

## ACEITE DE FRUTOS DE *Persea schiedeana* EN SOBREMADURACIÓN Y COSECHADOS DE ÁRBOLES EN ESTADO SILVESTRE

### *Persea schiedeana* oil of over-mature fruit harvested from wild trees

N Campos-Hernández, JG Cruz-Castillo ✉, A Hernández-Montes, D Rubio-Hernández

(NCH)(AHM)(DRH) Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. C.P. 56230. México (JGCC) Centro Regional Universitario Oriente. Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Veracruz. C.P. 94100. México. jcruzcastillo@yahoo.com

**Artículo recibido:** 25 de marzo de 2010, **aceptado:** 08 de julio de 2011

**RESUMEN.** En frutos sobremaduros de *Persea schiedeana* Nees colectados en árboles creciendo en estado silvestre se estudiaron las características químicas y sensoriales del aceite. La extracción de aceite con isopropanol y hexano tuvo un rendimiento de 12 % aceite/pulpa (v/p). El aceite de *P. schiedeana* fue comparado con aceites comerciales de oliva y aguacate. El aceite de *P. schiedeana* tuvo menor número de insaturaciones y más ácidos grasos de cadena larga que los aceite de oliva y de aguacate. Los índices de acidez y de peróxidos indicaron que la ligera oxidación del aceite esta en el nivel permitido. Se determinó el contenido de tocoferoles usando HPLC. El aceite de *P. schiedeana* tuvo menor cantidad de  $\alpha$ -tocoferol, pero se encontró una concentración similar de  $\gamma$  y  $\delta$  tocoferol a la de los aceites de oliva y aguacate. Sin embargo, el aceite de *P. schiedeana* presentó la menor actividad antioxidante total, empleando una prueba con 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), que determinó la capacidad total de los aceites para atrapar radicales libres. Con un panel descriptivo, el aceite de *P. schiedeana* fue descrito con aroma a aguacate, herbal y limón, y olor a alcohol etílico y pegamento. Este aceite presentó menor sensación de aceite residual que el de oliva y aguacate.

**Palabras clave:** Aceites vegetales, aceites de frutos, usos de frutos mesoamericanos, DPPH, tocoferoles.

**ABSTRACT.** The chemical and sensory characteristics of the oil of over-mature fruit of *Persea schiedeana*, harvested from wild trees, were studied. The extraction of the oil with isopropanol and hexane had a yield of 12 % oil/pulp (v/w). The *P. schiedeana* oil was compared with commercial olive and avocado oils. The *P. schiedeana* oil had less double binds and more long chain fatty acids than the olive and avocado oils. The acidity and peroxide indices indicated that the slight oxidation of the oil is within the allowed level. The content of tocopherols was determined using HPLC. The *P. schiedeana* oil had a lower amount of  $\alpha$ -tocopherol, but the concentration of the  $\gamma$  and  $\delta$  tocopherols was similar to that of the olive and avocado oils. However, the *P. schiedeana* oil presented the lowest total antioxidant activity when analysed with a DPPH test (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), which determined the total capacity of the oils to trap free radicals. With a descriptive panel, the *P. schiedeana* oil was described as having an avocado, herbal and lemon aroma, and an odour of ethanol and adhesive. This oil had a lower residual oil sensation than the olive and avocado oils.

**Key words:** Vegetable oils, fruit oils, uses of Mesoamerican fruit, DPPH, tocopherols.

## INTRODUCCIÓN

*Persea schiedeana* Nees es un árbol frutal conocido comúnmente en Veracruz y Tabasco como chinene y chinin, respectivamente. Crece en las selvas y montañas tropicales de México y Centroamérica y se diferencia del aguacate (*Persea americana* Mill.) por su pubescencia en flores y yemas, y sus frutos tienen menor cantidad de pulpa con sabor y

textura particulares (Van der Werff 2002). No existen huertos de *P. schiedeana* exclusivos para la producción frutícola y estos árboles se encuentran en estado silvestre en bosques mesófilos en el sur de México o sombreando fincas cafetaleras o en patios. Se consume untando la pulpa de frutos maduros sobre tortillas de maíz (*Zea mays* L.) (Cruz-Castillo et al. 2007). Un factor que ha limitado el consumo de esta fruta fuera de las regiones donde crece es

su corta vida de poscosecha que es de alrededor de 6 d (Del Ángel *et al.* 2010). El fruto del *P. schiedeana* como fuente de salud humana es reconocido de manera empírica en la región central de Veracruz por mejorar la digestión; sin embargo, hay poca información sobre su aceite y las ventajas que posee para la salud humana (Bost 2009). En contraste, se han estudiado ampliamente los efectos benéficos del consumo frecuente del aceite de oliva (*Olea europea* L.) y del aguacate (*Persea americana* Mill.).

Ante el auge de los productos funcionales, han surgido investigaciones enfocadas a aislar y caracterizar la efectividad de algunos fitoquímicos y antioxidantes naturales, y los aceites vegetales vírgenes no tradicionales podrían tener propiedades químicas importantes, y las propiedades químicas del aceite del fruto de *P. schiedeana* no han sido estudiadas detalladamente. Rendón (2003) encontró que el perfil de ácidos grasos del fruto de *P. schiedeana* con 27, 63 y 9 % de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, respectivamente, es parecido al del aguacate, y de acuerdo a Cruz-Castillo *et al.* (2007) contiene alrededor de 33.5-41.7 % de ácido oleico. Esto indica que el fruto de *P. schiedeana* presenta el potencial para la obtención de aceite comestible, sin embargo, es necesario conocer más de sus características químicas, sensoriales y la conservación de la vitamina E como principal metabolito que confiere calidad nutricional a los aceites vegetales.

El presente estudio tuvo como objetivos 1) Evaluar la calidad química del aceite de *P. schiedeana* extraído con solventes. 2) Determinar el contenido de tocoferoles y la capacidad antioxidante total del aceite. 3) Describir las características sensoriales del aceite de frutos de *P. schiedeana*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Extracción del aceite

Se emplearon frutos de *P. schiedeana* con cáscara de color verde provenientes de cinco árboles en estado silvestre con una altura promedio de 20 m en Huatusco, Veracruz. Los frutos fueron cosechados cinco días antes de finalizar la época de producción en julio de 2007, almacenados a temperatura

ambiente por tres días y al momento de la extracción del aceite, alrededor del 80 % de los frutos se encontraban sobremaduros, lo cual afectó su aroma y sabor. El aceite fue obtenido de la pulpa y a esta fueron agregados 0.02 % m/m del antioxidante hidroxibutilanisol BHA (Sigma-Aldrich, Inc. EUA) para prevenir el deterioro de la pulpa por exposición al oxígeno durante la extracción. La pulpa fue macerada durante 30 min con una proporción 2:1 de solvente:pulpa, los solventes fueron isopropanol (Laiz, Mundo Químico S.A de C. V) y hexano (Reasol<sup>MR</sup> México), en proporción 3:2 v/v con el fin de mejorar la extracción de los compuestos antioxidantes (Proctor & Bowen 1996); el sobrenadante se separó por decantación y filtrado. Los solventes se separaron en un rotavapor Heitolph Laborata 4010 Digital (Alemania) y se inyectó nitrógeno INFRA<sup>MR</sup> (200 L min<sup>-1</sup> durante 5 h) para eliminar trazas de solvente. Este procedimiento se realizó en 4 lotes de 20 kg de fruta para determinar el rendimiento. Los posteriores análisis químicos y sensoriales fueron hechos en muestras de este aceite obtenido.

### Análisis químico

Los índices de acidez, peróxidos y saponificación se determinaron de acuerdo a las normas NMX-F-101-1987, NMX-F-154-1987 y NMX-F-174-1981 en el aceite de chinene (*Persea schiedeana* Nees), y también en aceite de oliva (*Olea europea* L.) extra virgen marca Ybarra (Aceites Ybarra S. A. España. Elaborado en enero de 2007 con caducidad en enero de 2009), y aceite de aguacate (*Persea americana* Mill) extra virgen marca D'Artana (Huerta Aguacatera Los Gallos. México. Caducidad al 30 de diciembre de 2008), esta última empresa afirma no agregar antioxidantes, sin embargo queda la duda, pudiendo ambos aceites contener hasta 175 mg de BHA por cada kilogramo de aceite, o el equivalente de otro antioxidante, según lo permitido por el Codex Stan 019-1981. Para el índice de yodo se siguió la metodología de la AOAC (1984). Se hicieron aleatoriamente tres mediciones repetidas para cada aceite.

Para cuantificar tocoferoles, 1.5 ml de los aceites de oliva (Ybarra), de aguacate (D'Artana), y de *P. schiedeana* se sometieron a saponificación en

oscuridad y atmósfera de nitrógeno, de acuerdo con el método descrito por López *et al.* (2006), omitiéndose la re extracción de la fase acuosa obtenida de la centrifugación. Para realizar la inyección al cromatógrafo de líquidos de alta resolución serie 200 (Perkin-Elmer de México S.A.), la fracción insaponificable resultante de cada muestra fue diluida en 1 ml de cloroformo (Reasol<sup>MR</sup> México), y agitada en un vortex por 1 min. Las muestras se filtraron con un Acrodisco PVDF 0.45  $\mu\text{m}$  (Millipore Corporation, M.A.) antes de colocarlas en el inyector automático acoplado al cromatógrafo, el cual se programó con un volumen de inyección de 20  $\mu\text{l}$ . Se empleó como fase estacionaria reversa una columna C18 Hypersil ODS (4.6 x 250 mm tamaño de partícula 5  $\mu\text{m}$ ) y la fase móvil consistió en metanol:acetonitrilo (50:50) grado HPLC marca Fermont (Productos Químicos de Monterrey S.A. de C.V. México), con un flujo isocrático de 1 ml  $\text{min}^{-1}$ . El tiempo de corrida fue de 15 min por muestra. Se empleó un detector de UV visible estableciendo la longitud de onda en 292 nm (Gimeno *et al.* 2000; Gliszczynska-Swiglo & Sikorska 2004). Los estándares  $\gamma$  y  $\delta$  tocoferol fueron de la marca Sigma y  $\alpha$ -tocoferol marca Fluka Biochemika (Sigma-Aldrich, Inc. EUA), como solvente se empleó isopropanol grado HPLC marca Cromasolv (Sigma-Aldrich, Inc. EUA). Se hicieron curvas de calibración para cada estándar, y con base en una regresión lineal se determinó la concentración de los isómeros  $\alpha$ ,  $\gamma$  y  $\delta$  tocoferol en las muestras. Todas las regresiones lineales tuvieron un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) mayor a 0.995. Se hicieron aleatoriamente tres mediciones repetidas para cada aceite.

En la determinación de la capacidad antioxidante se empleó la metodología expuesta por Lavelli (2002). El aceite de *P. schiedeana* fue comparado con el aceite de aguacate (D'Artana), y con el aceite de oliva extra virgen (Ybarra), ambos sin adición de antioxidantes. Se prepararon diluciones de cada aceite en acetato de etilo (E. Merck. Alemania) en un rango de 30-100  $\mu\text{l}$  (concentraciones de 30 a 100%), se tomaron 100  $\mu\text{l}$  de cada solución para reaccionar con 1900  $\mu\text{l}$  de solución de DPPH 93  $\mu\text{Mol}$  (Sigma-Aldrich, Inc. EUA) en acetato de etilo. La reacción se llevó a cabo durante 30 min,

y se midió la absorbancia a 517 nm en un Spectronic Genesys 5 (Milton Roy Company. EUA). El blanco fue acetato de etilo. Se graficó el porcentaje de reducción de DPPH contra la concentración de la muestra, se obtuvo una regresión lineal para cada aceite usando 9 repeticiones, con un  $r^2 > 0.82$  para cada una, y el valor  $I_{50}$  fue calculado por extrapolación empleando 3 repeticiones por cada aceite.  $I_{50}$  es definido como la cantidad de muestra de aceite en  $\mu\text{l}$  requeridos para reducir 50% la concentración inicial de DPPH, dividido por el volumen total de DPPH agregado a la solución de aceite (1900  $\mu\text{l}$ ). El % DPPH se calculó con la siguiente ecuación (Lavelli 2002):

$$\% \text{ DPPH} = \left( \frac{\text{Absorbancia}_{\text{control}} - \text{Absorbancia}_{\text{aceite}}}{\text{Absorbancia}_{\text{control}}} \right) \times 100$$

### Análisis sensorial

Ocho panelistas de entre 20 y 24 años (7 mujeres y 1 hombre) fueron seleccionados con el análisis secuencial usando pruebas triangulares de acuerdo al método descrito por Meilgaard (1999). Los parámetros establecidos fueron: error tipo I  $\alpha = 0.05$ , error tipo II  $\beta = 0.10$  y la proporción de la población que puede discriminar entre aceites ( $p_d$ ) = 40%. Se realizó el Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA) para caracterizar sensorialmente los aceites de oliva (Ybarra), de aguacate (D'Artana), y de frutos de *P. schiedeana*. En esta técnica los panelistas evocan los estímulos sensoriales que genera el producto y como grupo consensan el nombre de cada estímulo percibido, asimismo el panel establece las muestras de referencia para facilitar la evaluación sensorial. La intensidad de estos atributos sensoriales del aceite se determinó con una escala de 15 cm, donde 0 es ausencia del atributo y 15 es extremadamente fuerte. El panel recibió un entrenamiento de 46 h con la finalidad de homogeneizar el uso de la escala y la reproducibilidad de sus juicios. Las evaluaciones de monitoreo y la evaluación final se desarrollaron en cabinas individuales, por triplicado y presentando las muestras en triadas. Se colocaron 7 ml de aceite en vasos del número cero, fueron cubiertos con cinta masking tape y con tapas perforadas de aluminio (5 perforaciones de 0.5 x 0.2 cm). A excepción de las referencias olor a alcohol etílico y pegamen-

**Tabla 1.** Valores promedio de los índices químicos analizados en los aceites de *P. schiedeana*, aguacate y oliva (n = 3).  
**Table 1.** Average values of the chemical indices analysed in the *P. schiedeana*, avocado and olive oils (n=3).

Aceite	Acidez libre (% ácido oleico)	Índice de peróxidos (meq kg <sup>-1</sup> de peróxido)	Índice de saponificación (mg g <sup>-1</sup> de KOH)	Índice de yodo (g 100 g <sup>-1</sup> de yodo)
<i>P. schiedeana</i>	0.161 <sup>c</sup>	9.67 <sup>a</sup>	197.13 <sup>b</sup>	84.13 <sup>a</sup>
Aguacate	0.210 <sup>b</sup>	6.67 <sup>b</sup>	206.88 <sup>a</sup>	99.49 <sup>a</sup>
Oliva	0.428 <sup>a</sup>	6.66 <sup>b</sup>	206.82 <sup>a</sup>	105.58 <sup>a</sup>

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una  $p \leq 0.05$ .

to que fueron colocadas en viales de 3 ml, el resto de las referencias se colocaron en vasos del número cero, estuvieron disponibles en todas las sesiones de entrenamiento y en la evaluación final. Para el atributo aceite residual se preparó ensalada de lechuga romana (*Lactuca sativa* L.) agregando 20 ml de aceite por cada 200 g, el panel no consideró necesaria una referencia para evaluar este atributo.

### Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza para un diseño de bloques al azar y para diferenciar las medias se utilizó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para los índices químicos, vitamina E y capacidad antioxidante. Para los datos sensoriales, se desarrolló un análisis de varianza utilizando un diseño de bloques al azar con un arreglo de parcelas divididas, donde las tres repeticiones fueron consideradas como bloques, la parcela mayor fueron los tratamientos aceite de oliva Ybarra, de aguacate D'Artana, y de chine-ne (*P. schiedeana*), y la parcela menor los panelistas. La comparación de medias se realizó con prueba de Tukey con  $p \leq 0.05$ . Para considerar validos los resultados se esperó la no interacción significativa panelista\*tratamiento, siendo el principal indicador para monitorear el desempeño del panel. También se desarrolló análisis de componentes principales para todos los atributos sensoriales, a fin de facilitar la interpretación de las características que describen a estos aceites. Todos los análisis fueron ejecutados en Statistical Analysis System versión 9.1.

## RESULTADOS

### Extracción del aceite

El rendimiento promedio fue de 12.12% ±

0.96 (n = 4) en base a la pulpa húmeda. El aceite de *P. schiedeana* fue de color verde translúcido, que a temperatura ambiente presentó una precipitación color blanco que generó turbidez. Al momento de la extracción del aceite el 80% de los frutos estaban sobremaduros o en estado de senescencia.

### Análisis químico

La acidez libre (% ácido oleico) fue en promedio 42.9% menor en el aceite de *P. schiedeana*, asimismo, el índice de saponificación fue 9.7 mg g<sup>-1</sup> de KOH menor en comparación con los aceites de aguacate y de oliva (Tabla 1). En contraste, en el Índice de peróxidos, los aceites de oliva (6.66 meq kg<sup>-1</sup> de peróxido) y aguacate (6.67 meq kg<sup>-1</sup> de peróxido) tuvieron un bajo contenido respecto al aceite de *P. schiedeana* (9.67 meq kg<sup>-1</sup> de peróxido). El índice de yodo fue estadísticamente similar para los tres diferentes aceites. (Tabla 1). En cuanto a la vitamina E, La cantidad total en el aceite de *P. schiedeana* fue menor respecto a los aceites de aguacate y oliva que entre los cuales no hubo diferencia significativa (Tabla 2). El isómero de  $\beta$ - $\gamma$  tocoferol fue similar para los aceites de aguacate y *P. schiedeana*, y el  $\delta$ -tocoferol fue similar para los tres tipos de aceite (Tabla 2). Entre los aceites de aguacate (23.76  $\mu$ l ml<sup>-1</sup>) y oliva (23.46  $\mu$ l ml<sup>-1</sup>) existió la misma capacidad antioxidante (Tabla 2). Sin embargo, se necesitó el doble de muestra (50.27  $\mu$ l ml<sup>-1</sup>) de aceite de *P. schiedeana* para tener el mismo efecto (Tabla 2). Asimismo, la más débil capacidad antioxidante (1/I<sub>50</sub> × 100) fue determinada en el aceite de *P. schiedeana* (Tabla 2).

### Análisis sensorial

El panel entrenado generó siete atributos de

**Tabla 2.** Contenido de tocoferoles ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) en los aceites de *P. schiedeana*, aguacate y oliva ( $n = 3$ ), y capacidad antioxidante ( $\mu\text{l ml}^{-1}$ ) obtenida usando ecuaciones lineales para cada diferente aceite ( $n = 9$  y  $r^2 > 0.82$ ).

**Table 2.** Tocopherol content ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) in the *P. schiedeana*, avocado and olive oils ( $n = 3$ ), and antioxidant capacity ( $\mu\text{l ml}^{-1}$ ) obtained by lineal equations for each different oil ( $n = 9$  y  $r^2 > 0.82$ ).

Aceite	$\alpha$ -tocoferol	$\beta$ - $\gamma$ tocoferol	$\delta$ -tocoferol	Vitamina E total	$I_{50}$	$1/I_{50} \times 100$
<i>P. schiedeana</i>	30.83 <sup>c</sup>	90. <sup>b</sup>	17.08 <sup>b</sup>	137.9 <sup>b</sup>	50.27 <sup>a</sup>	1.99 <sup>b</sup>
Oliva	304.16 <sup>a</sup>	98.15 <sup>a</sup>	18.29 <sup>b</sup>	420.6 <sup>a</sup>	23.46 <sup>b</sup>	4.26 <sup>a</sup>
Aguacate	182.96 <sup>b</sup>	90.04 <sup>b</sup>	27.59 <sup>a</sup>	300.6 <sup>a</sup>	23.74 <sup>b</sup>	4.21 <sup>a</sup>

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una  $p \leq 0.05$ .

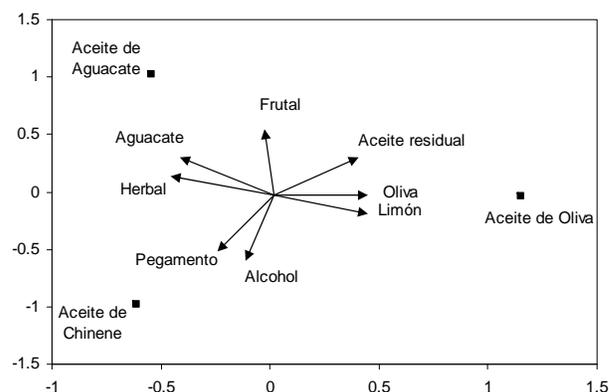
aroma y uno de sensación de aceite residual los cuales se describen en la Tabla 3 con sus respectivas referencias. El análisis de componentes principales de estos atributos sensoriales mostró que el primer componente principal (CP1) explica el 57.3% de la varianza y el segundo componente explica el 42.7% de la variación de los datos; y se obtuvo el mapa descriptivo (Figura 1), donde el aceite de aguacate se caracteriza por tener mayor intensidad de aroma a aguacate, herbal y frutal, el aceite de oliva presentó un aroma típico de los frutos del olivo, limón y mayor sensación de aceite residual, mientras que el aceite de *P. schiedeana* fue descrito con notas desagradables de olor a alcohol etílico y pegamento (Tabla 4).

## DISCUSIÓN

### Extracción del aceite

La cantidad de aceite de *P. schiedeana* extraído (12.12%) puede considerarse con potencial agroindustrial, pues es solo ligeramente inferior al contenido de grasa en pulpa de aguacate Hass de 17.1% indicado por Jiménez *et al.* (2001), ó 15.8% cuantificado por Ortiz *et al.* (2003). El uso de solventes ha dado el mayor rendimiento en aguacate, Ortiz *et al.* (2003) reportan un rendimiento de 97% usando microonda/hexano y Jiménez *et al.* (2001) lograron un rendimiento de 80 y 76% con hexano y éter etílico, respectivamente; sin embargo, los solventes dañan severamente no solo a los ideoblastos que contienen el aceite, también a las células del parénquima, afectando la calidad del aceite extraído (Ortiz *et al.* 2004). Por lo tanto, otro tipo de extracción del aceite de la pulpa debe ser evaluado,

por ejemplo, el centrifugado de la pulpa de frutos de *P. schiedeana* podría ser una opción (Bizimana *et al.* 1993).



**Figura 1.** Mapa descriptivo de los aceites de *P. schiedeana*, aguacate y oliva.

**Figure 1.** Descriptive map of *P. schiedeana*, avocado and olive oils.

### Análisis químico

El índice de acidez es una medida inicial de la naturaleza y calidad del material vegetal empleado, y del procesamiento (Osawa *et al.* 2007), permite inferir sobre la frescura de los aceites, así a menor índice de acidez mayor frescura del aceite, que de acuerdo a lo establecido en el Codex Stan-019-1981 no debe superar el 2% de ácido oleico. Si bien la acidez fue diferente entre los aceites analizados (Tabla 1), ninguno superó el nivel permitido. Según Ortiz *et al.* (2003) los aceites que son procesados con solventes tienden a ser más ácidos; sin embargo, el% de ácido oleico libre en el aceite de *P. schiedeana* (0.61) fue menor al reportado en aceite de aguacate por Bora *et al.* (2001), Jiménez *et al.* (2001) y

**Tabla 3.** Descriptores sensoriales, definiciones y referencias establecidas por un panel sensorial entrenado en los aceites de *P. schiedeana*, aguacate y oliva, empleando una escala de 15 cm.

**Table 3.** Sensorial descriptors, definitions and references established by a sensorial panel trained in the *P. schiedeana*, avocado and olive oils, using a 15 cm scale.

Descriptor	Definición	Referencia	Intensidad
Aroma aguacate	Aroma al fruto de aguacate con cáscara, en madurez de consumo.	3 cubos de 0.5 cm de aguacate con cáscara, en madurez de consumo.	11
Aroma herbal	Aroma intenso a hierba fresca o pasto recién cortado.	Hoja fresca de aguacate en cuadros de 1 cm.	9
Aroma oliva	Aroma característico del fruto de olivo.	2 aceitunas en salmuera Ybarra (Aceites Ybarra S.A. España).	8
Aroma afrutado	Aroma frutal de la combinación de plátano y manzana.	Cubos de manzana amarilla en madurez de consumo de aproximadamente 1 cm <sup>3</sup>	10
Aroma limón	Aroma asociado a zumo de cítricos.	1/8 de pieza de limón mexicano.	12
Olor alcohol	Olor tenue a alcohol etílico.	Aceite de oliva Ybarra (Aceites Ybarra S.A. España) diluido en isopropanol (Mundo Químico S.A. México) (1:9 v/v) en viales de 3 ml.	8.5
Olor pegamento	Sensación irritante en las fosas nasales, relacionado con thinner, pegamento o pintura.	Aceite de oliva Ybarra (Aceites Ybarra S.A. España) diluido en hexano (Mundo Químico S.A. México) (1:9 v/v) en viales de 3 ml.	11
Aceite residual	Sensación de recubrimiento en la cavidad bucal después de expectorar la muestra.		

Ortiz *et al.* (2003) que fue de 1.23, 0.94 y 0.65 % respetivamente, cuando emplearon hexano para su extracción, y ligeramente mayor que en los aceites de oliva y aguacate cuando se extrajeron en frío (Tabla 1).

El aceite de *P. schiedeana* presentó un ligero avance en el proceso de oxidación de los ácidos grasos y formación de radicales libres, que se pudo traducir en el deterioro de sus componentes de interés nutricional y sensorial, pero no superó el máximo permitido por el Codex Stan-019-1981 que es de 15 meq de oxígeno peroxídico. El índice de peróxidos determinado en el aceite de pulpa de frutos de *P. schiedeana* pudo elevarse por el uso de frutos sobremaduros o con mayor oxidación (Elez-Martínez *et al.* 2005).

El índice de saponificación tiene una relación inversa con el peso molecular de los ácidos grasos, y cambia cuando se presentan reacciones adicionales con estos (Jiménez *et al.* 2001). El aceite de *P. schiedeana* presentó el valor de saponificación más bajo de los aceites analizados (Tabla 1), pero se encuentra en el rango reportado para aceite de aguacate (168-273 mg g<sup>-1</sup> de KOH) por Bora *et al.*

(2001), Jiménez *et al.* (2001) y Ortiz *et al.* (2003) cuando se emplearon solventes.

Los aceites de aguacate y *P. schiedeana* analizados en el presente estudio, tuvieron el mismo grado de instauración (índice de yodo) (Tabla 1), pero su valor es inferior al promedio reportado para aceite de aguacate (85 g 100 g<sup>-1</sup> de yodo) por Bora *et al.* (2001), Human (1987), Jiménez *et al.* (2001) y Ortiz *et al.* (2003); y puede deberse a que el aceite fue extraído de frutos sobremaduros. Ozdemir & Topuz (2004) indican que durante la senescencia del aguacate se incrementan los ácidos grasos poliinsaturados, de mayor susceptibilidad a rancidez oxidativa y formación de peróxidos. Esto pudo suceder en nuestro estudio.

En lo referente a la vitamina E, Lozano *et al.* (1993) analizaron los aguacates "Lula", "Bacon", "Zutano" y "Fuerte" sin encontrar diferencia significativa debida a la variedad, pero si en función de su estado de madurez. Los frutos cosechados 15 semanas después de la floración tuvieron mayor contenido de tocoferoles totales que aquellos cosechados después de 36 semanas. En estado maduro "Lula" alcanzó 103 mg kg<sup>-1</sup> de tocoferol, "Bacon" 87 mg

**Tabla 4.** Valores de la intensidad de los aromas y la sensación de aceite residual, descritos por un panel sensorial entrenado en los aceites de *P. schiedeana*, aguacate y oliva, empleando una escala de 15 cm.

**Table 4.** Values of the intensity of the aromas and the sensation of residual oil, described by a sensorial panel trained in the *P. schiedeana*, avocado and olive oils, using a 15 cm scale.

Aceite	Aguacate	Herbal	Oliva	Frutal	Limón	Alcohol	Pegamento	Aceite residual
<i>P. schiedeana</i>	4.54 b	4.83 a	1.20 b	2.03 c	3.00 b	3.17 a	7.62 a	2.90 c
Aguacate	7.00 a	5.43 a	1.34 b	6.20 a	2.46 b	0.93 c	1.14 b	5.56 b
Oliva	1.45 c	3.37 b	4.97 a	3.84 b	4.41 a	1.74 b	1.64 b	7.79 a

Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una  $p \leq 0.05$ .

$\text{kg}^{-1}$ , "Zutano"  $69 \text{ mg kg}^{-1}$  y Fuerte  $57 \text{ mg kg}^{-1}$ . En los aceites de *P. schiedeana* y aguacate se encontró mayor cantidad de tocoferoles totales que en las variedades de aguacate mencionadas (Tabla 2). Además, al momento de la extracción, la mayoría de los frutos de *P. schiedeana* ya habían alcanzado la senescencia, y los frutos en éste período de madurez pierden propiedades de calidad (Del Angel *et al.* 2010).

El isómero  $\alpha$ -tocoferol exhibe la mayor actividad biológica para prevenir anomalías por deficiencia de vitamina E, y el aceite de oliva es una fuente importante de éste y es el isómero más representativo en este aceite (Gliszczynske-Swiglo & Sicorska 2004; Desai *et al.* 1988), en el presente estudio alcanzó  $304.16 \text{ mg kg}^{-1}$ ; encontrándose una gran diferencia con el aceite de *P. schiedeana* (Tabla 2). Se ha observado que el  $\gamma$ -tocoferol tiene mayor actividad contra los radicales libres que el  $\alpha$ -tocoferol, y en aceites como el de soya, maíz, palma roja, cacahuate, cilantro y colza está presente en mayor proporción que  $\alpha$ -tocoferol (Desai *et al.* 1988; Gliszczynske-Swiglo & Sicorska 2004; Ramadan & Moersel 2006). Esto mismo se encontró en el aceite de *P. schiedeana*, y su concentración fue similar a la del aceite de aguacate ( $90 \text{ mg kg}^{-1}$ ), pero también menor a la del aceite de oliva (98.1). No se encontró diferencia entre los aceites en su contenido de  $\delta$ -tocoferol, los valores son bajos, aun en el aceite de oliva. Desai *et al.* (1988), encontraron sólo trazas de este isómero, el cual tiene baja actividad biológica (Badui 1993), pero su eficiencia como antioxidante es mayor que el  $\gamma$  y  $\alpha$ -tocoferol (Espín *et al.* 2000).

La capacidad antioxidante que presentó el aceite de *P. schiedeana* fue semejante a la muestra-

da por Lavelli (2002) en aceites de oliva comerciales ( $51-94 \mu\text{l ml}^{-1}$ ). Aceites de girasol que se han calentado a temperaturas de freído, han requerido hasta  $50 \mu\text{l ml}^{-1}$  (Hemalatha & Ghafoorunissa, 2007). Rossi *et al.* (2007) encontraron en aceite de oliva, comprado en supermercado, una actividad antioxidante de 1.67 (expresada en  $1/150 \times 100$ ), similar a la del aceite de *P. schiedeana* (Tabla 2). Los resultados del presente estudio comprueban lo establecido por Rossi *et al.* (2007) quienes encontraron una correlación positiva entre la capacidad de los aceites para atrapar radicales libres y el contenido total de tocoferoles y tocotrienoles empleando el método de DPPH; reafirmando que el estado de madurez avanzado de los frutos de *P. schiedeana*, redujo considerablemente la presencia de sustancias antioxidantes. Aun cuando en este estudio no se determinó el color del aceite, su tono verde sugiere la posible presencia de carotenos, luteínas y clorofilas que son pigmentos antioxidantes presentes en el aceite de aguacate y que son de interés farmacológico (Ashton *et al.* 2006).

### Análisis sensorial

El Análisis Descriptivo Cuantitativo (Tabla 4) mostró que el aceite de *P. schiedeana* fue diferente al aceite de oliva en todos los atributos, pero su intensidad en los aromas herbal, oliva y limón es semejante a la del aceite de aguacate. En los tres diferentes aceites prevaleció el aroma a su respectivo fruto, aunque en el aceite de *P. schiedeana* fue menor la intensidad de aroma a aguacate. Los aceites de aguacate y *P. schiedeana* tuvieron mayor intensidad de aroma herbal que el aceite de oliva, el atributo descrito en aceite de oliva como herbal, pasto cortado, hojas tiernas de olivo u hojas frescas

en general (Aparicio & Morales 1995; Caporale et al. 2004; Servili et al. 1995; Rotondi et al. 2004) se relaciona con cis-3-hexen-1-ol, que tiene un efecto de realce sobre la percepción de amargor (Aparicio & Morales 1995; Ranalli et al. 2001), y es una característica negativa en los aceites. El aroma frutal, manzana, plátano o dulce, descrito con mayor intensidad en aceite de aguacate, también ha sido reportado en aceite de oliva. El aroma a pintura o pegamento, como nota negativa, encontrado en el aceite de chinene fue reportado por Requejo et al (2003) en aceite de aguacate y este tipo de descriptores han sido reportados en aceites extraídos a partir de frutos de aguacate senescentes o bien de aceites de aguacate oxidados (Elez-Martínez et al. 2005, Elez-Martínez et al. 2007. En el presente estudio se utilizaron frutos sobremaduros, los cuales provenían de árboles desarrollados en estado silvestre. Es posible que árboles con un manejo agronómico adecuado pudieran proporcionar frutos con aceite de mejor calidad (Pannelli et al. 1994; Pannelli et al. 2008).

El aceite obtenido de frutos sobremaduros de *P. schiedeana* cosechados en árboles en estado silvestre posee más ácidos grasos de cadena larga y con menor número de insaturaciones, en relación con los aceites de aguacate "Hass" y de oliva. El grado de acidez del aceite indica poco o nulo avance de la rancidez hidrolítica (Osawa et al. 2007), su índice de peróxidos se encuentra dentro de la norma, por tanto, no presentó tendencia a la rancidez oxidativa. Su contenido de tocoferoles totales y capacidad antioxidante fue menor a la de aceite de aguacate "Hass" y de oliva, sin embargo, la concentración de  $\gamma$  y  $\delta$  tocoferol, isómeros con mayor poder antioxidante, fue similar a la de estos aceites (Lozano

et al. 1993). El aceite de *P. schiedeana* fue descrito con ligeras notas de aroma a aguacate, herbal, y limón, pero también presentó notas negativas de olor a pegamento y alcohol etílico, que se relacionan con frutos sobremaduros; y confiere una menor sensación de aceite residual en boca (Elez-Martínez et al. 2007). *P. schiedeana* tiene potencial agroindustrial para la producción de aceite comestible, debido a su alto contenido de aceite en pulpa y el buen rendimiento de extracción, alcanzado con una mezcla de hexano e isopropanol. Sin embargo, métodos de extracción por centrifugación deben evaluarse para conservar una mayor calidad del aceite. La selección de árboles de *P. schiedeana* que produzcan frutos con aceite de alta calidad junto con un manejo agronómico podrían fomentar el desarrollo de un nuevo producto agroindustrial proveniente de un fruto Mesoamericano que presenta una corta vida en poscosecha.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos de la SAGARPA, México, por el financiamiento del presente estudio. Por su colaboración a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos del Instituto Tecnológico de Veracruz, México, así como al Laboratorio de Maíz, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Pecuarias y Forestales, Texcoco, México. Al Profesor Franco Famiani adscrito a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Perugia, Italia, por leer críticamente el presente estudio.

## LITERATURA CITADA

- AOAC (1984) Official Methods of Analysis. Edición centenal. EUA.
- Aparicio R, Morales M T (1995) Sensory wheels: a statistical technique for comparing QDA panels-application to virgin olive oil. Journal of the Science of Food and Agriculture 67: 247-257.
- Ashton OBO, Wong M, McChie TK, Vather R, Wang Y, Requejo-Jackman C, Ramankutty P y Woolf AB (2006) Pigments in avocado tissue and oil. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 10151-10158.
- Badui DS (1993) Química de los Alimentos. Alhambra Mexicana. 3ra. Edición. México. 648 pp.

- Bizimana V, Breene WM, Csallany AS (1993) Avocado oil extraction with appropriate technology for developing countries. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 70(8): 821-822
- Bora SP, Narain N, Rocha VMR, Queiroz PM (2001) Characterization of the oils the pulp and seed of avocado (cultivar: Fuerte) fruits. *Grasas y Aceites* 52 (3-4): 171-174.
- Bost JB (2009). Edible plants of the Chinantla, Oaxaca, Mexico with an emphasis on the participatory domestication prospects of *Persea schiedeana*. Thesis Master of Science, University of Florida. USA. 113 pp.
- Caporale G, Policastro S, Monteleone E (2004) Bitterness enhancement induced by cut grass odorant (cis-3-hexen-1ol) in a model olive oil. *Food Quality and Preference* 15: 219-227.
- Codex Stan-019 (1981) Norma del Codex para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales del Codex Stan.
- Cruz-Castillo JG, Del Ángel-Coronel OA, De LA Cruz-Medina J, Joaquín-Martínez MC (2007) Características morfológicas y bioquímicas de frutos de chinene (*Persea schiedeana* Nees.) *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(2): 141-147.
- Del Angel-Coronel, O.A., Cruz-Castillo, J.G., De la Cruz, J., Famiani, F (2010). Ripening and physiological changes in the fruit of *Persea schiedeana* Nees. during the postharvest period. *HortScience* 45(1): 172-175.
- Desai ID, Bhagavan H, Salkeld R, Dutra DE, Oliveira JE (1988) Vitamin E content of crude and refined vegetable oils in Southern Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis* 1: 231-238.
- Elez-Martínez P, Soliva-Fortuny RC, Gorinstein S, Martín-Belloso O (2005) Natural antioxidants preserve the lipid stability of minimally processed avocado purée. *Journal of Food Science* 70(5): S325-S329.
- Elez-Martínez P, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O (2007) Oxidative rancidity in avocado purée as affected by  $\alpha$ -tocopherol, sorbic acid and storage atmosphere *Eur Food Res Technol* 226: 295-300
- Espín JC, Soler-Rivas C, Wichers JH (2000) Characterization of the total free radical scavenger capacity of vegetable oils and oil fractions using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 648-656.
- Gimeno E, Castellote AI, Lamuela-Raventós RM, De La Torre MC, López-Sabater MC (2000) Rapid determination of vitamin E in vegetable oils by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A* 881: 251-254.
- Gliszczynska-Swiglo A, Sikorska E (2004) Simple reversed-phase liquid chromatography method for determination of tocopherols in edible plant oils. *Journal of Chromatography A* 1048: 195-198.
- Hemalatha S, Ghafoorunissa (2007) Sesame lignans enhance the thermal stability of edible vegetable oils. *Food Chemistry* 105: 1076-1085.
- Human TP (1987) Oil as byproduct of the avocado. *South African Avocado Growers Assoc. Yearbook* 10: 159-162.
- Jiménez ME, Aguilar MR, Zambrano ML, Kolar E (2001) Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas. *Journal of the Mexican Chemical Society* 45 (2): 89-92.
- Lavelli V (2002) Comparison of the antioxidant activities of extra virgin olive oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 7704-7708.

- López OCM, Prats MMS, Berenguer NV (2006) A rapid chromatographic method for simultaneous determination of  $\beta$ -sitosterol and tocopherol homologues in vegetable oils. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 141-149.
- Lozano YF, Dhuique MC, Bannon C, Gaydou EM (1993) Unsaponifiable matter, total sterol and tocopherol contents of avocado oil varieties. *Journal American Oil Chemists' Society* 70(6): 561-565.
- Meilgaard M (1999) *Sensory Evaluation Techniques*. 3ra ed. CRC Press. Florida, USA. 387 pp.
- NMX-F-101 (1987) *Alimentos. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de acidez*. México.
- NMX-F-154 (1987) *Alimentos. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de peróxidos*. México.
- NMX-F-174 (1981) *Alimentos para humanos. Determinación del índice de saponificación en aceites y grasas vegetales o animales*. México.
- Ortiz M A, Dorantes L, Galíndez J, Guzmán RI (2003) Effect of different methods on fatty acids, volatile compounds, and physical and chemical properties of avocado (*Persea americana* Mill) oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(8): 2216-2221.
- Ortiz A, Dorantes L, Gallindez J, Cardena SE (2004) Effect of a novel oil extraction method on avocado (*Persea americana* Mill) pulp microstructure. *Plant Foods for Human Nutrition* 59: 11-14.
- Osawa CC, Guaraldo GLA, Ragazzi S (2007) Correlation between free fatty acids of vegetables oils evaluated by rapid test and by the official method. *Journal of Food Composition and Analysis* 20: 523-528.
- Ozdemir F, Topuz A (2004) Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chemistry* 86 (1): 79-83.
- Pannelli G, Alfei B, Famiani F (2008) *Varietà di olivo in Umbria. Agenzia Regionale Umbra per lo sviluppo e l'innovazione in Agricoltura*. Perugia, Italia. Edit. Pliniana. 95 pp.
- Pannelli G, Servili M, Servaggini R, Baldioli M, Montedoro GF (1994) Effect of agronomic and seasonal factors on olive (*Olea europaea* L.) Production and on the qualitative characteristics of the oil. *Acta Horticulturae* 356: 239-244.
- Proctor A, Bowen DJ (1996) Ambient - temperature extraction of rice bran oil with hexane and isopropanol. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 73 (6) 811:813.
- Ramadan MF, Moersel JT (2006) Screening of the antiradical action of vegetable oils. *Journal of Food Composition and Analysis* 19 (2): 838-842.
- Ranalli A, Malfatti A, Cabras P (2001) Composition and quality of pressed virgin olive oils extracted with a new enzyme processing aid. *Journal of Food Science* 66 (2): 592-603.
- Requejo C, Lund C, White A, Wong M, MCghie T, Eyres L, Boyd L, Woolf A (2003) Aceite de aguacate por presión en frío-Una novedad saludable. V Congreso Mundial del Aguacate. España. Resumen A-205 460-461.
- Rendón CJC (2003) *Caracterización física y química del fruto y del aceite de sucte (Persea schiedeana)* Proyecto de graduación del Programa de Ingeniería Agroindustrial. Zamorano. Honduras. 27 pp.
- Rossi M, Alamprese C, Ratti S (2007) Tocopherols and tocotrienols as free radical-scavengers in refined vegetable oils and their stability during deep-fat frying. *Food Chemistry* 102: 812-817.

- Rotondi A, Bendini A, Cerretani L, Mari M, Lercker G, Gallina TT (2004) Effect of olive ripening degree on the oxidative stability and organoleptic properties of cv. Nostrana di Brisighella extra virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 3649-3654.
- Servili M, Conner JM, Piggott JR, Withers SJ, Paterson A (1995) Sensory characterization of virgin olive oil and relationship with headspace composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 67: 61-70.
- Van der Werff H (2002) A synopsis of *Persea* (Lauraceae) in Central America. *Novon* 12: 575-586.

