

■ Caracterización oxidativa de aceite de aguacate hass y aceites de aguacate criollo (*P. Americana Mill. Var. Drymifolia*)

D. Castañeda-Antonio^{1,4}, P. López-Varela², G. Guel-Silva², E. Ramos-Cassellis², A. Ariza-Ortega³, C.D. Carrera-Martínez⁴, R.Portillo-Reyes⁵.

¹. Instituto de Ciencias, CICM Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ed.103J 2º. Piso, C.U., Fracc. Jardines de San Manuel Puebla, Puebla, México. C.P. 72590

². Colegio de Ingeniería en Alimentos, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

³. Centro de Investigaciones en Biotecnología Aplicada IPN, Tlaxcala.

⁴. Colegio de Postgraduados, Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, km. 125.5 carretera federal México-Puebla, Puebla, México. C.P. 72760.

⁵. Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. email: dcastaneda.antonio@gmail.com

RESUMEN

En México el aceite de aguacate Hass es un producto de importación y tiene elevado costo, por otra parte el aceite de aguacate de la variedad criollo no se encuentra en el mercado, esta variedad de aguacate se cultiva principalmente para consumo regional teniendo como desventaja que no se comercializa por la fragilidad del fruto y su pronta maduración. En el presente trabajo se evalúan los aceites de aguacate Hass y criollo antes y después de un proceso de freído (250° C, 2 min) usando como indicador los parámetros de calidad de aceite de oliva comercial. Las pruebas instrumentales consideran las variables: compuestos orgánicos por CG/EM, presencia de compuestos trans por espectrometría infrarroja y color por colorímetro triestímulo. Se obtienen reacciones de degradación por freído, así también persistencia de ácidos grasos poliinsaturados: ácido linoleico, eicosanoico, oleico, beta-sitosterol, palmitoléico y escualeno, no se detectan componentes trans. Después del proceso de freído se encuentran hidroperóxidos de degradación en mínimos porcentaje y no detectables por EIR. En el aceite de aguacate criollo se forman compuestos de degradación, pero sus niveles de ácido oleico, palmitoléico y linoleico son altos. Compuestos como el escualeno, sitosterol y tocoferoles sufren degradación en los tres aceites en igual proporción, no se detecta formación de compuestos de metil-cetonos y lactonas. Se concluye que el aceite obtenido del aguacate criollo (*P. Americana Mill. var. Drymifolia*) es de una calidad similar al aguacate Hass con ello se podría diversificar su uso y promover su incorporación al mercado, disminuyendo el desperdicio del fruto de esta variedad y reducir los costos por importación.

Palabras clave: Cromatografía de gases, Ácidos insaturados, Termooxidativo, Compuestos metil cetónicos.

INTRODUCCIÓN

El aceite de aguacate es de gran importancia comercial, la FDA (Food and Drug Administration) lo tiene catalogado en 240 productos que lo utilizan como materia prima, sin embargo, en México tiene un costo elevado por ser productos de importación, no obstante el aceite de aguacate de la variedad criollo no se encuentra en el mercado. El aguacate criollo se cultiva principalmente para consumo regional, no se exporta por la fragilidad de su cáscara y pulpa y su pronta maduración [22].

México ocupa el primer lugar a nivel mundial en producción de aguacate aportando un 50% (1 millón 100 mil toneladas de fruto) de la producción de aguacate Hass. Michoacán es el principal estado productor, seguido de Nayarit, México, Morelos y Puebla [26]. En este estudio, se le considera al aceite de aguacate criollo como una alternativa culinaria para la elaboración de alimentos de fritura evaluando su comportamiento al ser sometido a tratamiento termooxidativo y comparando su contenido de ácidos grasos con aceites de aguacate Hass y aceite de oliva. La evaluación se basó en la determinación de compuestos orgánicos por cromatografía de gases, presencia de compuestos trans por espectrometría infrarroja y cambios en el color por colorímetro triestímulo. El análisis se hizo con los aceites en crudo, posteriormente se sometieron a proceso termooxidativo (250° C, 2 min.) y finalmente se evaluó el deterioro o cambios en la composición química, física y sensorial de los aceites.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los aceites de aguacate Hass (*Avocare*) y oliva comercial (*Olave*) se adquirieron en tiendas departamentales en México, su proceso de obtención fue por prensado en frío. El aceite de aguacate criollo no se encuentra en el mercado su extracción fue por método de centrifugación y disolvente.

La determinación de humedad se realizó en porcentaje de humedad y materia volátil (aproximación 0.5 -0.1%) [13]. La obtención del índice de acidez (aproximación $\pm 0.25\%$), por titulación de ácidos grasos libres con álcali (KOH) [14]. Determinación de Peróxidos, indica los miliequivalentes de oxígeno en forma de peróxido por kilogramo de grasa o aceite [15]. El índice de refracción con refractómetro ABBE, (1.3000 y 1.7000 con una precisión de ± 0.0002) [17]. La densidad por la aplicación de la fórmula de la Ley de Lorentz [26]. Se calculó la refracción específica tomando como referencia el valor establecido en las normas mexicanas [18,19]. Para la determinación de punto de humo a un rango de 45 a 300° C [20].

Los compuestos orgánicos se determinaron conforme a la norma mexicana [16]. Se utilizó un cromatógrafo de gases series GC System Technologies HP6890 acoplado a un detector selectivo de masas 5973 Network Agilent, con columna capilar 30mx25 μ m x 0.25mm marca HP, con inyector en modo split. Se inyectó 1 μ L directo de la dilución de la muestra de aceite con diclorometano grado HPLC (1:50). Con las siguientes condiciones: 56° C/1min, incremento de 12° C/min hasta 194° C/1min, 10° C/min hasta 280° C por 15 min. A continuación se comparó el perfil de iones con la biblioteca NIST08 para identificar los compuestos.

Para la identificación de compuestos trans se utilizó espectroscopía IR tomando en cuenta estudios que miden el grado de insaturación por esta técnica [12]. Se utilizó un espectrómetro de IR Tensor 27 con MIR de banda entre 4000 cm^{-1} a 400 cm^{-1} , con un dispositivo ATR (Reflexión Total Atenuada). La medición de color se utilizó un colorímetro de refracción Hunter-Lab Mini-Scan-XE Color Analyst. Se determinaron las coordenadas L, a y b. En las que L define la luminosidad en la que 0 es negro y 100 es blanco; a es la coordenada de color rojo (valores positivos), verde (valores negativos) y 0 es neutro; y b es la coordenada de color amarillo (valores positivos), azul (valores negativos) y 0 es neutro.

Análisis Estadístico

Se aplicó un análisis de varianza ANOVA, midiendo las diferencias significativamente aceptables a un nivel del 95% de confianza ($p < 0.05$). A los factores que mostraban diferencia significativa se les aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). Para el análisis de resultados se utilizó el software Minitab v.15.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron los resultados de la caracterización fisicoquímica de los aceites testigo y los aceites sometidos a proceso termooxidativo (Tabla 1).

Índice de Acidez y porcentaje de ácidos grasos libres

En el aceite de aguacate criollo presentó una diferencia significativa en el índice de acidez comparado con el aceite de aguacate Hass, sin embargo esto se puede deber al método de obtención del aceite indicando una menor pureza y frescura del fruto antes de ser sometido al proceso de extracción [11]. En la tabla 1 se observa que el aceite de aguacate variedad Hass y el aceite de oliva sometido al proceso termooxidativo alcanzan valores promedio de $0.32 \pm 0.015\%$ en el caso del aceite de aguacate criollo presentó ($0.6400 \pm 0.2\%$) por lo que se considera que éste aceite es menos fresco, posiblemente por el tiempo de almacenamiento antes del análisis, o bien, por efecto del proceso de extracción de éste aceite fue por centrifugación. El índice de acidez aumenta debido a la liberación de ácidos grasos de los triglicéridos presentes en ellos, provocando la formación de humo y rancidez hidrolítica [2] alterando los resultados sensoriales (Tabla 2). El índice de acidez y porcentaje de ácidos grasos libres (AGL) de los aceites sometidos a proceso termooxidativo, no tuvieron diferencia significativa entre ellos. Al someter los aceites a este proceso o a una temperatura superior a 250°C , el porcentaje de AGL también aumento, presentando resultados similares en los tres aceites. La degradación se provocó por el aumento de temperatura a 250°C , tomando en cuenta que los procesos de freído doméstico se realizan a temperaturas entre $60\text{-}180^\circ\text{C}$. EL parámetro óptimo de un aceite para freído, se debe encontrar por debajo de 2% de contenido de ácidos grasos libres [3], los aceites trabajados cumplieron con dicha especificación.

Índice de Peróxidos

Se obtuvo un bajo índice de peróxidos comparado con el reportado, como índice de peróxidos de 26.93 meq/kg de aceite extraído de frutos deshidratados por microondas [8] el aceite de aguacate criollo y el aceite de aguacate Hass un índice de peróxidos de 5.2600 ± 0.13535 meq/kg y de 3.6667 ± 0.2139 meq/kg respectivamente, ambos cumplieron la especificación de 2-10 meq/kg [18] con una diferencia significativa (Tabla 1) similar a lo ya reportado por prensado es de 2.76 meq/kg y con éter de petróleo de 5.21 meq/kg [6]. Aun cuando los valores del aceite de aguacate criollo fueron ligeramente mayores, no se detectó el sabor rancio, con un valor menor a 20-40 meq/kg sugerido. La velocidad de degradación y el nivel de los productos de descomposición formados dependieron de la temperatura, actividad de agua y tipo de aceite [9]. Los aceites poliinsaturados, incluyendo la soya y el girasol pueden tener menor estabilidad que los monoinsaturadas como los aceites de oliva y aceites de palma [3].

Índice de Refracción

El aceite de aguacate criollo rebasó lo establecido en la norma después del tratamiento sin embargo no se considera como un dato negativo, pues se han determinado datos similares en bibliografía de 1.4690-1.4700 para aceite de aguacate [1] y de 1.4688 [8], 1.480 en aceite de aguacate Hass extraído con éter de petróleo y 1.4671 en aceite de aguacate prensado [6].

Densidad Relativa

Respecto a densidad relativa el aceite de aguacate Hass y el aceite de aguacate criollo presentaron una densidad similar siendo mayor a la del aceite de oliva, esto implica que el tipo de aceite de aguacate no se vio afectado por el método de extracción sino por el fruto de donde es obtenido [6].

Al freír los aceites el índice de refracción se vio afectado por la temperatura y conforme éste aumenta la estructura de la cadena hidrocarbonada y el número de dobles enlaces formados por la producción de aldehídos también incrementa así también la presencia de grupos OH [5].

Punto de Humo

Se detectó la termo-resistencia del aceite de aguacate criollo a $275 \pm 2.00^\circ\text{C}$ siendo mayor que del aguacate Hass de $255 \pm 2.65^\circ\text{C}$, seguida por el aceite de oliva de $220 \pm 5.29^\circ\text{C}$; existiendo diferencia significativa entre ellos. El elevado punto de humo indico mayor estabilidad entre sus enlaces, logrando resistir a reacciones de degradación como la oxidación y la polimerización. También favorece a procesos de freído o cocción por arriba de los 180°C , indicando que mientras más elevado sea su punto de humo hay menor cantidad de ácidos grasos libres en el aceite [26,28]. El aceite de aguacate criollo alcanza su punto de humo aproximadamente en el minuto 40, manteniéndose constante en una temperatura de 210°C en el periodo de tiempo de 20-30 minutos. El aceite de aguacate Hass, muestra un comportamiento estable incrementando 10°C cada 5 minutos, iniciando el ascenso en el minuto 10 hasta el minuto 45, tiempo en el que alcanza su punto de humo. A diferencia del aceite de aguacate criollo que en el minuto 15 tuvo un rápido aumento de temperatura, el grado de pureza en los aceites es determinante en relación a su punto de humo. Un estudio realizado por Olivado Gourmet Foods [21], determinó que el punto de humo del aceite de aguacate, se encuentra en una temperatura de 271°C , siendo el más alto entre los aceites vegetales seguido del aceite de cártamo, soja, maíz, maní y girasol en 232°C ; y en tercer lugar el aceite de oliva en 193.3°C .

Determinación de Compuestos Orgánicos

En el resultado del análisis de compuestos orgánicos por cromatografía de gases, se realizó esterificando previamente los aceites. En Aceite de oliva, el cromatograma detectó diversos ácidos grasos, entre ellos el ácido oleico, de mayor proporción en un 68.98%; y el ácido eicosanoico en 1.41% que al igual

que el ácido oleico contiene omegas, el ácido linoleico (omega 6) se encuentra con 3.73% de área, el escualeno al 1.61% (Tabla 3). En el proceso de freído por el aumento de temperatura y contacto con el oxígeno los aceites sufren un deterioro formando compuestos como nonanales, decenales, isómeros trans formados de la degradación del ácido octadecanoico [2], sin embargo, no sobrepasan el 0.5% de área. En el Aceite de aguacate Hass, rico en omegas 3, 6 y 9, se detecta ácido linoleico con 45.65%, ácido palmitoleico 29.89% y ácido oleico con 14.83 %, también se identifica el ácido eicosanoico en 1.64%, el beta y gama sitosterol en un 3.65%. En el aceite de oliva y al aceite de aguacate Hass, se observan compuestos similares (Tabla 3) sin embargo, el aceite de aguacate Hass contiene el ácido linoleico en mayor porcentaje. En el Aceite de aguacate criollo, hass y oliva son similares dentro de sus ácidos grasos favorables se encuentra el ácido palmitoleico, el ácido oleico, el ácido linoleico, gamma sitosterol y en menor proporción el ácido eicosanoico (Tabla 3). Se encuentran compuestos de deterioro formados por la prolongada exposición del aceite al tiempo de prueba, como son los nonanales, undecenales, 2,4-decadienal con un 2.48%. La disminución de los compuestos del aceite de aguacate criollo freído a comparación del aceite de aguacate criollo sin freír se encuentra principalmente con 50.37% ácido oleico, seguido con un aumento del ácido palmitoleico con 25.82%.

Por medio de la espectrometría IR no detecta los compuestos insaturaciones trans de 960-980 cm^{-1} . El perfil obtenido de los tres aceites después del freído es similar en composición disminuyendo las áreas correspondientes a enlaces C=C en la longitud de onda de 2400-2100 cm^{-1} [12].

Determinación de color

En resultados correspondientes a color en L se observa que los aceites sin freír presentan mayor tendencia luminosa que los aceites sometidos al freído. El aceite de aguacate Hass sin freír presenta mayor luminosidad con 11.52 comparado con el aceite de aguacate criollo de 11.42 y aceite de oliva de 10.98. El aceite de aguacate Hass es el que pierde más luminosidad en comparación con los demás aceites. En valores a (índice de rojo-verde), los resultados encontrados en los aceites freídos y sin freír son valores negativos, por lo tanto la tendencia muestra al color verde como principal índice en los tres aceites. Los pigmentos responsables del color en el aceite de aguacate y del aceite de oliva son los carotenoides, xantofilas (luteína) y clorofila, [1] que son cadenas largas con dobles ligaduras que explican su color intenso, su cantidad depende del grado de madurez de los frutos, al encontrarse expuestos a la oxidación y de la saturación de sus dobles enlaces (principalmente por refinación), los aceites sufren pérdidas de color [2].

Análisis Sensorial (Atributos sensoriales)

Las pruebas sensoriales por atributos se pueden observar en la tabla 2. El aceite de aguacate Hass sin freír tiene baja intensidad en sus atributos destacando el sabor a frutas maduras específicamente el sabor a aguacate, nota verde, frutado, dulce y almendrado. En general los atributos positivos disminuyen después del proceso de freído y aumentan los atributos negativos (Figura 2), principalmente el quemado y lubricante en los tres aceites, se encuentran comportamientos similares (Figura 3).

Freído por placa

El aceite de aguacate Hass llegó a su temperatura de 250°C en un tiempo de 2 horas y 15 minutos, su color tiende a ser amarillo claro, al minuto 125 se alcanza la temperatura de 250°C con color ámbar. El aceite de aguacate criollo se estabiliza de 2 a 10°C en el minuto 70. Se alcanzó la temperatura de 250°C en el minuto 115 con 27 segundos. En este tipo de aceite durante el proceso de freído se observa presencia de humos en el minuto 49 y menor estabilidad en su temperatura hasta el periodo de 50-70 minutos (Figura 3), posiblemente el proceso de extracción de este aceite influyó. El aceite de aguacate Hass y el aceite de oliva se mantienen a tiempo y temperaturas similares. Estos dos últimos aceites llegan a hervir a los minutos 115 y 118, en comparación con el aceite de aguacate criollo que forma humos al minuto 70. La estabilidad en relación tiempo-temperatura en el aceite de aguacate criollo es al minuto 30-40 con 142 °C con similitud al aceite de aguacate Hass que del minuto 55-65 llega a la temperatura de 140°C permaneciendo constante. Siendo estas temperaturas el indicativo del rompimiento y liberación de los ácidos grasos y productos de residuos, a menor grado de insaturaciones de los aceites, tiende a ser menos estable [7]. En este caso el aceite de aguacate criollo es más susceptible a la oxidación en este proceso de freído a comparación de los otros 2 aceites, se observa en los análisis cromatográficos la formación de hidroperóxidos que son compuestos que se forman a altas temperaturas por la exposición del oxígeno. No hay evidencia de hidrólisis por presencia de compuestos de metil-cetonas y lactonas [2] siendo indicadores de esta reacción. El enranciamiento producido por la oxidación destruye vitaminas liposolubles particularmente como los tocoferoles y pigmentos en los aceites vegetales, la permanencia de este compuesto deberá ser sin sometimiento del aceite al calor, esto se puede observar en el incremento de los AGL e índice de peróxidos, sin embargo no entra en un rango que demuestre que sea de mala calidad [2].

CONCLUSIONES

El aceite de aguacate criollo obtenido en el proyecto “Extracción del aceite de aguacate criollo (*Persea americana* Mill. var. *Drymifolia*) por centrifugación y disolvente”, cumple con los parámetros de calidad especificados para aceite de aguacate, por lo que, puede ser considerado junto con el aceite de aguacate Hass y el aceite de oliva como una alternativa culinaria. Es importante impulsar la producción regional del aguacate criollo y analizar el uso de posibles combinaciones entre estos aceites para incorporar al mercado el aceite de aguacate criollo y diversificar su uso, permitiendo disminuir el desperdicio del fruto de esta variedad y reducir los costos de adquisición al ser un producto importado. En la determinación de compuestos orgánicos encontrados por cromatografía de gases se observan reacciones de degradación con mayor sensibilidad que el detectado por espectrofotometría de infrarrojo, siendo un método más adecuado para la detección de compuestos trans. Las pruebas de atributos arrojan que el aceite que presentó mayor aceptación fue el aceite de aguacate criollo. El aceite de aguacate Hass es el más estable entre los tres aceites analizados, seguido del aceite de oliva y por último el aceite de aguacate criollo.

LITERATURA CITADA

- Aceite de Palta o Aguacate .2010. Parámetros de aceites vegetales. <http://www.alimentacion-sana.com.ar/Portal%20nuevo/actualizaciones/aceiteaguacate.htm> (Cons.18/07/2010)
- Badui S. 2006. *Química de los alimentos*. (4a ed.) México: Pearson 245-281,445-446 pp.
- Bangas F.K. 2006. Effect of deep fat frying on physico-chemical properties of Silybum Marianum and Sunflower seed oils. *Journal Chem. Soc. Pak.* 28 (2) 76
- Becerra Riqué J. 2009. Control de calidad de aceites y mantecas de freído. *ANLAME*. p1-16 http://portal.aniame.com/imp_173.shtml. (Cons.15/06/2010)
- Graciani E. 2006. Aceites y grasas de sus componentes y de sus derivados. Oxidación Lipídica . *Propiedades químicas de los aceites y grasas*. Argentina: Mundi-Prensa.
- González R. 2009. Aceite de los alimentos fritos. Facultad de Nutrición de Michoacán México 122p.
- Guzman R.I., Lopez M.G., Dorantes L. 2008. Microwave processing of avocado: Volatile flavor profiling and olfactometry . *Inn. Food , Sci. Emerg. Technol.*, 9 (4), 501-506.
- Jiménez M.E., Aguilar M.R., Zambrano M.L., Kolar E. 2001. Propiedades fisicoquímicas del aceite de aguacate obtenido del puré deshidratado por microondas. *J. Mex. Chem. Soc.* 45(2),89-92
- Kirk R., Sawyer R., Egan H., Ríos J.L., Ortega M.T., García O. 1996. *Composición y Análisis de alimentos de Person*. España: Pearson, (2ªed.).
- Massons L., Romero R., Izaurieta M., Valenzuela J., Dobarganes M. 1997. Comportamiento de aceites poliinsaturados en la preparación de patatas fritas para consumo inmediato: Formación de nuevos compuestos y comparación de métodos analíticos. *Grasas y Aceites.* 48 (5) 273-281
- Melero J. 2008. Determinación de acidez en aceites. IES “Damián Forner”. Alcorisa (Teruel)http://www.catedu.es/consumo/images/PDFs/redcentros_actividades/aceite_acidez.pdf. (Cons. 07/06/2010).
- Muniategui S., Paseiro P. y Simal P. 1992. Medida del grado de insaturación de aceites y grasas comestibles por espectroscopia infrarroja y su relación con el índice e yodo. *Nutrición y Bromatología.* 43 (1):1-5
- Norma mexicana. 1987. NMX-F-211-1987. *ALIMENTOS. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación de humedad y materia volátil. Foods. Vegetals or animals fats. Moisture and volatile matter. Determination.* México: Dirección General de Normas.
- Norma mexicana. 1987. NMX-F-101-1987. *ALIMENTOS. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de acidez. Foods. Vegetals or animals fats. Acidity index determination. Normas mexicanas.* México: Dirección general de normas.
- Norma mexicana .1987. NMX-F-154-1987. *ALIMENTOS. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de peróxidos. Foods. Vegetals or animals fats. Peroxide index determination.* México: Dirección General de Normas.
- Norma mexicana. 2005. NMX-F-017-SCFI-2005. *ALIMENTOS. Aceites y grasas. Determinación de la composición de ácidos grasos por cromatografía de gases. Método de prueba.* México: Dirección General de Normas.
- Norma mexicana. 1981.NMX-F-074-S-1981. *ALIMENTOS PARA HUMANOS. Aceites esenciales, aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de refracción con el refractómetro de abbe. Foods for humans. Essential oils, vegetal or animal fats. Determination of refraction by the abbe refractometer.* México: Dirección General de Normas.
- Norma mexicana. 2008.NMX-F-052-SCFI-2008. *ACEITES Y GRASAS. Aceite de aguacate. Especificaciones. Fats and oils avocado especifications.* México: Dirección General de Normas.
- Norma mexicana. 2006.NMX- 109-SCFI-2006. *ALIMENTOS. Aceite de oliva. Especificaciones. Foods-olive oil-specifications.* México: Dirección General de Normas.
- Norma mexicana. 2006. NMX-F-048-SCFI-2006. *ALIMENTOS. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación de puntos de humeo, flama e ignición. Método de prueba. Foods vegetals and animals oils. Determination of somoke, flash and fire points.* México: Dirección General de Normas.
- Olivado Gourmet Foods. 2003. Food for a future a generation. A vocado oil . A healthy fruit http://www.olivado.com/avocado_oil_new_zealand.htm (Cons.12/07/2010)
- Ortega S., S.N. Jiménez S.N., Miranda R., Sánchez T., y Villagómez A.F. Villagómez-Torres. 2008. Análisis sensorial, fisicoquímico e instrumental de aguacate variedad hass y criollo cosecha 2007. *Respyn* : Edición especial (8)

Pérez R., Villanueva S., Cosío R. 2005. El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales. *e-Genesis*, 3 (10)1-11 México: Universidad de Guadalajara.

Posada M. 2009. Aceite gourmet. *Universidad EAFIT*, Colombia. 1p.

Restrepo D. A., Liondoño L.J., González A. D., Benavides P.Y. y Cardona S.B. 2012. Comparación del aceite de aguacate variedad Hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercríticos y métodos convencionales: Una perspectiva desde la calidad. *Revista Lasallista de Investigación* Vol.9 No. 2 2012 p151-161

CNA. 2014. Avance de siembras y cosechas. http://www.siap.sagarpa.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=347. México. (Cons. 05/10/2014)

Skoog D., Holler J., Nieman T. 1992. *Principios de análisis instrumental*, España: Mc Graw Hill 731-739pp

Valenzuela A., Sanhuenza J., Nieto S. 2003. Estudio comparativo, en fritura, de la estabilidad de diferentes aceites vegetales. *A&G*. 12(4) 568-573

Tabla 1: Comparativo de parámetros fisicoquímicos de los aceites en crudos y freídos ANOVA (95%) y comparativo Tukey ($\alpha=0.05$)

| Tipo de Aceite | Parámetros fisicoquímicos de aceites crudos y freídos | | | | |
|----------------|---|--|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| | Índice de acidez {% | Ác. Grasos libres {%} (respecto a ác. oleico) | Índice de peróxidos {meq/Kg} | Índice de Refracción a 25 °C | Densidad Relativa 25 °C/ agua |
| AC | 0.6400 ±0.01528 b | 0.0667 ±0.01528 b | 5.2600 ±0.1353 b | 1.4673 ±0.00153 a | 0.9251 ±0.0260 a |
| ACC | 6.3700 ±0.0100 a | 0.8167 ±0.02082 a | 13.627 ±0.331 a | 1.4720 ±0.00458 a | 0.9330 ±0.00779 a |
| AH | 0.3200 ±0.0200 b | 0.1567 ±0.00577 b | 3.6667 ±0.2139 b | 1.4650 ±0.00470 a | 0.9277 ±0.01535 a |
| AHC | 6.3700 ±0.0153 a | 0.7933 ±0.00577 a | 4.1793 ±0.001 a | 1.4703 ±0.00153 a | 0.9302 ±0.00260 a |
| AO | 0.3200 ±0.0100 b | 0.1433 ±0.01528 b | 7.7533 ±0.0306 b | 1.4619 ±0.01016 a | 0.9011 ±0.01711 a |
| AOC | 6.3600 ±0.0100 a | 0.8133 ±0.01155 a | 11.960 ±0.056 a | 1.4713 ±0.00153 a | 0.9176 ±0.00365 a |

Letras distintas: Existe diferencia significativa ($p<0.05$). AC: Aceite de Aguacate variedad Criollo. ACC: Aceite de Aguacate variedad Criollo freído. AH: Aceite de Aguacate variedad Hass. AHC: Aceite de Aguacate variedad Hass freído. AO: Aceite de Oliva. AOC: Aceite de Oliva freído.

Tabla 2: Comparativo de atributos sensoriales

| Atributos | Crudos | | | Freídos | | | Atributos | Crudos | | | Freídos | | |
|----------------|--------|------|------|---------|------|------|--------------|--------|------|------|---------|------|------|
| | AC | AH | AO | ACC | AHC | AOC | | AC | AH | AO | ACC | AHC | AOC |
| Positivos | | | | | | | Negativos | | | | | | |
| Frutado | 3.92 | 2.17 | 1.83 | 1.58 | 2.58 | 2.50 | Alpechín | 1.33 | 0.92 | 1.67 | 0.58 | 0.83 | 0.75 |
| Picante | 0.75 | 0.50 | 0.50 | 0.83 | 0.08 | 0.42 | Basto | 4.25 | 3.17 | 2.92 | 0.75 | 0.92 | 1.00 |
| Dulce | 2.09 | 2.17 | 1.92 | 2.00 | 1.58 | 1.75 | Gusano | 0.25 | 0.67 | 1.17 | 0.25 | 0.33 | 0.25 |
| Frutas maduras | 2.11 | 0.33 | 0.30 | 2.42 | 2.58 | 2.08 | Metálico | 0.50 | 1.00 | 1.17 | 1.33 | 1.25 | 1.42 |
| Fresa | 0.00 | 3.00 | 8.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | Heno-madera | 1.92 | 1.42 | 1.25 | 0.58 | 1.00 | 1.42 |
| Pera | 0.00 | 3.00 | 4.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | Avinagrado | 1.17 | 0.83 | 0.92 | 0.67 | 1.33 | 0.33 |
| aguacate | 6.33 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | Atrojado | 1.33 | 0.75 | 0.75 | 0.17 | 1.17 | 0.00 |
| Amargo | 2.25 | 1.83 | 1.58 | 1.08 | 0.92 | 0.92 | Borras | 0.67 | 0.75 | 0.50 | 0.42 | 0.33 | 0.33 |
| Verde | 8.25 | 3.33 | 4.83 | 2.42 | 2.17 | 2.33 | Quemado | 1.25 | 0.00 | 0.92 | 2.67 | 3.00 | 2.25 |
| astriigente | 2.50 | 1.00 | 0.83 | 1.58 | 0.92 | 1.58 | Lubricante | 0.50 | 1.83 | 1.75 | 2.83 | 2.33 | 2.08 |
| Almendrado | 1.92 | 2.00 | 2.33 | 3.50 | 3.67 | 2.92 | Moho-Humedad | 1.00 | 0.17 | 1.33 | 1.58 | 1.50 | 0.50 |
| | | | | | | | Rancio | 1.67 | 2.08 | 2.33 | 4.17 | 2.92 | 2.00 |

Las muestras fueron distribuidas de la siguiente Manera: Muestra 715: Aceite de aguacate criollo. Muestra 483: Aceite de aguacate Hass. Muestra 358: Aceite de oliva. Las muestras de los tres tipos de aceites freídos se distribuyeron de la siguiente manera: Muestra 942: Aceite de aguacate criollo.

Muestra 275: Aceite de aguacate Hass. Muestra 647: Aceite de oliva

AC: Aceite de Aguacate variedad Criollo. ACC: Aceite de Aguacate variedad Criollo freído. AH: Aceite de Aguacate variedad Hass. AHC: Aceite de Aguacate variedad Hass freído. AO: Aceite de Oliva. AOC: Aceite de Oliva freído.

Tabla 3. Correlación de ácidos grasos presentes en los aceites

| Compuesto | AOE+ | AHE+ | ACE+ | AOCE+ | AHCE+ | ACCE+ |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ácido oleico | 68.57% | 14.83% | 53.44% | 64.15% | 59.63% | 50.34% |
| Ácido palmitoleico | 21.8% | 33.42% | 25.4% | 20.97% | 29.89% | 21.24% |
| Ácido linoleico | 3.73% | 45.65% | 9.83% | 2.65% | 0.94% | 1.69% |
| Ácido eicosanoico | 1.41% | 1.53% | 0.68% | 3.5% | 1.64% | 0% |

Compuestos obtenidos por Cromatografía de gases mayores de 0.05%

+ACE: Aceite de Aguacate variedad Criollo Esterificado. ACCE: Aceite de Aguacate variedad Criollo Calentado Esterificado. AHE: Aceite de Aguacate variedad Hass Esterificado. AHCE: Aceite de Aguacate variedad Hass Calentado Esterificado. AOE: Aceite de Oliva Esterificado. AOCE: Aceite de Oliva Calentado Esterificado.

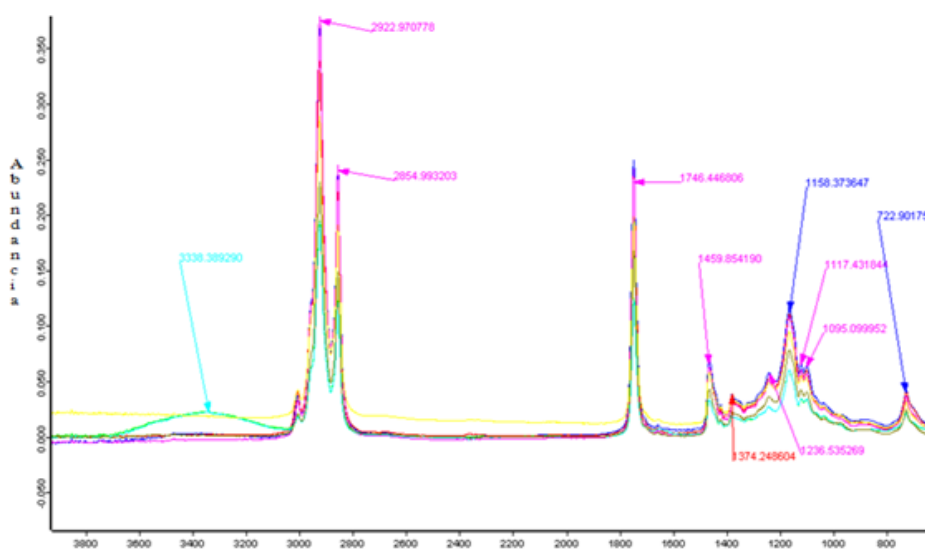


Fig.1 Espectrograma comparativo de los seis aceites

*Aceite de aguacate criollo. *Aceite de aguacate Hass. *Aceite de oliva. *Aceite de oliva freído. *Aceite de aguacate Hass freído *Aceite de aguacate criollo freído.

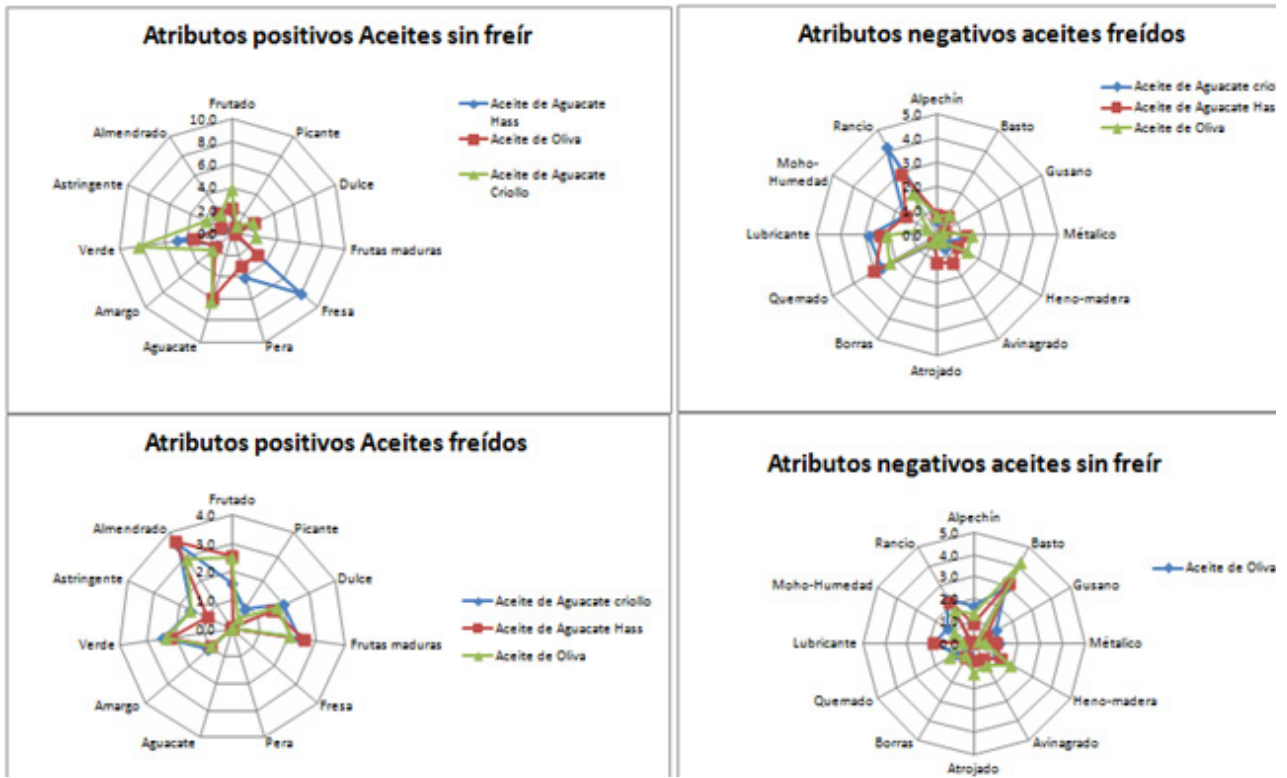


Fig.2 Gráficos comparativos de atributos de los aceites antes y después del freído

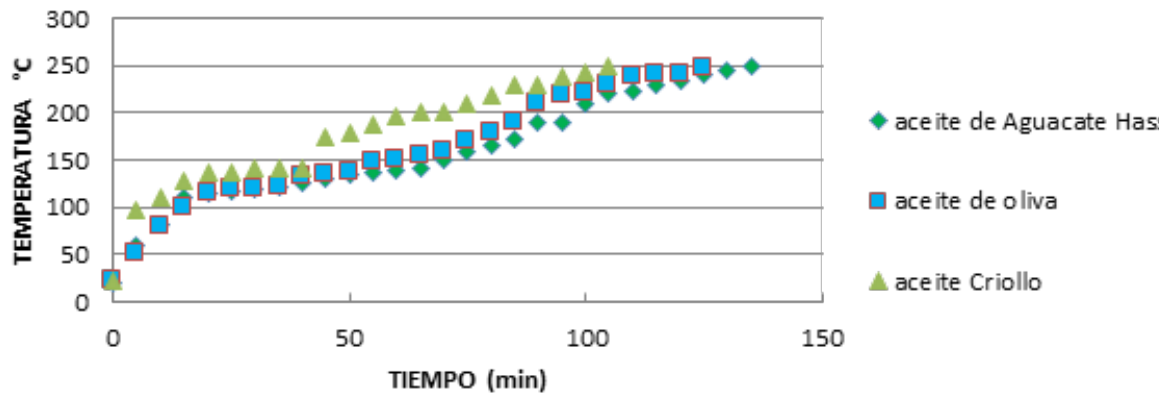


Figura 3. Comparación de los aceites a temperatura de freído.



ACTAS • PROCEEDINGS

VIII CONGRESO MUNDIAL DE LA PALTA 2015

del 13 al 18 de Septiembre. Lima, Perú 2015

www.wacperu2015.com

