

EXTRACCIÓN DE ACEITE DE AGUACATE VARIEDAD “Hass” (*Persea americana* Mill) LIOFILIZADO POR PENSADO EN FRIO

Angélica M. Serpa G. *, Andrés Echeverri L. *, Maria P. Lezcano C. *, Lina M. Vélez A.* Andrés F. Ríos *
Gustavo Adolfo Hincapié*†.

*Universidad Pontificia Bolivariana, Cir. 1 #70-01, of. 11-259, Medellín, Colombia.

Recibido 26 Febrero 2014; aceptado 29 Julio 2014
Disponible en línea: 19 Diciembre 2014

Resumen: La obtención de aceite de aguacate variedad “Hass” (*Persea americana* Mill), surge como una alternativa de aprovechamiento del fruto con el fin de fortalecer la cadena productiva del mismo y contrarrestar las pérdidas de los productores por la sobreproducción a nivel nacional. En el presente trabajo se evalúa la extracción de aceite de aguacate por prensado en frío a 2 presiones de trabajo (2000PSI y 2500PSI), llevando a cabo previamente un proceso de deshidratación por liofilización, con el fin de evaluar la influencia del tiempo de congelación sobre 4 propiedades del aceite: densidad, índice de saponificación, índice de refracción e índice de acidez. Se dispusieron paralelepípedos de 0,5 cm de arista y se congelaron a -80°C para evaluar 3 tiempos de congelación (6, 12 y 18 horas), transcurrido el tiempo se liofilizaron durante 24 horas, para finalmente someter la pulpa al proceso de prensado durante 30 minutos. Las cuatro propiedades determinadas para los tres tiempos de congelación no mostraron una tendencia definida y no se presentaron diferencias estadísticamente significativas después de un análisis de varianza, sin embargo el mayor rendimiento de extracción (55,53%) se presentó durante el prensado de la pulpa congelada durante 6 horas y prensada a 2500 PSI.

Palabras clave: Aguacate, prensado, liofilización, aceite.

OIL EXTRACTION BY COLD PRESSING FROM FREEZE DRIED AVOCADO VARIETY “Hass” (*Persea americana* Mill)

Abstract: Oil avocado extraction from 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill) emerges as an alternative to strengthen the productive chain and minimize the producers losses by the nationwide overproduction. In this work, the extraction of avocado oil by cold pressed is evaluated using 2 working pressures (2000PSI and 2500PSI) after a freeze -drying process, in order to evaluate the influence of freezing time on 4 oil properties: density, saponification value, refractive index and acid. Parallelepiped of 0,5 cm edge were frozen to -80°C , evaluating three freezing times (6, 12 and 18 hours), and then were lyophilized for 24 hours. Finally the dried pulp was pressed for 30 minutes. The four properties determined for the three freezing times didn't show a clear trend and didn't have significant statistically differences after the analysis of variance were done, however the highest extraction yield (55.53 %) occurred during the pressing of the pulp frozen for 6 hours and pressed to 2500 psi

Keywords: Avocado, pressing, lyophilization, oil

† Autor al que se le dirige la correspondencia:
Tel. (+574) 4488388 ext 12379.
E-mail: gustavo.hincapie@upb.edu.co (Gustavo Adolfo Hincapié)

1. INTRODUCCIÓN

El aguacate pertenece a la familia de las Lauraceae y al género *persea*, es el fruto proveniente del aguacatero (*Persea americana*) nativo de América Central ([Barcat, 2011](#)), y el cual presenta diversas variedades que difieren entre sí por la estructura del fruto al igual que por la consistencia de su cáscara y su pulpa ([Bartoli, 2008](#)). En Colombia para el año 2013 se produjeron aproximadamente 250.000 toneladas de aguacate, de las cuales 47.000 correspondieron a la variedad Hass ([Agronet, 2013](#)), la cual representa la variedad más sembrada a nivel mundial, debido a sus características organolépticas, las buenas condiciones de productividad y su excelente comportamiento para la exportación ([García, 2002](#)); además esta variedad presenta el mayor contenido de aceite 25,5% (NTC 5209), dentro de las ocho variedades con mayor demanda en el mercado (Hass, Fuerte, Booth 8, Trinidad, Lorena, Trapp, Choquette y Santana).

El incremento del consumo de aguacate a nivel mundial, principalmente en países como Estados Unidos, Francia, Alemania y Reino Unido, ha generado el aumento de las superficies plantadas en los países productores como México, Chile y Colombia ([Olaeta, 2003](#)). Sin embargo, lo anterior ha provocado la caída de los precios de este producto causada por la alta oferta que se presenta en el mercado, ya que gran parte de los frutos obtenidos en los cultivos no cumplen con los requerimientos de exportación, principalmente el tamaño, haciendo que todos los rechazos de la misma, equivalentes a 2.800 toneladas anuales, se queden en el mercado Colombiano ([Mejía, 2010](#)), generando grandes pérdidas a los productores nacionales.

Lo anterior, muestra la necesidad de establecer nuevas alternativas para el aprovechamiento de esta materia prima, la cual presenta un alto contenido lipídico de excelentes características nutricionales, haciendo del aguacate una excelente fuente de aceite, el cual posee entre un 70% y un 77% de grasas monoinsaturadas ([Olaeta et al., 2007](#)), incluyendo entre 63% y 69% de ácido oleico, 14% de ácido palmítico y trazas de ácido esteárico, mirístico, linolénico y raquíico ([Zhong et al., 2007](#)), ([Castro, 2008](#)), de igual manera presenta antioxidantes naturales como vitamina E, ácido fólico y el glutaniol ([Human, 1987](#)). Finalmente este producto a ganado interés a nivel gastronómico por su aporte nutricional, trayendo

grandes beneficios al consumidor, previniendo la acumulación de colesterol y enfermedades cancerígenas ([Quiles et al., 2003](#)), gracias a que contiene entre 12 y 15 mg/g de α -tocoferol, el cual se ha relacionado con una disminución de enfermedades cardiovasculares y 4,5mg/g de β -sitosterol, fitoesterol que inhibe la absorción intestinal del colesterol en los seres humanos y puede prevenir el cáncer de mama y colon ([Acosta, 2011](#)).

Existen varios métodos para la extracción de aceite de aguacate, entre ellos están; la extracción por solventes y fluidos súper críticos utilizados en la industria cosmética; extracción por centrifugación y prensado en frío, combinados con pre-tratamientos enzimáticos o secado de la pulpa como tal; los cuales son utilizados en la industria alimenticia ya que son procesos que no alteran la calidad del aceite ([Sandoval, et al., 2010](#)).

La liofilización es un proceso en el cual se extrae el agua contenida en la muestra, por medio de congelación y deshidratación por sublimación del hielo ([Orrego, 2008](#)); se diferencia de otros métodos porque permite obtener un producto de alta calidad, debido a que se caracteriza por: retener el aroma y sabor, conservar el valor nutricional del producto y generar mínimos cambios en la forma, color y apariencia del producto ([Barbosa et al., 2000](#)).

Debido a las características nutricionales previamente mencionadas del aceite de aguacate y a la necesidad de generar nuevas alternativas para el aprovechamiento de la fruta y el fortalecimiento de su cadena productiva, con este estudio se evaluó la extracción de aceite de aguacate por medio de prensado, posterior a una liofilización de la pulpa del aguacate, cuantificando el rendimiento y las características fisicoquímicas del aceite extraído con el fin de presentar el efecto de la liofilización sobre el proceso de extracción.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el laboratorio de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana sede Medellín, a una temperatura promedio de 23 °C y una humedad relativa alrededor de 58%.

2.1. Material

Los aguacates variedad “Hass” (*Persea americana* Mill) se adquirieron en una cadena reconocida de supermercados del país, y se seleccionaron los que se encontraban en el grado 6 de la escala de maduración ([White et al., 2009](#)), sin presencia de magulladuras, picaduras u otro tipo de alteraciones en la cáscara.

2.2. Análisis fisicoquímico del aguacate variedad Hass

Se determinó el contenido de humedad, proteína, fibra cruda, cenizas, extracto etéreo, acidez, carbohidratos y calorías, presentes en el aguacate Hass. Estas pruebas se realizaron utilizando las metodologías descritas en la [Tabla 1](#).

Tabla 1. Metodologías para el análisis fisicoquímico

Análisis Fisicoquímico	Método
Humedad	A.O.A.C 925.45 Ed. 18 Modificado
Proteína	A.O.A.C 988.05 Ed. 18
Fibra cruda	A.O.A.C 962.09 Ed. 18
Ceniza	A.O.A.C 923.03
Extracto etéreo	A.O.A.C 920.39. Ed. 18
Acidez total	A.O.A.C 940.28. Ed. 18
Carbohidratos	Cálculo por diferencia de componentes diferentes a carbohidratos.
Calorías	Cálculo a partir de grasa, proteína, carbohidratos.

2.3. Liofilización

Los aguacates seleccionados se lavaron con agua potable, se pelaron y deshuesaron a mano para posteriormente trocearlos en paralelepípedos de 0,5 cm de arista aproximadamente y ubicarlos en los *manifolds* del liofilizador, previamente recubiertos con una lámina plástica para evitar contaminación cruzada. Los recipientes con el aguacate se sometieron a congelación en un congelador SANYO modelo MDF-C8V1, a una temperatura de -80 °C, variando el tiempo de congelación en 6, 12, y 18 horas ([Guevara et al., 2006](#)). Terminado este tiempo los recipientes se llevaron al liofilizador LABCONCO modelo 7934021, cuya presión de operación fue de 0.023 mBar, donde se dejaron por 24 horas; transcurrido este periodo se obtuvo el aguacate deshidratado.

Cada tiempo de congelación se evaluó por triplicado.

2.4. Determinación de humedad

Después de obtener la pulpa liofilizada se procedió a determinar la humedad final de esta, siguiendo la metodología AOAC 925.45.

2.5. Extracción de aceite

La obtención del aceite se realizó utilizando una prensa hidráulica marca CARVER, modelo 4386. Para esto se ubicaron entre 80 y 90 g de pulpa de aguacate liofilizado en un filtro de poliamida con un tamaño de poro de $69,4 \times 10^{-2}$ mm, con el fin de evitar la presencia de pulpa en el aceite extraído y se sometieron al proceso de prensado, evaluando dos presiones, 2000 PSI y 2500 PSI y un tiempo de prensado de 30 minutos, variables seleccionadas a partir de ensayos preliminares, donde la extracción a 2000 PSI fue la mínima que permitió obtener aceite en cantidad significativa, mientras que la presión de 2500 PSI fue la máxima que se pudo alcanzar en el equipo sin deteriorar el mismo.

2.6. Rendimiento de extracción

Con el porcentaje de aceite teórico en Base Seca (BS), calculado a partir del análisis fisicoquímico y la humedad del aguacate fresco, y con los gramos de aguacate liofilizado en BS prensados, se determinó los gramos de aceite teórico en BS, empleando la ecuación 1.

$$\frac{g \text{ aceite teórico BS}}{\% \text{ aceite teórico BS} * g \text{ pulpa tratada BS}} = \frac{\quad}{100\%} \quad (1)$$

Finalmente, se determinó el rendimiento de la extracción, pesando el aceite obtenido y comparándolo con el teórico, empleando la ecuación 2,

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{g \text{ aceite obtenido}}{g \text{ aceite teórico BS}} * 100 \quad (2)$$

2.7. Caracterización del producto final

Siguiendo la norma técnica Colombiana NTC 241, a cada muestra de aceite obtenido se les realizó las siguientes pruebas de calidad: densidad relativa,

índice de saponificación, índice de refracción e índice de acidez. Las pruebas se realizaron por triplicado.

2.7.1. Densidad relativa ([ICONTEC NTC 336, 2002](#))

Se determinó con un picnómetro de 25 ml, utilizando el aceite extraído a 20°C, el cual se adicionó cuidadosamente en el recipiente evitando la formación de burbujas, se dejó en reposo por 30 minutos y se registró el peso, para finalmente determinar la densidad.

2.7.2. Índice de saponificación ([ICONTEC NTC 333, 1998](#))

Se realizó a partir de la reacción química entre la muestra de aceite con hidróxido de potasio (KOH 0,5 N) en ebullición, y una posterior titulación con ácido clorhídrico (HCl 0,5 N), expresado como (mg KOH/g de aceite). Para esto se pesaron 2 g de aceite, se adicionaron 15,5 ml de solución etanólica de KOH y se dejaron en ebullición con agitación esporádica por 1 hora. Posteriormente se adicionaron 0,5 – 1 ml de solución de fenolftaleína y se realizó la titulación con HCl 0,5 N previamente estandarizado, hasta que desapareciera el color rosa indicador; se realiza un blanco sin muestra de aceite. Finalmente se determinó el índice de saponificación, como la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio necesaria para saponificar por completo un gramo de aceite y se calculó a partir de la ecuación 3,

$$IS = \frac{[(V_1 - V_2) * N * 56]}{P} \quad (3)$$

Donde V1 es el volumen de HCl consumido en el blanco, V2 es el volumen de HCl consumido en el ensayo con aceite, N es la Normalidad del HCl y P es el peso de la muestra en gramos.

2.7.3. Índice de refracción ([ICONTEC NTC 289, 2002](#))

Se determinó por el método de refractometría, utilizando un refractómetro marca *Abbe*. Para esto se ubicó la muestra en el refractómetro, se dejó en reposo por un minuto y se registró la lectura y la temperatura. Finalmente se reportó el índice a 25°C.

2.7.4. Índice de acidez ([ICONTEC NTC 218, 1999](#))

Se determinó a partir de la titulación del aceite por solución alcalina, obteniendo el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH 0,1 N) necesarios para neutralizar un gramo de aceite. Se pesaron 50 g de muestra, se adicionaron 20 ml de alcohol neutro y 0,5 ml de fenolftaleína, se tituló con KOH 0.1N, previamente estandarizado. El resultado se expresó en porcentaje de ácido oleico y se calculó por medio de la ecuación 4,

$$IA = \frac{V \times N \times M}{10 \times P} \quad (4)$$

Donde V es el volumen gastado (ml) de KOH en la titulación de la muestra, N es la normalidad de la disolución de KOH, M es la masa molecular del ácido graso en que se expresa la acidez (para el ácido oleico = 282,00 g/mol) y P es el peso de la muestra en gramos.

2.8. Tratamiento estadístico

Para cada uno de los tratamientos se realizó un análisis comparativo del rendimiento y de las características del aceite obtenido, con el objetivo de evaluar la incidencia del tiempo de congelación y la presión del prensado en el proceso de extracción de aceite. Las variables analizadas fueron: rendimiento, índice de acidez, índice de saponificación, índice de refracción y densidad. El análisis estadístico corresponde a un análisis de varianza multifactorial con seis (6) tratamientos y tres (3) repeticiones. Cuando se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos, se determinaron a través de la prueba de Fisher, empleando el programa *Statgraphics Centurion XVI*.

3. RESULTADOS Y ANALISIS

3.1. Análisis fisicoquímico del aguacate variedad "Hass"

En la [Tabla 2](#) se presentan los resultados del análisis fisicoquímico que se le realizó a la pulpa de aguacate fresco, éstos son similares a los reportados por [Ortega \(2003\)](#); humedad (75 %), proteína (1,7%), extracto etéreo (15,4%), carbohidratos (4,4 %) y fibra (1,6%). Además, al comparar los valores obtenidos, con los reportados

en la bibliografía para otras fuentes vegetales a partir de las cuales también se obtiene aceite, el aguacate presenta similitudes con los valores reportados para la humedad (75.80%), las proteínas (1.2%) y los carbohidratos (4.8%) presentes en las aceitunas (ICBF, 2004), la pulpa de coco presenta mayor contenido de carbohidratos (15.23%) y fibra (9%) (USDA, 2004) que la pulpa de aguacate Hass, esto debido a la naturaleza de la fruta de coco, ya que su endospermo o pulpa es rica en polisacáridos no almidón, oligosacáridos resistentes, ligninas y las sustancias asociadas a polisacáridos no almidón (Escudero y González, 2006).

Finalmente, el contenido de lípidos presente en el aguacate variedad Hass (21,62 %), es mayor al establecido para las aceitunas (13,60%) (ICBF, 2004), la quínoa (6,07) (USDA, 2004) y la soya (6,80%) (USDA, 2004); pero menor al reportado para el coco (33,49%) (USDA, 2004) y para oleaginosas como almendras (49,93%) (USDA, 2004), maní (49,60%) (USDA, 2004), ajonjolí (50,87%) (USDA, 2004) y el girasol (51,46%) (USDA, 2004), lo anterior debido a que este tipo de plantas se caracterizan por poseer células especializadas en la producción de aceite, e industrialmente son utilizadas para la obtención de aceites grado alimenticio.

Tabla 2. Composición química del aguacate Hass

Análisis Físicoquímico	Base húmeda	Base seca
% Humedad	68,69 ± 1,47	---
% Proteína	3,66 ± 0,19	11,7 ± 0,61
% Fibra cruda	1,66 ± 0,65	5,31 ± 2,07
% Cenizas	2,15 ± 0,76	6,86 ± 2,42
% Extracto etéreo	21,62 ± 2,52	69,03 ± 8,04
% Acidez total	1,05 ± 0,10	3,35 ± 0,32
% Carbohidratos	3,95 ± 1,78	12,61 ± 5,68
Calorías Kcal/100g	224,43±14,62	715,93±46.64

De los componentes analizados, el contenido de lípidos y la humedad son valores de gran importancia para la presente investigación, debido a esto se comparó el porcentaje de lípidos determinado experimentalmente, con la NTC 5209 para aguacate Hass (25%), y se encontró que a pesar de ser similares, el porcentaje determinado para la pulpa de aguacate Hass es menor al reportado en la norma, lo anterior debido a que el contenido de aceite en el fruto de aguacate se ve

afectado por las condiciones agroecológicas del cultivo y estado del desarrollo del fruto, por lo tanto no todos los frutos presentan el mismo contenido de aceite (Castro, 2008), (Ozdemir y Topuz, 2004).

Por otro lado el contenido de lípidos en el fruto tiene una relación inversamente proporcional con la humedad, es decir, a medida que aumenta el contenido de lípidos, el contenido de materia seca en el fruto aumenta y por lo tanto, el porcentaje de humedad disminuye (Paradogi y Daga, 2007), lo anterior se observa claramente, al comparar los valores de humedad (68,69 ± 1,47) y contenido de lípidos (21,62 ± 2,52) determinados experimentalmente, con los reportados por Ortega (2003); humedad del 75,00% y contenido de aceite del 15,40%, donde un incremento en el contenido de humedad se tradujo en una disminución del contenido de aceite.

3.2. Rendimiento de extracción

Después de realizado el proceso de liofilización, se determinó que la humedad promedio de la pulpa deshidratada fue del 1,94 ± 0,36 %, valor similar al reportado por otros autores para frutas liofilizadas como manzana (4%) y banana (5%) (Moraga et al., 2011). El % de aceite en BS fue de 69,03 ± 8,04, como se observa en la Tabla 2; se calcularon con la ecuación (1) los gramos de aceite teórico y con la ecuación (2) el rendimiento de la extracción.

Los resultados obtenidos para los tres tiempos de congelación evaluados y las 2 presiones de prensado trabajadas, se presentan en la Figura 1, donde se observa que los rendimientos obtenidos al realizar la extracción a 2500 PSI son mayores que los alcanzados al trabajar con 2000 PSI, indicando una relación directamente proporcional entre la presión y el rendimiento,

Además, según el análisis de varianza que se presenta en la Tabla 3, los resultados obtenidos para la extracción a 2000 PSI, no presentaron diferencia estadísticamente significativa entre sí, al igual que los obtenidos para la extracción a 2500 PSI. Sin embargo, el rendimiento obtenido a este valor de presión después de llevar a cabo la congelación de la pulpa durante 18 horas, se asemeja estadísticamente a los obtenidos durante la extracción a 2000 PSI para 12 y 18 horas de congelación.

Lo anterior permite establecer que al realizar procesos de liofilización con previa congelación durante 18 horas, el rendimiento de extracción de aceite está relacionado con esta variable y es independiente de la presión trabajada.

Este comportamiento se debe a que durante los procesos de liofilización se ha establecido que la congelación es la fase principal, puesto que define el tipo y la cantidad de poros formados después de la sublimación del agua (Ceballos et al., 2012), así, los resultados obtenidos durante la presente investigación establecen que la relación directa entre tiempo de congelación y rendimiento de extracción, se debe a la mayor formación de cristales de hielo durante la congelación, que a su vez se traduce en una mayor cantidad de poros presentes después del proceso de deshidratación, lo que permite que se rompan más fácilmente las células y se extraiga el líquido que estas contienen, para este caso es el aceite, ya que el contenido de agua es mínimo.

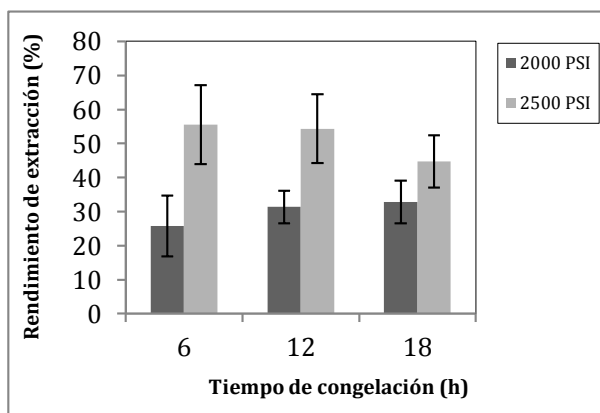


Fig. 1. Rendimientos de extracción para los 3 tiempos de congelación y las 2 presiones de prensado

Finalmente, en la [Tabla 3](#) se aprecia que tanto el máximo (55,53%) como el mínimo (25,79%) rendimiento de extracción se obtuvieron con seis horas de congelación.

Los rendimientos de la extracción a 2500 PSI y un tiempo de congelación de 6 y 12 horas ($55,53 \pm 11,6$ y $54,35 \pm 10,2$) respectivamente, se acercan al dato obtenido por el método de liofilización, seguido de una extracción con solventes como el hexano (Meyer, 2008) donde se alcanzaron valores de hasta 61%; situación similar a las metodologías en

las cuales se realiza la extracción del aceite por microondas y prensado, donde se alcanzan rendimientos del 65,2% (Morero et al., 2003) y del 67% (Ortiz, 2004), pero donde las características organolépticas del aceite obtenido se ven comprometidas por las temperaturas alcanzadas.

Tabla 3. Rendimientos de extracción

Presión	Tiempo (h) congelación	Rendimiento (%)
2000 PSI	6	$25,79 \pm 8,9$ a
	12	$31,33 \pm 4,7$ a,b
	18	$32,78 \pm 6,3$ a,b
2500 PSI	6	$55,53 \pm 11,6$ c
	12	$54,35 \pm 10,2$ c
	18	$44,79 \pm 7,7$ b,c

Las medias con la misma letra dentro de cada columna no son diferentes estadísticamente según la prueba LSD (Least Significant Difference) de Fisher (valor $p < 0,05$)

Los rendimientos obtenidos en general, son particularmente inferiores a los conseguidos por otros métodos de extracción de aceite de aguacate encontrados en la literatura, métodos que llevan a cabo extracción con solventes después de deshidratar la pulpa por microondas y que presentan rendimientos del 97% (Morero et al., 2003); sin embargo estos métodos alteran la calidad del aceite y limitan su uso en la industria alimentaria. Por otro lado, la metodología propuesta por Acosta (2011), quien reporta rendimientos del 95,5% para extracciones por centrifugación previo a un acondicionamiento de la pulpa con enzimas, permite concluir que una ruptura de las membranas celulares por tratamientos enzimáticos, permite obtener mayores rendimientos en la extracción.

3.3. Caracterización del producto final

En la [Tabla 4](#), se presentan los valores obtenidos para la caracterización del aceite extraído, teniendo en cuenta los 3 tiempos de congelación evaluados y las 2 presiones de prensado trabajadas.

Tabla 4. Resultados obtenidos para los diferentes tiempos de congelación y las presiones de prensado

Presión (PSI)	Tiempo congelación (h)	Densidad (g/ml) ¹	Índice de saponificación (mg KOH/g aceite) ¹	Índice de refracción ¹	Índice de acidez (% ácido oleico) ¹
2000	6	0,909 ± 0,001	234,169 ± 9,737	1,468 ± 0,002	0,287 ± 0,038
	12	0,909 ± 0,000	227,675 ± 2,275	1,468 ± 0,001	0,330 ± 0,064
	18	0,908 ± 0,001	231,780 ± 14,893	1,468 ± 0,001	0,307 ± 0,047
2500	6	0,908 ± 0,000	236,895 ± 7,802	1,468 ± 0,001	0,418 ± 0,030
	12	0,907 ± 0,002	231,269 ± 12,615	1,465 ± 0,002	0,322 ± 0,076
	18	0,910 ± 0,000	238,882 ± 9,601	1,467 ± 0,003	0,331 ± 0,073

¹No hay diferencia estadísticamente significativa entre ninguno de los tratamientos (Prueba de Fischer LSD al 5%)

3.3.1. Densidad relativa

Como se observa en la [Figura 2](#), la liofilización elimina el agua del aguacate y permite que se extraiga un aceite virgen que no varía con ninguno de los tratamientos de congelación y las presiones de extracción.

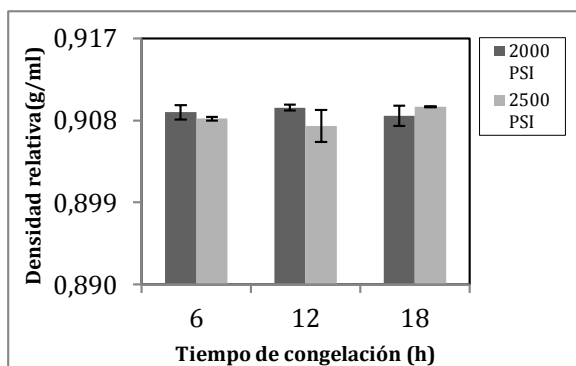


Fig. 2. Densidad del aceite obtenido para los 3 tiempos de congelación y las 2 presiones de prensado.

Por ese motivo, los valores descritos en la [Tabla 3](#), son muy similares a los reportados por otros autores para aceites de aguacates, extraídos con diversas metodologías, tales como; microondas y extracción sólido-líquido (0,909 g/ml) ([Jiménez et al., 2001](#)), pre-tratamiento enzimático y prensado (0,908g/ml) ([González et al., 2009](#)) y microondas seguido por prensado (0,910g/ml) ([Moreno et al., 2003](#)).

3.3.2. Índice de saponificación

En el índice de saponificación, hay una tendencia a aumentar con respecto a las presiones de prensado trabajadas, como se observa en la [Figura 3](#) y en la [Tabla 4](#). Sin embargo, el tiempo de

congelación no generó una tendencia definida en el comportamiento de esta propiedad, y los valores obtenidos durante los 3 tratamientos y las 2 presiones de prensado, no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

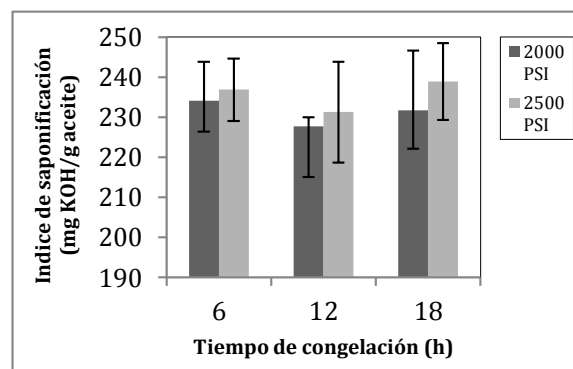


Fig. 3. Índice de saponificación del aceite obtenido para los 3 tiempos de congelación y las 2 presiones de prensado.

Teniendo en cuenta que el índice de saponificación es una medida inversamente proporcional al peso molecular de los ácidos grasos presentes en el aceite, es decir un aceite con alta presencia de ácidos grasos de bajo peso molecular presenta un alto índice de saponificación y viceversa ([Bailey, 1998](#)), se puede establecer que el aceite de aguacate tiene una gran cantidad de ácidos grasos de bajo peso molecular, incluso menor que aquellos presentes en el aceite de oliva, cuyo índice de saponificación según la norma técnica Colombiana NTC 258 debe oscilar entre 184 y 196 mg KOH/gr aceite.

Por otro lado, al comparar los valores experimentales con los establecidos en la bibliografía para aceites de aguacate extraídos por otras metodologías como microondas y extracción sólido líquido (262,00 mg KOH/g aceite) ([Jiménez](#)

[et al., 2001](#)) y microondas seguido por prensado (241 mg KOH/g aceite) ([Moreno et al., 2003](#)), se observa similitud entre los valores, sin embargo en la metodología donde se realiza pre-tratamiento enzimático y prensado (148,89 mg KOH/g aceite) ([González et al., 2009](#)), se establece una disminución del índice de saponificación con respecto al tratamiento evaluado en la presente investigación, mostrando que ese aceite presenta ácidos grasos de mayor peso molecular indicando una alteración del perfil lipídico del aceite, posiblemente por el proceso enzimático.

3.3.3. Índice de refracción

Como se observa en la [Figura 4](#) y en la [Tabla 4](#), el índice de refracción mínimo se presentó con doce horas de congelación y 2500 PSI de presión, además se evidencia que el índice de refracción no presentó diferencia estadísticamente significativa, es decir, esta propiedad no se ve afectada por el tiempo de congelación y/o por la presión de prensado, y sus valores oscilan entre 1,465 y 1,468.

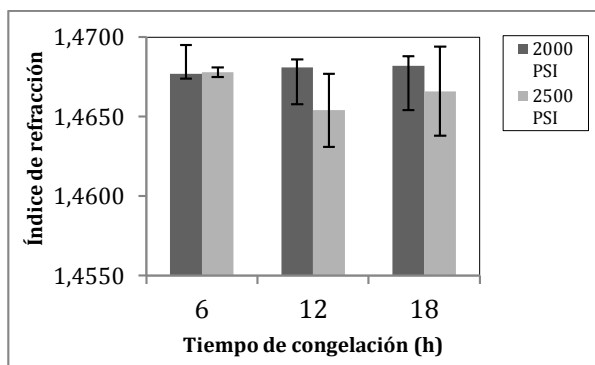


Fig. 4. Índice de refracción del aceite obtenido para los 3 tiempos de congelación y las 2 presiones de prensado.

El índice de refracción de un aceite es un indicador de pureza del mismo, pues está relacionado con el grado de saturación y con la relación cis/trans de los dobles enlaces ([Gutiérrez, 2003](#)), lo anterior permite determinar que la temperatura de congelación y la presión del prensado evaluadas en el presente ensayo, no generaron alteraciones en la pureza del aceite obtenido, lo que se confirma al comparar los valores experimentales con los reportados en la literatura para otras metodologías de extracción entre 1,467 y 1,469 ([Jiménez et al., 2001](#)), ([González et al., 2009](#)), ([Moreno et al., 2003](#)), ya que se observa que las condiciones de la extracción no alteraron el índice de refracción, y

teniendo en cuenta que esta propiedad se altera por la oxidación de los ácidos grasos ([Hamilton & Rossell, 1986](#)), se puede establecer que al momento de la medición, el aceite no presentó oxidación en el proceso de extracción.

3.3.4. Índice de acidez

Como se observa en la [Figura 5](#) y en la [Tabla 4](#), el proceso de congelación no generó una tendencia definida en el comportamiento del índice de acidez del aceite extraído, y los resultados obtenidos no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

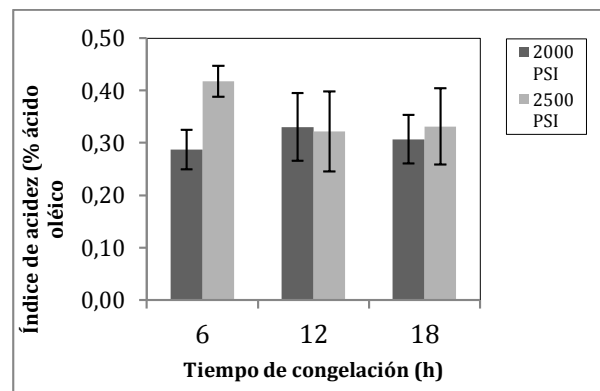


Fig. 5. Índice de acidez del aceite obtenido para los 3 tiempos de congelación y las 2 presiones de prensado.

El índice de acidez, corresponde al grado en el que la hidrólisis ha liberado a los ácidos grasos de su enlace éster con la molécula de glicérido original ([Gutiérrez, 2003](#)), en otras palabras, indica la proporción de ácidos grasos libres que contiene una muestra determinada, así entre menor sea el valor de acidez, mejor es su calidad ya que los ácidos grasos presentes se encuentran estables. Lo anterior se verifica, al comparar el valor promedio alcanzado en la presente investigación (0,332% de ácido oleico) con los reportados en la literatura, ya que en los aceites cuya extracción se realizó utilizando solventes, el valor reportado (0,569% de ácido oleico) es mayor, debido a la inclusión de estas sustancias en el proceso ([Jiménez et al., 2001](#)); mientras que el valor reportado para la extracción con pre-tratamiento enzimático seguido por prensado (0,320 % ácido oleico) ([González et al., 2009](#)) fue similar al obtenido experimentalmente.

4. CONCLUSIONES

Los tres tiempos de congelación evaluados durante el proceso de liofilización del aguacate "Hass" (*Persea americana Mill*) previo a la extracción del aceite, no presentaron una tendencia definida sobre su influencia en las propiedades evaluadas en el aceite. Sin embargo los resultados obtenidos, permiten establecer que la deshidratación por liofilización es un buen tratamiento para la remoción del agua de la pulpa que permite obtener aceites de muy buena calidad, comparado con otros métodos que utilizan altas temperaturas como la deshidratación por microondas o incluyen la adición de solventes, que finalmente afectan la calidad organoléptica y nutricional del aceite de aguacate.

Finalmente, al observar los rendimientos de extracción, se establece que las mejores condiciones para la extracción del aceite de aguacate "Hass", es llevando a cabo su congelación durante 6 horas y prensando la pulpa deshidratada a 2500 PSI por 30 minutos.

REFERENCIAS

- Acosta Morero, M. C. (2011) *Evaluación y escalamiento del proceso de obtención de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático*. Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de Magister en Ingeniería Química. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
- Agronet (2013). Sistema de estadísticas agropecuarias. En línea, en *agronet*, [<http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad% C3% ADsticcas.aspx>], consultado en 2014-02-2.
- Association of Official Agricultural Chemist (2005). *Official methods of analysis of AOAC International*. Association of official analytical chemist, Maryland.
- Bailey, P.S. y C.A., Bailey (2008). *Organic chemistry: a brief survey of concepts and applications*. Prentice Hall, Virginia.
- Barbosa Cánovas, G. y H., Vega Mercado (2000). *Deshidratación de alimentos*. Acribia, España.
- Barcat, J. A. (2011). Lesiones por caída de frutos. *Medicina Buenos Aires*, **71**, 299-301.
- Bartoli, J. A. (2008). *Manual técnico del cultivo de Aguacate Hass*. Fundación Hondureña de investigación, Honduras.
- Castro, J. (2008) *Evolución de la maduración de paltas cv. Lamb-Hass (persea americana Mill.) en huertos injertados sobre patrón mexicana*. Taller de Licenciatura. Quillota, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Ceballos, A., G. Giraldo y C. Orrego (2012). Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. *Journal of food engineering*, **111** (2), 360-365.
- Escudero Alvarez, E. y P. González Sánchez (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, **21** (2), 21-72.
- Sielfeld, P. C. (1987). Estimación del contenido de aceite a través de la humedad y su relación con la palatabilidad en frutos de paltos de las variedades negra de la cruz, bacon, edranol y hass desde la última etapa de desarrollo de hasta madurez fisiológica. En línea, en *avocadosource*, [http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/D-E-F/EstebanPaola1993.pdf], consultado en 2013-10-4.
- García M., C. (2002) *Variación estacional en el contenido de aceite, humedad y palatabilidad en frutos de paltos cv. Isabel injertado sobre Mexícola*. Taller de licenciatura. Chile, Universidad Católica de Valparaíso.
- González Vanegas, M.E, F. Forero Longas, A. Sandoval Aldana (2009). Efecto del tratamiento enzimático en la extracción de aceite de aguacate (American perseaMill). En línea, en *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA*, [<http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/cibiaaguacate.pdf>], consultado en 2012-07-09
- Guevara, E., T. Herrera, G.M. Morales, J.C. Gonzáles, J.C. Gómez (2006). Comportamiento del aguacate Hass liofilizado durante la operación de rehidratación. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, **5**, 51-56
- Gutiérrez Álvarez, B. A. (2003) *Proyecto de inversión de una planta de extracción y empaque de aceite de aguacate para el Rancho Villa Reguero*. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título en Maestría en Administración de Empresas con especialidad en Proyectos de Inversión. Puebla, Universidad de Las Américas Puebla.
- Hamilton, R.J. y J.B., Rosell (1986). *Analysis of oils and fats*. Elsevier Applied Science Publishers, Londres.
- Human, T.P. (1987). Oil as a byproduct of the avocado. En línea, en *avocadosource*,

- [http://www.avocadosource.com/WAC1/WAC1_p159.pdf], consultado en 2013-10-4.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2005). Tabla de composición de alimentos Colombianos. En línea, en *alimentos colombianos icbf*, [http://alimentoscolombianos.icbf.gov.co/alimentos_colombianos/], consultado en 2014-01-7
- Jiménez, E. A., M. Zambrano, L. Kolar (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.
- Mejía Hernández, A.E. (2010) Contexto productivo y comercial del aguacate en Colombia. En línea, en *Memorias del VII Seminario internacional de frutas tropicales. Agroindustria e innovación: 2010*, [<http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Publicaciones/memoriasseminariofrutastropicales.pdf>], consultado en 2012-02-20.
- Meyer, M.D. y L., Terry (2008). Development of a Rapid Method for the Sequential Extraction and Subsequent Quantification of Fatty Acids and Sugars from Avocado Mesocarp Tissue. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **56**, 7439-7445.
- Moraga, G., P. Talens, M.J. Moraga, N. Martínez Navarrete (2011). Implication of water activity and glass transition on the mechanical and optical properties of freeze-dried apple and banana slices. *Journal of Food Engineering*, **106** (3), 212-219.
- Moreno, O.A., L. Dorantes, J. Galíndez, I.R. Guzmán (2003). Effect of different extraction methods on fatty acids, volatile compounds, and physical and chemical properties of avocado (*Persea americana* Mill.) Oil. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **51**, 2216-2221.
- Norma Técnica Colombiana 218. 1999. Grasas y aceites animales y vegetales. Determinación de índice de acidez y de la acidez. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 241. 2002. Grasas y aceites comestibles vegetales y animales. Margarinas y esparcibles para uso en mesa y cocina. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 289. 2002. Grasas y aceites animales y vegetales. Determinación del índice de refracción. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 333. 1998. Grasas y aceites animales y vegetales. Determinación de índice de saponificación. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 336. 2002. Grasas y aceites animales y vegetales. Método de la determinación de la densidad- Masa por volumen convencional. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 5209. 2003. Frutas frescas. Aguacate. Variedades mejoradas. Especificaciones. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Olaeta, J. A. (2003). *Industrialización del aguacate: estado actual y perspectivas futuras*. En: Consejería de Agricultura y Pesca. V Congreso Mundial del Aguacate, 19/24 de octubre de 2003, Málaga, España: Servicio de Publicaciones y Divulgación, 749-754
- Olaeta, J.A., P. Undurraga, G. Espinosa (2007). *Evolución del contenido de aceite y compuestos no saponificables en paltas (persea americana mill.) cvs. Hass, Fuerte e Isabel*. En línea, en *avocadosource*, [<http://www.avocadosource.com/WAC6/es/Extenso/4b-183.pdf>], consultado en 2013-09-04.
- Orrego, A., Carlos E. (2008). Congelación y liofilización de alimentos. Artes Gráficas Tizan: Manizales.
- Ortega, T.M. (2003). Valor nutrimental de la pulpa fresca de aguacate *Hass*. En: Consejería de Agricultura y Pesca. V Congreso Mundial del Aguacate, 19/24 de octubre de 2003, Málaga, España: Servicio de Publicaciones y Divulgación, 741-748
- Ortiz, M.A., A.L. Dorantes, M.J. Gallnez, S.E. Cardenas (2004). Effect of a Novel Oil Extraction Method on Avocado (*Perseaamericana* Mill) Pulp Microstructure. *Plant Foods for Human Nutrition*, **59** (1), 11-14.
- Ozdemir, F., A. Topuz (2004). Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chemistry*, **86** (1), 79-83.
- Parodi, G., M. Sánchez, W. Daga (2007). Correlación del contenido de aceite, materia seca y humedad de pulpa como indicadores de cosecha en frutos de palto (*persea americana Mill*) var. Hass cultivada bajo condiciones de dos localidades en chincha-Perú. En línea, en

- avocadosource*,
[<http://www.avocadosource.com/WAC6/es/Extenso/4a-174.pdf>], consultado en 2013-10-04.
- Quiles, J.L., J.R. Huertas, J.J. Ochoa, M. Battino, J. Mataix, M. Mañas (2003). Dietary Fat (Virgin Olive Oil or Sunflower Oil) and Physical Training Interactions on Blood Lipids in the Rat. *Nutrition*, **19** (4), 363-368.
- Sandoval Aldana, A., F. Forero Longas, J. García Lozano (2010). Postcosecha y transformación de aguacate: Agroindustria rural innovadora. Corporación Colombia de investigación agropecuaria, CORPOICA, Colombia.
- Human, T.P. (1987). Oil as a byproduct of the avocado. En línea, en *avocadosource*, [http://www.avocadosource.com/WAC1/WAC1_p159.pdf], consultado en 2013-10-4.
- United States Department of Agriculture (2004). National Nutrient Database for Standard Reference. En línea, en *USDA*, [<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3700?fg=&man=&lfacet=&format=&count=&max=25&offset=&sort=&qlookup=coconut+>], consultado en 2014-01-7.
- White, A., A. Woolf, P. Hofman, M. Arpia (2009). *Manual internacional de la calidad del aguacate*. Plant & food research, Nueva Zelanda.
- Zhong, H., D. Bedgood, P.L. Bishop, K. Robards (2007). Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils. *Food Chemistry*, **100** (4), 1544-1551.

SOBRE LOS AUTORES

Angélica María Serpa

Ingeniero Agroindustrial, Especialista en Alimentación y Nutrición de la Corporación Universitaria Lasallista. Investigador del grupo de Investigaciones Agroindustriales GRAIN de la Universidad Pontificia Bolivariana. Principales áreas de interés investigativo: Formulación y desarrollo de alimentos, alimentos funcionales.

Andrés Echeverri L.

Ingeniero Agroindustrial. Principales áreas de interés investigativo: Deshidratación de productos agroalimentarios.

María Paulina Lezcano

Ingeniero Agroindustrial. Principales áreas de interés investigativo: Deshidratación de productos agroalimentarios.

Lina María Vélez

Ingeniero de Alimentos, Magíster en Desarrollo. Docente – Investigador, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia. Principales áreas de interés investigativo: Formulación, procesado y conservación de alimentos, aseguramiento de la calidad.

Andrés Felipe Rios

Ingeniero Agroindustrial, Especialista en Gestión de la Innovación Tecnológica. Docente – Investigador, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia. Principales áreas de interés investigativo: Pos-cosecha, métodos de conservación.

Gustavo Adolfo Hincapié

Químico, Magíster en ingeniería Ambiental. Docente – Investigador, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia. Principales áreas de interés investigativo: Deshidratación de productos agroalimentarios, determinación de propiedades funcionales de alimentos.