



EFFECTO DE LOS PROCESOS DE SECADO Y ENCURTIDO SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS FITOQUÍMICOS DEL CHILTEPÍN (*Capsicum annuum L.* var. *glabriusculum*)

EFFECT OF DRYING AND PICKLING PROCESSES ON ANTIOXIDANT CAPACITY OF PHYTOCHEMICALS OF CHILTEPIN (*Capsicum annuum L.* var. *glabriusculum*)

C.S. Rochín-Wong¹, N. Gámez-Meza¹, L.C. Montoya-Ballesteros² y L.A. Medina-Juárez^{1*}

¹Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n. Colonia Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Carretera a la victoria Km. 0.6 Hermosillo, Sonora A.P. 82000, México.

Recibido 3 de Diciembre de 2012; Aceptado 18 de Marzo de 2013

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos métodos de conservación: secado al sol y encurtido tradicional sobre la calidad fisicoquímica, composición y capacidad antioxidante de compuestos fenólicos y capsaicinoides de chiltepín silvestre (*Capsicum annuum L.* var. *glabriusculum*). Los resultados mostraron que los procesos de conservación estudiados en el presente trabajo causaron cambios en la calidad fisicoquímica. Sin embargo, los valores de los parámetros indicadores de ésta calidad permanecieron dentro de la NMX. Por otro lado, el nivel de fenoles y la capacidad antioxidante de la fase metanólica del chiltepín secado al sol no fueron afectados. En cuanto al proceso de encurtido tradicional, los fenoles totales, flavonoides totales y capsaicinoides disminuyeron (menos del 25%). Por lo tanto, los resultados del presente trabajo mostraron que las condiciones de encurtido presentaron un impacto mayor sobre los niveles de los compuestos fenólicos, capsaicinoides y la capacidad antioxidante, que las del secado al sol. Se concluye que los procesos de secado al sol y encurtido tradicional de chiltepín pueden ser métodos adecuados para preservar estos fitoquímicos.

Palabras clave: chiltepín, fitoquímicos, secado, encurtido y antioxidantes.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of two conservation methods: sun drying and traditional pickling on the physicochemical quality, composition and antioxidant capacity of phenolic compounds and capsaicinoids of wild chiltepín (*Capsicum annuum L.* var. *glabriusculum*). The results showed that the conservation processes studied in this work caused changes on the physicochemical quality. However, the parameter values, indicators of this quality, remained in agreement with the NMX. Furthermore, the level of phenols and the antioxidant capacity of the methanolic phase from sun dried chiltepín were not affected. Respect to the traditional pickling process, total phenols, total flavonoids and capsaicinoids decreased (less than 25%). Therefore, the results of this study showed that pickling conditions had a greater impact on the levels of phenolic compounds, capsaicinoids and the antioxidant capacity than the sun drying. We conclude that the process of sun drying and pickling traditional chiltepín methods may be adequate to preserve these phytochemicals.

Keywords: chiltepín, phytochemicals, drying, pickling, antioxidants.

*Autor para la correspondencia. E-mail: amedina@guayacan.uson.mx
Tel. 66-22-59-21-69, Fax 66-22-59-21-97

1 Introducción

Las plantas son una fuente natural de compuestos bioactivos, entre estos se pueden encontrar los que poseen actividad como antioxidantes, los cuales tienen aplicación en la industria alimentaria, la cosmética (Howard y col., 2000) y la medicina (Cárdenas-Sandoval y col., 2012; Estrada-Zúñiga y col., 2012; García-Márquez y col., 2012; Jiménez y col., 2011). Los antioxidantes tienen la capacidad de detener o retardar los procesos oxidativos, estos procesos, pueden causar daños en las células o afectar la preservación de productos (Lachance y col., 2001). Estas características hacen que algunos frutos vegetales se reconozcan por ser agentes protectores de la salud debido a estas propiedades funcionales, las cuales están relacionadas con la prevención de enfermedades crónico-degenerativas (Serrano-Maldonado y col., 2011) como las cardiovasculares, distintos tipos de cáncer y problemas neurológicos (Arvanitoyannis y col., 2005). Los alimentos vegetales proporcionan una mezcla óptima de antioxidantes naturales. Entre éstos se destacan los compuestos fenólicos, tocoferoles y carotenoides, entre otros compuestos bioactivos (Sun y col., 2007).

Los chiles del género *Capsicum* y especie *annuum* son una fuente excelente de sustancias promotoras de la salud, particularmente antioxidantes, tanto de la fase hidrofílica como hidrofóbica (Leja y col., 2008). Tales como la vitamina C y E, pro-vitamina A, carotenoides así como fenoles y flavonoides (Materska y Perucka, 2005; Sun y col., 2007). Además, los chiles producen y acumulan compuestos conocidos como capsaicinoides (CAP's), los cuáles son los responsables del sabor picante característico de estos frutos (Aza-González y col., 2011).

En ocasiones los frutos vegetales se someten a procesos de conservación con la finalidad de extender su vida de anaquel. En el caso de los chiles del género *Capsicum* y especie *annuum*, comúnmente se les puede encontrar como productos encurtidos o secos. Estos procesos pueden causar un impacto en la calidad fisicoquímica, el contenido de compuestos fitoquímicos y en las propiedades antioxidantes beneficiosas para la salud que poseen los frutos en su estado fresco (Robles-Sánchez, 2007).

En México existen reportes de los niveles de compuestos polifenólicos presentes en el chile *Capsicum*. Sin embargo, el Estado de Sonora, cuenta con una especie silvestre de este género; *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum* (chiltepín) Heiser y Pickersgill, en la cual la relación de los compuestos

fitoquímicos con la capacidad antioxidant ha sido escasamente estudiada. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la variación de la calidad fisicoquímica, contenido y capacidad antioxidant de los compuestos fenólicos y capsaicinoides en los frutos de chiltepín (verde y rojo) y sus productos como chiltepín seco y encurtido.

2 Materiales y métodos

2.1 Preparación de las muestras

Se emplearon frutos de *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*: verde y completamente rojo. Los frutos (baya redonda u oblonga de 3 a 6 mm de diámetro) se colectaron de plantas silvestres en la región de Álamos, Sonora ($27^{\circ}04'18.19''$ LN $109^{\circ}03'40.36''$ LO y 401 msnm). El chiltepín rojo se colectó en la cuarta semana del mes de octubre de 2011, este fue utilizado para el proceso de secado al sol; mientras que el chiltepín verde se colectó la primera semana del mismo mes, este fue utilizado para el proceso de encurtido. Fueron liofilizadas 100 g del fruto entero (sin pedúnculo y con semilla) del chiltepín rojo fresco, chiltepín verde fresco y chiltepín verde encurtido (Modelo 5, Labconco Corporation, Kansas City, MO), a una temperatura de -50 °C, por 24 h hasta alcanzar un contenido de humedad del 5% (Vinson y col., 1998). Las muestras liofilizadas se almacenaron a -20 °C en bolsas de polietileno, para los análisis posteriores.

2.2 Proceso de secado

Para el proceso de secado artesanal, se requiere del chiltepín rojo fresco, el cual se deshidrató directamente al sol durante 4 d (32 h aproximadamente), exponiéndose durante el día, a temperaturas entre los 34 y 40 °C y humedades ambiente promedio de 37%. Durante la noche las muestras estuvieron dentro del laboratorio. En chiltepín seco se redujo la humedad de 56% hasta 5%. Después la muestra fue almacenada en placas de lámina a temperatura ambiente (25 ± 2 °C) y en condiciones de oscuridad.

2.3 Proceso de encurtido

Para la preparación del encurtido artesanal, se requiere del chiltepín verde, este es el chiltepín recién cortado de la planta y que no ha adquirido el color rojo. Después se añadió en partes iguales agua y vinagre,

alcanzando un pH de 3.5 (de acuerdo a lo establecido para alimentos acidificados; NOM-251-SSA1-2009) y se colocó la mezcla en un baño maría durante 5 min. (100 °C). En el encurtido del chiltepín se incluyó el pedúnculo del fruto, sin embargo, en los análisis sólo se consideró el fruto entero con semillas.

2.4 Determinación de calidad fisicoquímica

Se evaluaron pH y acidez titulable (AT) en el chiltepín fresco verde y fresco rojo así como en los productos del proceso (secado y encurtido), los cuales se determinaron con un titulador automático Mettler (DL 21 Titrator) (A.O.A.C., 2002). El color se midió por reflectancia utilizando 30 g de muestra; usando un colorímetro Minolta modelo CR-300 (Metrolab International). Se utilizó el sistema CIELab para medir L*, a* y b*. El instrumento se calibró con un mosaico blanco como estándar con valores de D65: Y= 92.9, x= 0.3161, y= 0.3321. Con base en estos parámetros se midió el ángulo de matiz, croma y el cambio total de color de los productos con respecto a la materia prima, calculándolos de la siguiente manera:

$$\text{Ángulo de matiz } (\theta^*) = \arctan(b^*/a^*) \quad (1)$$

$$\text{Croma } (C^*) = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

donde: $\Delta L^* = L^*2 - L^*1$; $\Delta a^* = a^*2 - a^*1 > 1$; $\Delta b^* = b^*2 - b^*1$. L^*1 , a^*1 y b^*1 = valores obtenidos de la materia prima. L^*2 , a^*2 y b^*2 = valores obtenidos del producto final.

2.5 Determinación de fenoles y flavonoides totales

Se colocaron 0.5 g de fruto entero con semillas (chiltepín rojo fresco-liofilizado, chiltepín rojo seco-al sol, chiltepín verde liofilizado y chiltepín verde encurtido liofilizado) en tubos cónicos con 10 mL de metanol acuoso (70:30 v/v) y se homogenizó en un Ultra-Turrax T 25 basic S1 (IKA-Works Inc. Wilmington, NC, USA), a 15 500 rpm por 2 min (por fracciones de 10 seg alternadamente). Posteriormente, el homogeneizado fue sometido a movimientos ultrasónicos (Sonic 1510 R-DTH, Branson Ultrasonics Corporation, CT, USA) por 30 min y centrifugado (16 800 g) (Centrifugue IEC CL3 IR, Thermo Electron Industries SAS, France) a 4 °C por 15 min. Las muestras fueron filtradas en papel Whatman No. 2. La extracción metanólica se realizó en oscuridad

a temperatura ambiente (20 ± 2 °C) y se repitió dos veces para asegurar la máxima extracción de los compuestos. Los extractos (0.025 g/mL) fueron analizados inmediatamente después de la extracción en un período de tiempo que no excediera 48 h y almacenados a -20 °C.

Los compuestos fenólicos se determinaron espectrofotométricamente a 765 nm utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu 1 N (Ayala-Zavala y col., 2012), utilizándose al ácido clorogénico como estándar. Los resultados se reportaron como miligramos equivalentes de ácido clorogénico (EAC)/100 g de muestra peso seco (ps). Los flavonoides fueron determinados siguiendo la técnica de Molina-Quijada y col. (2010). A 1 mL de extracto metanólico con 4 mL agua destilada se añadieron 0.3 mL de NaNO₂ (5 g/100 mL) y 0.3 mL de una solución de AlCl₃ (10 g/100 mL). Se dejó reposar por 1 min, se añadieron 2 mL de NaOH 1 M, y se aforó a 10 mL con agua destilada. Se mezcló y se leyó espectrofotométricamente a 510 nm. Los resultados fueron expresados como miligramos equivalentes de catequina (EC)/100 g ps.

2.6 Identificación de los compuestos fenólicos

El procedimiento para la identificación de los compuestos fenólicos se realizó de acuerdo al método descrito por Cantos y col. (2000). Se introdujeron 20 µL de extracto metanólico a un equipo de cromatografía HPLC Varian PS-230 (Palo Alto, CA, USA), equipado con un detector Agilent G1315D 1260 DAD VL). La elución se inició con 98% del solvente A (agua mas 5% de ácido fórmico) y 2% del solvente B (metanol grado HPLC) hasta alcanzar 32% de B a los 30 min y 40% de B a los 40 min, a un flujo de 1.5 mL/min. Se utilizó una columna SupelcosilTM LC18 (30 × 0.4 cm × 5 µm tamaño de partícula, Supelco, Bellefonte, PA, USA). La identificación de los compuestos fenólicos se llevó a cabo comparándolos con los tiempos de retención y el espectro de absorción de los estándares correspondientes. Para la cuantificación se elaboraron curvas de calibración para cada uno de los compuestos identificados. El ácido gálico, catequina y ácido cumárico fueron cuantificados a 280 nm (longitud de onda a la cual presentan su absorbancia máxima), el ácido clorogénico y el resveratrol a 330 nm y luteolina a 360 nm.

2.7 Determinación de capsaicinoides

Para la extracción de los capsaicinoides se mezcló 1 g de fruto entero con semillas de cada una de las presentaciones de chiltepín (chiltepín rojo liofilizado, chiltepín rojo seco-al sol, chiltepín verde liofilizado y chiltepín verde encurtido liofilizado) con 10 mL de acetonitrilo al 100%. La mezcla se homogeneizó (Ultra-Turrax T 25 basic S1 IKA Works Inc, Wilmington, NC, USA) y se calentó a 80 °C por 4 h. Posteriormente, la mezcla se centrifugó (16800 g) a 4 °C por 15 min. El sobrenadante se filtró utilizando membranas (17 mm × 0.2 µm) (Estrada y col., 2000). Los extractos fueron almacenados a -20°C hasta su análisis por HPLC.

2.8 Identificación de capsaicinoides

Para la identificación de los capsaicinoides se utilizó un cromatógrafo HPLC equipado con una bomba isocrática (Varian, ProStar 210, Palo Alto, CA, USA), un detector UV-VIS (Varian, modelo 9050, Palo Alto, CA, USA) y una columna Supelcosil C18 (30 cm × 4.6mm 5-µm tamaño de partícula, Supelco, Bellefonte, PA, USA). La fase móvil fue metanol-agua (70:30 v/v) a un flujo de 1.0 mL/min, con un volumen de inyección de 20 µL. La longitud de onda para la identificación y cuantificación de capsaicinoides fue de 280 nm (Tanaka y col., 2009). La identificación y el contenido de los capsaicinoides en las muestras fue por comparación de los tiempos de retención y las áreas de los estándares de capsaicina (C) y dihidrocapsaicina (DHC) (Sigma-Aldrich Co., St Louis, MO, USA).

2.9 Evaluación de la capacidad antioxidante

Para la medición de la capacidad antioxidante de los extractos de chiltepín, se utilizaron dos métodos. El primero evalúa la capacidad antioxidante equivalente a trolox (TEAC trolox equivalent antioxidant capacity) y se basa en la reducción de la coloración verde/azul producida por la reacción del ABTS^{•+} con el antioxidante presente en la muestra. Para generar el radical catión ABTS^{•+} se pesaron 19.5 mg de ABTS y se disolvieron en 5 mL de agua destilada. Posteriormente, se agregaron 88 µL de una solución de persulfato de potasio (37.8 mg/mL), la solución se homogeneizó y se incubó en oscuridad a temperatura ambiente (25 ± 1 °C) durante 16 h. Una vez formado el radical ABTS^{•+}, éste se diluyó con etanol hasta

obtener un valor de absorbancia alrededor de 0.70 ± 0.1 a 754 nm. Las muestras filtradas (0.1 mL de extracto) se colocaron en una celda y se mezclaron con 3.9 mL del radical. Se midió la absorbancia al inicio (Abs_i) y durante 7 minutos de reacción (Abs_f). El diferencial de absorbancia ($Abs_i - Abs_f$) se transformó a porcentaje de inhibición y se calculó la actividad antioxidante en µmoles equivalentes Trolox (ET)/g ps mediante una curva de calibración de Trolox (análogo soluble de la vitamina E) (Kuskoski y col., 2005).

El radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH[•]) se reduce en presencia de antioxidantes manifestándose un cambio de color en la solución. 3.9 mL del radical DPPH[•]. (0.025 mg/mL metanol) se mezclaron con 0.1 mL de cada uno de los extractos. La reacción se llevó a cabo por 30 min y posteriormente se leyó espectrofotométricamente a 515 nm (Materska y Perucka, 2005). El diferencial de absorbancia ($Abs_i - Abs_f$) se transformó a porcentaje de inhibición y se calculó la actividad antioxidante en µmoles equivalentes Trolox (ET)/g ps mediante una curva de calibración de Trolox.

2.10 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico SPSS Statistics 17.0. La identificación de diferencias significativas se llevó a cabo usando la prueba de Wilcoxon ($p < 0.05$). Se realizó una correlación múltiple entre el contenido de compuestos y la actividad antioxidante (coeficiente de Pearson). Todas las extracciones y análisis se realizaron por triplicado.

3 Resultados y discusión

3.1 Efecto del secado al sol

3.1.1 Calidad fisicoquímica

El valor de pH (Tabla 1) del chiltepín rojo aumentó en el chiltepín seco. Este aumento de pH en chiltepín seco puede ser atribuido a la degradación de ácidos fenólicos por efecto a la exposición a la luz y el calor. Estos resultados son semejantes a los encontrados por Montoya-Ballesteros y col. (2010) en chiltepín rojo (5.1). Sin embargo, son menores a los encontrados en chiles (*Capsicum annuum*) de otras variedades como 6.4 del cultivar ‘Padrón’ (Estrada y col., 2000). Por su parte la acidez titulable (Tabla 1) disminuyó en el chiltepín seco ($p < 0.05$).

La exposición directa al sol en el proceso de secado artesanal, afectó significativamente ($p < 0.05$) el color del chiltepín seco. El color rojo en base al parámetro a^* , disminuyó 36.7% ($p < 0.05$), respecto a la materia prima (Tabla 1), cuando se seca a temperaturas de 34-40 °C durante 32 h de exposición directa al sol. El θ^* se incrementó con respecto a la materia prima ($p < 0.05$) y C^* disminuyó. Mientras que para la materia prima θ^* fue de 39.4 y C^* de 40.8, para el chiltepín seco θ^* fue de 49.7 y C^* fue de 31.2 (Tabla 1), localizándose estos últimos en el diagrama de cromaticidad en la zona de los rojos de menor intensidad, con menor saturación en relación a la materia prima. Para medir el cambio de color se calculó el ΔE^* , en base a la Ec. 3, donde un intervalo de 0 a 0.5 significa una diferencia imperceptible en color entre dos muestras, 0.5 a 1.5 una ligera diferencia, 1.5 a 3.0, una diferencia apenas notable, 3.0 a 6.0, una diferencia notable, 6.0 a 12.0 una diferencia extremadamente notable y por encima de 12.0 un color de un matiz diferente (Kim y col., 2002). El ΔE^* que experimenta el producto final respecto a la materia prima fue de 11.7. Por lo tanto, el chiltepín seco artesanalmente mostró cambios con respecto a la materia prima, sin embargo, siguió bajo la misma tonalidad de color (rojo menos saturado).

Kim y col. (2002) reportaron en 22 variedades de chile Koreano rojo deshidratado al sol durante 42 d y después molido, reducciones de color superiores a las del presente estudio, que ascienden hasta el 50%, reportando valores de ΔE^* superiores a 12.

La disminución del color rojo, puede ser explicada debido que algunos compuestos como los carotenoides, son responsables del color rojo de los

chiles y son altamente susceptibles a los cambios de temperatura y pH (datos no mostrados) (Mínguez-Mosquera y col., 1993). En el secado al sol las muestras reciben directamente una radiaciones IR-UV importante la cual podría influir en las reacciones termo-degradativas y fotoquímicas de los carotenoides responsables del color rojo (Arjona y col., 2006). La cadena de polieno y los grupos terminales pueden oxidarse por reacción con el oxígeno atmosférico a velocidades que dependen de la luz, el calor y la presencia de pro- y antioxidantes. Al parecer estos procesos oxidativos implican reacciones de epo-oxidación (Ramaswamy, 2005), formaciones de apocarotenoides (carotenoides de menos de 40 átomos de carbono) e isomerizaciones, a partir de *trans* β -caroteno formándose sobre todo los isómeros 9-*cis* β -caroteno y 13-*cis* β -caroteno, disminuyendo así el color rojo (Schweiggert y col., 2007).

El chiltepín secado al sol cumple con las especificaciones de calidad para chiles secos enteros (NMX-FF-107/1-SCFI-2006). Aunque los productos de chiltepín no están considerados en la Norma Oficial Mexican (NOM); éstos deben cumplir con ciertas especificaciones como cualquier chile seco entero.

3.1.2 Compuestos fenólicos

En el contenido de fenoles totales no hubo una reducción significativa ($p > 0.05$) por efecto de secado al sol del chiltepín (Tabla 2). Rodríguez-Maturino y col. (2012) reportaron niveles inferiores de fenoles totales en chiltepín secado a 65 °C por 24 h y obtenido en el supermercado de Mexicali, BCS (485 mg EAG/100 g ps) y en chile habanero 592 mg EAG/100 g ps.

Tabla 1. Efecto del proceso de secado y encurtido sobre las características fisicoquímicas del chiltepín.

Variable	Chiltepín rojo	Chiltepín rojo seco	Chiltepín verde	Chiltepín verde encurtido
pH [†]	4.9 ^a	5.2 ^b	5.1 ^b	3.7 ^a
Acidez Titulable (%) [†]	1.0 ^b	0.7 ^a	0.4 ^a	2.2 ^b
Color				
Valor L* [¶]	16.3 ± 2.3 ^a	16.6 ± 3.5 ^a	20.1 ± 3.6 ^a	20.8 ± 3.2 ^a
Valor a* [¶]	31.6 ± 3.5 ^b	20.0 ± 3.1 ^a	-9.2 ± 1.1 ^a	1.3 ± 0.5 ^b
Valor b* [¶]	25.9 ± 2.8 ^a	23.5 ± 1.9 ^a	27.5 ± 1.3 ^a	32.5 ± 3.2 ^b
Angulo de matiz (θ) [¶]	39.4 ± 0.9 ^a	49.7 ± 6.5 ^b	108.4 ± 1.5 ^b	87.8 ± 0.9 ^a
Croma (C) [¶]	40.8 ± 4.4 ^b	31.2 ± 1.1 ^a	29.0 ± 1.6 ^a	32.5 ± 3.2 ^a
ΔE^*		11.7		11.6

(†)Los valores representan la media del triplicado ± desviación estándar. (¶) Los valores representan la media de seis repeticiones ± desviación estándar. Los valores en las filas de un mismo proceso con superíndice distinto (a-b) son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Tabla 2. Efecto del proceso de secado y encurtido sobre el contenido de fenoles totales, flavonoides totales y principales compuestos fenólicos y flavonoides en extractos de chiltepín.

(mg/100 g ps)	Chiltepín rojo	Chiltepín rojo seco	Chiltepín verde	Chiltepín verde encurtido
Fenoles Totales (EAC)	663.26 ± 33.91 ^a	626.59 ± 29.00 ^a	736.24 ± 47.00 ^b	662.52 ± 23.70 ^a
Flavonoides Totales (EC)	424.58 ± 10.22 ^b	360.17 ± 3.29 ^a	544.57 ± 20.03 ^b	458.5 ± 28.85 ^a
Ácido Gálico	24.88 ± 0.54 ^a	31.99 ± 0.14 ^b	29.25 ± 1.16 ^b	10.76 ± 0.81 ^a
Ácido Clorogénico	32.21 ± 1.62	Nd	107.86 ± 3.75 ^b	52.03 ± 3.09 ^a
Ácido Cumárico	Nd	Nd	30.69 ± 1.41 ^a	30.72 ± 3.96 ^a
Ácido Ferúlico	6.61 ± 0.25 ^b	2.52 ± 0.25 ^a	3.31 ± 0.07 ^a	65.44 ± 4.68 ^b
Catequina	50.64 ± 5.59 ^a	66.87 ± 2.01 ^b	97.25 ± 10.52 ^b	85.94 ± 2.89 ^a
Luteolina	49.42 ± 0.72 ^b	23.79 ± 0.23 ^a	24.45 ± 0.48 ^a	24.28 ± 0.29 ^a
Resveratrol	2.40 ± 0.09 ^b	1.89 ± 0.13 ^a	2.28 ± 0.15 ^b	1.59 ± 0.08 ^a

Los valores representan la media del triplicado ± desviación estándar. Los valores en las filas de un mismo proceso con superíndice distinto (a-b) son significativamente diferentes ($p < 0.05$). EAC: equivalentes ácido clorogénico, EC: equivalentes catequina, Nd: no detectado. Límite de detección ácido clorogénico: 4.54 mg/L, límite de detección ácido cumárico: 5.55 mg/L.

Tabla 3. Efecto del proceso de secado y encurtido sobre el contenido de capsaicinas en extractos de chiltepín.

	Chiltepín rojo	Chiltepín rojo seco	Chiltepín verde	Chiltepín verde encurtido
Capsaicina (mg C/g ps)	4.17 ± 0.11 ^b	3.65 ± 0.07 ^a	3.79 ± 0.07 ^b	2.86 ± 0.14 ^a
ABTS ^{•+} (μm ET/g ps)	12.68 ± 0.39 ^a	12.56 ± 0.54 ^a	12.12 ± 0.31 ^b	11.23 ± 0.56 ^a
DPPH [•] (μm ET/g ps)	7.11 ± 0.19 ^b	6.59 ± 0.22 ^a	7.06 ± 0.05 ^b	5.26 ± 0.15 ^a

Los valores representan la media del triplicado ± desviación estándar. Los valores en las filas de un mismo proceso con superíndice distinto (a-b) son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

En el caso de los flavonoides totales, si se presentó una disminución significativa ($p < 0.05$) después del proceso de secado al sol, donde el contenido en el chiltepín rojo (424.58 ± 10.22 mg EC/100 g ps) fue mayor en relación al chiltepín seco (360.17 ± 3.29 mg EC/100 g ps) (Tabla 2). Chen y col. (2011) reportaron que en extractos metanólicos de cáscaras de cítricos tratados en condiciones de secado de 50 °C y 48 h, se presentó una disminución significativa de flavonoides totales, mientras que los fenoles totales no fueron afectados significativamente. Madrau y col. (2009) reportan que los flavonoides como miricetina se degradan proporcionalmente conforme aumenta la temperatura.

Los compuestos fenólicos identificados en el chiltepín por HPLC (Figura 1), corresponden a los ácidos fenólicos (ácido gálico, ácido clorogénico y ácido ferúlico), flavonoides (catequina y luteolina) y resveratrol (Tabla 2). El ácido gálico (22%) y catequina (24%) aumentaron significativamente ($p < 0.05$) por el proceso de secado directo al sol, mientras que el ácido ferúlico y resveratrol disminuyeron ($p < 0.05$). La luteolina presentó una disminución significativa ($p < 0.05$) y el ácido clorogénico no se detectó en chiltepín seco (Tabla 2).

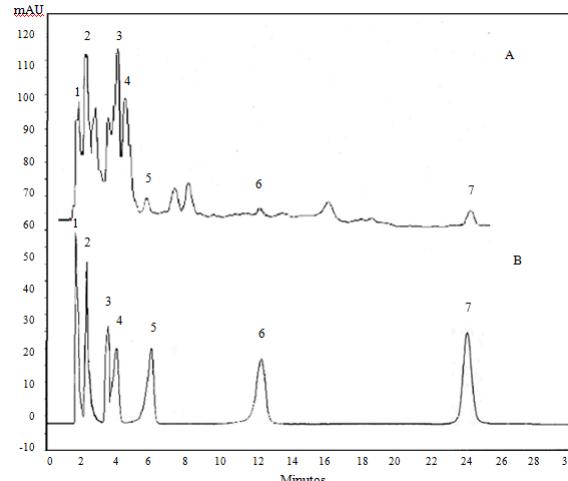


Fig. 1. (A) Cromatograma de los principales compuestos fenólicos identificados en el extracto metanólico de chiltepín verde. (B) Cromatograma de los estándares de referencia, (1) ácido gálico, (2) catequina, (3) ácido clorogénico, (4) ácido cumárico, (5) ácido ferúlico, (6) resveratrol, (7) luteolina.

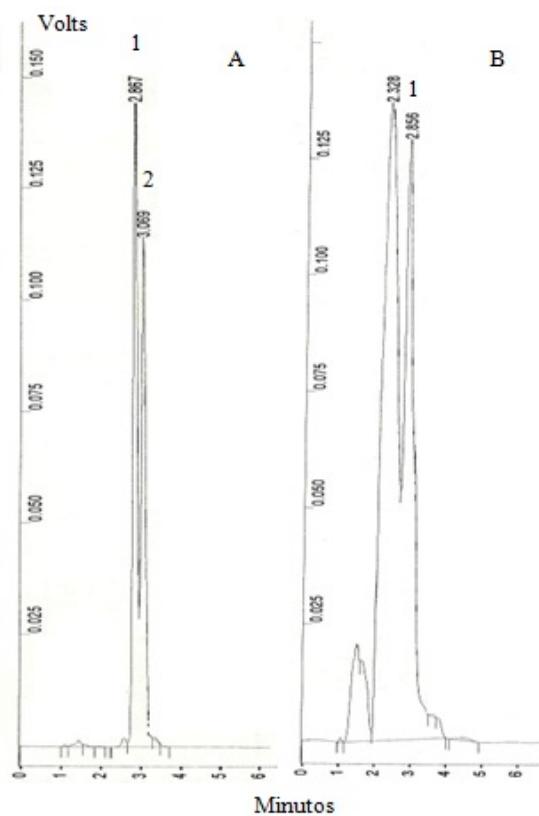


Fig. 2. (A) Cromatograma de los principales capsaicinoides en extracto de chiltepín verde. (B) Cromatograma de los estándares de referencia, (1) capsaicina, (2) dihidrocapsaicina.

La exposición a temperaturas moderadas (secado al sol) y en presencia de oxígeno puede influenciar la actividad de la enzima polifenoloxidasa, iniciando la oxidación fenólica y la pérdida de estos compuestos fenólicos (Shahidi y Naczk, 2004; Madrau y col., 2009). Por otro lado, los valores de compuestos fenólicos totales, no concuerdan con el incremento y reducción de los fenólicos identificados; esto puede deberse a que el método de Folin-Ciocalteu, a pesar de ser fácil, sensible y preciso, la presencia de aminas aromáticas, dióxido de carbono, ácido ascórbico y otros reductores pueden interferir en los resultados (Prior y col., 2005). Además, los compuestos fenólicos están presentes principalmente en forma unida, ligada a los componentes estructurales de la pared celular. Sin embargo, se ha reportado que un aumento de temperatura puede promover la liberación de los polifenoles al romper los constituyentes de la células de la planta (Yao y Ren, 2011; García-Márquez y col., 2012).

3.1.3 Capsaicinoides

Para el caso del secado al sol del chiltepín rojo se presentó una disminución (14%) significativa ($p < 0.05$) de C (Tabla 3). Fellows, en el 2000, reportó que el mecanismo probable de descomposición de C por efecto de la temperatura es debido a la fragmentación de los grupos alquilo de C con la subsiguiente oxidación formando vainillina. Posteriormente se transforma en otros fenoles produciéndose finalmente alquilamida. La oxidación de capsaicinoides puede ser el resultado de la acción de las peroxidásas (POD), enzimas que degradan a la C y DHC (Bernal y col., 1993). El secado al sol (35-40 °C) no es suficiente para inactivar a la peroxidasa, ya que se ha encontrado que esta enzima se inactiva después de 16 min de calentamiento a 75-80 °C (Garrote y col., 1985). Ornelas-Paz y col. (2013) reportaron una disminución en el contenido de capsaicinoides de hasta 28% por efecto de la temperatura durante el proceso de cocinado (95 °C) de chiles mexicanos.

No se detectó la presencia de DHC (límite de detección de $0.08 \mu\text{g/mL}$) en ninguna de las cuatro unidades de estudio (Figura 2).

3.1.4 Capacidad antioxidante

En la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos del chiltepín para inhibir el radical ABTS^{•+} (Tabla 4), no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) por efecto del secado, mientras que en el caso de la inhibición del radical libre DPPH[•] (Tabla 4) se presentó una disminución del 12%. La capacidad de los compuestos fenólicos para estabilizar el radical ABTS^{•+} con mayor facilidad en relación al radical DPPH[•] ha sido ya reportada por otros autores (Kim y col., 2011; Álvarez-Parrilla y col., 2011). Por otro lado, la correlación entre el contenido de fenoles totales con la capacidad antioxidante fue significativa ($p < 0.05$) tanto para ABTS ($r = 0.93$) así como en la estabilización del radical libre DPPH[•] ($r = 0.98$). De manera individual, el ácido clorogénico fue el único que presentó una correlación significativa ($p < 0.05$) con la estabilización del radical ABTS^{•+} ($r = 0.91$) y DPPH[•] ($r = 0.9$).

En cuanto a los capsaicinoides, la capacidad para inhibir el radical ABTS^{•+} (Tabla 3) no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) por efecto del secado, mientras que en el caso de la inhibición del radical libre DPPH[•] (Tabla 3) se presentó una disminución significativa ($p < 0.05$) del 7%.

Tabla 4. Efecto del proceso de secado y encurtido sobre la capacidad antioxidante de extractos metanólicos del chiltepín.

$\mu\text{m ET/g ps}$	Chiltepín rojo	Chiltepín rojo seco	Chiltepín verde	Chiltepín verde encurtido
ABTS ^{•+}	93.36 \pm 1.48 ^a	91.82 \pm 2.27 ^a	103.44 \pm 2.04 ^b	90.25 \pm 2.43 ^a
DPPH [•]	24.05 \pm 0.78 ^b	21.04 \pm 1.73 ^a	29.63 \pm 1.56 ^b	25.25 \pm 0.09 ^a

Los valores representan la media del triplicado \pm desviación estándar. Los valores en las filas de un mismo proceso con superíndice distinto (a-b) son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

La capacidad antioxidante de los frutos frescos, en comparación con los procesados, puede ser explicada en términos de los cambios de los contenidos de C debido al procesamiento. La correlación entre la concentración de C con la capacidad antioxidante es significativa ($p < 0.05$) tanto por ABTS ($r = 0.9$) así como en la estabilización del radical libre DPPH[•] ($r = 1.0$). Esta correlación significativa entre el contenido de capsaicinoides de los chiles y la capacidad antioxidante ha sido ya reportada (Materska y Perucka, 2005). Por lo tanto, se podría concluir que la fracción de capsaicinoides puede influir positivamente a dicha actividad.

3.2 Efecto del encurtido tradicional

3.2.1 Calidad fisicoquímica

El valor de pH (Tabla 1) del chiltepín verde disminuyó significativamente ($p < 0.05$) en el chiltepín encurtido (3.7). Por su parte, la acidez titulable (Tabla 1) aumentó ($p < 0.05$) en chiltepín encurtido ($p < 0.05$). Lo anterior es de esperarse por ser productos acidificados por el proceso de encurtido. Estos resultados son semejantes a los encontrados por Montoya-Ballesteros y col. (2010) en chiltepín verde ($\text{pH}=5.5$, AT=0.3) y chiltepín encurtido ($\text{pH}=4.2$, AT=0.3).

El color en el chiltepín encurtido, es afectado significativamente ($p < 0.05$) cuando se acidifica hasta un pH de 3.5 y se expone a temperaturas de aproximadamente 100 °C, durante 5 minutos. El color verde en base al parámetro a^* , cambió con respecto a la materia prima ($p < 0.05$), pasando de -9.2 para chiltepín verde fresco a 1.3 para chiltepín verde encurtido (Tabla 1). Se observa también con la disminución de θ^* y el aumento moderado de C^* . Mientras que para la materia prima θ^* fue de 108.4 y C de 29.4, para el chiltepín encurtido θ^* fue de 87.7 y C^* fue de 32.5 (Tabla 1), localizándose estos últimos en el diagrama de cromaticidad en la zona de verde claro, mientras que el parámetro de

luminosidad (L^*) se mantuvo similar a la materia prima. Montoya-Ballesteros y col. (2010) reportaron reducción del color verde del chiltepín encurtido hasta de 85% del valor 'a', donde de igual manera la luminosidad se mantuvo cercana a la de la materia prima. El mayor cambio de color verde, puede deberse a la conversión de la clorofila a feofitinas, provocado por el aumento de la temperatura y la baja de pH durante el procesamiento, ya que a pH bajo favorece la feofitinización, que además de la sustitución del Mg por dos iones de hidrógeno, implica una probable modificación de la resonancia de los anillos, transformando la coloración del verde a un café-oliva típico de la feofitina (Ihl y col., 1998).

El ΔE^* (Tabla 1) referente al cambio de color que experimentó el producto final respecto a la materia prima, el chiltepín encurtido artesanalmente mostró cambios con respecto a la materia prima, ya que el valor encontrado de 11.6 es mayor a cero. Esta variación en el color verde ha sido reportada por Ahmed y col. (2002) en pasta de chile verde procesado térmicamente, donde la reducción de color fue directamente proporcional a la elevación de la temperatura, perdiéndose totalmente el color cuando se utiliza una temperatura de 85 °C por 15 min.

3.2.2 Compuestos fenólicos

A diferencia del secado, los fenoles totales en el chiltepín encurtido, presentaron una reducción significativa ($p < 0.05$), con valores de 736.24 ± 47 mg EAC/100 g ps para chiltepín verde y 662.52 ± 23.7 mg EAC/100 g ps para chiltepín verde encurtido (Tabla 2). El mismo comportamiento se presentó para los flavonoides totales, donde el nivel del contenido en chiltepín verde se redujo ($p < 0.05$) en chiltepín verde encurtido (Tabla 2). Estos valores son similares a los reportados por otros autores para chiles verdes y chiles picantes (Deepa y col., 2007; Oboh y col., 2007). Peterson y Dwyer (1998) propusieron una escala de clasificación botánica de concentración de flavonoides en los alimentos, que los establece como

concentración baja (0.1 a 39.9 mg/kg), moderada (40 a 99.9 mg/kg) y alta (> 100 mg/kg). A partir de esta escala, la concentración de flavonoides en chiltepín puede ser considerada alta.

Álvarez-Parrilla y col. (2011) reportaron disminuciones en el contenido de fenoles totales y flavonoides de pimientos frescos y encurtidos. La variabilidad en el contenido de compuestos fenólicos puede ser explicado en términos de la lixiviación que pudiera ocurrir durante el proceso de encurtido (Ornelas-Paz y col., 2013).

El contenido de ácido gálico, ácido clorogénico y catequina, disminuyeron significativamente ($p < 0.05$) después del proceso de encurtido tradicional en un 63, 52, y 12% respectivamente (Tabla 2). Sin embargo, luteolina y el ácido cumárico permanecieron inalterables (Tabla 2). La degradación de los compuestos fenólicos podría atribuirse principalmente a la descomposición oxidativa ocasionada por la temperatura, no tanto a la actividad polifenol oxidasa debido a que ésta enzima se inactiva a temperaturas de entre 75-80 °C en un período corto de exposición (Madrau y col., 2009).

El contenido de ácido ferúlico presentó un aumento significativo ($p < 0.05$) después del proceso de encurtido (Tabla 2). Este comportamiento puede atribuirse probablemente a que las condiciones ácidas (pH 3.5) y temperaturas altas (100 °C durante 5 min.) en el proceso de encurtido, facilitaron su hidrólisis. Se sabe que el ácido ferúlico es el ácido hidroxicinámico que se encuentra en mayor abundancia en la pared celular, unido covalentemente a polisacáridos, incluyendo glucoarabinoxilanos (GAXs) y pectinas a través de enlaces ésteres (Estrada y col., 2000).

3.2.3 Capsaicinoides

En el encurtido tradicional del chiltepín se observó una disminución significativa ($p < 0.05$) del 25% de C (Tabla 3), esto puede atribuirse a un efecto combinado de la temperatura (escaldado 100 °C, 5 min) y la reducción de pH (3.5) por la adición de vinagre durante el proceso de encurtido. Los capsaicinoides (alcaloides) se encuentran en la placenta del fruto y su difusión a través de las membranas celulares, se debe al daño estructural de estas membranas del tejido vegetal, ocasionado por el estrés, este proceso se favorece a pH 3 (Hernández y col., 2009). Montoya-Ballesteros y col. (2010), observaron que en la elaboración de salsas de chiltepín, mientras más bajo se establecía el pH de la salsa más bajo era el contenido de capsaicinoides. A pH de 2.7 las

reducciones de C fueron de 90% y casi del 100% para DHC, mientras que en el proceso de encurtido donde no se utiliza la molienda, las reducciones de C fueron menores (35%). Se observó que las reducciones de DHC son mayores a las encontradas para C en cualquier producto; lo cual pudiera atribuirse a que la DHC presenta menor resistencia térmica.

Ahmed y col. (2002) reportaron que el picor en puré de chile verde decrece en términos del contenido de C. Por otro lado, Schweiggert y col. (2006) observaron que en pasta de chiles rojos, ocurre una disminución del picor cuando los chiles se escaldan a 80, 90 y 100 °C por 5 y 10 min. Garrote y col. (1985) reportaron una disminución en la retención de capsaicinoides de chiles escaldados a 100 °C durante 2.5 min, las pérdidas fueron atribuidas debido al proceso de lixiviación, al emigrar los capsaicinoides al agua de escaldado. Por otro lado, como ya se mencionó antes la reducción de capsaicinoides se debe a la descomposición de C por efecto de la temperatura (Fellows, 2000; Henderson y Henderson, 1992).

3.2.4 Capacidad antioxidante

La capacidad para inhibir los radicales ABTS^{•+} y DPPH[•] (Tabla 4) de los extractos de chiltepín encurtido disminuyó significativamente ($p < 0.05$). La capacidad antioxidante mayor para los frutos frescos, en comparación con los procesados, se debió a la disminución de los compuestos fenólicos debido al procesamiento. Los compuestos fenólicos totales mostraron una correlación alta para ABTS^{•+} ($r = 0.93$) y DPPH[•] ($r = 0.98$), al igual que los flavonoides totales con DPPH ($r = 0.74$). Álvarez-Parrilla y col. (2011) reportaron el mismo comportamiento de disminución significativa ($p < 0.05$) después del proceso de encurtido. En el caso del chile serrano fresco tuvieron una actividad neutralizadora del radical DPPH[•] mayor (4.10 mg ET/100g ps) al compararse con el chile serrano encurtido (2.01 mg ET/100g ps). Jiménez-Monreal y col. (2009) observaron una reducción en la capacidad antioxidante hasta del 72% cuando pimientos frescos fueron sometidos a cocción a presión. Estos autores explican la reducción de la actividad debido a la lixiviación de compuestos fenólicos y disminución de la concentración del ácido ascórbico después de la cocción debido a las condiciones de temperatura y presión. La disminución de la capacidad antioxidante por efecto del proceso de encurtido ha sido reportada también para otros vegetales (Chun y col., 2004).

En cuanto a la capacidad antioxidante de

los capsaicinoides, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) después del encurtido en la capacidad para inhibir el radical DPPH[•] (Tabla 3). La capacidad antioxidante de los frutos frescos, en comparación con los procesados, puede ser explicada en términos de la reducción de los capsaicinoides debido al procesamiento, los cuales presentaron una correlación alta para ABTS^{•+} así como en la estabilización del radical libre DPPH[•].

Conclusiones

Los procesos de conservación estudiados en el presente trabajo (secado al sol y el encurtido tradicional) causaron cambios en la calidad fisicoquímica. Sin embargo, los valores de los parámetros indicadores de esta calidad permanecieron dentro de la NMX. Por otro lado, el nivel de fenoles y la capacidad antioxidante de la fase metanólica del chiltepín secado al sol no fueron afectados. En cuanto al proceso de encurtido tradicional, los fenoles totales, flavonoides totales y capsaicinoides disminuyeron (menos del 25 %). Por lo tanto, los resultados del presente trabajo mostraron que las condiciones de encurtido presentaron un impacto mayor sobre los niveles de los compuestos fenólicos, capsaicinoides y capacidad antioxidante, que las del secado al sol. Se concluye que los procesos de secado al sol y encurtido tradicional de chiltepín son métodos adecuados para preservar estos fitoquímicos.

Agradecimientos

C.S. Rochín-Wong, agradece el apoyo al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para cursar la maestría en Biociencias dentro del Posgrado en Biociencias del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora.

Referencias

- Ahmed, J., Shihhare, U. S. y Debnath, S. (2002). Colour degradation and rheology of green chili puree during thermal processing. *International Journal of Food Science & Technology* 37, 57-63.
- Alvarez-Parrilla, E., de la Rosa, L. A., Amarowicz, R. y Shahidi, F. (2011). Antioxidant activity of fresh and processed Jalapeño and Serrano peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59, 163-173.
- A.O.A.C. (2002). *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists. EUA.
- Arjona, M., Díaz-Ricci, J. C. e Iriarte, A. (2006). Parámetros fisico-químicos en oleoresina de pimentón en diferentes sistemas de secado. *Revista del Centro de Investigación de Zonas Áridas* 7, 81-91.
- Arvanitoyannis I. S. y Van Houwelingen-Koukaliaroglou, M. (2005). Functional foods: A survey of health claims, pros and cons, and current legislation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 45, 385-404.
- Ayala-Zavala, J. F., Silva-Espinoza, B. A., Cruz-Valenzuela, M. R., Villegas-Ochoa, M. A., Esqueda, M., González-Aguilar, G. A. y Calderón-López, Y. (2012). Antioxidant and antifungal potential of methanol extracts of *Phellinus* spp. from Sonora, Mexico. *Revista Iberoamericana de Micología* 29, 132-138.
- Aza-González C., Núñez-Paleni, H. G. y Ochoa-Alejo, N. (2011). Molecular biology of capsaicinoid biosynthesis in chili pepper (*Capsicum* spp.). *Plant cell Report* 30, 695-706.
- Bernal M. A., Calderón A. A., Pedreno M. A., Munoz R., Barceló A. R. y De Cáceres F. M. (1993). Capsaicin oxidation by peroxidase from *Capsicum annuum* (var. *annuum*) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41, 1041-1044.
- Cantos, E., García-Viguera, C., de Pascual-Teresa, S. y Tomas-Barberán, F. A. (2000). Effect of postharvest ultraviolet radiation on resveratrol and other phenolics of cv. Napoleon table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 4606-4612.
- Cardenas-Sandoval, B. A., López-Laredo, A. R., Martínez-Bonfil, B. P., Bermúdez-Torres, K. y Trejo-Tapia, G. (2012). Advances in the phytochemistry of *Cuphea aequipetala*, *C. aequipetala* var. *hispida* and *C. lanceolata*: extraction and quantification of phenolic compounds and antioxidant activity. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 11, 401-413.

- Chen, M. L., Yang, D. J. y Liu, S. C. (2011). Effects of drying temperature on the flavonoid, phenolic acid and antioxidative capacities of the methanol extract of citrus fruit (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) peels. *International Journal of Food Science & Technology* 46, 1179-1185.
- Chun, O. K., Smith, N., Sakagawa, A. y Lee C. Y. (2004). Antioxidant properties of raw and processed cabbages. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 55, 191-199.
- Deepa, N., Kaur, C., George, B., Singh, B. y Kapoor, H. C. (2007). Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity. *Food Science and Technology* 40, 121-129.
- Estrada, B., Bernal, M. A., Díaz J., Pomar, F. y Merino, F. (2000). Fruit development in *Capsicum annuum*: changes in capsaicin, lignin, free phenolics, and peroxidase patterns. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 6234 - 6239.
- Estrada-Zúñiga, M. E., Arano-Varela, H., Buendía-González L. y Orozco-Villafuerte J. (2012). Fatty acids, phenols content, and antioxidant activity in *Ibervillea sonorae* callus cultures. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 11, 89-96.
- Fellows P. J. (2000). *Food Processing Technology Principles and Practice*. Editorial CRC Press Boca Raton, Boston, Nueva York, Washington D.C., E.U.A. pp.575.
- García-Márquez, E., Román-Guerrero, A., Pérez-Alonso, C., Cruz-Sosa, F., Jiménez-Alvarado, R. y Vernon-Carter, E. J. (2012). Effect of solvent-temperature extraction conditions on the Initial antioxidant activity and total phenolic content of Muitle extracts and their decay upon storage at different ph. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 11, 1-10.
- Garrote, R., Silva, E. y Bertone, R. (1985). Distribución e inactivación térmica de las enzimas peroxidasa y lipoxigenasa en el Choclo (*Zea mays*). *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 25, 373-383.
- Henderson D. E. y Henderson S. K. (1992). Thermal decomposition of capsaicin.1. Interaction whit oleic acid at high temperatures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40, 2263-2268.
- Hernández, J. A., Ochoa A. A., López E. y García H. S. (2009). Extracción de capsaicinoides durante la deshidratación osmótica de chile Habanero en salmuera. *CyTA - Journal of Food* 7, 127-134.
- Howard, L. R., Talcott, S. T., Brenes, C. H. y Villalon B. (2000). Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 1713-1720.
- Ihl, M., Monsalves, M. y Bifani, V. (1998). Chlorophyllase inactivation as a measure of blanching efficacy and colour retention of artichokes (*Cynara scolymus* L.). *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 31, 50-56.
- Jiménez, M., Castillo, I., Azuara E., y Beristain C.I. (2011). Antioxidant and antimicrobial activity of capulin (*Prunus serotina* subsp *capuli*) extracts. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 10, 29-37.
- Jiménez-Monreal, A. M., García-Diz, L., Martínez-Tomé, M., Mariscal, M. y Murcia, M. A. (2009). Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables. *Journal of Food Science* 74, H97-H103.
- Kim, J. S., Ahn, J., Lee, S. J., Moon, B., Ha, T. Y. y Kim, S. (2011). Phytochemicals and antioxidant activity of fruits and leaves of paprika (*Capsicum annuum* L. var. *special*) cultivated in Korea. *Journal of Food Science* 76, C193-C198.
- Kim, S., Park, J. B. y Hwang, I. K. (2002). Quality attributes of various varieties of Korean red pepper powders (*Capsicum annuum* L.) and color stability during sunlight exposure. *Journal of Food Science* 67, 2957-2961.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J. y Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 25, 726-732.
- Lachance P. A., Nakat, Z. y Jeong, W. S. (2001). Antioxidants: an integrative approach. *Nutrition* 17, 835-838.

- Leja, M. Wy'golik, G. y Kami'ska, I. (2008). Changes of some biochemical parameters during the development of sweet pepper fruits. *Folia horticulture* 27, 277-283.
- Madrau, M. A., Piscopo, A., Sanguinetti, A. M., Caro, A. D., Poiana, M., Romeo, F. V. y Piga, A. (2009). Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. *European Food Research and Technology* 228, 441-448.
- Materska, M. y Perucka, I. (2005). Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 1750-1756.
- Medina-Juárez, L. A., Molina-Quijada, D. M. A., Del Toro-Sánchez, C. L., González-Aguilar, G. A. y Gámez-Meza, N. (2012). Antioxidant activity of peppers (*Capsicum annuum* L.) extracts and characterization of their phenolic constituents. *Interciencia* 37, 588-593.
- Mínguez-Mosquera, M. I. y Hornero-Méndez, D. (1993). Separation and quantification of the carotenoid pigments in red pepper (*Capsicum annuum* L.), paprika, and oleoresin by reversed-phase HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41, 1616-1620.
- Molina-Quijada, D. M. A., Medina-Juárez, L. A., González-Aguilar, G. A., Robles-Sánchez, R. M. y Gámez-Meza, N. (2010). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante de cáscara de uva (*Vitis vinifera* L.) de mesa cultivada en el noroeste de México. *Ciencia y Tecnología de Alimentos - Journal of Food* 8, 57-63.
- Montoya-Ballesteros, L. C., Gardea-Béjar, A. Ayala-Chávez, G. M., Martínez-Núñez, Y. Y. y Robles-Ozuna, L. E. (2010). Capsaicinoides y color en chiltepín (*Capsicum annuum* var. *aviculare*). Efecto del proceso sobre salsas y encurtidos. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 9, 197-207.
- Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Accesado: 24 febrero 2013.
- Norma Oficial Mexicana NMX-FF-107/1-SCFI-2006, Productos alimenticios - chiles secos enteros. Accesado: 14 marzo 2013.
- Oboh, G., Puntel, R. L. y Rocha, J. B. T. (2007). Hot pepper (*Capsicum annuum*, Tepin and *Capsicum Chinense*, Habanero) prevents Fe²⁺ induced lipid peroxidation in Brain-*in vitro*. *Food Chemistry* 102, 178-185.
- Ornelas-Paz, J. de J., Cira-Chávez, L. A., Gardea-Béjar, A. A., Guevara-Arauza, J. C., Sepúlveda, D. R., Reyes-Hernández, J. y Ruiz-Cruz, S. (2013). Effect of heat treatment on the content of some bioactive compounds and free radical-scavenging activity in pungent and non-pungent peppers. *Food Research International* 50, 519-525.
- Peterson, J. y Dwyer, J. (1998). Taxonomic classification helps identify flavonoid-containing foods on a semiquantitative food frequency questionnaire. *Journal of the American Dietetic Association* 98, 677-685.
- Prior R. L., Wu X. y Schaich K. (2005). Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 53, 4290-4302.
- Ramaswamy, H. S. (2005). Thermal processing of fruits. En: *Processing Fruits Science and Technology*, (Barrett, D. M., Somogyi L. y Ramaswamy, eds.), Pp. 173-200. Editorial CRC Press Boca Raton, Nueva York, Washington, D.C.
- Robles-Sánchez, M., Gorinstein, S., Martín-Belloso, O., Astiazarán-García, H., González-Aguilar, G. y Cruz-Valenzuela, R. (2007). Frutos tropicales mínimamente procesados: Potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia* 32, 227-232.
- Rodríguez-Maturino, A., Valenzuela-Solorio, A., Troncoso-Rojas, R., González-Mendoza, D., Grimaldo-Juarez, O., Aviles-Marín, M. y Cervantes-Díaz, L. (2012). Antioxidant activity and bioactive compounds of Chiltepin (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) and Habanero (*Capsicum chinense*): A comparative study. *Journal of Medicinal Plants Research* 6, 1758-1763.
- Schweiggert, U., Kurz, C., Schieber, A. y Carle, R. (2007). Effects of processing and storage on the stability of free and esterified carotenoids of red

- peppers (*Capsicum annuum* L.) and hot chilli peppers (*Capsicum frutescens* L.). *European Food Research and Technology* 225, 261-270.
- Schweiggert, U., Schieber, A. y Reinhold, C. (2006). Effects of blanching and storage on capsaicinoid stability and peroxidase activity of chili peppers (*Capsicum frutescens* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 7, 217-224.
- Serrano-Maldonado, M. J. Guerrero-Legarreta, I. De la Paz Pérez-Olvera, C. y Soriano-Santos, J. (2011). Actividad antioxidante y efecto citotóxico de *Cladocolea loniceroidea* (van Tieghem) Kuijt (Loranthaceae). *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 10, 161-170.
- Shahidi, F. y Naczk, M. (2004). *Phenolics in food and nutraceuticals*. CRC Press: Boca Raton, FL.
- Sun, T., Xu, Z., Wu, C.-T., James, M., Prinyawiwatkui, W. y No, H. K. (2007). Antioxidant activities of different colored sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science* 72, S98-S102.
- Tanaka, Y., Hosokawa, M., Otsu, K., Watanabe, T. y Yazawa, S. (2009). Assessment of capsiconinoid composition, nonpungent capsaicinoid analogues, in *Capsicum* cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57, 5407 -5412.
- Vinson, J. A., Hao, Y., Su, X. y Zubik, L. (1998). Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46, 3630-3634.
- Yao, Y.; Ren, G. X. (2011). Effect of thermal treatment on phenolic composition and antioxidant activities of two celery cultivars. *LWT-Food Science Technology* 44, 181-185.