

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2025,  
Volumen 9, Número 2.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i2](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2)

**EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ACTIVIDAD  
ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE LA PULPA DE  
AGUACATE HASS (PERSEA AMERICANA)  
EN ESTADO DE OXIDACIÓN**

**PHYSICOCHEMICAL EVALUATION AND ANTIOXIDANT  
ACTIVITY OF HASS AVOCADO PULP OIL (PERSEA  
AMERICANA) IN A STATE OF OXIDATION**

**Denisse Bello Tolentino**  
Tecnológico Nacional de México

**María de los Ángeles Gama Gálvez**  
Tecnológico Nacional de México

**Karina Guadalupe Alzati León**  
Tecnológico Nacional de México

**Gerardo Galindo Ramos**  
Tecnológico Nacional de México

**Beatriz Gabriel Salmerón**  
Tecnológico Nacional de México

**Nyx Anaid Vargas Sotomayor**  
Tecnológico Nacional de México

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i2.17137](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17137)

## Evaluación Fisicoquímica y Actividad Antioxidante del Aceite de la Pulpa de Aguacate Hass (*Persea Americana*) en Estado de Oxidación

**Denisse Bello Tolentino<sup>1</sup>**

[denisbt295@hotmail.com](mailto:denisbt295@hotmail.com)

<https://orcid.org/0009-0007-6385-4272>

Tecnológico Nacional de México

Campus Acapulco

Acapulco-México

**María de los Ángeles Gama Gálvez**

[maria.gg@acapulco.tecnm.mx](mailto:maria.gg@acapulco.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-2687-19902>

Tecnológico Nacional de México

Campus Acapulco

Acapulco-México

**Karina Guadalupe Alzati León**

[karina\\_alzati21@outlook.com](mailto:karina_alzati21@outlook.com)

<https://orcid.org/0009-0007-7285-0599>

Tecnológico Nacional de México

Campus Acapulco

Acapulco-México

**Gerardo Galindo Ramos**

[gerardo.gr@acapulco.tecnm.mx](mailto:gerardo.gr@acapulco.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-3268-2857>

Tecnológico Nacional de México

Campus Acapulco

Acapulco-México

**Beatriz Gabriel Salmerón**

[beatriz.gs@acapulco.tecnm.mx](mailto:beatriz.gs@acapulco.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-6785-1342>

Tecnológico Nacional de México

Campus Acapulco

Acapulco-México

**Nyx Anaid Vargas Sotomayor**

[nyx.vs@acapulco.tecnm.mx](mailto:nyx.vs@acapulco.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-2295-6567>

Tecnológico Nacional de México

Campus Acapulco

Acapulco-México

### RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se tuvo como objetivo principal la caracterización y evaluación del aceite de la pulpa del aguacate Hass (*Persea americana*) en estado de oxidación. La obtención del aceite de la pulpa de aguacate Hass (*Persea americana*) en estado de oxidación se realizó mediante métodos de extracción por calentamiento y por deshidratación encontrándose, dentro de los hallazgos principales, un rendimiento del 7.99% y del 7%, respectivamente. En cuanto a sus propiedades fisicoquímicas se obtuvieron, para la densidad un valor de 0.9266 g/mL, para la viscosidad un valor promedio de 49.5101 cP, su índice de acidez fue de 1.0 mg KOH/g aceite, su acidez titulable de 0.5%, el índice de saponificación de 180.789 mg KOH/g y su índice de refracción de 1.4688. En evaluación sensorial de acuerdo a la norma (NMX-F-473-SCFI-2012), se organizó un panel de 10 personas, obteniendo en: Olor 100%, sabor 100% y apariencia 100% de aceptación, con base a estos resultados, se determinó como aceptable el aceite de aguacate oxidado obtenido. La colorimetría, se realizó a través del sistema de coordenadas CIELAB, dado por un sistema cromático, mediante las coordenadas L\* (luminosidad) de  $9.99 \pm 0.06$ , a\* (cromaticidad en el eje verde (-) a rojo (+)) de  $-0.42 \pm 0.03$  y b\* (cromaticidad en el eje azul (-) a amarillo (+)) de  $16.68 \pm 0.16$ . En la actividad antioxidante por DPPH, se obtuvo para aceite de aguacate fresco 233.1333 mg eq Trolox/ g muestra base seca  $\pm 0.1667$  y para aceite de aguacate oxidado 47.7333 mg eq Trolox/ g muestra base seca  $\pm 0.3$ . En Polifenoles Totales se obtuvo para aceite de aguacate oxidado 18.3667 mg eq AG/g muestra  $\pm 0.2333$  y para aceite de aguacate fresco 111.8333 mg eq AG/g muestra  $\pm 0.1333$ .

**Palabras clave:** aguacate hass, actividad antioxidante, DPPH, aceite de aguacate

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [denisbt295@hotmail.com](mailto:denisbt295@hotmail.com)

# Physicochemical Evaluation and Antioxidant Activity of Hass Avocado Pulp Oil (*Persea Americana*) in a State of Oxidation

## ABSTRACT

In the present research work the main objective was the characterization and evaluation of the oil from the pulp of the Hass avocado (*Persea americana*) in a state of oxidation. The oil was obtained from the pulp of the Hass avocado (*Persea americana*) in an oxidized state by means of extraction methods by heating and by dehydration, finding, among the main findings, a yield of 7.99% and 7%, respectively. Regarding its physicochemical properties, the following were obtained: for density a value of 0.9266 g / mL, for viscosity an average value of 49.5101 cP, its acidity index was 1.0 mg KOH / g oil, its titratable acidity of 0.5%, the saponification index of 180.789 mg KOH / g and its refractive index of 1.4688. In sensory evaluation according to the standard (NMX-F-473-SCFI-2012), a panel of 10 people was organized, obtaining in: Smell 100%, flavor 100% and appearance 100% acceptance, based on these results, the oxidized avocado oil obtained was determined as acceptable. Colorimetry was performed through the CIELAB coordinate system, given by a chromatic system, through the coordinates L \* (luminosity) of  $9.99 \pm 0.06$ , a \* (chromaticity on the green (-) to red (+) axis) of  $-0.42 \pm 0.03$  and b \* (chromaticity on the blue (-) to yellow (+) axis) of  $16.68 \pm 0.16$ . In the antioxidant activity by DPPH, 233.1333 mg eq Trolox/ g sample dry basis  $\pm 0.1667$  was obtained for fresh avocado oil and 47.7333 mg eq Trolox/ g sample dry basis  $\pm 0.3$  for oxidized avocado oil. In Total Polyphenols, 18.3667 mg eq GA/g sample  $\pm 0.2333$  was obtained for oxidized avocado oil and 111.8333 mg eq GA/g sample  $\pm 0.1333$  for fresh avocado oil.

**Keywords:** hass avocado, antioxidant activity, DPPH, avocado oil

*Artículo recibido 03 febrero 2025  
Aceptado para publicación: 15 marzo 2025*



## INTRODUCCIÓN

La sociedad necesita conocer del aprovechamiento de los recursos naturales, más cuando se trata del sector agrícola, bases de la economía nacional. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Rural de Guerrero (SAGADEGRO) tiene registrada la producción anual de 24 mil 846 toneladas de aguacate tipo Hass, lo que coloca a Guerrero en el sexto lugar a nivel nacional, concentrando el 84.9 por ciento del volumen de producción en México (SAGADEGRO, 2019).

Respecto a la investigación previa sobre este fruto, se conoce que los agricultores aprovechan una gran cantidad del aguacate en su cosecha, pero también es desperdiciada una gran parte de ella, debido a los aguacates que se encuentran en mal estado o ya no son de agrado para el consumo humano y son desechados.

El presente proyecto de investigación tiene por nombre “Evaluación fisicoquímica y actividad antioxidante del aceite de la pulpa de Aguacate Hass (*Persea americana*) en estado de oxidación”, este trabajo de investigación surge de la necesidad de ofrecer una alternativa a los residuos del aguacate que se generan durante la comercialización de la fruta; por lo cual, se busca darles otro uso para aprovechar la mayor parte de este fruto, en este caso, extraer aceite con aguacate en estado de oxidación con el método de extracción por calentamiento, determinar sus propiedades fisicoquímicas: densidad, índice de acidez, índice de saponificación, índice de refracción, viscosidad, evaluación sensorial, colorimetría, análisis bromatológicos: humedad y cenizas; y evaluar su actividad antioxidante. Estas propiedades permiten conocer la calidad del aceite obtenido.

Biológicamente es complicado controlar algunos aspectos de las características de las frutas, entre ellas el tamaño, color y la rugosidad de su cáscara. Esto, teniendo en cuenta las modificaciones genéticas y las manipulaciones que se hacen para obtener una producción mayor y particularidades específicas, debido a múltiples variables que influyen e impiden el cumplimiento del cien por ciento de los estándares establecidos para en los productos agrícolas. De esta manera, el desperdicio de aguacate no solo representa pérdidas para las organizaciones comercializadoras de aguacate, también genera un impacto ambiental negativo debido a la forma en que es desechado el fruto que no es apto para la comercialización.

México es el principal productor de aguacate, aproximadamente el 30 por ciento de la producción mundial, por lo que tiene un gran potencial como la mayor industria productora de aguacate. Eso incluye una gran cantidad de residuos que existen en todo el país, y negocios como los restaurantes que generan kilos de residuos de aguacate cada semana. El 96.4 por ciento de la producción del país corresponde al aguacate variedad Hass, el 2.7 al criollo, el 0.1 al fuerte y el resto no se encuentra clasificado (Espejel-García, et. al, 2022)

Para el aprovechamiento de lo que antes se consideraba “desecho”, en este caso de la fruta aguacate, se pueden crear nuevos productos, por lo que se convierte en una actividad sustentable que contribuye con la educación ambiental, reduce costos en producción e incentiva la investigación, de modo que el campo se desarrolla en nuevos espacios, en el que surge en respuesta a la tendencia mundial por reducir el impacto ecológico que tiene la industria alimentaria alrededor del planeta.

### **Antecedentes**

Entre los antecedentes de investigación relacionados a este trabajo se pueden mencionar los siguientes: (ANIAME, 2002). En México, la producción de aceite de aguacate ha presentado un aumento lento en respuesta a una demanda centrada en el mercado de la producción farmacéutica, de cosméticos y nutracéuticos, pero con un incremento en la industria alimenticia y como aceite para cocinar.

(P., 1970) (Daniel, 1979), mencionan que el aceite es un componente muy importante del aguacate, ya que constituye una parte significativa de la sustancia seca de la carne (mesocarpio) y son responsables del sabor y de la textura gustativa que los consumidores exigen en esta fruta.

Requejo, et al., (2003) realizó una investigación titulada: Aceite de aguacate por presión en frío – una novedad saludable. En el que se llevó a cabo una serie de análisis químicos del aceite de aguacate y se ha comprobado que contiene una amplia gama de compuestos con beneficios para la salud. El alfa-tocoferol, que se ha relacionado con la reducción de las enfermedades cardiovasculares, se encuentra aproximadamente en una cantidad de 12 a 15 mg/g de aceite en el producto obtenido por presión en frío. Se detectó una amplia gama de pigmentos liposolubles (carotenoides) en el aceite obtenido por presión en frío, como carotenos, xantofilas y una cantidad importante de clorofila.

Restrepo, et al. (2012), publicaron un artículo titulado “Comparación del aceite de aguacate variedad Hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercríticos y métodos convencionales: una

perspectiva desde la calidad”, donde se presentaron diferencias estadísticamente significativas con un valor de ( $p > 0,05$ ) en el índice de acidez, peróxido, yodo y saponificación, cuando se aplicaron diferentes métodos de extracción tales como prensado en frío y Soxhlet para la obtención de aceite de aguacate. Caso contrario ocurrió con la gravedad específica. El aceite de aguacate extraído por fluidos supercríticos presentó valores del  $90.18 \pm 0.78$  en el índice de yodo;  $16.87 \pm 1.15$  en el índice de peróxido;  $0.48 \pm 0.35$  para el índice de acidez;  $226.18 \pm 1.11$  en el índice de saponificación y  $0.915 \pm 0.04$  de gravedad específica.

Ariza, et al. (2011), realizaron un artículo titulado “Efecto de diferentes métodos de extracción sobre el perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate (*Persea americana Mill. var. Hass*)”, en el que se utilizó la extracción con disolvente (hexano) a temperatura ambiental, extracción con disolvente (hexano) a temperatura de  $70^{\circ}\text{C}$  y extracción por centrifugación, los cuales comparando los 3 métodos de extracción el mejor fue por centrifugación, ya que el aceite mantuvo su color verde característico, hubo un mínimo de formación de ácidos grasos libres y baja oxidación de los ácidos grasos insaturados. Sin embargo, su rendimiento fue 38,3 %; menor en comparación con los aceites extraídos con disolvente con y sin calor (78 y 58 % de aceite, respectivamente).

Martínez (2002), realizó una tesis profesional que tiene por nombre “La refinación del aceite de aguacate” donde extrajo aceite de aguacate con hexano a  $59^{\circ}\text{C}$  durante 1 hora y con ciclohexano a una temperatura de  $71^{\circ}\text{C}$  durante el mismo período de tiempo y se logró un rendimiento del 50 y 48.5% (b.s.; base seca) respectivamente.

Fawcett (2004), realizó un trabajo de grado que lleva por nombre “Análisis de extracción de aceite de aguacate por métodos físicos y evaluación de una producción a gran escala”, el proceso que tuvo una mayor influencia en el rendimiento de la extracción de aceite y mejor representó las condiciones de la calidad del aceite, fue el proceso de centrifugación en el que reportó un rendimiento de aceite del 57,38% (b.s.), para el índice de acidez, 0.478; yodo, 76.20; peróxido, 2.009; índice de refracción, 1.466; densidad, 0.911; y rancidez negativa. Todos estos resultados son aceptables en la extracción del aceite de aguacate de la variedad Lorena por el método de extracción por centrifugación.

Flores (2017), menciona en su trabajo de grado titulado “Obtención de aceite de aguacate con alto valor agregado para la industria de alimentos usando fluidos supercríticos” obteniendo en el proceso de

extracción (donde la humedad fue de 3,21%, el extracto etéreo de 67,05% y la concentración de vitamina E de 0.25 mg/100 g), posiblemente la liofilización por su principio de operación al utilizar temperaturas apropiadas, protegió los compuestos bioactivos presentes, y evitó la degradación de compuestos termolábiles como la vitamina E.

SAGARPA, 2016 indica que el árbol del aguacate es frondoso y de hoja perenne; tiene una floración muy generosa que cuaja en fruto en un porcentaje muy alto.

El fruto del aguacate es una baya carnosa (Lagos, 1997; Aparicio, 1990) de forma periforme, ovoide, globular o alargada. El color de la cáscara varía de verde claro a verde oscuro y de violeta a negro. El fruto del aguacate ha sido considerado por algunos autores como una drupa, entre otros están Ruiz (1912) y Cañizares (1973). De acuerdo con Roth (1977) el fruto del aguacatero algunas veces es incorrectamente llamado drupa. Esto es debido a que en la envoltura de la semilla se encuentra un estrato de esclerénquima que se confunde frecuentemente con el endocarpio y que corresponde a la testa, por lo que el aguacate es una baya monosperma.

López y Sánchez, 1990 mencionan que la época de floración y maduración de fruta es tardía y la duración del período de floración es media, similar al comportamiento de 'Hass'. La cosecha es entre marzo y mayo.

Entre las variedades de aguacate, se encuentra las variedades de Floración Tipo A, y en este tipo de floración el Aguacate Hass, el fruto de un tamaño por lo regular mediano, con un peso regularmente entre 170 y 420 g, figura 1, su color es verde y en forma de pera con una piel usualmente rugosa y negra cuando el fruto está en su punto de maduración también es dura y se desprende con mayor dificultad (Astudillo & Rodriguez, 2018). El tamaño de la semilla es mediano con un aprovechamiento de la pulpa del 66-70%. Su conservación en el árbol es excelente por lo que su recolección se puede prolongar durante meses. La maduración de esta variedad tiene una muy buena resistencia para todas las zonas de la costa lo que esto hace es que sea apropiada para este tipo de regiones. La época en donde se produce la maduración es de febrero a abril y tiene una cualidad que la hace atractiva que ella puede conservar bien en el árbol después de madurar. El árbol florece una vez al año y su maduración puede variar entre los 6 a 11 meses dependiendo de las condiciones climáticas lo más conveniente es que crezca entre los 17°C a 30°C (Astudillo & Rodriguez, 2018).

### **Importancia nutricional del aguacate**

El fruto de aguacate, cuyo uso es tan frecuente en la preparación de ensaladas, tiene un cierto valor alimenticio que lo hace comparable con la manzana, papa y el trigo. Se han efectuado análisis comparativos de la parte comestible de estos frutos, indicando que estos poseen un gran porcentaje de sustancias altamente nutritivas. Estos resultados manifiestan la gran proporción de materia que contiene la pulpa del aguacate, la que además de darle el sabor delicado, le da la consistencia especial, por la que se le ha llamado en muchas ocasiones mantequilla vegetal (FHIA, 2008).

La tabla 1 muestra la composición bioquímica del aguacate según FHIA, 2008, mientras que la composición bioquímica reportado por Conafrut (1997) y Nagalingam (1993) se da en tabla 2.

### **Composición lipídica del aceite de aguacate**

La composición de ácidos grasos del aceite de aguacate, cambia según las variedades de aguacate, tiempo cosechado y período de maduración siguiente a la cosecha, con cambios físicos significativos durante los primeros cuatro días de maduración posteriores a recolectar el fruto. (Vivero A et al., 2018). Contiene una cantidad de Ácidos Grasos Saturados comparable al del aceite de girasol, maíz, oliva, soya, por lo que depende de la variedad y estado de madurez en el cual se haya procesado el fruto y su variación está entre un 10 % y 19%. En cuanto a los Ácidos Grasos Monoinsaturados, es abundante el ácido oleico presente en prácticamente todas las grasas y aceites, en el aceite de aguacate es el principal ácido graso, llega hasta un 80% del total de los ácidos grasos en el aceite de aguacate (Pérez et al., 2005).

El contenido de aceite de la pulpa en el aguacate cambia con la variedad y el tiempo de maduración del fruto. Un fruto arrancado tempranamente tiene menor contenido de aceite que el fruto que permanece el tiempo adecuado en el árbol (PROHACIENDO, 2001).

La presencia de ácidos grasos insaturados es una de las principales características del aguacate. La técnica más usada para la determinación del perfil de ácidos grasos para el aceite de aguacate es por cromatografía de gases: esta técnica establece la proporción y el contenido de ácidos grasos, saturados e insaturados de la muestra de aceite, además de poder determinar si un aceite se encuentra adulterado (Finol, 2007).

El índice trans se mide fácilmente por espectroscopia infrarroja según el método IUPAC2.207. Estos efectos están compensados en cierto grado en los aceites que contienen dieno cis – trans y trans – trans (Valentín, 2010).

El grado de insaturación de una grasa, esto es el número de enlaces dobles, normalmente se expresa en términos de índice yodo de la grasa. El índice de yodo puede calcularse a partir de la composición de ácidos grasos obtenida por cromatografía de gases.

### **Ácidos grasos**

El aguacate es un alimento rico en nutrientes que contiene una alta proporción de AGM, una baja cantidad de AGS y nada de colesterol. Según Duester, 2000, cerca del 60 por ciento de los ácidos grasos son monoinsaturados, el 20 por ciento poliinsaturados y los demás, saturados. Cuando el fruto madura, disminuye el contenido de ácido palmítico (saturado) y aumenta el del ácido oleico (monoinsaturado)

### **Ácidos grasos saturados**

El aceite de aguacate sólo contiene una cantidad de AGS comparable a la de los aceites de girasol, maíz, oliva, soya y cacahuate, depende de la variedad y el estado de madurez (varía entre un 10 y 19 por ciento).

### **Ácidos grasos monoinsaturados**

El ácido oleico es el más abundante en la naturaleza. Un AGM está presente en todas las grasas y aceites, y en algunos aceites, como el de oliva, canola y de aguacate es el principal ácido graso. El ácido oleico llega a alcanzar hasta un 80 por ciento del total de los ácidos grasos en el aceite de aguacate.

### **Ácidos grasos poliinsaturados**

El aceite de aguacate está en una posición intermedia entre los aceites vegetales respecto al contenido de los AGP (11-15 por ciento). Contiene niveles más elevados de AGP que el aceite de oliva o de palma, pero sus niveles de AGP son más bajos que el aceite de maíz, algodón, soya y girasol. Los ácidos grasos de las familias n-3 y n-6, también conocidos como los  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6, poseen un doble enlace ubicado a 3 y 6 carbonos del metilo terminal, respectivamente, ésta es una posición estratégica para la actividad de algunas enzimas.

## **Tratamientos para la extracción del aceite del aguacate**

Existen diferentes tecnologías utilizadas para la obtención del aceite de aguacate, algunas de ellas son: extracción por prensado en frío, aplicada comúnmente para la extracción de aceites de semillas ricas en aceite (presenta un rendimiento entre un 10 y 12% del total del contenido graso para la variedad Hass) y la extracción por solventes orgánicos, que permite recuperar hasta 60% del total del contenido graso, pero ambas presentan características de calidad diferentes (Acosta, 2011).

En esta investigación la obtención del aceite de la pulpa de aguacate Hass (*Persea americana*) en estado de oxidación se realizó mediante métodos de extracción por calentamiento y por deshidratación.

El objetivo general de esta investigación es evaluar los parámetros fisicoquímicos y actividad antioxidante del aceite extraído de la pulpa de aguacate Hass (*Persea americana*) en estado de oxidación.

Entre los objetivos específicos se busca extraer aceite de la pulpa de aguacate Hass (*Persea americana*) en estado de oxidación, evaluar sus propiedades fisicoquímicas, su actividad antioxidante por el método DPPH●, cuantificar su contenido de humedad y de cenizas, así como evaluar la calidad del aceite extraído de este fruto.

## **METODOLOGÍA**

La metodología utilizada en esta investigación se considera cuantitativa con investigación aplicada y experimental con generación de conocimiento. Se utilizó aguacate (*Persea americana*) de la variedad tipo Hass como materia prima, adquirido del mercado central, en el puerto de Acapulco, Guerrero.

### **Extracción de aceite por calentamiento**

*Pesado y Lavado.* En esta etapa los frutos fueron lavados con agua y jabón comercial, desinfectados con hipoclorito de sodio en solución 100 ppm y enjuagados. Se acondicionaron para la obtención de la pulpa. Posteriormente se pesaron en una balanza analítica marca (Torrey).

*Despulpado.* Este proceso se realizó de manera manual; se cortó el aguacate a la mitad para retirar el hueso y con una cuchara se separó la pulpa de la cáscara evitando la contaminación de la pulpa con trazas de cáscara y hueso.

*Maceración.* Los aguacates fueron macerados, con ayuda de un pistilo y un mortero hasta lograr la formación de una masa del fruto.

*Homogenización.* La masa en forma de emulsión se homogenizó agitando constantemente y manteniendo una temperatura constante de 25°C.

*Calentamiento.* Se utilizó una plancha de calentamiento variando la temperatura de la pasta entre (30 a 65°C con intervalos de 10°C por 2 horas).

*Prensado.* Se prensó en esta etapa la mezcla de aceite de aguacate, agua y fibra, posteriormente se filtró a presión con una tela de manta para separar la fase sólida de la fase oleosa.

*Filtración.* La mezcla oleosa obtenida en el proceso anterior se filtró en papel para retirar la presencia de materia sólida.

*Envasado y almacenado.* El aceite obtenido se guardó en un frasco de vidrio ámbar, para ser protegidos de luz solar y artificial, para su posterior caracterización.

### **Extracción de aceite por deshidratación**

*Pesado y lavado.* En esta etapa los frutos fueron lavados con agua y jabón comercial, desinfectados con hipoclorito de sodio en solución 100 ppm y enjuagados. Posteriormente, se pesaron en una balanza analítica marca (Torrey).

*Despulpado.* Este proceso se realizó de manera manual; se cortó el aguacate a la mitad para retirar el hueso y con una cuchara se separó la pulpa de la cáscara evitando la contaminación de la pulpa con trazas de cáscara y hueso.

*Corte.* En esta etapa se cortaron rodajas de 1 cm de grosor aproximadamente para poder llevarlo al deshidratador.

*Colocación de aguacate en las bandejas.* Se colocaron las rodajas de aguacate en las bandejas, previamente estas cubiertas de papel encerado y se ordenaron de forma asimétrica con la intención de que se deshidrataran uniformemente.

*Deshidratación.* Los frutos fueron deshidratados por calor en un deshidratador marca (De Lorenzo) a una temperatura de (55-65°C ± 5 horas).

*Prensado.* En esta etapa se obtuvo la mezcla de aceite de aguacate, agua y fibra; esta mezcla se filtró a presión con una tela de manta para separar la fase sólida de la fase oleosa.

*Filtración.* La mezcla oleosa obtenida en el proceso de anterior se filtró en papel para asegurar el retiro de materia sólida.

*Envasado y almacenado.* El aceite obtenido se guardó en un frasco de vidrio ámbar, para ser protegidos de luz solar y artificial, para su posterior caracterización.

### **Análisis Físicoquímicos**

Todos los análisis físicoquímicos fueron realizados por triplicado.

#### **Densidad**

En la determinación de la densidad se utilizó un picnómetro con capacidad de 25 mL y se registró la diferencia del peso del picnómetro y el peso del mismo con la muestra por lo que se obtiene el peso de la muestra. Sabiendo que la densidad es igual a masa sobre volumen se calcula la densidad de muestra problema. Se realizaron los cálculos respectivos para determinar la densidad.

$$\rho_{\text{muestra}} = \frac{w_2 - w_1}{V} = \frac{pm}{V}$$

$w_1$  = Peso de picnómetro a peso constante

$w_2$  = Peso de picnómetro con muestra

$pm$  = Peso neto de la muestra

$V$  = Volumen del picnómetro

**Índice de acidez.** De acuerdo a la NMX-F-101-SCFI-2012 (Alimentos – aceites y grasas vegetales o animales – determinación de ácidos grasos libres - método de prueba).

Se pesaron 5 gramos y se diluyeron con 25 mL de Éter etílico y 25 mL alcohol etílico previamente neutralizados, utilizando el indicador de Fenolftaleína al 1% en solución alcohólica; se añadieron 3 gotas de indicador en la muestra y posteriormente se tituló la mezcla con la solución de hidróxido de sodio (NaOH) valorada a 0.1 N por medio de una bureta graduada (por goteo) con agitación constante hasta el vire de coloración mismo que persistió durante 30 segundos.

Los cálculos para determinar el índice de acidez se expresan en la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Acidez} = \frac{V \times N \times PM}{pm}$$

$V$  = Mililitros de solución valorada de NaOH gastados en la titulación de la muestra.

$N$  = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

$PM$  = Peso molecular de la solución de hidróxido de potasio (56.1 g/mol).

$pm$  = Peso de la muestra.

### Acidez titulable

Los cálculos para determinar la acidez titulable se expresan en la siguiente fórmula:

$$\text{Ácidos Grasos Libres como Oleico, en \%} = \frac{V \times N \times 28.2}{pm}$$

meq= Miliequivalente químico del ácido graso de referencia (Oleico 0.282)

V= Mililitros de solución valorada de NaOH gastados en la titulación de la muestra

N= Normalidad de la solución de hidróxido de sodio

pm= Peso de la muestra

Nota: Para convertir el porcentaje de ácidos grasos (como oleico) a valor ácido, se multiplica el porcentaje de ácidos grasos por 1.99.

### Índice de saponificación

En acuerdo a la NMX-F-174-SCFI-2014, se pesaron 2 gramos y se le agregaron 20 mL de la potasa (KOH) alcohólica con una pipeta volumétrica de 25 mL. Se prepararon y condujeron determinaciones en blanco simultáneamente con la muestra y similares en todos aspectos, excepto por omitir la grasa o el aceite. Se acopló al condensador y se llevó a ebullición lenta pero constante por 1 hora con ayuda de los agitadores magnéticos, hasta que la muestra estuvo completamente saponificada. Después de transcurrido el tiempo se dejó enfriar, lo suficiente para evitar la formación de gel, se lavó el interior del condensador con una pequeña cantidad de agua destilada. Por último, se agregaron 3 gotas del indicador de fenolftaleína al blanco y a la muestra y se titularon con la solución 0.5 N de HCl. Se termina la valoración de la titulación al cambio de vire de rosa a su color inicial.

Los cálculos para determinar el índice de saponificación se expresan en la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Saponificación} = \frac{(B-M) \times (N)}{pm} \times 56.1$$

B= Volumen, mL 0,5 N HCl requeridos para titular el blanco

M= Volumen, mL 0,5 N HCl requeridos para titular la muestra

N= Normalidad de la solución de HCl

pm= Peso de la muestra en gramos

Es el equivalente del hidróxido de potasio: 56.1

## **Índice de refracción**

En acuerdo la NMX-F-074-SCFI-2011, en su determinación se utilizó el refractómetro de ABBE; se colocó frente a la fuente de luz, se insertó el termómetro y se ajustó la circulación de agua, de manera que los prismas adquirieran la temperatura adecuada. Los prismas se limpiaron con el disolvente y se dejaron secar.

Se colocó una gota de la muestra sobre el prisma inferior y se presionó con el superior hasta que ambos quedaron juntos. Se ajustó la luz de manera que la permita atravesar en el aparato. Se enfocó el ocular sobre las líneas transversales cruzadas y sobre los lentes de la escala. Moviendo el brazo del prisma, se ajustó la parte baja del campo de modo que estuviera oscura y la superior iluminada. Se giró la cremallera de ajuste cromático, hasta que apareció una línea fina de separación perfectamente definida. Se movió el brazo del prisma hasta que la línea de separación se encontró en la intersección del retículo y por último se tomaron varias lecturas del índice de refracción en la escala hasta la cuarta cifra decimal.

## **Viscosidad**

Se determinó utilizando un viscosímetro de Ostwald, figura 2, Con una pipeta se introdujo el aceite en la ampolla (A) hasta más de la mitad de la misma. Se insufló aire de modo que el aceite llenó el volumen (V) quedando un poco más arriba del enrase (a). Se dejó escurrir el aceite poniendo en marcha el cronómetro en el momento en que la superficie el aceite pasó por (a) y deteniéndolo en el momento que se vació por (b).

## **Evaluación sensorial**

De acuerdo a la norma (NMX-F-052-SCFI-2008) las especificaciones deben ser:

Olor: Característico del producto, exento de olores extraños o rancios.

Sabor: Característico del producto, exento de sabores extraños o rancios.

Apariencia: Líquido transparente y libre de cuerpos extraños a 293K (20°C).

Se conformó un panel de 10 personas para evaluar organolépticamente el olor, sabor y apariencia del aceite preparado anteriormente.

El aceite se agitó para lograr una completa homogeneidad. Este debe estar libre de humedad y limpio.

Se colocó una masa de 5 g de muestra en un vaso de precipitado de 50 mL, se calentó a baño maría y a una temperatura de 60 °C y se procedió a efectuar la prueba organoléptica ya fría.

## Colorimetría

La evaluación colorimétrica, se realizó a través del sistema de coordenadas CIELAB, dado por un sistema cromático, mediante las coordenadas L, a\* y b\* (Moyano et al. 2008). Se utilizó un colorímetro HunterLab MiniScan EZ.

## Análisis bromatológicos

### Humedad

Se llevaron a peso constante charolas de papel aluminio de 5x10 cm. En cada charola se colocaron 1 gramo de muestra (pulpa de aguacate oxidado) y se introdujeron al horno de secado por 5 horas a 100° C. Después del tiempo transcurrido se retiraron las charolas del horno de secado y se colocaron en el desecador durante 30 minutos. Posteriormente, se determinó el peso de cada charola con la muestra.

$$HT \% = 100 \left[ \frac{(B-A)-(C-A)}{B-A} \right]$$

A= Peso charolita seca y limpia (g)

B= Peso charolita seca + muestra húmeda (g)

C= Peso charolita seca + muestra seca (g)

### Cenizas

En una estufa genérica se llevaron a peso constante los crisoles para esta determinación. Se le agregó a cada crisol 1 gramo de muestra aproximadamente. Con ayuda de un mechero y unas pinzas se quemó la muestra para que quedara lo más seca posible hasta quedar carbón al momento de introducirla en la mufla, a 550° C por 8 horas.

Posteriormente se retiraron los crisoles de la mufla y se colocaron en el desecador por 30 minutos. Se determinó el porcentaje de cenizas con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_c}{P_m} \times 100$$

P<sub>c</sub> = Peso de cenizas

P<sub>m</sub> = Peso de muestra fresca

## **Actividad antioxidante**

### **Método DPPH●**

En la determinación sobre la capacidad antioxidante por el radical DPPH●, citada por Brand-Williams, se preparó la solución de DPPH● con una concentración de 0.025 g/mL y Trolox a 0.001 g/mL para la realización de la curva de calibración con las siguientes concentraciones: 0.05, 0.1, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35 mg/mL. Los resultados se expresan en mg equivalentes de Trolox por gramo de muestra en base seca. (mg E.T/g b.s).

Se preparó el extracto, para lo cual se pesaron dos gramos de muestra en 25 mL de metanol al 80% y se dejó en agitación en ausencia de luz por 24 horas; una vez pasado el tiempo se centrifugó durante 10 minutos y se tomó el sobrenadante para después aforarlo en 25 mL con metanol al 80%. Posteriormente, se prepararon los tubos con 100 µL de muestra y se le adicionó 3.9 mL de solución de DPPH● y se agitaron los tubos nuevamente en ausencia de luz por media hora.

### **Polifenoles Totales**

#### **Método Follin Ciocalteau**

Esta prueba se determinó por el método de Follin-Ciocalteau descrita por (Singleton, 1999), para la cual se preparó un extracto metanólico con un gramo de muestra disuelto en 25 mL de metanol al 80% y se mantuvo en agitación durante una hora debidamente protegido de la luz. Se construyó una curva de calibración por lo que se preparó el reactivo de ácido Gálico a 200 ppm, cuyas concentraciones fueron de: 2 a 6 ppm, por lo cual los resultados se expresaron equivalentes de ácido Gálico por gramo de muestra en base seca (mg. E.A.G/g b.s). Se centrifugó y se filtró para separar los sedimentos; para después verterlo en un matraz aforado de 25 mL protegido de la luz. Se preparó un tubo de ensaye con 100 µL de extracto metanólico, después se añadieron 250 µL de reactivo de Follin-Ciocalteau (1 N), se agitó y se mantuvo en reposo durante 5 minutos en ausencia de luz. Después se agregaron 1250 µL de carbonato de sodio ( $Na_2CO_3$ ) al 7.5% y se completó el volumen de 3 mL con agua destilada; se agitó en vórtex y se dejó en reposo por 30 minutos en ausencia de luz. Se leyó la muestra en espectrómetro a una longitud de onda de 760 nm.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Rendimiento del aceite extraído**

De acuerdo con la tabla 3 el aguacate es una materia prima rica en aceite, por lo cual la extracción y producción de él puede considerarse como una opción viable. El rendimiento del aceite puede ser significativo a la hora de elegir el método por el que se extraerá. Se obtuvo un mayor rendimiento de aceite extraído por el método de extracción por calentamiento obteniendo un 7.99% mientras que por el método de deshidratación se tuvo un rendimiento de 7%; esto puede ser debido a los tiempos que se le dieron tanto al calentamiento como a la deshidratación, los cuales propiamente no son factores a considerar y comparar; así como también el grosor de la rodaja.

Como menciona Schwartz et al., 2007, el aceite de aguacate Hass presenta un alto contenido en ácido oleico por lo que se constituye en un alimento sano y saludable, que también debido a sus propiedades, es utilizado en la elaboración de determinados productos farmacéuticos, tanto cosméticos como medicinales, debido a las condiciones en las que llega el fruto.

El rendimiento del aceite dependerá del método o tratamiento, así como también la temperatura que se haya utilizado en la extracción del aceite.

### **Análisis fisicoquímicos**

En la tabla 4 se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos donde la densidad es de 0.9266 g/mL. Con respecto al estudio que realizó Jiménez et al. (2001) menciona que el aceite de aguacate se encuentra en un rango permitido con un valor de 0.91 a 0.92 g/mL, por lo que el aceite de aguacate oxidado de esta investigación está dentro de los parámetros.

De acuerdo a la norma NMX-F-052-SCFI-2008 los límites del aceite de aguacate fresco son de 0.910 a 0.920 g/mL, por lo que, el aceite obtenido de aguacate en estado de oxidación sigue dentro de los límites. Los análisis obtenidos de la viscosidad fueron con un promedio de 49.5101 cP, en comparación con la viscosidad del aceite de oliva es de 84 cP, el aceite de aguacate en estado de oxidación es más baja, pero más alta que el aceite de vegetales que es de 28 cP. Por otra parte, la viscosidad del aceite de aguacate se refiere a su resistencia al flujo, también puede indicar la presencia de impurezas o la contaminación del aceite. El aceite es menos denso que el agua, pero más viscoso. Lafont (2010), menciona que la viscosidad del aceite extraído por los métodos de extracción al cual es sometida la

pulpa de aguacate para extraer el aceite aumenta con la disminución de la temperatura, también depende de la variedad, a esto se debe la viscosidad presente en los aceites extraídos por los métodos utilizados para la extracción del aceite.

Se obtuvo un índice de acidez promedio de 1 (mg KOH/g aceite) y de acuerdo con la NMX-F-052-SCFI-2008 el índice de acidez no debe de sobrepasar de 1.5 (mg KOH/g aceite) para poder considerar el aceite como un aceite de calidad. Jiménez, et al. (2001) menciona que puede existir variación dependiendo del método de extracción, sin embargo, están en un rango de 0,50% a 1,50%. Por lo que el aceite extraído está dentro de los rangos aceptables para un aceite de calidad.

Se obtuvo un índice de refracción promedio de 1.4688 y 71.5 °Brix, de acuerdo a las especificaciones fisicoquímicas del aguacate fresco de la norma NMX-F-052-SCFI-2008 en el cual los límites son de 1.458-1.465, no hay una gran diferencia entre estos. Al comparar los valores obtenidos con los reportados en la literatura para otras metodologías de extracción oscila entre 1,467 y 1,469 (Jiménez et al., 2001), (González et al., 2009), (Moreno et al., 2003). El índice de refracción del aceite de aguacate es similar al del aceite de oliva, de acuerdo con la NMX-F-109-SCFI-2014, el cual oscila entre 1.4677-1.4705. Este análisis es un indicador de pureza del aceite, puesto que está relacionado con el grado de saturación y con la relación cis/trans de los dobles enlaces (Gutiérrez, 2003). En consideración que el índice de refracción se altera por la oxidación de los ácidos grasos (Hamilton & Rossell, 1986), se puede determinar que, al momento de la evaluación, el aceite no presentó una considerable oxidación en el proceso de extracción.

En cuanto a la acidez titulable se obtuvo un promedio de 0.5% y se entiende que un aceite con baja acidez es de mejor calidad, ya que de lo contrario esta puede aumentar con el tiempo debido a la descomposición de los triglicéridos en ácidos grasos y glicerol.

Los análisis que se obtuvieron para el índice de saponificación arrojaron un promedio de 180.789 mg KOH/g aceite; lo cual indica que está dentro de los valores comparados con las especificaciones fisicoquímicas del aguacate fresco de acuerdo con la norma NMX-F-052-SCFI-2008 en el cual los límites son de 177-198 mg KOH/g aceite. Considerando que el índice de saponificación es una medida inversamente proporcional al peso molecular de los ácidos grasos presentes en el aceite, lo cual quiere decir que un aceite con alta presencia de ácidos grasos de bajo peso molecular presenta un alto índice

de saponificación y viceversa (Bailey, 2008) Se puede establecer que el aceite de aguacate en estado de oxidación tiene una gran cantidad de ácidos grasos de mayor peso molecular, incluso similar a aquellos presentes en el aceite de oliva, cuyo índice de saponificación según la norma NMX-F-109-SCFI-2014 oscila entre 184-196 mg KOH/g aceite.

### **Evaluación sensorial**

De acuerdo a la norma (NMX-F-473-SCFI-2012), se organizó un panel de 10 personas y en base a los datos obtenidos, se registran los resultados. En acuerdo a la norma (NMX-F-052-SCFI-2008) las especificaciones deben ser:

Olor: Característico del producto, exento de olores extraños o rancios.

Sabor: Característico del producto, exento de sabores extraños o rancios.

Apariencia: Líquido transparente y libre de cuerpos extraños a 293K (20°C).

La evaluación del 100% de los panelistas resalta que el aceite extraído de aguacate oxidado tiene un olor característico del producto y exentos de olores extraños o rancio.

En cuanto a sabor, el 100% de los panelistas evaluaron que el aceite extraído tiene un sabor característico, sin sabores extraños o rancios.

Los resultados para la apariencia muestran que el 100% de los panelistas evaluaron que el aceite extraído es un líquido transparente y libre de cuerpos extraños.

En base a los datos, se da una aceptabilidad al aceite extraído del aguacate Hass en estado de oxidación.

### **Colorimetría**

En la tabla 5 se presentan los resultados de los parámetros colorimétricos de esta investigación. Obteniendo, L\* (indicador de la luminosidad), a\* (indicador de cromaticidad en el eje verde (-) a rojo (+)); b\* (indicador de cromaticidad en el eje azul (-) a amarillo (+)) (Álvarez, et al, 2018), de aguacates oxidados.

La evaluación colorimétrica, se realizó a través del sistema de coordenadas CIELAB, dado por un sistema cromático, mediante las coordenadas L, a\* y b\* (Moyano et al. 2008). Se utilizó un colorímetro HunterLab MiniScan EZ, donde se obtuvieron resultados de luminosidad, L\*:  $9.99 \pm 0.06$ , que indica que son oscuros, de acuerdo a lo reportado por (Castañeda-Antonio et al. 2015) los valores del aceite de aguacate fresco fueron de L\*: 11.52, siendo menos oscuro que del aceite de aguacate oxidado, esto

puede ser debido que al trabajar con estos aguacates se van degradando los pigmentos entre los cuales se encuentran carotenos, clorofilas, luteína, licopeno, gossipol y otros, generando compuestos como peróxidos, aldehídos y cetonas que alteran las propiedades ópticas del aceite, que pueden causar turbidez y una coloración más oscura reduciendo la capacidad de reflejar o transmitir luz lo cual disminuye su luminosidad, brillo y claridad, sin embargo, no existe una gran diferencia entre el aguacate oxidado y el fresco; su indicador de cromaticidad en el eje verde a rojo, valores  $a^*$  negativos:  $-0.42 \pm 0.03$ , indican que son más tendientes al color verde y se puede comparar con el aceite de Sacha inchi que de acuerdo a lo reportado (Paucar-Menacho et al. 2015) tienen un valor de  $a^*$  de  $-0.42$ , también se puede comparar que el aceite de aguacate oxidado es más baja la intensidad de color verde que el de la pulpa de aguacate fresco, donde indica (Bi et al. 2015) que tienen un valor de  $a^*$  de  $-6.33$ ; y su indicador de cromaticidad en el eje azul a amarillo, valores  $b^*$  positivos:  $16.68 \pm 0.16$ , indican que tienden más al color amarillento.

### **Análisis bromatológicos**

De acuerdo a la tabla 6, en los análisis de las muestras de humedad de la pulpa de aguacate oxidado se obtuvo un promedio de humedad de un 67%, de acuerdo a Bora y col. (2001) la pulpa de aguacate contiene un promedio de 56.04% de humedad, lípidos de 1.87%, proteínas de 1.95%, cenizas un 1.87%, fibra 5.105 y 33.17% de carbohidratos por diferencia.

El aguacate es una fruta oleaginosa climatérica con una riqueza de nutrientes. Tiene porcentaje de humedad con un promedio de 65-75% (Donetti & Terry, 2014). En un artículo reciente se reportó que la pulpa de aguacate contiene un 68.8% de humedad, 71% en cáscara y 51.7% en la semilla del aguacate (Alkaltham, M.S., et al. 2021). En base a los resultados obtenidos en la presente investigación no presenta diferencias significativas con los datos obtenidos en las investigaciones citadas con respecto a las normas, se encuentran en el rango de valores.

Con respecto al contenido de cenizas se obtuvo un porcentaje de 1.9440%, este resultado es mayor en base a lo reportado, por Jiménez, et al, (2001), quien reportó un contenido de cenizas de 1.26% en puré de aguacate fresco; sin embargo, en un artículo reciente se reportó un 2.41% de cenizas (Restrepo Duque, et al, 2012). Con los valores obtenidos de esta investigación está dentro de estos límites, desafortunadamente hay deficiente información sobre el porcentaje de cenizas de la pulpa de aguacate.

Citando a Ejiófor et al. (2018) el valor de la semilla es de un 2.26% de cenizas, de acuerdo a lo obtenido en esta investigación, hay mayores cenizas en la semilla del aguacate que en el de la pulpa, lo que indica que en la pulpa del aguacate hay una minoría de contenido de minerales a comparación con la semilla.

### **Actividad antioxidante y Polifenoles totales**

Al observar los resultados de la tabla 7, para la actividad de antioxidantes en el aceite de aguacate fresco se encontró un valor de 223.1333 expresado en mg eq Trolox/g base seca, en el aceite de aguacate oxidado se encontró un valor de 47.7333 mg eq Trolox/g base seca. Esto puede ser debido a la degradación de los compuestos antioxidantes naturales presentes en el aceite, como los polifenoles, la vitamina E (tocopheroles) y otros compuestos bioactivos. Estos antioxidantes ayudan a prevenir la oxidación del aceite, protegiéndolo de la formación de compuestos perjudiciales.

Al tener una actividad antioxidante más bajo por ende tiene menos vida útil por lo que su grado de rancidez es más acelerado que el aceite del aguacate fresco, debido a la destrucción de los antioxidantes naturales durante el proceso de oxidación; lo que deja al aceite del aguacate oxidado más susceptible a la descomposición del aceite.

El aguacate es una buena fuente de compuestos bioactivos tales como los ácidos grasos monoinsaturados: oleico, linoléico y palmitoleico y los esteroides como el  $\beta$ -sitosterol, estigmasterol y campesterol. La presencia de estos y de otros compuestos como  $\alpha$ -tocoferol, carotenoides, clorofilas y flavonoides en el extracto de aguacate contribuye a la mayor estabilización del radical libre DPPH•.

Moreno et al. (s.f.) determinó en su ensayo que el extracto de aguacate tuvo la mayor capacidad antioxidante con un valor de  $165,10 \pm 4,36 \mu\text{mol Trolox}/100 \text{ g muestra B.H.}$  En un estudio realizado para diferentes variedades de aguacate se encontró que la variedad Hass, tanto en pulpa como en residuos, tiene la mayor actividad antioxidante por DPPH•, en cáscara se reporta un valor de  $189,8 \pm 10,8 \mu\text{mol Trolox}/\text{g B.H.}$  y en semilla  $164,6 \pm 5,1 \mu\text{mol Trolox}/\text{g B.H.}$  Probablemente esto se debe a la presencia de compuestos de tipo lipofílico como los carotenoides, tocoferoles y tocotrienoles, los cuales están presentes en mayor proporción en la pulpa.

En base a los resultados de polifenoles totales obtenidos del aceite de aguacate fresco  $111.8333 \pm 0.1333 \text{ AG}/\text{g muestra base seca}$ , y los resultados de polifenoles totales del aguacate oxidado  $18.3667 \pm 0.2333 \text{ AG}/\text{g muestra base seca}$ , si hay una diferencia notable. Una menor cantidad de polifenoles totales en

el aceite de aguacate oxidado se debe principalmente a la degradación de los polifenoles, donde interactúan con los peróxidos y otros productos secundarios tales como los aldehídos y cetonas, lo que conduce a su destrucción. A medida que los polifenoles se oxidan, pierden su estructura y funcionalidad. Los polifenoles son el grupo más numeroso de componentes antioxidantes y están presentes en frutas y vegetales, semillas de leguminosas, granos, té, hierbas, especias y vinos (Horubala A., 1999; Borowska J., 2003). Éstos son antioxidantes naturales que ayudan a proteger al aceite contra la oxidación y la rancidez. Cuando el aceite entra en contacto con el oxígeno, el calor o la luz, los polifenoles se descomponen, lo que disminuye su concentración y, por ende, su capacidad para prevenir la oxidación.

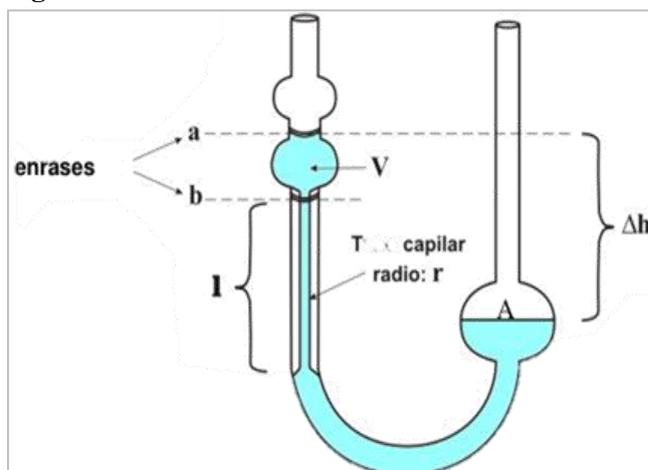
## TABLAS Y FIGURAS

**Figura 1** Aguacate Hass



Fuente: Variedades de aguacate – Viveros Brokaw Spain (s. f.)

**Figura 2** Viscosímetro de Ostwald



Fuente: FaMAF. UNC

**Tabla 1** Composición bioquímica del aguacate

Elemento	Cantidad (mg)	Elemento	Cantidad (g)
Calcio	24	Fibra	0.4
Hierro	0.5	Carbohidratos	5.9
Zinc	0.42	Proteínas	1.8
Magnesio	45	Grasa	18.4
Potasio	604		
Sodio	4.0		

Fuente: FHIA, 2008

**Tabla 2** Composición bioquímica reportado por Conafrut

Agua (%)	74.6	Potasio (mg)	480
Grasa (%)	20.6	Fósforo (mg)	14
Proteínas (%)	1.8	Magnesio (mg)	23
Fibra (%)	1.4		
Cenizas (%)	1.2		
Ácido Ascórbico (MG)	11		
Niacina (MG)	1.9		
Vitamina B6 (MG)	0.62		

Fuente: Conafrut, 1997

**Tabla 3** Extracción del aceite de aguacate oxidado

Determinación	Calentamiento (%) T° (50-55 °C)	Deshidratación (%) T° (50-55 °C)
Rendimiento	7.99 ± 0.0200	7 ± 0.0424

**Tabla 4** Análisis fisicoquímicos

Determinación	Aguacate fresco NMX-F-052-SCFI-2008 Schwartz, (2007)	Aguacate oxidado
Densidad (g/mL)	0.910 a 0.920	0.9266 ± 0.0073
Viscosidad (cP)	43	49.5101 ± 2.3733
Índice de refracción	1.458 a 1.465	1.4688 ± 0.0006
Índice de acidez, mg KOH/g aceite	<1.5	1 ± 0.1
Acidez titulable (%)		0.5 ± 0
Índice de saponificación, KOH/g	177-198	180.789

**Tabla 5** Colorimetría

Aguacate Oxidado	Parámetro de color		
	L*	a*	b*
	9.99± 0.06	(-)0.42±0.03	16.68±0.16

**Tabla 6** Análisis bromatológicos

Determinación	Aguacate oxidado
Humedad (%)	67.0063 ± 1.0362
Cenizas (%)	1.9440 ± 0.4115

**Tabla 7** Actividad antioxidante y polifenoles totales

Determinación	Actividad antioxidante DPPH• (mg eq Trolox/ g muestra base seca)	Polifenoles totales (mg eq AG/g muestra)
Aguacate fresco	223.1333 ± 0.1667	111.8333 ± 0.1333
Aguacate oxidado	47.7333 ± 0.3	18.3667 ± 0.2333

## CONCLUSIONES

Por el método de extracción por calentamiento, donde se tiene que realizar una maceración y homogenización se puede calentar la pulpa de aguacate en su totalidad y en menos horas; a comparación de las 5 horas de deshidratación, por ende, es más factible en tanto rendimiento y tiempo, e incluso se obtuvo mayor rendimiento con el aguacate oxidado que con el aguacate fresco.

En cuanto a la densidad se comparó la del aguacate fresco (0.8953 g/mL) con el oxidado (0.9266 g/mL); de acuerdo con esto, se obtuvo un aceite de la pulpa de aguacate oxidado con una densidad aceptable por encontrarse dentro de los límites registrados para el aceite de aguacate de acuerdo a la norma.

La viscosidad del aceite resultó con un promedio de 49.5101 cP, lo cual indica que el aceite de aguacate oxidado tiene una consistencia representativa de los aceites vegetales.

El índice de acidez de 1 mg KOH/g aceite, corresponde al grado en el que la hidrólisis ha liberado a los ácidos grasos de su enlace éster con la molécula de glicérido original; mientras más bajo sea el valor de la acidez, la calidad del aceite es mejor, esto debido a que los ácidos grasos presentes se encuentran estables, lo que indica la proporción de ácidos grasos libres que contiene una muestra determinada

(Gutiérrez, 2003). De acuerdo a la NMX-F-052-SCFI-2008, el aceite que se extrajo está dentro de los valores aceptables donde se ofrece un aceite de calidad.

El índice de saponificación de 180.789 KOH/g, este es una medida que se usa principalmente para identificar pureza en un aceite. De acuerdo a la NMX-F-174-SCFI-2014, este valor para el aguacate oxidado se encuentra dentro del rango para ser el aceite aceptable y puede ser utilizado para la elaboración de jabones.

El índice de refracción se obtuvo un promedio de 1.4688, este indica que es un aceite que está dentro del rango de un aceite de calidad.

En evaluación sensorial, de acuerdo a la norma NMX-F-473-SCFI-2012, se encontró que el olor y sabor del aceite de aguacate oxidado fue característico del producto y en la apariencia un líquido transparente sin cuerpos extraños, por lo que se considera aún un aceite aceptable.

En colorimetría el color verde del aceite de aguacate se debe principalmente a las clorofilas, que son pigmentos naturales presentes en la pulpa del aguacate. La mayor parte de la clorofila se encuentra en la piel y la pulpa del aguacate y se transfiere al aceite durante el proceso de extracción; la clorofila puede contener compuestos como los carotenoides (los cuales influyen con tonos amarillos o naranjas) y otros fitoquímicos como los polifenoles, tocoferoles (Vit. E) y fitoesteroles. Al trabajar con aguacate oxidado se vio afectado al color del aceite, debido a que la clorofila se va descomponiendo y pierde su color verde característico y se vuelve más amarillento, en conjunto también por los compuestos de peróxidos, aldehídos y cetonas.

En análisis bromatológicos se obtuvo un promedio de 67% de la humedad de la pulpa en estado de descomposición el cual se encuentra en el rango aceptable de la pulpa fresca. El porcentaje de cenizas obtenido de 1.94%, indica que en la pulpa del aguacate oxidado existe una mínima cantidad de minerales debido a que es el residuo del material inorgánico que queda cuando ya se volatilizaron los compuestos orgánicos que existen en la pulpa, se encuentra dentro de los límites por lo que se considera que es factible su uso.

La actividad antioxidante del aceite de aguacate en estado de oxidación resultó ser muy baja a comparación del aceite de aguacate fresco, lo que significa que tiene una menor capacidad de proteger

células del daño que causan los radicales libres; por lo que se puede concluir que en el aceite de pulpa de aguacate en estado de oxidación no se realiza esta acción.

Los polifenoles están asociados al color, las características sensoriales (sabor, astringencia, dureza), las características nutritivas y las propiedades antioxidantes de los alimentos de origen vegetal. Éstos son antioxidantes naturales que ayudan a proteger el aceite contra la oxidación y la rancidez. El aceite en contacto con el oxígeno, el calor o la luz, sus polifenoles se degradan disminuyendo su capacidad para prevenir la oxidación. Una menor cantidad de polifenoles totales en el aceite de aguacate oxidado se debe principalmente a la degradación de los polifenoles, donde interactúan con los peróxidos y otros productos secundarios tales como los aldehídos y cetonas, lo que conduce a su destrucción. A medida que los polifenoles se oxidan, pierden su estructura y funcionalidad.

El aceite obtenido de la pulpa del aguacate oxidado puede considerarse como un aceite de buena calidad, ya que todas las pruebas dieron resultados favorables en esta investigación encontrándose dentro de los rangos del aceite de aguacate fresco a excepción de la actividad antioxidante y polifenoles totales cuyos valores se encontraron bajos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acosta, M. C. Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático. Tesis de maestría no publicada. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia 2011. p. 40

Álvarez-H., Merly E., Ciro-V., Héctor J., & Arango-T., Julio C. (2018). Caracterización fisicoquímica de oleogel de aceite de aguacate (*Persea americana*) Y SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(1), 89-97. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.666>

Alkaltham, M. S., Uslu, N., Ozcan, M. M., Salamatullah, A. M., Mohamed Ahmed, I. A., & Hayat, K. (2021). Effect of drying process on oil, phenolic composition and antioxidant activity of avocado (cv. Hass) fruits harvested at two different maturity stages. *LWT - Food Science and Technology*, 148(May). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111716>

ANIAME (Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas comestibles), El aceite de aguacate en México, Vol. 8, Número 37, 2002.



- Aparicio, C; Calderón, R. 1990. *El cultivo del aguacate. (Material exaula, cátedra de cultivos perennes)*. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. El Salvador.
- Ariza-J, López-F, Coyolt-J, Ramos-M, Díaz.J & Martínez-A (2011). Efecto de diferentes métodos de extracción sobre el perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. var. Hass). *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2 (2): 263-276.
- Astudillo, C., & Rodríguez, P. (2018). Parámetros fisicoquímicos del aguacate *Persea americana* Mill. cv. Hass (Lauraceae) producido en Antioquia (Colombia) para exportación. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(2), 383–392. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol19\\_num2\\_art:694](https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num2_art:694)
- Bailey, P.S. y C.A., Bailey (2008). *Organic chemistry: a brief survey of concepts and applications*. Prentice Hall, Virginia.
- Bi, X.; Hemar, Y.; Balaban, M.O.; Liao, X. 2015. The effect of ultrasound on particle size, color, viscosity and polyphenol oxidase activity of diluted avocado puree. *Ultrasonics - Sonochemistry*. 27:567-575.
- Bora, P.S., N. Narain, R.V.M. Rocha and M.Q. Paulo, 2001. Characterization of the oils from the Pulp and sedes of avocado (cultivar fuerte) fruits. *Grasas y Aceites* 52:171-174.
- Borowska J. (2003). Fruits and vegetables as source of natural antioxidants. *PrzemyslFermentacyjny i Owocowo- Warzywny*; 1, 11–12.
- Castañeda-Antonio, D; López-Varela, P.; Guel-Silva, G.; Ramos-Casellis, E; Ariza-Ortega, A.; Carrera-Martínez, C.D.; Portillo-reyes, R. 2015. Caracterización oxidativa de aceite de aguacate hass y aceites de aguacate criollo (*P. americana* Mill. Var. *Drymifolia*). *Postcosecha e industrialización: VIII Congreso Mundial de la Palta*. p.423-430.
- Daniel, A.-Action des insaponifiables d'avocat et de soja sur l'inflammation du tissu conjonctif». *Extrait de la «Gazette Médicale de France»* 86 (1979) 2461-2468.
- Donetti M, Terry Leon A., Biochemical markers defining growing area and ripening stage of imported avocado fruit cv. Hass, *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 34, Issue 1, 2014, Pages 90-98, ISSN 0889-1575, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.11.011>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157514000027>)

- Duester, K. C. (2000). Avocados. A Look Beyond Basic Nutrition for One of Nature's Whole Foods. Nutr Today. [Online]: <http://www.findarticles.com>.
- Ejiofor, N. C., Ezeagu, I. E., & Umera, E. A. (2018). Determination of the Chemical Composition of Avocado (*Persea Americana*) Seed. Advances in Food Technology and Nutritional Sciences - Open Journal, SE (2), S51–S55
- Fawcett Vargas, I. (2004). *Análisis de extracción de aceite de aguacate por métodos físicos y evaluación de una producción a gran escala* [Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química].
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2008. *Manual Técnico del cultivo de aguacate Hass Persea americana L. (en línea)*. Disponible en [http://www.mcahonduras.hndocumentos/publicacioneseda/Manuales20de%20produccion/EDA\\_Manual\\_Produccion\\_Aguacate\\_FHIA\\_09\\_08.pdf](http://www.mcahonduras.hndocumentos/publicacioneseda/Manuales20de%20produccion/EDA_Manual_Produccion_Aguacate_FHIA_09_08.pdf)
- Finol, H., 2007. [En línea] Available at: <http://www.mailxmail.com/cursoPdf.cfm?gfnameCurso=alimentos tecnicas-procesos-conservacion>
- Flores Arroyave-Jessica (2017), Obtención de aceite de aguacate con alto valor agregado para la industria de alimentos usando fluidos supercríticos. Tesis para optar al título de Magister en Innovación Alimentaria y Nutrición.
- 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>
- 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.

- Horubala A. (1999). Antioxidant capacity and their changes in fruit and vegetables processing. *Przemysł Fermentacyjny Owocowo Warzywny*; 3, 30–31
- Iv, S. (2015). PROYECTO DE PRODUCCION DE AGUACATE HASS. [www.academia.edu](http://www.academia.edu).  
[https://www.academia.edu/16626321/PROYECTO\\_DE\\_PRODUCCION\\_DE\\_AGUACATE\\_HASS](https://www.academia.edu/16626321/PROYECTO_DE_PRODUCCION_DE_AGUACATE_HASS)
- Jiménez, M., Aguilar, M. R., Zambrano, M. L., & Kolar, E. (2001). Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas.
- Lafont, 2010. Efecto de la temperatura sobre la viscosidad de soluciones acuosas diluidas de 1,2-pentanodio, *Información tecnológica*: 20, 55-60.
- Lagos, JA. 1997. *Compendio de Botánica Sistemática*. 2ª. Edición. Dirección de publicaciones. San Salvador, El Salvador, C.A. 318 p
- López, LL y S.C. Sánchez. 1990. *Análisis físico y bromatológico de 19 selecciones de aguacate (Persea americana Mill.)* obtenidos en el CICTAMEX. Memoria de Actividades, CIC–Frutícola– CICTAMEX. Coatepec Harinas, México. 193–206 pp.
- Martínez, M. «La Refinación del Aceite de Aguacate.» Tesis para optar al título de Ingeniero Químico, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá, (2002): 148 h.
- 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.
- Moyano, M.J.; Meléndez-Martínez, J.; Alba, J.; Francisco, Heredia. J. 2008. A comprehensive study on the colour of virgin olive oils and its relationship with their chlorophylls and carotenoids indexes (II): CIELUV and CIELAB uniform colour spaces. *Food Res. International*. 41:513-521.
- Nagalingam, T. (1993). The application of combined preservation techniques to maintain the quality and extend the self-life of avocado. Department of Food Science and Technology. University of Reading. U.K., 140-145
- NMX-F-052-SCFI-2008 aceites y grasas- aceite de aguacate-especificaciones.

NMX-F-109-SCFI-2014 Alimentos- aceite de oliva-especificaciones (cancela a la NMX-F-109-SCFI-2006).

NMX-F-174-SCFI-2014 Alimentos-aceites y grasas vegetales o animales-determinación del índice de saponificación-método de prueba (cancela a la NMX-F-174-2006).

Paucar-Menacho, L.M.; Salvador-Reyes, R.; Guillén-Sánchez, J.; Capa-Roble, J.; More No-Rojo, C. 2015. Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agro pecuaria*. 6(4):279-290.

Pérez Rosales, R., Villanueva Rodríguez, S., & Cosío Ramírez, R. (2005). El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales. *e-Gnosis*, (3), 0. *Persea americana* Mill. cv. Hass (Lauraceae) producido en Antioquia

PROHACIENDO, Corporación para la promoción del desarrollo rural y agroindustrial del Tolima, 2001. El cultivo de aguacate, Ibagué: Módulo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural, Ibagué

Requejo Cecilia, Cynthia Lund, Anne White, Marie Wong, Tony McGhie, Laurence Eyres, Linda Boyd, Allan Woolf (2003). Aceite de aguacate por presión en frío – una novedad saludable. Congreso Mundial del Aguacate V. 2003. Resúmenes. A-205 pg. 460-461.

Restrepo Duque, Ana María, Londoño-Londoño, Julián, Dubán González, Álvarez, Benavides Paz, Yara, & Cardona Salazar, Blanca Lucía. (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. Retrieved January 11, 2025, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S179444492012000200016&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S179444492012000200016&lng=en&tlng=es).

SAGADEGRO. (2019). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Rural*. Campo Guerrero. <https://campoguerrero.gob.mx/index.php/2023/04/18/ubicacion-geoespacial-de-34-municipios-que-siembran-aguacate-en-el-estado-de-guerrero/>

Samson, JA. 1991. *Fruticultura tropical*. 1ª Ed. Español. Traductora Beatriz



- Schwartz, M., Oleata, J. A., Undurraga, P., & Costa, V. (2007). Mejoramiento del Rendimiento de Extracción del Aceite de Palta (Aguacate). Proceedings VI World Avocado Congress, No 978-956-17-0413-8. <https://www.avocadosource.com/wac6/es/Extenso/4b-182.pdf>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA]. (2016). *Aguacate Mexicano. Planeación Agrícola 2017-2030*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257067/Potencial-Aguacate.pdf>
- Singleton, V.L., Orthofer., R. & La muella, R.M (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of the Folin-Ciocalteu reagent meath enzymoy. 299
- Valentin, R. G., 2010. Extracción del aceite de calabaza, Habana: Revista Cubana de Plantas Medicinales *Variedades de aguacate* – Viveros Brokaw. (s. f.). <https://www.viverosbrokaw.com/productos/aguacate/variedades-de-aguacate/>
- Variedades de aguacate – Viveros Brokaw Spain. (s. f.-b). <https://www.viverosbrokaw.com/productos/aguacate/variedades-de-aguacate/>
- Vivero, A. Valenzuela, R. Valenzuela, A. Morales, G. (2018, 06 de septiembre) Palta: compuestos bioactivos y sus potenciales beneficios en salud. Revista chilena de nutrición. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182019000400491](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182019000400491)