

# Extracción termomecánica y caracterización fisicoquímica del aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass)<sup>1</sup>

## Thermomechanical extraction and physico-chemical characterization of avocado oil (*Persea americana* Mill. cv. Hass)

Recibido: 23-09-2016 Aceptado: 25-05-2017

Diana Paola Yepes Betancur<sup>2\*</sup>  
 Laura Sánchez Giraldo<sup>3</sup>  
 Carlos Julio Márquez Cardozo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Caracterización fisicoquímica del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) y estandarización del proceso de extracción del aceite. Culminada en el año 2015. Ejecutada y subsidiada por el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro Textil y de Gestión Industrial, Medellín, Antioquia y la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

<sup>2</sup> Colombiana. Ph.D. ( c). Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Líder SENNOVA SENA, Centro Textil y de Gestión Industrial. Medellín, Antioquia.  
 \*Autor para correspondencia. [diayepesb@misena.edu.co](mailto:diayepesb@misena.edu.co)

<sup>3</sup> Colombiana. M.Sc. ( c). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agrarias. Laboratorio de Frutas y Hortalizas. Medellín, Colombia. [lcsanche@unal.edu.co](mailto:lcsanche@unal.edu.co)

<sup>4</sup> Colombiano. Ph.D. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agrarias. Medellín, Colombia. Profesor Asociado. [cjmarque@unal.edu.co](mailto:cjmarque@unal.edu.co)

### Resumen

Se realizó la extracción del aceite de la pulpa de frutos de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) en madurez organoléptica correspondiente al día doce después de cosechado, por ser el día que presentó mayor concentración lipídica equivalente al 20% ± 2. Se utilizó el sistema de extracción mediante un proceso termomecánico, la variable respuesta fue el rendimiento de aceite obtenido expresado en porcentaje y la variable control fue la temperatura de extracción. La caracterización fisicoquímica; índice de yodo, índice de acidez (%) expresado como ácido oleico, índice de saponificación (mg KOH/g), índice de refracción a 25°C, índice de peróxidos (meq O<sub>2</sub>/Kg), índice de peróxidos (meq O<sub>2</sub>/Kg), punto de fusión (°C), punto de humo (°C), vitamina E, capacidad antioxidante, fenoles totales, y el perfil lipídico de los ácidos grasos se realizó al aceite obtenido con temperatura de extracción de 55 °C por ser ésta la que presentó mayor porcentaje de rendimiento equivalente al 60,2% respecto a la concentración total de aceite presente en la pulpa. El aceite de aguacate obtenido puede clasificarse como extra virgen, con alto contenido en ácidos grasos ω3, ω6 y Vitamina E correspondiente a 759,29 mg/100g, 12.862,30 mg/100 g y 10,11 mg/100 g respectivamente, lo cual posiciona el aceite de aguacate como un alimento altamente nutritivo y potencialmente funcional.

**Palabras clave:** Aceite de aguacate; concentración lipídica; características fisicoquímicas; perfil lipídico; rendimiento de extracción.

### Abstract

The extraction of the oil from the fruit pulp of avocado (*persea americana* mill. Cv. Hass) at maturity organoleptic

treatment corresponding to the day harvested, being the day that presented greater concentration lipid ratio equivalent to  $20\% \pm 2$ . The extraction system used was a thermomechanical process, the response variable was the oil yield obtained in percentage and the control variable was the extraction temperature. The physico-chemical characterization; index of iodine, index of acidity (%) expressed as acid oleico, index of saponification (mg KOH/g), index of refraction to 25 °C, index of peroxides (meq O<sub>2</sub>/kg), index of peroxides (meq O<sub>2</sub>/kg), point of merger (°C), point of smoke (°C), vitamin e, antioxidant capacity, total phenols and lipid profile of fatty acids, was carried out at oil obtained to temperature extraction of 55 °C for being this the highest yield percentage. Avocado oil obtained can be classified as extra virgin, high in ω<sub>3</sub>, ω<sub>6</sub> fatty acids and vitamin e corresponding to 759.29 mg/100 g, 12862.30 mg/100g and 10.11 mg/100 g respectively, which positions the avocado oil as a highly nutritious food and potentially functional what it means beneficial to health.

**Keywords:** Avocado oil; lipid concentration; physicochemical characteristics; lipid profile; extraction yield.

## Introducción

El aguacate, por su calidad nutritiva, buen sabor y versatilidad culinaria, ha ido ganando importancia dentro de la dieta de numerosos países, incrementando de forma sostenida su producción y comercialización en el ámbito mundial. Con el incremento en su consumo y con el aumento en las superficies plantadas en todos los países que lo producen, la industrialización del aguacate es una actividad que depende de los remanentes que quedan de la producción para consumo en fresco, siendo dichos sobrantes, necesariamente, de buena calidad (Olaeta, 2003).

El aguacate presenta una variedad de usos como productos industrializados, que permiten el aprovechamiento de los excedentes y reducen las pérdidas poscosecha, entre ellos el aceite, tradicionalmente utilizado para fines cosméticos, aunque se ha incrementado la producción de aceite extra virgen para usos culinarios, con gran potencial futuro debido a sus cualidades que pueden sustituir al aceite de oliva (Reed, 2001). El aceite de aguacate obtenido de la pulpa es relativamente nuevo en el ámbito gastronómico. El uso predominante del aceite de aguacate ha sido en la industria cosmética debido a su estabilidad y alto nivel de vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol). El volumen de aceite de aguacate producido o negociado es relativamente pequeño en

comparación con otros aceites, el cual es de alrededor de 2000 toneladas/año (Wong et al., 2008).

La mayor parte de los procesos aplicados en la extracción del aceite de aguacate se hace por métodos relativamente severos, altas temperaturas y extracción por solventes orgánicos, que suelen acompañarse de medidas estándar de refinado, como el blanqueado y la desodorización. El desarrollo de la técnica de prensado en frío aplicado a la pulpa de aguacate mediante el uso de tecnologías similares a las utilizadas para la producción de aceite de oliva extra virgen fue encabezado por Nueva Zelanda (Ashton et al. 2006; Wong et al. 2008). La liberación del aceite de la pulpa del aguacate no es tan fácil como se muestra en el tejido de otras frutas, como las aceitunas. Por ejemplo, se pudo observar la liberación de aceite en las aceitunas maduras simplemente aplastando la fruta (Kiritsakis, Lenart, Willet, & Hernández, 1998). Dado que la pulpa del aguacate tiene un contenido de agua relativamente alto, los intentos iniciales para recuperar el aceite de la pulpa mediante el uso de presiones hidráulicas o disolventes orgánicos requiere de secado antes de la extracción (Smith & Winter, 1970; Human, 1987). La extracción por medios mecánicos conduce a bajos rendimientos de aceite, mientras que el uso de solventes orgánicos como éter de petróleo, éter etílico, o benceno da como resultado la recuperación del 60% al 90% del aceite total disponible. La extracción del aceite por centrifugación para obtener un aceite libre de impurezas de los disolventes y apto para uso alimentario se desarrolló en 1980, pero los rendimientos en aceite son significativamente menores que con la extracción con disolventes, que van desde 30% hasta 80% del total de aceite (Buenrostro & López-Munguía, 1986; Swisher, 1988; Werman & Neeman, 1987).

México y Chile son los países latinoamericanos en donde se han mejorado y aplicado técnicas para la mayor extracción de aceite de aguacate (Velásquez, 2006). En Colombia, el aceite es poco conocido y su proceso de extracción no ha sido popularizado aún. El objetivo de la presente investigación consistió en la estandarización del proceso de extracción del aceite de aguacate, así como su caracterización a partir de los principales índices fisicoquímicos, la determinación del perfil de ácidos grasos, capacidad antioxidante y fenoles totales.

## Materiales y métodos

### Material vegetal

La investigación se llevó a cabo con frutos de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) en madurez fisiológica, de acuerdo con las especificaciones de la Norma Técnica Colombiana NTC 5209 (2003), cosechados en una finca productora ubicada en la vereda El Cerro, del municipio de El Carmen de Viboral, Antioquia (Colombia), localizada a 2.150 m.s.n.m. con temperatura media de 17 °C, los frutos se cosecharon en la principal época correspondiente al mes de julio y se almacenaron en condiciones de laboratorio a 23 °C ± 3 y 65% de HR ± 5, durante 12 días, tiempo en el cual adquirió la madurez organoléptica o de consumo, periodo en que se procesó.

### Extracción del aceite de aguacate

Se llevó a cabo por medio de un proceso termomecánico, se aplicó calentamiento y agitación mecánica a emulsiones acuosas de pulpa de aguacate en madurez de consumo.

Los frutos maduros se lavaron con agua y jabón comercial, desinfectados con hipoclorito de sodio en solución 100 ppm y enjuagados. A continuación se acondicionaron para la obtención de la pulpa.

Se prepararon las emulsiones de pulpa de aguacate y agua a temperaturas de 50 °C, 55 °C y 60 °C, posteriormente fueron llevadas a homogenización durante 10 minutos en un equipo industrial Javar® modelo LCT-15, capacidad 20 L y 3.600 rpm. La concentración lipídica de las emulsiones preparadas fue entre 3,0% y 4,0% en función de la concentración total de lípidos de la pulpa (20% ± 2) encontrada en los análisis previos (Márquez, Yepes, Sánchez & Osorio, 2014).

Todos los procedimientos fueron realizados a condiciones ambientales normales de laboratorio, de 23 °C ± 2, Humedad Relativa de 65% ± 5 y presión atmosférica de 640 mm de Hg.

La emulsión se hizo pasar a través de un equipo descremador marca Westfalia AG Oelde/Westf® de 50 platos operado a 8070 rpm, las cuales son las recomendadas para la extracción de soluciones con contenido lipídico entre el 3,0% al 4,0%. Mediante este procedimiento se separó la fracción lipídica debido a la menor densidad, como consecuencia de tener una composición química de compuestos apolares orgánicos que le confieren esa característica. El procedimiento se realizó por triplicado

para cada temperatura de extracción, utilizando para cada extracción 15 kg de los cuales 3 kg fueron de participación de pulpa de aguacate correspondiente a un 20%, por lo tanto con una concentración lipídica en la emulsión del 4% de lípidos totales en la emulsión, el tiempo de extracción fue de 5 min y la fracción hidrosoluble se hizo pasar nuevamente por el equipo descremador, para un rendimiento de fracción lipídica total del 8%, es decir se obtuvieron 1,2 kg ± 0,1 de fracción lipídica, compuesta mayoritariamente por aceite y otros componentes. Posteriormente, la fracción lipídica obtenida en el descremador se llevó a centrifugación en un equipo marca Hettich Universal 320R®, operado a 3.500 rpm y temperatura ambiente de 23 °C durante 15 min, donde se separaron los sólidos e impurezas, y se obtuvo el aceite puro extra virgen, el cual se expreso en porcentaje en relación con la concentración inicial de lípidos conocida para la pulpa. Se realizaron un total de 9 extracciones, 3 para cada temperatura de experimentación.

Los cálculos de rendimiento del porcentaje de extracción de aceite, se realizaron con referencia a la concentración total de lípidos de la pulpa, se determinó por el método Soxhlet y fue igual a 20% ± 2 (Márquez, et al. 2014).

Se utilizó el diseño estadístico completamente al azar, con tres tratamientos y tres réplicas, como variable respuesta se consideró el porcentaje de extracción de aceite. Los análisis estadísticos aplicados a los resultados obtenidos consistieron en; prueba de rangos múltiples, chi cuadrado, cálculo de medias y error estándar.

### Aceite de aguacate

El aceite obtenido se evaluó de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 241 (2014) y la norma para aceites vegetales CODEX STAN 210 (1999). Los índices fisicoquímicos se evaluaron según los procedimientos especificados por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1984) y la American Oil Chemists Society (AOCS 1990; Bernal, 1993; Egan, Kirk & Sawyer, 1991).

### Perfil lipídico

Se realizó un proceso de derivatización para convertir los ácidos grasos presentes en el aceite de aguacate en sustancias de bajo peso molecular no polares, con el fin de mejorar la volatilidad y la sensibilidad en la detección. Para ello, se pesó 0,1 g de aceite, se adicionaron 3 mL de éter etílico, se agitó y se adicionó 1 mL de hidróxido de trimetil amonio,

se sometió nuevamente a agitación y se extrajo la fracción superior del recipiente.

Los ácidos grasos presentes en el aceite y su concentración se evaluaron según la metodología propuesta por Gómez-Coca, Moreda y Pérez-Camino, (2012), para lo cual se utilizó un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas marca Agilent Technologies® modelo 6890N, equipado con inyector Split/splitless y detector selectivo de masas 5973N. Se utilizó una columna capilar de sílice (5% de difenil - dimetilpolisiloxano al 95%) las temperaturas para el inyector y el detector fueron 300 °C y 325 °C respectivamente, el gas portador fue Nitrógeno con un caudal de 1 mL/min. La rampa de temperatura fue 80 °C, 1 min, luego subió a 15 °C/min hasta 140 °C, y finalmente ascendió a 4,5 °C/min hasta alcanzar 335 °C, 16 min.

**Determinación de vitamina E ( $\alpha$  Tocoferol).** Se utilizó el método oficial AOAC 992.03, saponificando el radical  $\alpha$  **tocoferol** en la muestra por medio de solventes orgánicos y con posterior cuantificación por cromatografía líquida de alta resolución HPLC, para la cual se empleó un cromatógrafo marca Agilent Technologies® serie 1100 con sistema de automuestreador, bomba cuaternaria y detector de arreglo de diodos que opera en el rango entre 190 y 1100 nm. Se utilizó una columna de fase normal Lichrosorb Si 60 (Merck) de tamaño de partícula 5  $\mu$ m. La inyección de volumen fue de 20  $\mu$ L, caudal de 1,0 mL/min. La fase móvil fue 0,5% de isopropanol en n-hexano (3:97) (Beltrán, et al. 2010). La absorbancia se midió a 295 nm. Se identificó el  $\alpha$  Tocoferol comparando el tiempo de retención con el estándar. Los resultados fueron reportados en mg/100g de muestra.

**Determinación de capacidad antioxidante y fenoles totales.** Se evaluaron y se analizaron por duplicado dos muestras: una de pulpa de aguacate maduro correspondiente al día 12 poscosecha, y una de aceite de aguacate extraído a 55 °C. Se preparó una solución del 2% p/v de muestra con etanol, se filtró en papel Whatman No. 1 y se centrifugó a 2.000 rpm durante 10 min a 23 °C en un equipo Indulab®. El sobrenadante se recuperó y se utilizó directamente para la prueba de capacidad antioxidante total por el método DPPH, ORAC y para determinar los fenoles totales.

**Evaluación de la actividad antioxidante total por el método de captura de radicales libres que utiliza el radical DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo).** Para cuantificar la capacidad captadora de radicales libres de las muestras se determinó el grado de decoloración que provocaron

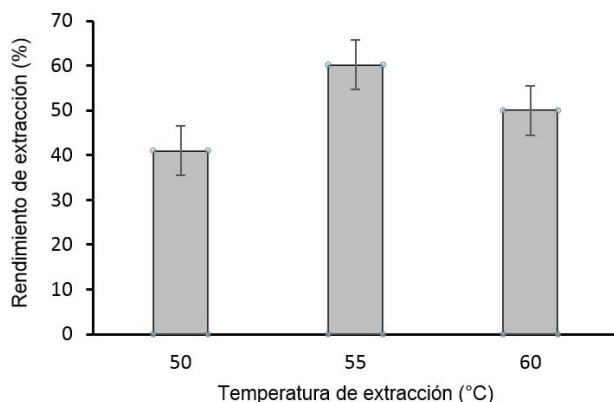
sus componentes a una solución metanólica de DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo). Se preparó una solución madre de DPPH en metanol la cual se estandarizó a 517 nm. Se preparó una solución con la muestra, DPPH y metanol y un blanco de muestra que contenía solo metanol y muestra. Por último, se preparó un blanco de referencia con DPPH y solvente de la muestra. Se incubó a temperatura ambiente durante 30 min en la oscuridad y se midió la absorbancia a 517 nm en un espectrofotómetro Jenway® modelo 6405 UV-Vis. La reacción consiste en un cambio de color violeta a amarillo por la presencia de una sustancia antioxidante (Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995).

**Evaluación de la actividad antioxidante total por método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity).** El procedimiento experimental se realizó como lo describen (Ou, Hampsch, & Prior, 2001), con algunas modificaciones. Se empleó Trolox como estándar a una temperatura de 37 °C y pH 7,4. Las lecturas se realizaron a 493 nm y 515 nm. Para el desarrollo de la técnica se utilizaron soluciones de fluoresceína  $1 \times 10^{-2}$  M en PBS (Buffer de Fosfato de Sodio 75 mM) y AAPH 0,6 M en PBS (Buffer de Fosfato de Sodio 75 mM). El proceso se determinó usando un espectrofluorímetro.

**Determinación de fenoles totales.** Se cuantificaron de acuerdo con la reacción que presentan los compuestos fenólicos con el reactivo Folin-Ciocalteu, el cual se reduce en solución alcalina de carbonato de sodio saturada ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), formando un color azul que se lee a 760 nm. Se tomaron 50  $\mu$ L de muestra, se adicionaron 50  $\mu$ L de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  de concentración del 20% (p/v), 800  $\mu$ L de agua destilada y 100  $\mu$ L del reactivo Folin-Ciocalteu (Merck), se dejó una hora en reposo a condiciones de laboratorio (23 °C y 65% HR), se leyó absorbancia a 760 nm en un espectrofotómetro Jenway® modelo 6405 UV-Vis. Para la curva de referencia se utilizó ácido tánico ( $\text{C}_{76}\text{H}_{52}\text{O}_{46}$ ), en concentración de 5 a 100  $\text{mg}^* \text{L}$ , el contenido de fenoles totales fue expresado cómo mg de ácido tánico ( $\text{C}_{76}\text{H}_{52}\text{O}_{46}$ ) por 100 g de muestra (Adaptado de Kalt, Forney, Martin & Prior, 1999).

## Resultados y discusión

Mediante el procedimiento termomecánico, se obtuvo un mayor rendimiento de extracción para la temperatura de proceso de 55 °C, con un resultado promedio de aceite del 60,2% respecto a la concentración total lipídica de la pulpa que fue del 20%  $\pm$  2. La Figura 1 presenta los porcentajes de extracción para las temperaturas utilizadas.



**Figura 1.** Porcentaje de rendimiento de aceite extraído de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass). Las barras representan la media y las líneas verticales los valores  $\pm$  del error estándar para  $n = 3$

Otros métodos de extracción como el enzimático han reportado rendimientos del 80% (Costa, 2001), el tratamiento con microondas y disolventes orgánicos arrojó resultados entre el 80% y el 90% (Jiménez, Aguilar, Zambrano & Kolar, 2001). En la aplicación del método termomecánico se encontraron rendimientos menores a los reportados por otros investigadores, no obstante la tecnología aplicada se considera relativamente sencilla, económica y de fácil transferencia al sector agroindustrial del aguacate. En especial, es un proceso de extracción de aceite que se considera más saludable para los potenciales consumidores al no utilizar solventes orgánicos. La Figura 2A y 2B presenta el procedimiento de extracción termomecánica de la fracción lipídica de las emulsiones de pulpa de aguacate y el proceso de purificación del aceite mediante centrifugación, respectivamente.



**Figura 2.** Extracción termomecánica de la fracción lipídica de las emulsiones de aguacate (2ª) y purificación del aceite de aguacate por centrifugación

La Tabla 1 muestra los índices de calidad del aceite de aguacate extraído a 55 °C.

**Tabla 1.** Índices de calidad del aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass)

Análisis fisicoquímico	Resultado
Índice de yodo	80,98
Índice de acidez (%) expresado como ácido oleico	0,38
Punto de fusión (°C)	22-24
Índice de saponificación (mg KOH/g)	195,55
Índice de refracción a 25°C	1,4686
Índice de peróxidos (meq O <sub>2</sub> /Kg)	5,56
Punto de humo (°C)	210
Vitamina E (α tocoferol, en mg/100g muestra)	10,11

De acuerdo con la Tabla 1, se encontró un índice de yodo de 80,98, el cual es relativamente alto, aspecto que puede estar relacionado con un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, este valor es mayor que el reportado por Costa (2001). Otros aceites como el de palma, presentan un valor promedio de 53 para el índice de yodo (Rincón & Martínez 2009). Según la NTC 258 (1996), para el aceite de oliva se exige un índice de yodo promedio de 85, por lo tanto el índice encontrado para el aceite de aguacate está muy cercano a este valor.

El índice de acidez de 0,38% para el aceite de aguacate extraído es un valor bajo, de acuerdo con la NTC 199, lo cual permite clasificar al aceite como extra virgen, pues su acidez es menor a 0,8%. Jiménez, et al. (2001) reportan distintos valores dependiendo del método de extracción, sin embargo están en un rango de 0,50% a 1,50%. Rincón

y Martínez(2009), reporta valores de 2,40% para el aceite de palma africana. Con los valores encontrados de acidez se podría clasificar el aceite de aguacate obtenido como de excelente calidad, debido al bajo contenido de ácidos grasos libres.

El índice de saponificación hallado de 195,55 mg KOH/g coincide con el obtenido por Costa (2001) y por el exigido por la NTC 258 (1996), para el aceite de oliva, mientras que para aceites como el de coco, cuyo peso molecular promedio es mayor por su contenido de ácidos grasos saturados, el índice de saponificación exigido por el Codex (1999) es de 250 mg KOH/g.

El índice de peróxidos para un aceite en óptimas condiciones debe ser bajo, el resultado encontrado de 5,56 meq O<sub>2</sub>/kg es mayor que el reportado por Bora, Narain, Rocha, y Queiroz Paulo, (2001) de 3,78 meq O<sub>2</sub>/kg obtenido para el aceite de palma de Milpesos, lo anterior se debe probablemente a algún proceso de oxidación durante el almacenamiento, sin embargo se encuentra dentro de los valores especificados por la NTC 258 (1996).

El índice de refracción encontrado a 25 °C, de 1,4686 coincide con el obtenido por Human (1987) y por Jiménez, et al. (2001), indicando la calidad y pureza del aceite.

El punto de fusión, entre 22 °C y 24 °C indica que este aceite es líquido a temperatura ambiente, lo que también es válido para aceites como el de oliva y el de soya, los cuales pueden almacenarse a temperatura ambiente; a diferencia del aceite de palma africana que presenta un punto de fusión entre 34 °C a 40 °C (Rincón & Martínez, 2009), aspecto que implica implementar sistemas de calentamiento durante el transporte y almacenamiento para mantenerlo líquido.

El punto de humo de 210 °C para el aceite de aguacate es un poco menor que el hallado por Human (1987) para aceite crudo del mismo fruto; otros aceites como los de soya y maíz presentan puntos de humo de 257 °C y 246 °C respectivamente, lo que les confiere mayor resistencia a altas temperaturas de tratamiento; mientras que para el aceite de oliva es de 191 °C (Rincón. & Martínez, 2009); esto indica que el aceite de aguacate tiene mayor resistencia a las altas temperaturas que el de oliva, por lo que podría ser más adecuado para el uso en frituras.

La concentración de vitamina E ( $\alpha$  tocoferol) de 10,11 mg/100 g indica que el aceite de aguacate posee de manera natural un agente protector a la oxidación, además del aporte nutricional. Savage, Webster y Plows, (1994) sostienen que el contenido de tocoferol en el aceite de

aguacate puede ser de hasta 3.700 ppm mientras que en el aceite de oliva varía de 12 a 150 ppm. Los niveles de tocoferol en aceite de aguacate y en el fruto varían dependiendo del grado de madurez. Lozano, Dhuique, Bannon, y Gaydou, (1993) reportaron niveles más bajos de tocoferol en el aceite extraído del fruto maduro (5,7 a 10,3 mg/100 g aceite) que de los frutos inmaduros que presentaron concentraciones de (20,1 a 45,6 mg/100 g de aceite).

La vitamina E ayuda a prolongar la vida útil del aceite de aguacate, ya que destruye radicales libres producidos durante las reacciones de oxidación por presencia de hidroperóxidos (Coppen, 1994). Los tocoferoles son inestables y sensibles a la luz, por lo tanto durante el proceso de extracción del aceite se recomiendan bajos niveles de oxígeno y de luz. Situación que no fue aplicada en la presente investigación, por lo tanto los bajos niveles de tocoferol pudieron ser debidos a no controlar las variables luz y oxígeno durante la experimentación.

La Tabla 2 presenta el perfil lipídico de los ácidos grasos del aceite de aguacate e indica claramente la gran proporción de ácidos grasos insaturados en relación con la cantidad de los saturados. El ácido palmítico fue el principal ácido saturado, con una concentración de 21,52%, casi el total de la grasa saturada, esto concuerda con lo encontrado por Bora, et al. (2001). El ácido graso insaturado más representativo fue el ácido oleico, con un 53,25%, menor que el encontrado por Human (1987) de 70,54% y por Costa (2001) de 75,12%. El porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados fue de 13,62%, mayor al reportado por Parra (2005) de 12,1%, pero coincide con lo reportado por Pérez, Villanueva, y Cosio, (2005). Puede observarse además que no contiene colesterol, en cambio posee ácidos grasos esenciales omega 3 y omega 6, indispensables en la dieta.

Otros aceites vegetales han presentado un contenido de ácido palmítico promedio de 43% y ácido oleico de 40%, mientras que según la NTC 258 (1996), el aceite de oliva debe tener un porcentaje de ácido oleico entre 55% a 83%; el aceite de soya, en cambio, posee las mayores cantidades de ácido linoleico y ácido linolénico, 48,60% y 10,85% respectivamente, al igual que el aceite de canola comercial que tiene porcentajes elevados de estos ácidos (Osuna, Judis, Avallone, & Romero, 2009). Las especificaciones señaladas para aceite de aguacate comercial en California, indican que el ácido palmítico (C16:0) debe fluctuar entre el 5% y 25%, un máximo de 3,0% de ácido esteárico (C18:0) y un intervalo de ácido oleico entre 50% y 74% (Parra, 2005).

**Tabla 2.** Perfil lipídico de ácidos grasos del aceite de aguacate (*Persea americana* Mill.cv. Hass)

Perfil lipídico de ácidos grasos	Resultado
Grasa saturada (%)	22,1059
Grasa insaturada (%)	77,377
Grasa monoinsaturada (%)	63,7555
Grasa poliinsaturada (%)	13,6216
Ácido palmítico (%)	21,5194
Ácido oleico (%)	53,2511
Ácido linoléico (%)	12,8726
Ácido linolénico (%)	0,7599
Ácido esteárico (%)	0,4806
Omega 3 (mg/100g)	759,292
Omega 6 (mg/100g)	12862,302
Omega 9 (mg/100g)	53208,499

El aceite de aguacate obtenido en el presente estudio se encuentra dentro de los rangos señalados. Es importante hacer notar el bajo porcentaje de ácido esteárico (C18:0) y en general de ácidos grasos saturados y el alto porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados. Bergh (1992), señala que aunque los ácidos monoinsaturados y poliinsaturados están relacionados con la disminución del colesterol en la sangre, solo los monoinsaturados influyen en la reducción de la presión sanguínea.

La importancia de la biodisponibilidad de los ácidos grasos insaturados oleico y linoléico radica en que estos son hipocolesterolemiantes, por lo que disminuyen las concentraciones del colesterol LDL (lipoproteína de baja densidad) que se deposita en las arterias y potencian las acciones beneficiosas del colesterol HDL (lipoproteína de alta densidad) (Stanley, 2008). Por estas razones el aceite de aguacate cumple con las recomendaciones nutricionales y además se considera un alimento funcional por el aporte de sustancias de conocido aporte a la buena salud de los consumidores. Las diferencias encontradas en este trabajo con respecto a otras investigaciones, en los índices fisicoquímicos y el perfil lipídico del aceite de aguacate, se deben probablemente a las técnicas empleadas en la extracción, a las condiciones ambientales en que se cultivó el fruto, a la variedad y al estado de madurez.

De acuerdo con la Tabla 3 se puede apreciar cómo los porcentajes de inhibición del radical DPPH fueron muy bajos, en un orden de 6,15% para la pulpa y 3,4% para el aceite extraído, lo anterior indica que tanto la pulpa como el aceite no son buenos atrapadores de radicales por la técnica

DPPH, ya que gran parte del radical queda sin estabilizar. Una muestra con buena actividad antioxidante por DPPH se encuentra en el orden de un porcentaje de inhibición mayor del 50 % (Corral, Yahia,, Carrillo, & González, 2008). La actividad antioxidante del aceite por el método ORAC también fue baja 518  $\mu\text{M}$  Trolox/100 g aceite, comparado con la actividad antioxidante de las bayas pequeñas, para fresa por ejemplo fue encontrado un valor de 3600  $\mu\text{M}$  Trolox/100 g (Fraternal, Giamperi, Bucchini, & Ricci, 2009; Wang, Bostic, & Gu, 2010), evaluaron en la pulpa, piel y semilla de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass) la capacidad antioxidante por los métodos DPPH y ORAC, encontrando valores muy bajos en la pulpa de 1,3  $\mu\text{M}$  TE/g y 11,6  $\mu\text{M}$  Trolox/g respectivamente, comparado con lo hallado en la semilla de 428,8  $\mu\text{M}$  Trolox/g.

**Tabla 3.** Capacidad antioxidante de aceite y pulpa de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass)

Método	Pulpa	Aceite
DPPH (% de inhibición)	6,15 $\pm$ 0,45	3,4 $\pm$ 0,22
ORAC ( $\mu\text{M}$ Trolox/100 g Aceite)	---	518 $\pm$ 14

En aceites vegetales es normal encontrar valores bajos con la aplicación de las diferentes técnicas ya que durante el proceso de extracción generalmente se pierden muchos compuestos de actividad antioxidante, probablemente por la exposición al calor, la luz y el oxígeno. Además, es importante mencionar que algunos antioxidantes son polares, así que para evaluar la capacidad antioxidante es importante obtener extractos hidrofílicos y lipofílicos tanto del fruto como del aceite y así determinar la capacidad antioxidante en cada extracto ya que los diferentes compuestos antioxidantes se encuentran distribuidos de acuerdo con su afinidad con el medio (Cheng, Moore, & Yu, 2006; Villa, Molina, Ayala, Oliva, & González, 2011).

Hasta ahora, la mayoría de los estudios realizados sobre la actividad antioxidante de aguacate se han centrado principalmente en la evaluación de los compuestos hidrofílicos, como el ácido ascórbico y compuestos fenólicos, porque normalmente están muy relacionados con la actividad antioxidante importante en frutas y hortalizas (Wang, et al. 2010; Corral, et al. 2008) reportaron menor capacidad antioxidante en los extractos lipofílicos que en los extractos hidrofílicos de varias frutas tropicales como el mango, la papaya y el aguacate medidos por DPPH y expresados como TEAC.

Los fitoquímicos lipofílicos contribuyen a la actividad antioxidante total del aguacate, (Richard, Kefi, Barbe, Bausero, & Visiolo, 2008) han reportado que los ácidos

grasos insaturados pueden actuar como antioxidantes en función de su grado de saturación, sin embargo es necesario tener en cuenta los posibles efectos sinérgicos y/o antagonistas de estos compuestos ya que al hacer análisis específicos no se pueden evaluar estos comportamientos (Hidalgo, Sánchez, & Pascual, 2010).

La Tabla 4 presenta los valores de fenoles totales para la pulpa y aceite, los cuales son bajos, si se compara con otras frutas como la papaya en la que se encontró un valor de 57,8 mg GAE/100 g, el níspero con 56,9 mg GAE/100 g y el higo con 61 mg GAE/100 g (Pande & Akoh, 2010). Los valores hallados coinciden con el contenido total de fenoles encontrados en ocho cultivares diferentes de aguacate; la pulpa y semillas del cv. Hass con 4,9 mg GAE/g y 51,6 mg GAE/g respectivamente, fue el más alto comparado con los demás cultivares (Wang, et al., 2010; Wong, et al., 2009) señalan que hasta el momento los compuestos fenólicos no se encuentra en altas concentraciones en los aceites de aguacate, ya que la naturaleza y la concentración de los fenoles presentes en el mismo dependen de la composición del fruto y de las condiciones de extracción, siendo estos compuestos fácilmente modificables por la oxidación.

**Tabla 4.** Fenoles totales en aceite y pulpa de aguacate (*Persea americana* Mill.cv. Hass)

Muestra	Fenoles totales (mg ácido tánico/g muestra)
Pulpa	0,38 ± 0,01
Aceite	0,17 ± 0,01

Los bajos valores encontrados en la capacidad antioxidante y en los fenoles totales en la pulpa y aceite de aguacate podría tener relación con lo propuesto por Jayaprakasha, y Patil, (2007) quienes demostraron una relación causal entre el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante.

## Conclusiones

La extracción termomecánica del aceite de aguacate representa una buena alternativa tecnológica para el sector agroindustrial de este cultivo, por tratarse de un procedimiento sencillo y asequible, brindando un producto final de excelente calidad y con alto potencial agroindustrial. La temperatura óptima de extracción del aceite para este proceso fue de 55 °C, con un rendimiento del 60,2%, sin causar deterioro a la calidad del aceite. De acuerdo con la norma NTC 199, el aceite de aguacate obtenido puede clasificarse como un producto extra virgen con

características similares a las del aceite de oliva, además se encontró un contenido de ácidos grasos insaturados ω3, ω6 de 759,292 mg/100 g, 12862,302 mg/100 g respectivamente y de Vitamina E de 10,11 mg/100 g, lo cual convierte al aceite de aguacate en un alimento altamente nutritivo y funcional.

## Agradecimientos

Los autores agradecen de manera especial al técnico del laboratorio de frutas y hortalizas, Ingeniero Fernando Arenas Gil, además al personal de los laboratorios de Control de Calidad de Alimentos, Análisis instrumental y planta de lácteos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, por el apoyo brindado durante la etapa experimental del presente trabajo, igualmente, al Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro Textil y de Gestión Industrial, por la cofinanciación de la investigación.

## Bibliografía

- Ashton, O., Wong, M., McGhie, T., Vather, R., Wang, Y., Requejo-Jackman, C., Ramankutty P., Woolf, A. (2006). Pigments in Avocado Tissue and Oil. *J. Agric. Food Chem.*, 54 (26), pp 10151–10158. doi: <https://doi.org/10.1021/jf061809j>
- Association Of Official Analytical Chemist. (A.O.A.C.). (1984). Official methods on analysis of Association of Official Analytical Chemist. 14<sup>th</sup> ed. Virginia, U.S.A.
- Association Of Official Analytical Chemist. (A.O.A.C.). (1990). Official methods on analysis of Association of Official Analytical Chemist. 15<sup>th</sup> ed. U.S.A.
- Beltrán, G., Jiménez, A., Del Rio, C., Sánchez, S., Martínez, L., Uceda, M., Aguilera, M. (2010). Variability of vitamin E in virgin olive oil by agronomical and genetic factors. *Journal of Food Composition and Analysis* 23(6), 633–639. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.03.003>
- Bergh, B. (1992). The avocado an human nutrition. Avocados and your heart. Proceedings of the second world avocado congress. University of California, Riverside. California. 25-35 p



- Bernal, I. (1993). *Análisis de Alimentos*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C, 127 pp.
- Bora, P., Narain, N., Rocha, R., & Queiroz, P.M. (2001). Characterization of the oils from the pulp and seeds of avocado (cultivar: Fuerte) fruits. *Grasas Y Aceites*, 52(3-4). doi: <https://doi.org/10.3989/gya.2001.v52.i3-4.353>
- Brand-Williams, W. Cuvelier, M. E. & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. doi: [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Buenrostro, M. & López-Munguia, A.C. (1986). Enzymatic extraction of avocado oil. *Biotechnology Letters*, 8, 505–506. doi: <https://doi.org/10.1007/BF01025210>
- Cheng, Z., Moore, J. & Yu, L. (2006). High-throughput relative DPPH radical scavenging capacity assay. *Agricultural and Food Chemistry*, 54, 7429–7436. doi: <https://doi.org/10.1021/jf0611668>
- Codex Stan 210. (1999). Norma del Codex para aceites vegetales especificados.
- Coppen, P. (1994). *Rancidity in Food. The use of antioxidants*. London: Blackie Academic & Professional. 84-103.
- Corral, R., Yahia, E., Carrillo, A., & González, G. (2008). Correlation between some nutritional components and the total antioxidant capacity measured with six different assays in eight horticultural crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22), 498–504.
- Costa, V. (2001). Tesis de pregrado Extracción enzimática y caracterización del aceite de palta (*Persea americana* Mill). Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Egan, H., Kirk, R. & Sawyer, R. (1991). *Análisis químico de alimentos de Pearson*. Editorial Continental, S.A. México, 520 pp.
- Fraternale, D., Giamperi, L., Bucchini, A. & Ricci, D. (2009). Antioxidant activity of prunus spinosa L. fruit juice. *Food Sci.*, 21, 337–346.
- Gómez-Coca, R., Moreda, W., & Pérez-Camino, M. (2012). Fatty acid alkyl esters presence in olive oil vs. organoleptic assessment. *Food Chemistry*, 135, 1205–1209. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.053>
- Hidalgo, M., Sánchez, C. & Pascual, T. (2010). Flavonoid-flavonoid interaction and its effect on their antioxidant activity. *Food Chemistry*, 691–696. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.097>
- Human, T. P. (1987). Oil as a byproduct of avocado. *South African Avocado Growers' Assoc. Yearbook*, 10, 159–162.
- Jayaprakasha, G. K. & Patil, B. S. (2007). In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. *Food Chemistry*, 101, 410-418. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.038>
- Jiménez, M.E., Aguilar, M., Zambrano, M., 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. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47545209>
- Kalt, W., Forney, C., Martin, A., & Prior, R. (1999). Antioxidant Capacity, Vitamin C, Phenolics, and Anthocyanins after Fresh Storage of Small Fruits. *J. Agric. Food Chem*, 47(11), 4638-4644. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.038>
- Kiritsakis, A.P., Lenart, E.B., Willet, W.C. & Hernandez, R.J (1998). *Olive Oil: From the Tree to the Table*. Food & Nutrition Press, cop. 2nd ed, 348.
- Lozano, Y., Dhuique, C., Bannon, E. & Gaydou, E. (1993). Unsaponifiable matter, total sterol and tocopherol contents of avocado oil varieties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70(6), 561-565. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02545319>

- Márquez, Cj., Yepes, D., Sánchez, L. & Osorio, J.A. (2014). Cambios físico-químicos del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. "Hass") en poscosecha para dos municipios de Antioquia. *Temas Agrarios*, 19(1), 34-49. doi: <https://doi.org/10.21897/rta.v19i1.723>
- Norma Técnica Colombiana NTC 258 . (1996). Grasas y aceites comestibles vegetales y animales. Aceite de oliva. Norma Técnica Colombiana. Editado por Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC
- Norma Técnica Colombiana NTC 5209. (2003). Frutas frescas. Aguacate. Variedades mejoradas. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana. Editado por Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC
- Norma Técnica Colombiana NTC 241.. (2014). Grasas y aceites comestibles vegetales y animales. Margarinas, esparcibles y minarinas para Uso en mesa y cocina. Editado por Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC
- Olaeta, J.A. (2003). Industrialización del aguacate: Estado actual y perspectivas futuras. *Actas V Congreso Mundial del Aguacate*. Granada, Málaga, España, 749-754.
- Osuna, M., Judis, M., Avallone, C., y Romero, A. (2009). Análisis del perfil lipídico de harinas y aceites funcionales para la elaboración de panes fortificados. *Comunicaciones científicas y tecnológicas*. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.
- Ou, B., Hampsch, M., & Prior, R., (2001). Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *J. Agric. Food Chem*, 49(10), 4619-4626. doi: <https://doi.org/10.1021/jf010586o>
- Pande, G. & Akoh, C. (2010). Organic acids, antioxidant capacity, phenolic content and lipid characterisation of Georgia-grown underutilized fruit crops. *Food Chemistry*. 120, 1067-1075. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.054>
- Parra, J. (2005). Rendimiento y calidad de pulpa y aceite en nueve selecciones de palto (*Persea americana* Mill.) en Chile. Tesis de pregrado Fac. de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Pérez, R., Villanueva, S. & Cosio, S. (2005). El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales. *Revista e-Gnosis*, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.
- Reed. (2001) Avocados: The new wonder oil?. *Food New Zealand*, 31 (1) 20- 25.
- Richard, D., Kefi, K., Barbe, T., Bausero, P. & Visiolo, F. (2008). Polyunsaturated fatty acids as antioxidants. *Pharmacological Research*, 57(6), 451-455. doi: <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2008.05.002>
- Rincón, S. & Martínez, D., (2009). Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. *Revista Palmas* 30(2), 11-23.
- Savage, G., Webster, G., & Plows, E. (1994). The advantages of increasing olive oil in the diet: Proceedings of a Continuing Education Seminar. Oils & Fats Specialist Group of the NZ Institute of Chemistry.
- Smith, L. M. & Winter, F. H. (1970). Research on avocado processing at the University of California Davis. *California Avocado Soc. Yearbook*, 54, 79-84.
- Stanley, J. (2008). The nutritional reputation of palm oil. *Lipid technology*, 20(5), 2. doi: <https://doi.org/10.1002/lite.200800024>
- Swisher, H. E. (1988). Avocado oil— from food use to skin care. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 65, 1704-1706.
- Velásquez, J. (2006). Identificación del aguacate como un rubro importante de grandes oportunidades comerciales, según los acuerdos de integración, los nuevos tratados comerciales y el comercio mundial globalizado. *Secretaría de Productividad y Competitividad*. Gobernación de Antioquia.

- Villa, J., Molina, F., Ayala, J., Oliva, G. & González, G. (2011). Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of 'Hass' avocado. *Food Research International*, 44, 1231-1237. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.012>
- Wang, W., Bostic, T. & Gu, L. (2010). Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. *Food Chemistry*, 122, 1193–1198. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.114>
- Werman, M. J. & Neeman, I. (1987). Avocado oil production and chemical characteristics. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 64, 229–232. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02542007>
- Wong, M., Ashton, O., Requejo-Jackman, C., McGhie, T., White, A., Eyres, L., Sherpa, N., and Woolf, A. (June, 2008). Avocado Oil: The Color of Quality, Color Quality of Fresh and Processed Foods. Simposio dirigido por American Chemical Society, Vol. 983. Washington DC.