



Ácidos grasos y criterios de calidad del aceite de palta obtenido mediante tres sistemas de extracción libres de solvente

Fatty acids and quality criteria of avocado oil obtained by three solvent-free extraction systems

Maira Vargas Rodríguez¹; Hugo Gutarra Sanabria¹; Víctor Delgado-Soriano^{2,*} ; Paola Cortés-Avendaño³ ; Carlos Elías Peñafiel²

¹ Universidad San Ignacio de Loyola. Av. La Fontana 550, Lima, Perú

² Departamento de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios, Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Av. La Universidad s/n. La Molina, Lima, Perú.

³ Departamento de Ingeniería de Alimentos y Productos Agropecuarios, Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Av. La Universidad s/n. La Molina, Lima, Perú.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el perfil de ácidos grasos y los criterios de calidad del aceite de palta obtenido mediante tres sistemas de extracción libres de solvente. Los métodos empleados para la extracción fueron prensa hidráulica, prensa expeller y termobatido, los rendimientos de los aceites obtenidos fueron $16,39 \pm 1,38 \%$, $23,97 \pm 2,72 \%$, $42,69 \pm 4,26 \%$ respectivamente. Las proporciones relativas de ácido oleico (65,71%) y ácido alfa-linolénico (1,27%) fueron las más altas en el aceite extraído por el sistema de termobatido. Entre los tres sistemas de extracción, el que mostró menor índice de acidez fue el prensado hidráulico (0,2 mgKOH/g), y respecto al índice de peróxido fue menor en el aceite extraído por el sistema de termobatido (5,62 meqP/kg).

Palabras clave: Aceite; *Persea americana*; palta hass; sistema Abencor®; cromatografía de gases.

ABSTRACT

The investigation aimed to determine the fatty acid profile and the quality criteria of avocado oil obtained by three solvent-free extraction systems. The methods used for the extraction were hydraulic press, expeller press, and thermobeating. The oil yields obtained by the different methods were $16.39 \pm 1.38\%$, $23.97 \pm 2.72\%$, $42.69 \pm 4.26\%$, respectively. The relative proportions of oleic acid (65.7%) and alpha-linolenic acid (1.27%) were the highest in the oil extracted by the thermobeating system. Among the three extraction systems, the one that showed the lowest acidity index was the hydraulic pressing system (0.2 mgKOH/g), and the peroxide value was the lowest in the oil extracted by the thermobeating system (5.62 meqP/kg).

Keywords: Oil; *Persea americana*; hass avocado; Abencor® system; gas chromatography.

1. Introducción

La palta (*Persea americana* Mill.) pertenece a la familia de las Lauraceas (Tan, 2019), siendo Perú, con 466,758 toneladas, el tercer país productor de este fruto en el año 2017 después de México (2,029,886 toneladas) y República Dominicana (637,688 toneladas) (FAOSTAT, 2017). Una de las características prominentes de la palta es el alto contenido en lípidos (10 – 30 % dependiendo de la variedad y la estacionalidad) (Ozdemir y Topuz, 2004), contenidos esencialmente en el mesocarpio, a diferencia de otros frutos cuyo contenido de aceite está principalmente en las semillas (Qin y Zhong, 2016). El

mesocarpio contiene triglicéridos que constituyen aproximadamente el 85% de los lípidos que aparecen como pequeñas gotas individuales o cuerpos de aceite dispersos en todo el citoplasma de las células del parénquima (Yang et al., 2018). La variedad hass cobra mayor importancia con un 94,2% de exportación en vista que posee mayor porcentaje de lípidos seguido de la variedad fuerte, esto inherentemente la hace atractiva en el mercado global (Tango et al., 2004; Decco, 2018); así como también, su cáscara gruesa la hace más tolerante a los problemas de manejo poscosecha (Wong, 2010). Sin embargo, un 7% se descarta,

generando una cantidad notable de productos que se desechan y que presentan bajo costo (Feliciano, 2014). Uno de los productos obtenidos de la palta es el aceite, cuya eficiencia en la extracción se ve reducida principalmente por polisacáridos como hemicelulosa, almidón y pectina, presentes dentro de la pared celular (Nadar et al., 2018). La extracción del aceite de palta comenzó en Nueva Zelanda a finales de 1990 y la producción de aceite obtenido por prensado en frío se ha incrementado (Costagli y Betti, 2015). Una de las grandes propiedades del aceite de palta es el alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados que resultan beneficiosos para la salud (Duran, 2011). En términos comerciales el aceite de palta viene tomando fuerza en diferentes ámbitos como en la industria alimentaria por su alta calidad físico-química, así como sabor y color apreciables que se convierte en una extraordinaria opción de remplazo del aceite de oliva, por su contribución a la comida saludable (Parra, 2005; Martínez y Maestri, 2015; Duarte et al., 2016); asimismo, cobra gran interés en la industria farmacéutica y cosmética (FAO/WHO, 2019), pues la materia insaponificable, que contiene carotenoides, clorofilas, tocoferoles y compuestos fenólicos son de gran interés por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, debido a sus altas propiedades de penetración en la piel (Zhang et al., 2013), además de presentar altas cantidades de minerales como magnesio, potasio y fósforo (Tan, 2019).

Tradicionalmente el aceite de palta solía obtenerse triturando la pulpa en presencia de agua, posteriormente se procedía a calentar y separar el aceite sobrenadante; sin embargo, por las características del mesocarpio, algunos métodos de extracción requieren una reducción del contenido de humedad, lo que permite inactivar las actividades enzimáticas y microbianas, aumentando su vida útil (Dorantes et al., 2004). Esto permite el uso del prensado hidráulico, el prensado por expeller y la extracción con solvente; aunque sólo los métodos mecánicos, como el prensado, permiten obtener aceite de uso directo (Konopka et al., 2016), el método Soxhlet utiliza hexano para la extracción del aceite por solvente, por su fácil recuperación (Satriana et al., 2019). Desafortunadamente el hexano es un solvente muy cuestionado desde el punto de vista toxicológico y ambiental (Fernández et al., 2018). En este contexto, el trabajo tuvo como objetivo determinar las diferencias de los ácidos grasos y criterios de

calidad en el aceite de palta variedad hass obtenido por termobatido frente a los obtenidos por prensado hidráulico y prensado por expeller.

2. Material y métodos

2.1. Materia prima

Se emplearon muestras de palta (*Persea americana*) variedad Hass, que fueron adquiridas de un mismo distribuidor en el mercado mayorista de frutas (distrito de La Victoria, Lima, Perú), los frutos fueron adquiridos durante la etapa de maduración, logrando completarla en un período de 5 días bajo condiciones de oscuridad y a 20 °C de temperatura. Se consideró como indicador de madurez el cambio de color de la cáscara de verde a negro-violeta, además del ablandamiento de la pulpa (cuando las paltas cedieron ligeramente a la presión de los dedos).

2.2. Pre-tratamiento de la pulpa y métodos de extracción de aceite

2.2.1. Pre tratamiento de la pulpa

Las paltas fueron lavadas, desinfectadas con una solución de cloro de 100 ppm y cortadas manualmente por la mitad, se separó la pulpa de la cáscara y las semillas, destinando una parte de la muestra en estas condiciones para el proceso de extracción de aceite mediante el método de termobatido y la otra parte, con ayuda de espátulas y batido, se convirtió en una masa homogénea de consistencia cremosa, con la finalidad de extenderla sobre bandejas de acero inoxidable formando capas delgadas (aproximadamente de 1 cm de espesor), para posteriormente llevarlas a un secador de bandejas a temperatura de 60 °C ± 5 por un tiempo de 10 horas, este acondicionamiento se empleó para las muestras destinadas a la extracción de aceite mediante prensado hidráulico y expeller (Figura 1). Con las pulpas frescas y deshidratadas se realizó la extracción de aceite por los 3 métodos, por triplicado.

2.2.2. Método de Termobatido

La pulpa de palta fue colocada en la termobatidora del sistema Abencor® a 50 rpm, temperatura de 60 °C por un tiempo de 2 horas, con la finalidad de triturar el mesocarpio y formar una pasta fina, permitiendo de esa manera romper las células que contienen aceite y promover su liberación durante el termobatido. La pasta resultante se llevó a centrifugación a 4000 rpm, temperatura de 22 °C por un tiempo de 15 minutos, logrando de esta manera la separación del aceite de la pulpa.

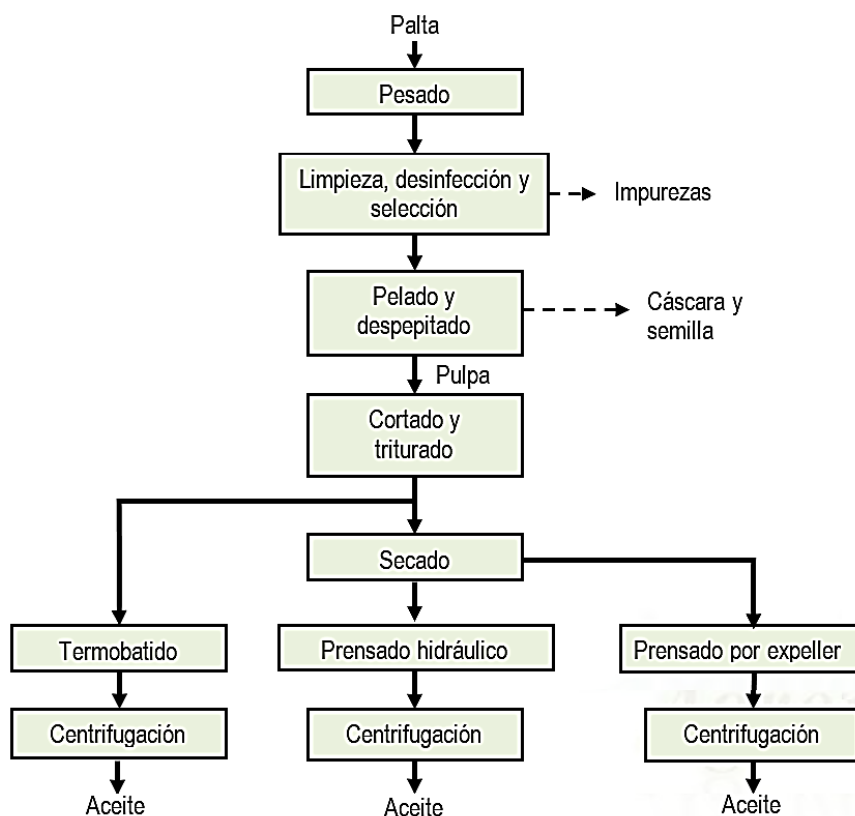


Figura 1. Diagrama de flujo para la extracción de aceite de palta.

2.2.3. Prensa Hidráulica

Se ajustó el contenido de humedad de la pulpa a 10%. Posteriormente se colocó la pulpa deshidratada en una prensa hidráulica (acero inoxidable con motor de 2 HP y 6000 libras de presión), considerando tiempos de prensado de 20 minutos entre recargas del sistema.

2.2.4. Prensa Expeller

Se ajustó el contenido de humedad a 10%, para mejorar la extracción de aceite evitando la saturación y obstrucción del sistema durante el prensado, la humedad de la muestra aumentó la plasticidad de la pulpa y contribuyó a la alimentación de la prensa debido a su efecto lubricante dentro del barril. Después de esto, la extracción de aceite se realizó en una prensa de tornillo a escala piloto (KOMET SCREW OILD, Expeller CA59G-CA 5963 de procedencia alemana, con capacidad de 3 kg/hora) bajo las siguientes condiciones: temperatura de 100 °C, diámetro de boquilla de 4 mm y velocidad de tornillo de 17 rpm.

2.3. Métodos de análisis

2.3.1. Caracterización y calidad del aceite crudo

Para la caracterización de los aceites se determinó el índice de acidez (AOAC, 2005), índice de peróxido (AOAC, 2005), índice de refracción (AOAC, 2005),

densidad relativa (AOAC, 2005) y humedad (AOAC, 2005).

2.3.2. Composición de ácidos grasos

Se utilizó un cromatógrafo de gases (Perkin Elmer Autosystem XL) equipado con detector de ionización de llama (FID), por el método LABS-ITP-002-98, basado en la norma Prevot y Mordret, Revue Francaise des Corps Gras, 23 anne, N° 7 – 8, 1976, validado por ITP (2003), con una columna Supelcowax-10 de sílice fundida marca Supelco (30 metros de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 µm de espesor de película), a su vez las condiciones del análisis fueron, temperatura horno 160-230 °C (1 °C/min), temperatura del inyector 250 °C, temperatura del detector 270 °C, presión de hidrógeno 5 psi, modo split 100:1, volumen de la inyección 2 µl y tiempo del análisis de 65 minutos. El contenido de ácidos grasos en las muestras se expresó como g / 100 g de ácidos grasos totales.

2.4. Análisis estadístico

Los resultados se expresaron en términos de medias y desviaciones estándar, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) y se sometieron al análisis de varianza (ANVA) y la prueba de Tukey ($p < 0,05$) utilizando el software Statgraphics Centurion 18.

3. Resultados y discusión

3.1. Rendimiento y propiedades fisicoquímicas del aceite de palta

Los resultados reportados en la [Tabla 1](#) muestran que el mayor rendimiento se obtuvo por el método de extracción de prensado por expeller ($42,69 \pm 4,26$ %), seguido por el método de prensado hidráulico ($23,97 \pm 2,72$ %) y por último por el método de termobatido ($16,39 \pm 1,38$ %), resultando superior el prensado por expeller en 2,6 y 1,78 veces respecto lo obtenido por el método de termobatido y prensado hidráulico, respectivamente. Según [Martínez y Maestri \(2015\)](#), las diferencias entre los métodos de prensado y batido, se dan debido a que cada partícula del cuerpo retiene el aceite en su interior y el fin del prensado es conseguir que el aceite salga del cuerpo y/o sistema hacia el exterior, comprimiéndose cada partícula y reacomodándose en conjunto, entonces así las paredes celulares se destruyen y permiten que el aceite exude por efecto de la presión y emane a través del sistema hacia el exterior, sumado a ello el efecto de la temperatura para el caso del prensado por expeller, que se convierte en un factor positivo en términos de rendimiento. El rendimiento obtenido por prensado hidráulico resultó superior a lo reportado por [Restrepo et al. \(2012\)](#), quienes obtuvieron un valor de 16,52 % para pulpa de palta Hass prensada en frío, y a la vez fue cercano a lo reportado por [Dos Santos et al. \(2014\)](#), quienes obtuvieron un rendimiento de 24,83 % en pulpas de palta de la variedad Fortuna, secadas a 40 °C. El rendimiento obtenido por el método de termobatido ($16,39 \pm 1,38$) resultó ser superior a lo reportado por [Yang et al. \(2019\)](#) quienes al evaluar la firmeza de la palta lograron clasificarlas como mínimamente maduras, completamente maduras y demasiado maduras, obteniéndose rendimientos de 7,38%, 8,92% y 9,95%, respectivamente.

Los valores de índice de acidez y peróxido son parámetros comúnmente usados en la especifica-

ción de la calidad de los aceites. Al respecto, el aceite extraído mediante prensado por expeller presentó mayor índice de acidez ($p < 0,05$) que los aceites extraídos mediante prensado hidráulico y método de termobatido, existiendo a la vez diferencias significativas ($p < 0,05$) entre estos últimos. Sin embargo, los valores para los tres métodos propuestos se encuentran por debajo de lo establecido por la Norma Mexicana para aceite de palta, en donde se establece un valor máximo de 1,5 % de ácido oleico; resultado, que se traduce en un bajo contenido de ácidos grasos libres y a la vez menor riesgo de oxidación ([NMX-F-052-SCFI, 2008](#)). A su vez, los valores obtenidos en esta investigación presentan valores menores a lo reportado por [Ying et al. \(2018\)](#), quienes determinaron un índice de acidez de $0,68 \pm 0,03$ (mg KOH/g grasa) en aceite de palta obtenido mediante prensado en frío. La acidez del aceite pudo verse afectada por la temperatura del procesamiento correspondiente al prensado por expeller, por un lado, como lo manifiestan [Rodrigues et al. \(2012\)](#), este puede participar como fuente de calor en la catálisis de la hidrólisis química de los triglicéridos y por otro lado según lo manifestado por [Mraicha et al. \(2010\)](#), la temperatura confiere condiciones ideales para la actividad de las lipasas endógenas.

Respecto al índice de peróxido en las muestras estudiadas, se evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) siendo el valor más alto el aceite obtenido del prensado por expeller frente a los dos métodos evaluados. Cabe resaltar que el valor obtenido del prensado por expeller es el único que supera las especificaciones señaladas en la Norma Mexicana para el aceite de palta, donde se establece un valor máximo de 10 meq O₂/kg de aceite ([NMX-F-052-SCFI, 2008](#)), en cuanto a los valores obtenidos por prensado hidráulico y termobatido, fueron menores en comparación al valor publicado por [Moreno et al. \(2003\)](#) quienes reportaron un valor de 10,68 meq O₂/kg para aceite de palta.

Tabla 1
Rendimiento y propiedades fisicoquímicas del aceite de palta

Parámetro	Métodos de extracción		
	Método de termobatido	Prensado hidráulico	Prensado por expeller
Rendimiento (%)	16,39 ± 1,38 ^a	23,97 ± 2,72 ^a	42,69 ± 4,26 ^b
Índice de Acidez (mg KOH/g grasa)	0,4110 ± 0,02 ^a	0,2032 ± 0,00 ^b	0,4679 ± 0,01 ^c
Índice de Peróxido (meqP/kg)	5,9721 ± 0,02 ^a	5,6200 ± 0,01 ^a	14,8084 ± 0,49 ^b
Densidad Especifica (g/ml)	0,9198 ± 0,00 ^a	0,9143 ± 0,00 ^b	0,9133 ± 0,00 ^b
Índice de Refracción (20 °C)	1,4630 ± 0,00 ^a	1,4620 ± 0,00 ^b	1,4640 ± 0,00 ^c
Humedad (%)	0,0800 ± 0,00 ^a	0,2656 ± 0,01 ^b	0,2375 ± 0,03 ^b

Resultados expresados como el promedio ± DS.

Valores con diferentes letras en la misma fila son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

En base a los valores obtenidos y al concepto que sostiene que el índice de peróxido determina el contenido de hidroperóxidos y ofrece una medida de la oxidación de los ácidos grasos insaturados, podemos afirmar que los aceites obtenidos por prensado hidráulico y termobatido, presentan un mínimo de oxidación de sus ácidos grasos insaturados a diferencia del prensado por expeller.

La densidad específica correspondiente a los tres métodos de extracción presenta diferencias significativas ($p < 0,05$), de los cuales el aceite extraído por el método de termobatido presenta el mayor valor ($0,9198 \pm 0,00$) respecto al prensado hidráulico y expeller. Los valores reportados para los tres métodos de extracción se encuentran dentro del rango señalado en [NMX-F-052-SCFI \(2008\)](#), para el aceite de palta, donde se establece un valor mínimo de 0,910 y un máximo de 0,920.

Los valores obtenidos respecto al índice de refracción presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los métodos de extracción, siendo el valor más alto para el aceite extraído por expeller con un valor de $1,4640 \pm 0,00$. Al respecto y teniendo en cuenta que el índice de refracción está relacionado con el grado de insaturación de los ácidos grasos presentes en la muestra, en la [Tabla 2](#) se muestra que el valor más alto de ácidos grasos poliinsaturados (15,18%) corresponde al aceite obtenido mediante prensado por expeller, cuyo aceite presentó los valores más elevados para los factores mencionados, aun así, este valor resulto ser menor que lo reportado por [Jiménez et al. \(2001\)](#), quienes reportaron valores superiores a 1,468 para aceites obtenidos de palta hass, mediante diferentes métodos de extracción. El índice de refracción de cada aceite está relacionado además con el grado de oxidación, contenido de ácidos grasos libres y el tratamiento térmico ([Krumreich et al., 2018](#)). De tal manera que los valores obtenidos indican que los cambios causados tanto por el proceso de secado y los diferentes tratamientos no fueron suficientes para modificar el comportamiento óptico de las muestras de aceite; tal es así que los valores obtenidos por los tres métodos de extracción se encuentran dentro del rango de 1,458 a 1,465 establecido en la Norma Mexicana ([NMX-F-052-SCFI, 2008](#)).

Respecto al porcentaje de humedad, existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el aceite extraído por el método de termobatido que presenta el valor más bajo respecto al prensado hidráulico y expeller; a la vez, los valores reportados para los tres métodos de extracción se encuentran por debajo del valor máximo de 0,5% indicado en la Norma Mexicana para el aceite de palta ([NMX-F-052-SCFI,](#)

[2008](#)). Estos resultados podrían deberse a que la presión ejercida en los métodos de prensado hidráulico y prensado por expeller pudieron romper las estructuras celulares para la liberación de agua y su posterior emulsificación en el aceite.

3.2. Composición de ácidos grasos

El ácido oleico (C18:1 ω -9) es el principal ácido graso del aceite de palta hass, seguido del palmítico (C16:0), linoleico (C18:2 ω -6), palmitoleico (C16:1) y vaccénico (C18:1 ω -7) ([Tabla 2](#)). Los contenidos de ácido esteárico (C18:0) y alfa-linolénico (C18:3 ω -3) se encuentran por debajo del 1,3 %, mientras que para el ácido eicosaenoico (C20:1 ω -9) sólo se detectaron valores menores al 0,3%.

Cuantitativamente lo determinado para el ácido palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico y linoleico es muy cercano a lo obtenido por [Tango et al. \(2004\)](#), quienes reportaron valores de 24,5%, 13,3%, 0,3%, 47,4% y 14,2%, respectivamente, luego de practicar la extracción de aceite con solvente a la pulpa de palta hass previamente deshidratada a 70 °C. De igual forma, los valores de ácidos grasos reportados para los tres métodos de extracción se encuentran dentro del rango establecido en la Norma Mexicana, donde se manifiestan rangos para ácido palmítico (9 - 18%), palmitoleico (3 - 9%), esteárico (0,4 - 1%), oleico (56 -74%), linoleico (10 - 17%) y alfa-linolénico (0 - 2%) presentes en aceite de palta ([NMX-F-052-SCFI, 2008](#)).

Respecto a la concentración de ácidos grasos saturados se evidenciaron valores de 13,36% en el aceite extraído por el método de termobatido, y de 24,94% en el aceite extraído por prensa hidráulica. El nivel más alto de ácidos grasos monoinsaturados se evidenció en el aceite obtenido por el método de termobatido con un valor de 72,89 %, mientras que los aceites obtenidos por prensado hidráulico y expeller presentaron valores de 58,56 % cada uno.

Respecto a los valores de ácidos grasos poliinsaturados se evidenció un valor de 13,75 % para el método de termobatido, seguido por prensado hidráulico con 14,71% y 15,18% por expeller. Al respecto [Santana et al. \(2015\)](#), reportaron valores de 25,1%, 62,1% y 11,5% para ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, respectivamente, en aceite extraído de la pulpa de palta hass secada previamente en estufa a 60 °C antes del proceso de prensado, valores cercanos a los reportados en la presente investigación. Los valores detectados en el perfil de ácidos grasos dieron lugar a algunas diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las relaciones ω -9 / ω -6 y ω -6 / ω -3.

Tabla 2
Composición de ácidos grasos

Ácido graso	%		
	Método de termobatido	Prensado hidráulico	Prensado por expeller
Palmitico (C16:0)	12,68 ± 0,19 ^a	24,33 ± 0,11 ^b	23,61 ± 0,06 ^c
Palmitoleico (C16:1)	2,37 ± 0,05 ^a	11,49 ± 0,01 ^b	11,76 ± 0,04 ^c
Esteárico (C18:0)	0,68 ± 0,02 ^a	0,62 ± 0,01 ^b	0,61 ± 0,01 ^b
Oleico (C18:1 ω-9)	65,71 ± 0,20 ^a	41,27 ± 0,01 ^b	40,90 ± 0,06 ^c
Vaccénico (C18:1 ω-7)	4,63 ± 0,06 ^a	5,60 ± 0,02 ^b	5,68 ± 0,01 ^c
Linoleico (C18:2 ω-6)	12,48 ± 0,03 ^a	13,83 ± 0,02 ^b	14,24 ± 0,01 ^c
Alfa-linolénico (C18:3 ω-3)	1,27 ± 0,01 ^a	0,88 ± 0,01 ^b	0,94 ± 0,01 ^c
Eicosaenoico (C20:1 ω-9)	0,22 ± 0,01 ^a	0,21 ± 0,02 ^a	0,22 ± 0,01 ^a
Saturados	13,36 ± 0,19 ^a	24,94 ± 0,10 ^b	24,22 ± 0,06 ^c
Monoinsaturados	72,89 ± 0,15 ^a	58,56 ± 0,03 ^b	58,56 ± 0,01 ^b
Poliinsaturados	13,75 ± 0,03 ^a	14,71 ± 0,02 ^b	15,18 ± 0,02 ^c
C18:1 ω-9 / C18:2 ω-6	5,27 ± 0,01 ^a	2,98 ± 0,00 ^b	2,87 ± 0,01 ^c
C18:2 ω-6 / C18:3 ω-3	9,80 ± 0,03 ^a	15,72 ± 0,02 ^b	15,15 ± 0,15 ^c
Monoinsaturados / saturados	5,46 ± 0,09 ^a	2,35 ± 0,01 ^b	2,42 ± 0,01 ^b
Poliinsaturados / saturados	1,03 ± 0,02 ^a	0,59 ± 0,00 ^b	0,63 ± 0,00 ^c

Resultados expresados como el promedio ± DS.

Valores con diferentes letras en la misma fila son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Desde el punto de vista nutricional, es recomendable una relación $\omega-6 / \omega-3$ de 4 (Bahgat et al., 2019), siendo el método de termobatido el que se acerca más a esta relación, esto debido a la mayor extracción de $\omega-3$. Los valores obtenidos por los métodos de prensado hidráulico y expeller resultan cercanos a lo reportado por Berasategi et al. (2012), quienes obtuvieron un valor de 14,5 en aceite de palta obtenido sin calentamiento y valores de 14,6 y 16,4 en muestras de aceite de palta calentado por 3 y 9 horas, respectivamente. En cuanto a la relación de ácidos grasos poliinsaturados / saturados se obtuvieron resultados similares a Berasategi et al. (2012), quienes reportaron valores de 0,61 y 0,40 para aceite de palta y oliva, respectivamente.

Mientras que la relación de ácidos grasos monoinsaturados / saturados con un valor de 4,15 para aceite de palta, resultó ser cercano a lo obtenido por el método de termobatido. De acuerdo con los estándares propuestos por Wong et al. (2010), se observa que los aceites obtenidos por el método de prensado hidráulico y termobatido, cumplen en gran proporción con las características para su denominación de aceite extra virgen, a diferencia de lo obtenido por expeller, cuyas características se ajustan a las denominaciones de virgen y puro.

4. Conclusiones

Los aceites obtenidos por los métodos de termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller presentaron diferencias en términos de rendimiento y calidad. El mayor rendimiento fue obtenido con el método de prensado por expeller que

a su vez presentó un valor alto de índice de peróxidos, a diferencia de los métodos de termobatido y prensado hidráulico que presentaron menores rendimientos, pero un mínimo índice de peróxido. Respecto a la acidez, los aceites obtenidos por los métodos de termobatido y prensado hidráulico pueden clasificarse en extra virgen y, prensado por expeller, como virgen. El perfil de ácidos grasos del aceite de palta coloca como predominante al oleico para los tres métodos de extracción; sin embargo, el método de termobatido presentó mayor proporción. El ácido alfa-linolénico estuvo presente en mayor porcentaje en el aceite obtenido por termobatido, seguido del prensado por expeller y finalmente por el prensado hidráulico. La relación $\omega-6/\omega-3$ del aceite de palta obtenido por termobatido es la que más se aproxima a lo recomendado nutricionalmente. De los tres métodos evaluados, el método de termobatido, a pesar de presentar menores rendimientos, se convierte en una alternativa para la obtención de aceite de palta con buenas características de ácidos grasos esenciales respecto a los otros dos métodos.

ORCID

V. Delgado-Soriano  <https://orcid.org/0000-0002-9625-5424>

P. Cortés-Avenidaño  <https://orcid.org/0000-0001-7622-8894>

C. Elías  <https://orcid.org/0000-0002-5857-2058>

Referencias bibliográficas

- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. 2005. Official methods of Analysis of the Association of official Analytical Chemistry. 18th Edition. DC: Washington, EEUU.
- Bahgat, K.; Elhadya, M.; Aziz, A.; Youness, E.; Zakzok, E. 2019. Omega-6/omega-3 ratio and cognition in children with epilepsy. An Pediatr (Barc). 91(2): 88-95.

- Berasategi, I.; Barriuso, B.; Ancorena, D.; Astiasarán, I. 2012. Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. *Food chemistry* 132: 439-446.
- Costagli, G.; Betti, M. 2015. Avocado oil extraction processes: method for cold-pressed high-quality edible oil production versus traditional production. *Journal of Agricultural Engineering* 46(3): 115-122.
- Decco. 2018. Decco Post Harvest. Global avocado market, disponible en: <https://www.deccopostharvest.com/en/global-avocado-market/>
- Dorantes, L.; Parada, L.; Ortiz, A. 2004. Avocado post-harvest operations. Food and agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendum_-_Avocado.pdf
- Dos Santos, M.; Alicio, T.; Pereira, C.; Ramis-Ramos, G.; Mendonça, C. R. B. 2014. Profile of bioactive compounds in avocado pulp oil: Influence of the drying processes and extraction methods. *Journal of the American Oil Chemists Society* 91: 19-27.
- Duarte, P.; Chaves, M.; Borges, C.; Mendonça, C. 2016. Avocado: Characteristics, health benefits and uses. *Ciencia Rural* 46(4): 747-754.
- Duran, R. 2011. Cultivo del aguacate o palta. Volumen I. Grupo latino editores. Bogotá, Colombia. 240 pp.
- FAOSTAT - The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. 2017. Cultivos. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- FAO/WHO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Joint FAO/WHO food standards programme Codex committee on fats and oils Twenty-sixth session. Disponible en: <http://www.fao.org/>
- Feliciano, J. 2014. Impulso a la Palta Hass en el Ande: Retos y Perspectivas. Ponencia presentada en el Taller: Fortalecimiento y Aseguramiento de Calidad en Palta, Perú, 2014.
- Fernández, J.; Pascual, G.; Silva, M.; Salvá, B.; Guevara, A.; Encina, C. 2018. Efecto del tratamiento enzimático de la semilla de moringa (*Moringa oleifera*) sobre las características físico-químicas del aceite obtenido por extracción con prensa expeller. *Scientia Agropecuaria* 9(3): 371-380.
- ITP (Instituto Tecnológico Pesquero del Perú). 2003. Laboratorio de Análisis Físicoquímico: Composición de ácidos grasos por cromatografía de gases. Lima, Perú.
- Jiménez, M.; Aguilar, M.; Zambrano, M.; Kolar, E. 2001. Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas. *Revista de la Sociedad Química de México* 45: 89-92.
- Konopka, I.; Roszkowska, B.; Czaplicki, S.; Tańska, M. 2016. Optimization of pumpkin oil recovery by using aqueous enzymatic extraction and comparison of the quality of the obtained oil with the quality of cold-pressed oil. *Food Technol. Biotechnol.* 54(4): 413-420.
- Krumreich, F.; Borges, D.; Mendonça, C.; Jansen-Alvesa, C.; Zambiasi, R. 2018. Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. *Food Chemistry* 257: 376-381.
- Martínez, M.; Maestri, D. 2015. Aceites Vegetales no tradicionales: Guía para la producción y evaluación de la calidad. Editorial Brujas. Buenos Aires, Argentina. 120 pp.
- Moreno, A.; Dorantes, L.; Galíndez, J.; Guzmán, R. 2003. Effect of different extraction 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.
- Mraicha, F.; Ksantini, M.; Zouchb, O.; Ayadi, M.; Sayadi, S.; Bouaziz, M. 2010. Effect of olive fruit fly infestation on the quality of olive oil from Chemlali cultivar during ripening. *Food and Chemical Toxicology* 48(11): 3235-3241.
- Nadar, S.; Rao, P.; Rathod, V.K. 2018. Enzyme assisted extraction of biomolecules as an approach to novel extraction technology: A review. *Food Res. Int.* 108: 309-330.
- NMX-F-052- SCFI. 2008. Aceites y grasas - Aceite de Aguacate - especificaciones. Disponible en: <http://aniame.com/mx/wp-content/uploads/Normatividad/CTNNIAGS/NMX-F-052-SCFI-2008.pdf>
- 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: 79-83.
- Parra, J. 2005. Rendimiento y calidad en pulpa y aceite en nueve selecciones de Palto *Persea Americana* Mill en Chile. Memoria de título, Universidad de Chile, Santiago de Chile. Chile.
- Qin, X.; Zhong, J. 2016. A review of extraction techniques for avocado oil. *Journal of Oleo Science* 65(11): 1-8.
- Restrepo, A.; Londoño, J.; González, D.; Benavides, Y.; Cardona, 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* 9(2): 151-161.
- Rodrigues, N.; Malheiro, R.; Casal, S.; Asensio-S-Manzanera, M.; Bento, A.; Pereira, J. 2012. Influence of spike lavender (*Lavandula latifolia* Med.) essential oil in the quality, stability and composition of soybean oil during microwave heating. *Food and Chemical Toxicology* 50: 2894-2901.
- Santana, I.; Dos Reis, L.; Torres, A.; Cabral, L.; Freitas, S. 2015. Avocado (*Persea americana* Mill.) oil produced by microwave drying and expeller pressing exhibits low acidity and high oxidative stability. *European Journal of Lipid Science and Technology* 117: 999-1007.
- Satriana, S.; Supardan, M.; Arpi, N.; Mustapha, W. 2019. *European Journal of Lipid Science and Technology* 121: 1800210.
- Tan, C. 2019. Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. *Journal of Functional Foods* 54: 381-392.
- Tango, J.; Carvalho, C.; Soares, N. 2004. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. *Revista Brasileira de Fruticultura* 26: 17-23.
- Wong, M.; Requejo-Jackman, C.; Woolf, A. 2010. What is unrefined, extra virgin cold-pressed avocado oil? *Inform* 21: 198-202.
- Yang, S.; Hallett, I.; Oh, H. E.; Woolf, A. B.; Wong, M. 2019. The impact of fruit softening on avocado cell microstructure changes monitored by electrical impedance and conductivity for cold-pressed oil extraction. *J Food Process Eng.* 42: e13068.
- Yang, S.; Hallett, I.; Rebstock, R.; Oh, H. E.; Kam, R.; Woolf, A. B.; Wong, M. 2018. Cellular changes in "Hass" avocado mesocarp during cold-pressed oil extraction. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 95(2): 229-238.
- Ying, Q.; Wojciechowska, P.; Siger, A.; Kaczmarek, A.; Rudzińska, M. 2018. Phytochemical Content, Oxidative Stability, and Nutritional Properties of Unconventional Cold-pressed Edible Oils. *Journal of Food and Nutrition Research* 6(7): 476-485.
- Zhang, Z.; Huber, D.J.; Rao, J. 2013. Antioxidant systems of ripening avocado (*Persea americana* Mill.) fruit following treatment at the preclimacteric stage with aqueous 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 76: 58-64.

