

ACIDOS GRASOS Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DE ACEITE DE PALTA, VARIETADES *HASS* Y *FUERTE* – MOQUEGUA, PERÚ

E. Escobedo Pacheco ¹, L. M. Miranda Ramos ²

¹. Universidad Nacional de Moquegua, Moquegua, Perú

². Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú

El objetivo del estudio fue evaluar la estabilidad oxidativa del aceite de palta en las variedades *hass* y *fuerte* y que se producen en la Región Moquegua - Perú. Se ha determinado las características físicas y químicas de los frutos de la palta, se ha extraído el aceite mediante el método de prensado en frío y finalmente se ha evaluado su estabilidad oxidativa por el método rancimat. En la palta *fuerte*, la materia seca ha llegado hasta 32.58%; el rendimiento de extracción de aceite fue de 12.92%; el aceite obtenido tiene 77.426% de ácidos grasos monoinsaturados y 8.536% de ácidos grasos poliinsaturados; tiempos de inducción de 60.08, 26.40, 10.98 y 6.76 horas; para temperaturas de 90, 100, 110 y 120°C, respectivamente y tiempo estimado de estabilidad oxidativa de 3.5 años. En la palta *hass*, la materia seca ha llegado hasta 30.41%; el rendimiento de extracción de aceite fue de 11.10%; el aceite obtenido tiene 71.466% de ácidos grasos monoinsaturados y 13.338% de ácidos grasos poliinsaturados; tiempos de inducción de 50.30, 23.23, 10.87 y 4.92 horas; para temperaturas de 90, 100, 110 y 120°C, respectivamente y tiempo estimado de estabilidad oxidativa de 4,0 años.

Palabras clave: aceite de palta, *persea americana*, rancimat

FATTY ACIDS AND OXIDATIVE STABILITY OF AVOCADO OIL, VARIETIES *HASS* AND *FUERTE* - MOQUEGUA, PERU

The objective of the study was to assess oxidative varieties *hass* avocado oil and stability strong and that they are produced in the Region Moquegua - Peru. Found the physical and chemical characteristics of the fruits of the avocado, extracted the oil by pressing method in cold and finally its oxidative stability by the rancimat method has been evaluated. In the *fuerte* avocado, dry matter has reached 32.58%; the yield of oil extraction was 12.92%; the oil obtained has 77.426% monounsaturated fatty acids and 8.536% polyunsaturated fatty acids; induction times of 60.08, 26.40, 10.98 and 6.76 hours; for temperatures of 90, 100, 110 and 120 °C, respectively and estimated time of oxidative stability of 3.5 years. In the *hass* avocado, dry matter has reached 30.41%; the yield of oil extraction was 11.10%; the oil obtained has 71.466% monounsaturated fatty acids and 13.338% polyunsaturated fatty acids; induction times of 50.30, 23.23, 10.87 and 4.92 hours; for temperatures of 90, 100, 110 and 120 ° C, respectively and estimated time of oxidative stability of 4.0 years.

Keywords: avocado oil, *persea americana*, rancimat

INTRODUCCIÓN

La palta es un fruto característico de la Región Moquegua en Perú y la mayor parte de la producción es acopiada por empresas que se dedican a la exportación. Existen diferentes variedades de palta y por el clima característico de Moquegua, se producen principalmente las variedades *Hass* y *Fuerte*. Diversos trabajos de investigación demuestran muchas bondades del fruto de la palta, una de las bondades más importantes es su contenido de grasa insaturada, que lo hace altamente recomendable para su consumo por sus beneficios en la salud de las personas. El aceite de palta es uno de los productos que se puede obtener de la palta y tiene muchas aplicaciones ya sea en la preparación de alimentos para consumo humano o en áreas de elaboración de cosméticos o cremas, entre otras aplicaciones. El presente trabajo de investigación ha cumplido con determinar la composición fisicoquímica de la pulpa de palta y del aceite de palta; además se ha determinado la estabilidad oxidativa del aceite obtenido. Las paltas que se han trabajado han sido las variedades *Hass* y *Fuerte*.

La composición química depende de la variedad y el tiempo de cosecha. El total de lípidos extraídos del mesocarpio incluye lípidos neutros, glicolípidos y fosfolípidos. Entre los lípidos totales, más del 95% son lípidos neutros (de los cuales 87% fueron triglicéridos). La composición de ácidos grasos depende de la variedad, etapa de madurez, ubicación geográfica de crecimiento así como el método de extracción. El aceite de palta se caracteriza por el hecho de tener un alto contenido de ácido graso monoinsaturado (ácido oleico, >50%), el cual es similar al aceite de olivo. El ácido palmítico es el principal ácido graso saturado y el ácido linoléico es el principal ácido graso poliinsaturado en el aceite de palta. (Qin & Zhong, 2016)

La estabilidad oxidativa es un parámetro importante para determinar la calidad de aceites y grasas de animales y vegetales. La autooxidación es efectuada por el oxígeno de la atmósfera; el proceso de oxidación es iniciado por reacciones de radicales que involucran ácidos grasos insaturados. Los productos primarios que se forman son los hidroperóxidos, los cuales se descomponen en una serie de reacciones complejas; los productos secundarios incluyen alcoholes y compuestos de carbonilo. Estos pueden ser aún más oxidados y llegar hasta formar ácidos carboxílicos. (Laeubli, Markus, & Bruttel, 2015)

Para determinar la estabilidad oxidativa, el aceite es expuesto a una corriente de aire seco a una temperatura de 100-140 C. El progreso de las curvas de oxidación puede ser seguido por la medición de conductividad. Las curvas comprenden una fase de inducción, en la que prácticamente no se forman productos secundarios, y una fase de oxidación, durante la cual se detecta un gran aumento en el valor del peróxido y productos volátiles.

El método desarrollado por Hadorn y Zurcher, método Rancimat, utiliza el hecho de que la mayor parte de los productos volátiles está constituida por ácido fórmico. Estos componentes volátiles están atrapados en agua destilada, medidos conductimétricamente y la conductividad trazada automáticamente.

La fase inicial recibe el nombre de “Periodo de inducción” y representa el tiempo que una grasa soporta sin experimentar cambios bajo unas determinadas condiciones agresivas.

Método Rancimat

En 1974, Hadorn y Zürcher publican un método de determinación de la estabilidad basado en el test de Swift. Recogen los gases generados durante el proceso en una trampa de agua y registran la conductividad.

(Cabré Cabré & Massó Maresch, 1992) menciona que para definir directamente el método empleado, en la técnica Rancimat, principalmente se debe especificar:

- Temperatura. Es el parámetro más importante. En grasas y aceites se trabaja entre 100°C y 130°C. En este margen, la determinación se da en un número de horas no demasiado corto, ya que se perdería precisión, ni demasiado largo, porque se demora la obtención del resultado, resulta antieconómico y se pueden presentar problemas por evaporación del agua de la trampa.
- Caudal de aire. Para facilitar la definición del punto final se suele trabajar a 20 L h⁻¹
- Cantidad de muestra. 2 mL

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de palta se han obtenido del Instituto Nacional de Investigación Agraria de Moquegua, (INIA) y de productores de palta de la Provincia de Mariscal Nieto. Se ha seleccionado paltas maduras para su consumo y que no presenten daños que alteren la calidad del fruto y del aceite. Las paltas que se han utilizado son frutos que tienen calidad aceptable para su consumo.

Composición fisicoquímica y de ácidos grasos de la palta fresca

Se ha determinado, enviando muestras representativas a laboratorios especializados. En el análisis fisicoquímico se ha determinado la composición de proteína, grasa, humedad, ceniza, carbohidratos y calorías. En el análisis de composición de ácidos grasos se ha determinado los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados.

Extracción de aceite de palta

La palta entera se ha desinfectado con una solución acuosa de hipoclorito de sodio al 0.5%, permaneciendo el fruto en dicha solución durante 10 minutos; luego se ha enjuagado con suficiente cantidad de agua. La cáscara se ha retirado manualmente utilizando un cuchillo, se separa la semilla y la pulpa que queda se ha colectado en un recipiente para su homogenización manual, caracterizada por una textura cremosa y uniforme. La pulpa homogenizada ha sido colocada en una cámara de refrigeración, programada para mantener una temperatura de 4°C y por un tiempo de 2h. La extracción del aceite se ha realizado utilizando agua como vehículo para la salida del aceite de las células que contienen la grasa en la palta. Para esto, se ha añadido agua en una proporción de pulpa:agua de 2:1; a temperatura ambiente, tiempo de 30 minutos y con agitación constante. La mezcla pulpa-agua ha sido colocado en una manga filtrante, luego se ha ubicado en el recipiente de la prensa hidráulica tipo cilindro con pistón y sometido a presión de 120 bar. Los sólidos se retienen en forma de torta y el filtrado se recolecta en un recipiente para su posterior separación por centrifugación a 4000 rpm y durante 10 minutos. Por la diferencia de densidades, el aceite ha quedado en la parte superior de los tubos de centrífuga y se han completado su separación por decantación. El aceite obtenido, ha sido envasado en recipientes de vidrio de color ámbar para evitar la oxidación por la luz.

Composición Fisicoquímica y de ácidos grasos del aceite de palta

Se ha realizado en laboratorios especializados. En el análisis fisicoquímico se ha determinado la composición de proteína, grasa, humedad, ceniza, carbohidratos y calorías. La composición de ácidos grasos se ha analizado por cromatografía de gases.

Estabilidad a la oxidación

La estabilidad a la oxidación se ha determinado con un equipo medidor de la estabilidad a la oxidación, por el método rancimat. Se ha determinado su tiempo de inducción, usando el método de altas temperaturas. Se ha colocado 2 ml de aceite en un tubo de reacción, propio del equipo rancimat (metrohm, modelo 892), y se ha evaluado su estabilidad a la oxidación a 90°C, 100°C, 110°C y 120°C. El equipo rancimat registra la variación de la conductividad en función del tiempo y mantiene la temperatura y el registro de datos hasta detectar automáticamente el tiempo de inducción. Con los datos obtenidos se realizaron los análisis de estabilidad a la oxidación.

RESULTADOS

Composición fisicoquímica, pulpa de palta

El análisis fisicoquímico muestra que los principales componentes de la pulpa de palta, en ambas variedades de estudio, son la grasa y el agua. En la Tabla 1 se muestra los resultados del análisis fisicoquímico de la pulpa de las variedades *fuerte* y *hass*, ambas en su madurez de consumo.

Tabla 1. Análisis Fisicoquímico de pulpa de palta

Ensayos	Unidad	Palta <i>Fuerte</i>	Palta <i>Hass</i>
Proteína (N x 6.25)	g/100 g	2.05	1.97
Grasa (Hidrólisis)	g/100 g	22.03	18.28
Humedad	g/100 g	68.42	71.02
Ceniza	g/100 g	3.29	3.69
Carbohidratos	g/100 g	4.21	5.04
Calorías	Kcal/100g	223.31	192.56
Calorías provenientes de proteínas	Kcal/100g	8.20	7.88
Calorías provenientes de grasa	Kcal/100g	198.27	164.52
Calorías provenientes de carbohidratos	Kcal/100g	16.84	20.16

Composición de ácidos grasos, pulpa de palta

El análisis de ácidos grasos muestra que la pulpa de palta *fuerte* contiene mayor cantidad de ácido oleico (omega-9) que la palta *hass*, sin embargo, la palta *hass* contiene mayor cantidad de ácido linoleico (omega-6) y ácido linolenico (omega-3) que la palta *fuerte*. Además, se observa que la pulpa de palta *fuerte* contiene mayor cantidad de ácidos grasos monoinsaturados y la pulpa de palta *hass* contiene mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados. En la Tabla 2 se muestra los resultados del análisis de composición de ácidos grasos de la pulpa de palta.

Tabla 2. Composición de ácidos grasos, pulpa de palta

Ácidos Grasos	Composición, g/100g	
	Palta fuerte	Palta hass
Ac. Palmitico(C16:0)	4.146	4.033
Ac. Palmitoleico(C16:1)	2.051	1.967
Ac. Margarico (C17:0)	-----	0.007
Ac. Esteárico(C18:0)	-----	0.082
Ac. Oleico(C18:1 (w 9 cis))	13.339	8.414
Ac. Linoleico (C18:2 (w 6 cis))	1.962	2.984
Ac. Linolenico(C18:3 (w 3))	-----	0.205

Extracción de aceite de palta

Siguiendo los parámetros de proceso de extracción mencionados en la parte metodológica, el rendimiento de aceite de palta ha sido de 12.92% para la palta *fuerte* y 11.10% para la palta *hass*.

Composición fisicoquímica del aceite de palta

El análisis fisicoquímico muestra que el aceite de palta contiene grasa en más del 99% y por ello todo el aporte de calorías proviene de la grasa. Esto sucede en ambas variedades de estudio. En la Tabla 3 se muestra los resultados del análisis de la composición fisicoquímica del aceite de palta.

Tabla 3. Composición Fisicoquímica de aceite de palta

Ensayos	Unidad	Palta Fuerte	Palta Hass
Proteína (N x 6.25)	g/100 g	0.09	0.09
Grasa	g/100 g	99.77	99.85
Humedad	g/100 g	0.12	<0.02
Ceniza	g/100 g	<0.02	0.04
Impurezas Insolubles	g/100 g	0.02	0.02
Carbohidratos	g/100 g	0.02	0.02
Calorías	Kcal/100g	898.37	899.09
Calorías provenientes de proteínas	Kcal/100g	0.36	0.36
Calorías provenientes de grasa	Kcal/100g	897.93	898.65
Calorías provenientes de carbohidratos	Kcal/100g	0.08	0.08

Composición de ácidos grasos del aceite de palta

El análisis de ácidos grasos muestra que el aceite de palta *fuerte* contiene mayor cantidad de ácido oleico (omega-9) que el aceite de palta *hass*, sin embargo, el aceite de palta *hass* contiene mayor cantidad de ácido linoleico (omega-6) y ácido linolenico (omega-3) que la palta *fuerte*. Además, se observa que el aceite de palta *fuerte* contiene mayor cantidad de ácidos grasos monoinsaturados y el aceite de palta *hass* contiene mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados. En la Tabla 4 se muestra los resultados del análisis de composición de ácidos grasos en el aceite de palta.

Tabla 4. Composición de ácidos grasos de aceite de palta

Ácidos Grasos	Composición, g/100g
---------------	---------------------

	Palta fuerte	Palta hass
Ac. Cis-11-Eicosenoico(C20:1)	0.165	0.155
Ac. Esteárico(C18:0)	0.579	0.419
Ac. Linoleico (C18:2 (w 6 cis))	7.995	12.639
Ac. Linolenico(C18:3 (w 3))	0.541	0.699
Ac. Oleico(C18:1 (w 9 cis))	73.867	66.369
Ac. Palmitico(C16:0)	13.141	14.564
Ac. Palmitoleico(C16:1)	3.394	4.942

Estabilidad a la oxidación del aceite de palta

En la evaluación de estabilidad a la oxidación, el aceite de palta ha mostrado tiempos de inducción según se registran en la Tabla 5. Se observa que a mayor temperatura del aceite, el tiempo de inducción disminuye.

Tabla 5. Tiempos de inducción para aceite de palta

Temperatura (°C)	Tiempo de inducción (h)							
	Palta fuerte				Palta hass			
	N° de muestra							
	1	2	3	4	1	2	3	4
90	60.77		58.80	60.66	51.95	49.72	49.27	50.25
100	26.07	26.25	26.39	26.90	23.44	23.21	22.89	23.37
110	10.88	11.02	10.89	11.11	10.80	10.85	10.63	11.18
120	6.55	6.72	6.70	7.07	5.01	4.94	4.83	4.91

En la Figura 1 se muestra que la variación del tiempo de inducción en función de la temperatura, tiene un comportamiento exponencial. Se observa que por cada 10°C de variación de temperatura el tiempo de inducción, aproximadamente, se duplica.

En la Figura 2 se muestra una gráfica del tiempo de inducción a diferentes temperaturas, del aceite de palta, cuando en el eje X se representa la inversa de la temperatura absoluta; estos datos muestran un comportamiento exponencial y pueden ser representados por la ecuación de Arrhenius. Los tiempos de inducción estimados son:

Para el aceite de palta *fuerte* se ajusta en más del 99% a la ecuación exponencial:

$$t = 1 \cdot 10^{-11} e^{10623 \left(\frac{1}{T} \right)}$$

Para el aceite de palta *hass* se ajusta en más del 99.9% a la ecuación exponencial:

$$t = 3 \cdot 10^{-12} e^{11025 \left(\frac{1}{T} \right)}$$

Donde t es el tiempo en horas y T es la temperatura en K.

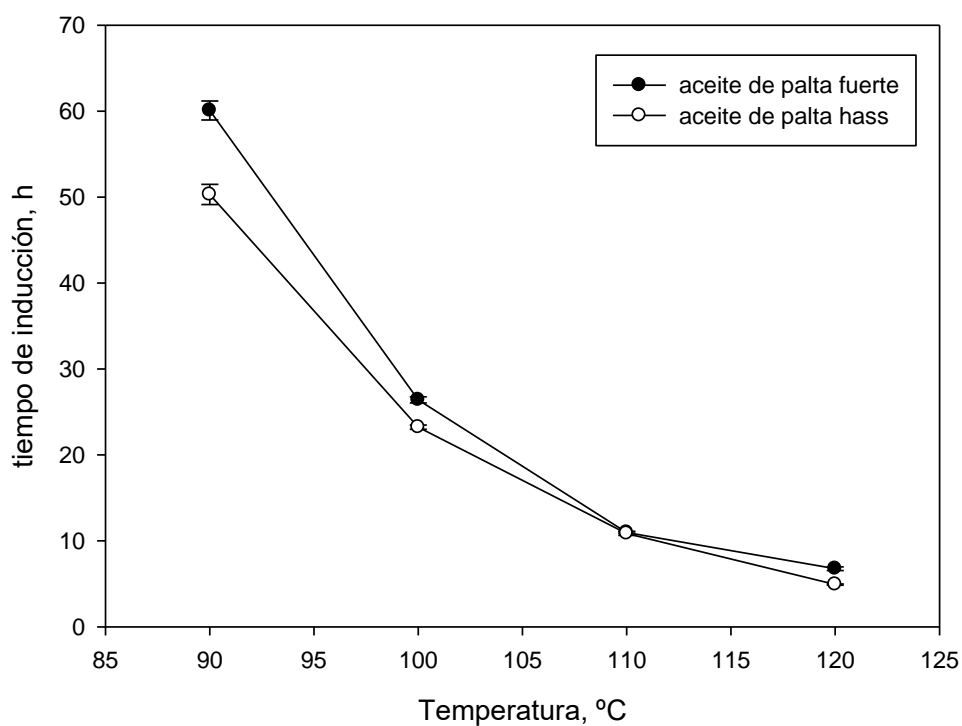


Figura 1. Tiempo de inducción a diferentes temperaturas, aceite de palta

La ecuación de Arrhenius, permite predecir los tiempos de inducción a otras temperaturas. Para una temperatura de 25°C, el tiempo de inducción que predice la ecuación de Arrhenius para el aceite de palta *fuerte* es 3.5 años y para el aceite de palta *hass* es 4.0 años.

En la Figura 3 se muestra una gráfica comparativa de diferentes aceites vegetales (Metrohm, n.d.); se observa que tanto el aceite de palta *fuerte* como el aceite de palta *hass*, tienen tiempos de inducción mayores que otros aceites vegetales, incluso mayor tiempo de inducción que el del aceite de oliva; sin embargo tiene menor tiempo de inducción que el aceite de oliva extravirgen. Esto permite concluir que el aceite de palta fuerte tiene alta estabilidad a la oxidación y por lo tanto tendrá un mayor periodo de vida útil en comparación de otros aceites vegetales.

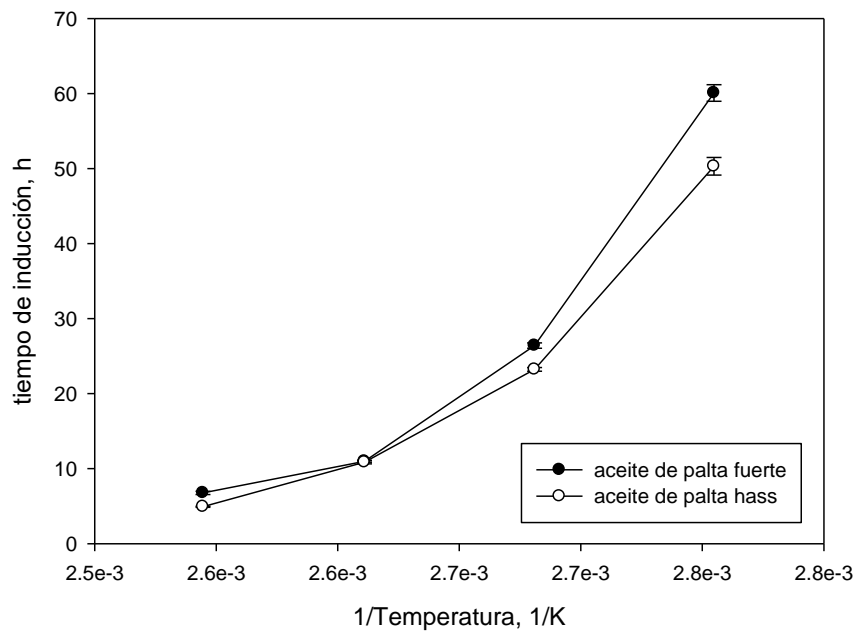


Figura 2. Tiempo de inducción a diferentes temperaturas, aceite de palta

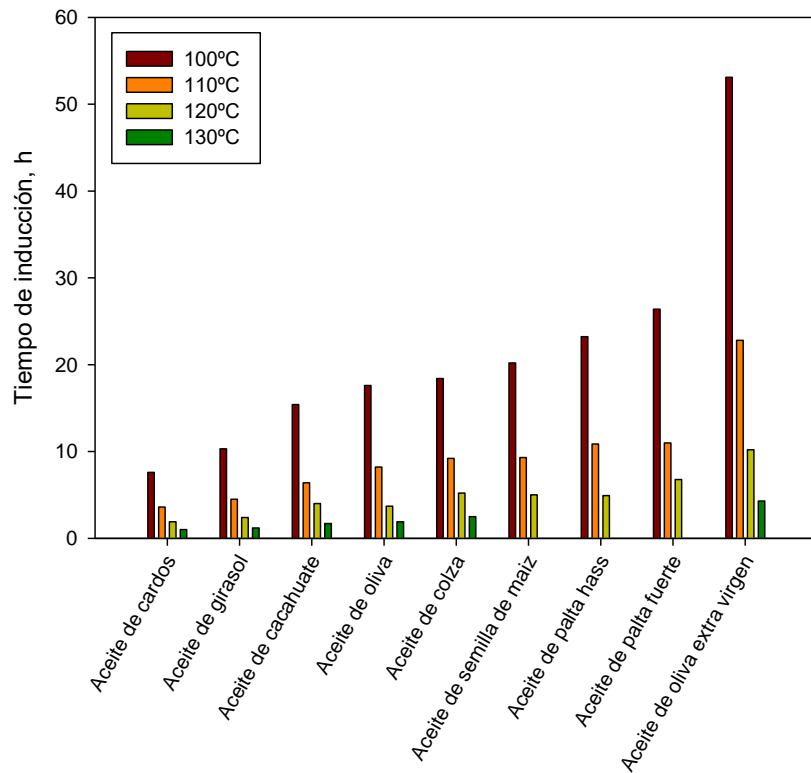


Figura 3. Tiempos de inducción de diferentes aceites y grasas vegetales

CONCLUSIONES

- El aceite de palta, en sus variedades *fuerte* y *hass*, tienen un importante contenido de ácidos grasos insaturados, siendo lo más resaltante el contenido de los ácidos grasos conocidos como omega-3 y omega-6, que son ácidos grasos indispensables en la dieta humana.
- El aceite de palta, en sus variedades *fuerte* y *hass*, tienen alta estabilidad oxidativa en comparación de otros aceites vegetales, entre otras razones debido a la presencia de ácidos grasos insaturados y de compuestos con actividad antioxidante. Por ello presentan un periodo de vida útil más prolongado que otros aceites vegetales.

REFERENCIAS

- Cabré Cabré, P., & Massó Maresch, A. (1992). Determinación de la estabilidad a la oxidación de aceites y grasas por el método Rancimat. Barcelona.
- Laeubli, M., Markus, W. L., & Bruttel, P. A. (2015). Determination of the Oxidative Stability of Fats and Oils : Comparison between the Active Oxygen method (AOCS Cd 12 – 57) and the Rancimat method •, Determination of the Oxidative Stability of Fats and Oils : Comparison between the Active Oxygen Method , (September), 792–795. <https://doi.org/10.1007/BF02541966>
- Metrohm. (n.d.). Analysis of edible oils and fats.
- Qin, X., & Zhong, J. (2016). A Review of Extraction Techniques for Avocado Oil. *Journal of Oleo Science*, 888(11), 1–8. <https://doi.org/10.5650/jos.ess16063>

FATTY ACIDS AND OXIDATIVE STABILITY OF AVOCADO OIL, VARIETIES *HASS* AND *FUERTE* - MOQUEGUA, PERU

E. Escobedo Pacheco¹, L. M. Miranda Ramos²

¹. Universidad Nacional de Moquegua, Moquegua, Perú

². Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú

The objective of the study was to assess oxidative varieties *hass* avocado oil and stability strong and that they are produced in the Region Moquegua - Peru. Found the physical and chemical characteristics of the fruits of the avocado, extracted the oil by pressing method in cold and finally its oxidative stability by the rancimat method has been evaluated. In the *fuerte* avocado, dry matter has reached 32.58%; the yield of oil extraction was 12.92%; the oil obtained has 77.426% monounsaturated fatty acids and 8.536% polyunsaturated fatty acids; induction times of 60.08, 26.40, 10.98 and 6.76 hours; for temperatures of 90, 100, 110 and 120°C, respectively and estimated time of oxidative stability of 3.5 years. In the *hass* avocado, dry matter has reached 30.41%; the yield of oil extraction was 11.10%; the oil obtained has 71.466% monounsaturated fatty acids and 13.338% polyunsaturated fatty acids; induction times of 50.30, 23.23, 10.87 and 4.92 hours; for temperatures of 90, 100, 110 and 120°C, respectively and estimated time of oxidative stability of 4.0 years.

Keywords: avocado oil, *persea americana*, rancimat

INTRODUCTION

The avocado is a characteristic fruit of the Moquegua Region in Peru and most of the production is collected by companies that are dedicated to export. There are different avocado varieties and due to the characteristic climate of Moquegua, the *Hass* and *Fuerte* varieties are produced mainly. Several research studies show many benefits of avocado fruit, one of the most important benefits is its unsaturated fat content, which makes it highly recommended for consumption because of its health benefits. Avocado oil is one of the products that can be obtained from avocado and has many applications either in the preparation of food for human consumption or in areas of preparation of cosmetics or creams, among other applications. The present work of investigation has fulfilled with determining the physicochemical composition of the pulp of avocado and the oil of avocado; In addition, the oxidative stability of the obtained oil has been determined. The avocados that have been worked have been the *Hass* and *Fuerte* varieties.

The chemical composition depends on the variety and time of harvest. The total lipids extracted from the mesocarp include neutral lipids, glycolipids and phospholipids. Among the total lipids, more than 95% are neutral lipids (of which 87% were triglycerides). The composition of fatty acids depends on the variety, stage of maturity, geographic location of growth as well as the method of extraction. Avocado oil is characterized by having a high content of monounsaturated fatty acid (oleic acid, > 50%), which is similar to olive oil. Palmitic acid is the main saturated fatty acid and linoleic acid is the main polyunsaturated fatty acid in avocado oil. (Qin & Zhong, 2016)

Oxidative stability is an important parameter to determine the quality of oils and fats of animals and vegetables. Auto-oxidation is carried out by oxygen in the atmosphere; the oxidation process is initiated by radical reactions involving unsaturated fatty acids. The primary products that are formed are hydroperoxides, which decompose in a series of complex reactions; the side

products include alcohols and carbonyl compounds. These can be even more oxidized and get to form carboxylic acids. (Laeubli, Markus, & Bruttel, 2015)

To determine the oxidative stability, the oil is exposed to a dry air stream at a temperature of 100-140°C. The progress of the oxidation curves can be followed by the conductivity measurement. The curves comprise an induction phase, in which practically no by-products are formed, and an oxidation phase, during which a large increase in the value of the peroxide and volatile products is detected.

The method developed by Hadorn and Zurcher, Rancimat method, uses the fact that most of the volatile products are constituted by formic acid. These volatile components are trapped in distilled water, measured conductimetrically and the conductivity traced automatically.

The initial phase is called the "Induction period" and represents the time that a fat supports without undergoing changes under certain aggressive conditions.

Rancimat method

In 1974, Hadorn and Zürcher published a method for determining stability based on the Swift test. They collect the gases generated during the process in a water trap and record the conductivity.

(Cabré Cabré & Massó Maresch, 1992) mentions that in order to directly define the method used, in the Rancimat technique, it must mainly specify:

- Temperature. It is the most important parameter. Fats and oils work between 100°C and 130°C. In this range, the determination is given in a number of hours not too short, since precision would be lost, nor too long, because the result is delayed, it is uneconomical and problems can arise due to evaporation of the water from the trap.
- Airflow. To facilitate the definition of the end point is usually work at 20 L h⁻¹
- Sample quantity. 2 mL

MATERIALS AND METHODS

The samples of avocado have been obtained from the National Institute of Agricultural Research of Moquegua, (INIA) and of producers of avocado of Mariscal Nieto Province. Mature avocados have been selected for consumption and that do not present damages that alter the quality of the fruit and the oil. The avocados that have been used are fruits that have acceptable quality for their consumption.

Physicochemical and fatty acid composition of fresh avocado

It has been determined by sending representative samples to specialized laboratories. In the physicochemical analysis the composition of protein, fat, moisture, ash, carbohydrates and calories has been determined. Fatty acid, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids have been determined in the analysis of fatty acid composition.

Avocado oil extraction

The whole avocado has been disinfected with an aqueous solution of 0.5% sodium hypochlorite, the fruit remaining in said solution for 10 minutes; then it has been rinsed with enough water. The skin has been removed manually using a knife, the seed is separated and the remaining pulp has been collected in a container for manual homogenization, characterized by a creamy

and uniform texture. The homogenized pulp has been placed in a cooling chamber, programmed to maintain a temperature of 4°C and for a time of 2h. The extraction of the oil has been carried out using water as a vehicle for the oil to escape from the cells that contain the fat in the avocado. For this, water has been added in a proportion of pulp:water of 2:1; at environment temperature, time of 30 minutes and with constant agitation. The pulp-water mixture has been placed in a filter bag, and then it has been placed in the container of the piston-type hydraulic press and subjected to a pressure of 120 bar. The solids are retained as cake and the filtrate is collected in a container for further separation by centrifugation at 4000 rpm and for 10 minutes. Due to the density difference, the oil has remained on top of the centrifuge tubes and has been separated by decanting. The oil obtained has been packed in amber glass containers to prevent oxidation by light.

Physicochemical and fatty acid composition of avocado oil

It has been done in specialized laboratories. In the physicochemical analysis the composition of protein, fat, moisture, ash, carbohydrates and calories has been determined. The fatty acid composition has been analysed by gas chromatography.

Stability to oxidation

The stability to the oxidation has been determined with a meter equipment of the stability to the oxidation, by the rancimat method. Its induction time has been determined, using the high temperature method. 2 ml of oil has been placed in a reaction tube, typical of the rancimat equipment (metrohm, model 892), and its stability to oxidation has been evaluated at 90°, 100°C, 110°C and 120°C. The rancimat equipment records the variation of the conductivity as a function of time and maintains the temperature and the data record until the induction time is automatically detected. Oxidation stability analyses were performed with the obtained data.

RESULTS

Physicochemical composition, avocado pulp

The physicochemical analysis shows that the main components of the pulp of avocado, in both varieties of study, are fat and water. Table 1 shows the results of the physicochemical analysis of the pulp of the *fuerte* and *hass* varieties, both at their ripeness of consumption.

Table 1. Physicochemical analysis of avocado pulp

Essays	Unit	<i>Fuerte</i> avocado	<i>Hass</i> avocado
Protein (N x 6.25)	g/100 g	2.05	1.97
Fat (Hydrolysis)	g/100 g	22.03	18.28
Humidity	g/100 g	68.42	71.02
Ash	g/100 g	3.29	3.69
Carbohydrates	g/100 g	4.21	5.04
Calories	Kcal/100g	223.31	192.56
Calories from proteins	Kcal/100g	8.20	7.88
Calories from fats	Kcal/100g	198.27	164.52
Calories from carbohydrates	Kcal/100g	16.84	20.16

Composition of fatty acids, avocado pulp

The analysis of fatty acids shows that the pulp of the *fuerte* avocado contains more quantity of oleic acid (omega-9) than the avocado *hass*, however, the avocado *hass* contains more amount of linoleic acid (omega-6) and linolenic acid (omega -3) than the *fuerte* avocado. In addition, it is observed that the pulp of *fuerte* avocado contains more amount of monounsaturated fatty acids and the pulp of *hass* avocado contains more amount of polyunsaturated fatty acids. Table 2 shows the results of the fatty acid composition analysis of the pulp of avocado.

Table 2. Composition of fatty acids, avocado pulp

Fatty acids	Composition, g/100g	
	<i>Fuerte</i> avocado	<i>Hass</i> avocado
Palmitic acid (C16:0)	4.146	4.033
Palmitoleic acid (C16:1)	2.051	1.967
Margaric acid (C17:0)	-----	0.007
Stearic acid (C18:0)	-----	0.082
Oleic acid (C18:1 (w 9 cis))	13.339	8.414
Linoleic acid (C18:2 (w 6 cis))	1.962	2.984
Linolenic acid (C18:3 (w 3))	-----	0.205

Avocado oil extraction

Following the parameters of extraction process mentioned in the methodological part, the yield of avocado oil has been 12.92% for the *fuerte* avocado and 11.10% for the *hass* avocado.

Physicochemical composition of avocado oil

The physicochemical analysis shows that the avocado oil contains fat in more than 99% and therefore all the contribution of calories comes from fat. This happens in both varieties of study. Table 3 shows the results of the analysis of the physicochemical composition of the avocado oil.

Table 3. Physicochemical composition of avocado oil

Essays	Unit	<i>Fuerte</i> avocado	<i>Hass</i> avocado
Protein (N x 6.25)	g/100 g	0.09	0.09
Fat	g/100 g	99.77	99.85
Humidity	g/100 g	0.12	<0.02
Ash	g/100 g	<0.02	0.04
Insoluble impurities	g/100 g	0.02	0.02
Carbohydrates	g/100 g	0.02	0.02
Calories	Kcal/100g	898.37	899.09
Calories from proteins	Kcal/100g	0.36	0.36
Calories from fat	Kcal/100g	897.93	898.65
Calories from carbohydrates	Kcal/100g	0.08	0.08

Fatty acids composition of avocado oil

The analysis of fatty acids shows that the *fuerte* avocado oil contains more quantity of oleic acid (omega-9) than the *hass* avocado oil, however, the *hass* avocado oil contains more amount

of linoleic acid (omega-6) and linolenic acid (omega-3) that the *fuerte* avocado. In addition, it is observed that the *fuerte* avocado oil contain more amount of monounsaturated fatty acids and *hass* avocado oil contains more amount of polyunsaturated fatty acids. Table 4 shows the results of the fatty acids composition analysis in the avocado oil.

Table 4. Fatty acids composition of avocado oil

Fatty acids	Composition, g/100g	
	<i>Fuerte</i> avocado	<i>Hass</i> avocado
Cis-11-Eicosenoic acid (C20:1)	0.165	0.155
Stearic acid (C18:0)	0.579	0.419
Linoleic acid (C18:2 (w 6 cis))	7.995	12.639
Linolenic acid (C18:3 (w 3))	0.541	0.699
Oleic acid (C18:1 (w 9 cis))	73.867	66.369
Palmitic acid (C16:0)	13.141	14.564
Palmitoleic acid (C16:1)	3.394	4.942

Stability to the oxidation of the avocado oil

In the oxidation stability evaluation, the avocado oil has shown induction times as recorded in Table 5. It is observed that the higher the oil temperature, the induction time decreases.

Table 5. Induction times for avocado oil

Temperature (°C)	Induction time (h)							
	<i>Fuerte</i> avocado				<i>Hass</i> avocado			
	Sample number							
	1	2	3	4	1	2	3	4
90	60.77		58.80	60.66	51.95	49.72	49.27	50.25
100	26.07	26.25	26.39	26.90	23.44	23.21	22.89	23.37
110	10.88	11.02	10.89	11.11	10.80	10.85	10.63	11.18
120	6.55	6.72	6.70	7.07	5.01	4.94	4.83	4.91

In Figure 1 it is shown that the variation of the induction time as a function of temperature has an exponential behaviour. It is observed that for every 10°C of temperature variation the induction time, approximately, doubles.

Figure 2 shows a graph of the induction time at different temperatures of the avocado oil, when the inverse of the absolute temperature is represented on the X axis; these data show an exponential behaviour and can be represented by the Arrhenius equation. The estimated induction times are:

For the *fuerte* avocado oil it is adjusted in more than 99% to the exponential equation:

$$t = 1 \cdot 10^{-11} e^{10623 \left(\frac{1}{T} \right)} \text{ and}$$

For the *hass* avocado oil it is adjusted in more than 99.9% to the exponential equation:

$$t = 3 \cdot 10^{-12} e^{11025 \left(\frac{1}{T} \right)}$$

Where t is the time in hours and T is the temperature in K.

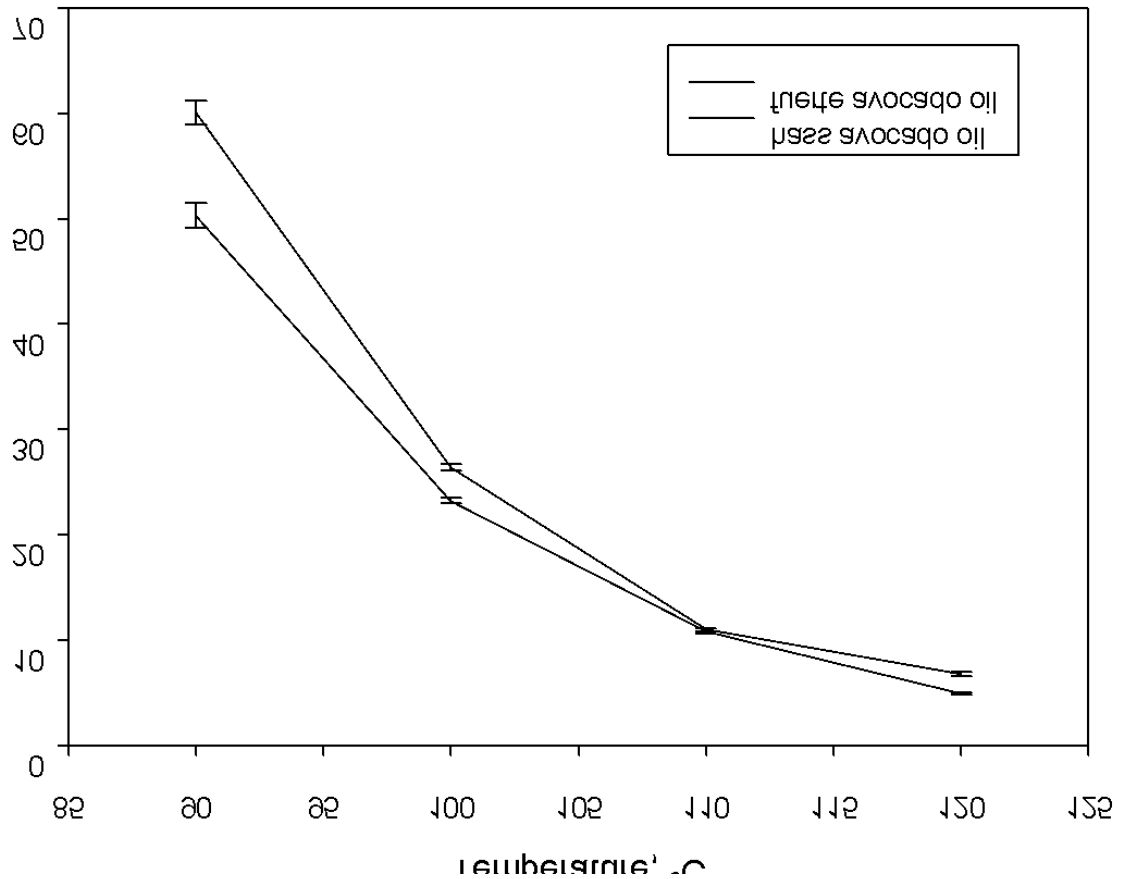


Figure 1. Induction time at different temperatures, avocado oil

The Arrhenius equation allows predicting the induction times at other temperatures. For a temperature of 25 ° C, the induction time predicted by the Arrhenius equation for the *fuerte* avocado oil is 3.5 years and for the *hass* avocado oil is 4.0 years.

Figure 3 shows a comparative graph of different vegetable oils (Metrohm, n.d.); it is observed that both, the *fuerte* avocado oil and the *hass* avocado oil, have induction times more than other vegetable oils, even longer induction time than olive oil; however, it has a shorter induction time than extra virgin olive oil. This allows concluding that the *fuerte* avocado oil has high oxidation stability and therefore it will have a longer shelf life compared to other vegetable oils.

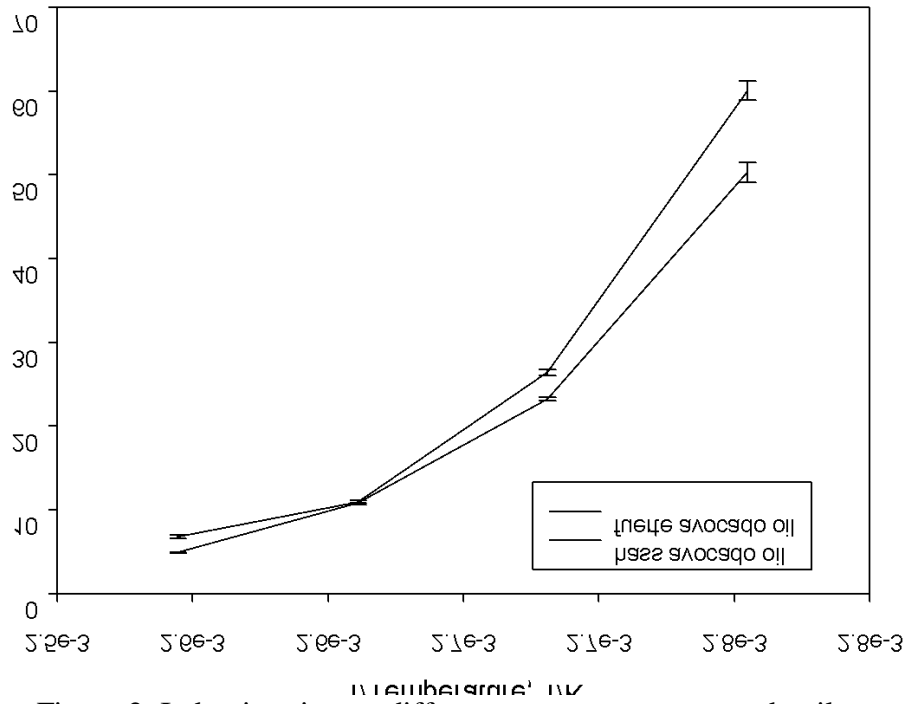


Figure 2. Induction time at different temperatures, avocado oil

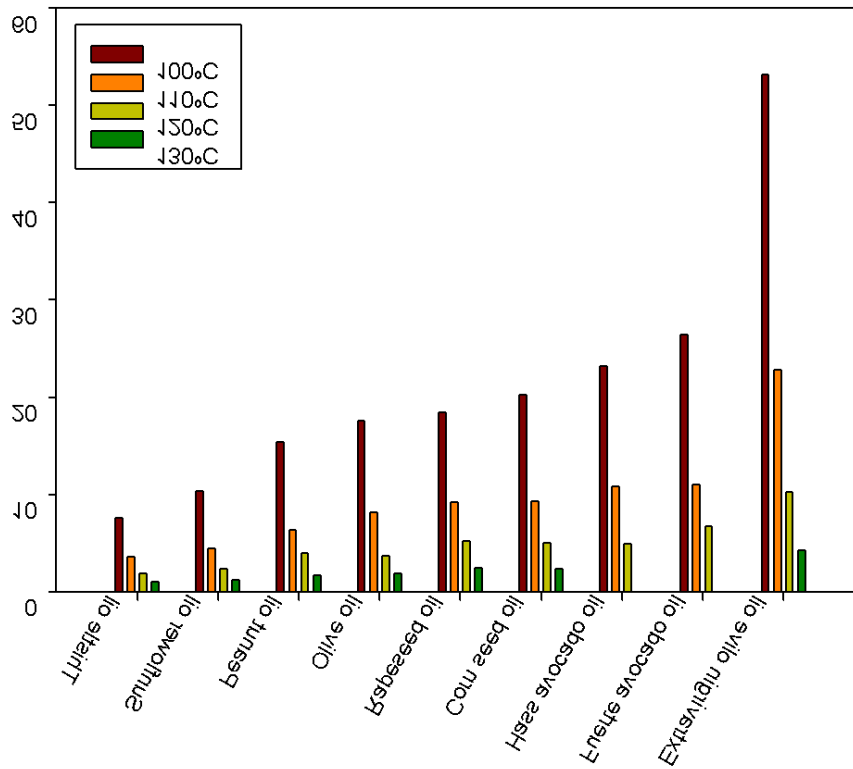


Figure 3. Induction times of different oils and fats vegetables

CONCLUSIONS

- Avocado oil, in its *fuerte* and *hass* varieties, have an important content of unsaturated fatty acids, the most outstanding being the content of the fatty acids known as omega-3 and omega-6, which are essential fatty acids in the human diet.
- The avocado oil, in its *fuerte* and *hass* varieties, have high oxidative stability compared to other vegetable oils, among other reasons due to the presence of unsaturated fatty acids and compounds with antioxidant activity. Therefore they have a longer shelf life than other vegetable oils.

REFERENCES

- Cabré Cabré, P., & Massó Maresch, A. (1992). Determinacion de la estabilidad a la oxidacion de aceites y grasas por el metodo Rancimat. Barcelona.
- Laeubli, M., Markus, W. L., & Bruttel, P. A. (2015). Determination of the Oxidative Stability of Fats and Oils : Comparison between the Active Oxygen method (AOCS Cd 12 – 57) and the Rancimat method •, Determination of the Oxidative Stability of Fats and Oils : Comparison between the Active Oxygen Method , (September), 792–795. <https://doi.org/10.1007/BF02541966>
- Metrohm. (n.d.). Analysis of edible oils and fats.
- Qin, X., & Zhong, J. (2016). A Review of Extraction Techniques for Avocado Oil. *Journal of Oleo Science*, 888(11), 1–8. <https://doi.org/10.5650/jos.ess16063>