals in human health. *Journal of Food Science and Technology* 49:173-183, <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0269-4>
- Dhollot J. R., E. Matouba, M. G. Maloumbi, J. M. Nzikou, D. G. Safou Ngoma, M. Linder, S. Desobry and M. Parmentier (2006) Extraction, chemical composition and nutritional characterization of vegetable oils: case of *Amatanthus hybridus* (var 1 and 2) of Congo Brazzaville.

- African Journal of Biotechnology* 5:1095-1101.
- Fogliano V., V. Verde, G. Randazzo and A. Ritieni (1999) Method for measuring antioxidant activity and its application to monitoring the antioxidant capacity of wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47:1035-1040, <http://dx.doi.org/10.1021/jf980496s>
- Georgé S., P. Brat, P. Alter and M. J. Amiot (2005) Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53:1370-1373, <https://doi.org/10.1021/jf048396b>
- Gupta S., B. S. Gowri, A. J. Lakshmi and J. Prakash (2013) Retention of nutrients in green leafy vegetables on dehydration. *Journal of Food Science and Technology* 50:918-925, <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0407-z>
- Isabelle M., B. L. Lee, M. T. Lim, W. P. Koh, D. Huang and C. N. Ong (2010) Antioxidant activity and profiles of common vegetables in Singapore. *Food Chemistry* 120:993-1003, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.038>
- Jackson C. J. C. and G. Paliyath (2011) Functional foods and nutraceuticals: In: Functional Foods, Nutraceuticals, and Degenerative Disease Prevention. G. Paliyath, M. Bakovic and K. Shetty (eds.). Wiley-Blackwell, Oxford, UK. pp:11-43, <https://doi.org/10.1002/9780470960844.ch2>
- Kim D. O., K. W. Lee, H. J. Lee and C. Y. Lee (2002) Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:3713-3717, <https://doi.org/10.1021/jf020071c>
- Liang X., L. Li, J. Tian, Y. Wu, P. Gao, D. Li, Q. Zhang and S. Song (2014) A rapid extraction and analysis method for the simultaneous determination of 26 bioflavonoids in *Portulaca oleracea* L. *Phytochemical Analysis* 25:537-543, <https://doi.org/10.1002/pca.2524>
- Liu X., S. Ardo, M. Bunning, J. Parry, K. Zhou, C. Stushnoff, F. Stoniker, L. Yu and P. Kendall (2007) Total phenolic content and DPPH radical scavenging activity of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in Colorado. *LWT - Food Science and Technology* 40:552-557, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.09.007>
- López M. C. R., M. R. García M., C. Gallegos V. and J. Sahagún C. (2015) Antioxidant components and nutritional quality of 15 genotypes of xocostle (*Opuntia* spp.). *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 17:33-49.
- Mandle V. S., S. D. Salunke, S. M. Gaikwad, K. G. Dande and M. M. Patil (2012) Study of nutritional value of some unique leafy vegetables grown in Latur district. *Journal of Animal Science Advances* 2:296-298.
- Martino H. S. D., S. M. Bigonha, L. M. Cardoso, C. O. B. Rosa, N. M. B. Costa, L. Á. Ramírez C. and S. M. R. Ribeiro (2012) Nutritional and bioactive compounds of bean: benefits to human health. In: *Hispanic Foods: Chemistry and Bioactive Compounds*. ACS Symposium Series, Vol. 1109. M. H. Tunick and E. González M. (eds.). American Chemical Society, Washington, D. C., USA. pp:233-258, <https://doi.org/10.1021/bk-2012-1109.fw001>
- Menchú M. T. y H. Méndez (2012) Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). 2a edición, Organización Panamericana de la Salud (OPS). Guatemala. 128 p.
- Mera O. L. M., R. Bye B., C. Villanueva V., D. Castro L. y F. Basurto P. (2013) El cultivo de la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) ejemplo en la promoción, producción y el comercio de alimentos sanos y de calidad. In: *Especies Vegetales, Poco Valoradas: Una Alternativa para la Seguridad Alimentaria*. L. M. Mera O., D. Castro L. y R. A. Bye B. (eds.). Instituto de Biología, UNAM. México, D. F. pp:140-155.
- Mera-Ovando L. M., R. Alvarado-Flores, F. Basurto-Peña, R. Bye-Boettler, D. Castro-Lara, V. Evangelista, C. Mapes-Sánchez, M. Á. Martínez-Alfaro, N. Molina y J. Saldívar (2003) "De quelites me como un taco". Experiencia en educación nutricional. *Revista del Jardín Botánico Nacional* 24:45-49.
- Mercado-Mercado G., L. de la Rosa C., A. Wall-Medrano, J. A. López D. y E. Álvarez-Parrilla (2013) Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutrición Hospitalaria* 28:36-46, <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.1.6298>
- Moreiras T. O., A. Carbajal, L. Cabrebra F. y C. Cuadrado V. (2013) Tablas de Composición de Alimentos. Guía de Prácticas. 16ª edición. Ediciones Pirámide. Madrid, España. 496 p.
- Palomo G. I., M. Gutiérrez C., L. Astudillo S., C. Rivera S., C. Torres U., L. Guzmán J., R. Moore-Carrasco, G. Carrasco S. y M. Alarcón L. (2009) Efecto antioxidante de frutas y hortalizas de la zona central de Chile. *Revista Chilena de Nutrición* 36:152-158, <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182009000200007>
- Pirovani M. E., A. M. Piagentini, D. R. Güemes, S. C. Rodríguez, A. G. Qüesta y R. M. Casóliba (2009) Calidad sensorial y nutricional de vegetales de hojas frescos y cortados. In: *Aspectos Nutricionales y Sensoriales de Vegetales Frescos Cortados*. G. A. González A., E. Álvarez P., L. de la Rosa, I. G. Olivas y J. F. Ayala Z. (eds.). Trillas, CIAD-UACJ. México, D. F. pp:64-97.
- Rai D., R. Agrawal, R. Kumar, A. Kumar Rai and G. Kumar Rai (2014) Effect of processing on magnesium content of green leafy vegetables. *Journal of Applied Spectroscopy* 80:878-883, <http://dx.doi.org/10.1007/s10812-014-9859-z>
- Ramos-Gómez M., J. Fernández C., E. Hernández R., M. G. Arvizu E., S. Mendoza-Díaz, R. Reynoso-Camacho, M. G. F. Loarca-Piña y M. A. Gallegos-Corona (2011) Efecto de plantas comestibles mexicanas sobre el desarrollo de cáncer de colon inducido con 1,2-dimetilhidrazina en ratas Sprague-Dawley. *Ciencia@UAQ* 4:56-69.
- Re R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evans (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26:1231-1237, [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Reynoso-Camacho R., M. Ramos-Gómez and G. Loarca-Piña (2006) Bioactive components in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). In: *Advances in Agricultural and Food Biotechnology*. R. G. Guevara-González e I. Torres-Pacheco (eds.). Research Signpost, Trivandrum, India. pp:217-236.
- Rojas G. J. F., N. Diego P., D. J. Amith y R. Bye B. (2011) Plantas comestibles hortalizas: una necesidad en la dieta de tres comunidades nahuas de la cuenca media del Río Balsas, Guerrero. In: *Especies Vegetales poco Valoradas: Una Alternativa para la Seguridad Alimentaria*. L. M. Mera Ovando, D. Castro L. y R. A. Bye B. (eds.). Instituto de Biología, UNAM. México, D.F. pp:73-84.
- SAS Institute (2002) SAS/STAT. User's Guide. Release 9.0. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina. USA. 4424 p.
- Singh G., A. Kumar, B. K. Kumbhar and B. N. Dar (2015) Optimization of processing parameters and ingredients for development of low-fat fibre-supplemented paneer. *Journal of Food Science and Technology* 52:709-719, <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1049-0>
- Soares S., R. Vitorino, H. Osório, A. Fernandes, A. Venâncio, N. Mateus, F. Amado and V. de Freitas (2011) Reactivity of human salivary proteins families toward food polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59:5535-5547, <https://doi.org/10.1021/jf104975d>
- Tiwari U. and E. Cummins (2013) Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre- and post-harvest food processing operations. *Food Research International* 50:497-506, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.09.007>
- Tiwari B. K., N. P. Brunton and C. S. Brennan (2013) Handbook of Plant Food Phytochemicals. Sources, Stability and Extraction. Wiley-Blackwell, Oxford, UK. 526 p. <https://doi.org/10.1002/9781118464717>
- Toh J. Y., V. M. H. Tan, P. C. Y. Lim, S. T. Lim and M. F. F. Chong (2013) Flavonoids from fruit and vegetables: a focus on cardiovascular risk factors. *Current Atherosclerosis Reports* 15:368, <https://doi.org/10.1007/s11883-013-0368-y>
- Uddin M. K., A. S. Juraimi, M. S. Hossain, M. A. U. Nahar, M. E. Ali and M. M. Rahman (2014) Purslane weed (*Portulaca oleracea*): a prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid, and antioxidant attributes. *The Scientific World Journal* 2014:951019, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/951019>
- Vicente-Murillo R., D. Marrero-Delange, V. L. González-Canavaciolo, D. Tamame-Tirado y J. Gutiérrez-Amaro (2014) Contenido de ácidos grasos de las partes aéreas de *Portulaca oleracea* L. que crecen en Cuba. *Revista CENIC Ciencias Químicas* 45:37-40.
- Waterman P. G. and S. Mole (1994) Analysis of Phenolic Plant Metabolites. Blackwell Scientific Publications. Oxford, U.K. 238 p.

