

EFECTO DE LA TEMPERATURA PREVIA A LA EXTRACCIÓN EN EL RENDIMIENTO Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE DE MORETE (*Mauritia flexuosa* L.F.)

Rivera, Maritza; Ramos, Milton; Silva, Mónica; Briceño, Jorge; Álvarez, Mario

EFECTO DE LA TEMPERATURA PREVIA A LA EXTRACCIÓN EN EL RENDIMIENTO Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE DE MORETE (*Mauritia flexuosa* L.F.)

La Granja. Revista de Ciencias de la Vida, vol. 35, núm. 1, 2022

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476070058008>

DOI: <https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.08>

2022.Universidad Politécnica Salesiana

2022.Universidad Politécnica Salesiana



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

EDICIÓN ESPECIAL

EFFECTO DE LA TEMPERATURA PREVIA A LA EXTRACCIÓN EN EL RENDIMIENTO Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DEL ACEITE DE MORETE (*Mauritia flexuosa* L.F.)

EFFECT OF THE TEMPERATURE PRIOR TO
EXTRACTION ON THE YIELD AND FATTY ACID
PROFILE OF MORETE OIL (*Mauritia flexuosa* L.F.)

Maritza Rivera

Fundación Caminos del Sol, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0002-7252-9902>

Milton Ramos

Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0003-3931-638X>

Mónica Silva mdp.silva@uta.edu.ec

Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0001-8887-1553>

Jorge Briceño

Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0002-0692-1228>

Mario Álvarez

Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0002-6064-9456>

La Granja. Revista de Ciencias de la Vida,
vol. 35, núm. 1, 2022

Universidad Politécnica Salesiana,
Ecuador

Recepción: 05 Agosto 2020

Aprobación: 13 Mayo 2021

Publicación: 01 Marzo 2022

DOI: [https://doi.org/10.17163/
lgr.n35.2022.08](https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.08)

Redalyc: [https://www.redalyc.org/
articulo.oa?id=476070058008](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476070058008)

Resumen: El morete (*Mauritia flexuosa* L. f.) es una palmera de la Amazonía que produce un fruto de agradable sabor, buen valor nutricional y alto contenido de aceite. El objetivo de la presente investigación fue estudiar el efecto del tratamiento térmico de las diferentes partes del morete en el rendimiento y perfil de ácidos grasos del aceite obtenido por prensado. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar con tres réplicas, combinando el uso de pulpa y pulpa con corteza del fruto en diferentes condiciones de calentamiento antes del prensado: 45°C por 30 min, 65°C por 20 min y 85°C por 10 min. También, se determinó la estabilidad oxidativa del aceite empleando un Reactor Oxitest. Se obtuvieron aceites con diferentes contenidos de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, prevaleciendo el ácido oleico. El mejor tratamiento fue empleando la pulpa calentada a 85°C por 10 min y prensada, encontrándose un rendimiento de 56,77% de aceite con 79,80% de ácido oleico, y una estabilidad a la oxidación de 14,5 meses a 21°C, temperatura promedio de la ciudad de El Puyo, Ecuador, sitio donde se recolectó el morete. Por otro lado, se debe evaluar el efecto de esta temperatura previa a la extracción sobre el contenido de compuestos bioactivos y la posibilidad de oxidación de las grasas. En conclusión, el morete es una fuente de aceite y la tecnología de tratamiento con calor permitirá mejorar la extracción e industrialización, y ofrecer un aceite alternativo para la alimentación.

Palabras clave: Aceite vegetal, estabilidad oxidativa, extracción de aceite, índice de acidez, periodo de inducción, palmera amazónica.

Abstract: Morete (*Mauritia flexuosa* L. f.) is a palm from the Amazon that produces a fruit with a pleasant taste, good nutritional value and a high oil content. The aim of the present research was to study the effect of the heat treatment of the different parts of morete on the performance and fatty acids profile of oil obtained by pressing. A randomized complete block design with three replicates was applied, combining the use of pulp and pulp with fruit rind under different heating conditions before pressing: 45°C for 30 min, 65°C for 20 min and 85°C for 10 min. Also, the oxidative stability of oil was measured using the Oxitest Reactor. Oils with different content of saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids were obtained with oleic acid prevalence. The best treatment was using pulp heated at 85°C for 10 min and pressing, founding a yield of 56.77% oil with 79.80% oleic acid, and oxidation stability of the oil 14.5 months at 21°C was determined, which is the average temperature of the city of El Puyo, Ecuador, where morete was collected. On the other hand, the effect of this temperature prior to extraction on the content of bioactive compounds and the possibility of oxidation of fats must be evaluated. In conclusion, morete is a good source of oil and the heat treatment technology will allow improving extraction, industrializing, and offering an alternative oil for food.

Keywords: Vegetable oil, oxidative stability, oil extraction, acid number, induction period, amazon palm tree.

Forma sugerida de citar:

Rivera, M., Ramos, M., Silva, M., Briceño, J. y Alvarez, M. (2022). Efecto de la temperatura previa a la extracción en el rendimiento y perfil de ácidos grasos del aceite de Morete (*Mauritia flexuosa* L. f.). La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 35(1):98111. <http://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.08>.

1 Introducción

Los aceites vegetales constituyen una fuente de ácidos grasos saturados, monoinsaturados o poliinsaturados, que juegan un papel importante en la nutrición humana (Kumar, Sharma y Upadhyaya, 2016). Por lo que existe interés en nuevas fuentes de aceites comestibles, como las provenientes de frutos y semillas de plantas que poseen aceites de importancia nutricional (Amri y col., 2017), entre las fuentes se tiene al fruto del morete, que posee un aceite con alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados, superiores al que posee el aceite de oliva (Milanez y col., 2016).

El morete (*Mauritia flexuosa* L. f.) es una palmera que se encuentra en la región amazónica, tiene diferentes nombres, dependiendo del país en donde se desarrolle, así: morete en Ecuador, moriche en Colombia y en Venezuela, aguaje en Perú, palma real en Bolivia y burití en Brasil (Restrepo, Arias y Madriñán, 2016). Es una palmera monoica, monocaule y arbórea con tallos superiores a los 25 metros de alto y diámetro entre 30 a 60 cm, crece en los bosques amazónicos sobre suelos mal drenados, pantanos y planicies aluviales (Montúfar y Brokamp, 2011). Su fruto es fuente de alimento para aves, algunas especies de mamíferos y pueblos nativos, y se utiliza para producir jugos, cremas, jaleas, mermeladas y aceite (Pereira y col., 2016). Esta palmera es de

importancia económica y social en los países donde crece (Bataglion y col., 2015; Forero-Doria y col., 2016).

Existen tres ecotipos de la palma, por el color de la fruta se mencionan tres variedades: (a) amarillo o posheco cuando el mesocarpio es amarillo, (b) colorado, cuando la parte externa es roja y (c) shambo, cuando el mesocarpio es rojo (Vásquez y col., 2010). Los frutos son de un tamaño de 6 a 7 cm, de color café-rojizo cuando alcanzan la madurez, con un peso de 50 g; está formado de un exocarpio con escamas imbricadas y un mesocarpio carnoso, la semilla tiene una forma subglobosa con un endospermo homogéneo (Trujillo-Gonzalez, Torres y Santana-Castañeda, 2011). El mesocarpio es comestible, rico en compuestos bioactivos, como vitaminas, antioxidantes, aceites insaturados y fibra dietética (Cruz y col., 2020; Rudke y col., 2019). El aceite del morete posee gran cantidad de ácido oleico un 79,33% en comparación con los demás ácidos grasos de su composición (Cândido y Silva, 2017) y el valor nutricional del aceite puede variar según la temporada y el proceso de extracción (Aquino y col., 2012).

Los aceites empleados en la alimentación son susceptibles a la oxidación, lo que da lugar a olores rancios, sabores desagradables, decoloración y su vida útil se disminuye (Corbu, Rotaru y Nour, 2020), por lo que es importante conocer la estabilidad oxidativa de los aceites. Su determinación se realiza en condiciones normales de almacenamiento, utilizando el índice de peróxidos y métodos acelerados, empleando equipos como Rancimat o Reactor Oxitest (Rodríguez y col., 2015; Caruso y col., 2017). El reactor Oxitest es un instrumento que permite predecir la estabilidad a la oxidación en muestras sólidas o líquidas y es una alternativa rápida y ecológica en comparación con el método Rancimat (Tinello y col., 2018). El Oxitest somete a la muestra a un ambiente de estrés oxidativo a alta temperatura y alta presión de oxígeno; la caída de la presión de oxígeno dentro de las cámaras de oxidación depende de la composición del alimento y se expresa como período de inducción (IP), que es el tiempo requerido para obtener el punto de partida de la oxidación lipídica (Riciputi y Caboni, 2017).

Para la extracción de aceite en zonas rurales generalmente se emplea el prensado mecánico, porque tiene una inversión inicial baja y no requiere personal altamente capacitado para operar el equipo (Nde y Foncha, 2020), en base a lo indicado, el objetivo fue estudiar el efecto del tratamiento térmico en las diferentes partes del morete previo a la extracción en el rendimiento y perfil de ácidos grasos del aceite obtenido por prensado con el fin de obtener una tecnología que permita emplearse en las comunidades rurales donde se cultivan estas palmeras.

2 Materiales y Métodos

2.1 Frutos

Se emplearon frutos de Morete (*Mauritia flexuosa* L.f.) del ecotipo posheco de pulpa amarilla, adquiridos en el Mercado Los Plátanos,

ubicado en el barrio Mariscal de la ciudad de El Puyo, provincia de Pastaza, Ecuador.

2.2 Extracción de aceite de morete por prensado

El proceso se basó en la metodología de extracción de aceite de oliva descrita por (Moreno y López, 2017) con modificaciones, y el cual se describe a continuación: los frutos del morete se limpian y se lavaron con agua corriente para eliminar impurezas; luego fueron separados manualmente la corteza, la semilla y la pulpa de morete.

Con la finalidad de mejorar la extracción del aceite, la pulpa y la corteza fueron sometidos a un tratamiento térmico antes del prensado; para lo cual se calentaron 400 g de las diferentes partes del morete en un recipiente de acero inoxidable utilizando una plancha de calentamiento marca IKA. Las condiciones de temperatura y tiempo de calentamiento se indican en la Tabla 1 y fueron diseñados de acuerdo con las investigaciones de Adrianzén, Rojas y Luján (2011) y Tambunan y col. (2012). Se empleó un diseño de bloques completamente al azar en los tratamientos de las partes del morete y por triplicado.

La muestra tratada térmicamente se trituró utilizando una licuadora durante 3 min, posteriormente fue obtenido el aceite con una prensa manual AlEquip (Figura 1). El aceite extraído se dejó en reposo al ambiente en embudos de decantación con el fin de separar el agua del aceite por diferencia de densidad. Finalmente, el aceite separado fue filtrado con un papel de filtro cualitativo grado 1, Whatman para eliminar los residuos sólidos y obtener un aceite sin partículas en suspensión. Los aceites obtenidos se envasaron en botellas de vidrio de color ámbar y almacenadas al ambiente hasta el día siguiente para su análisis.

Experimento, T	Partes de la fruta	Pretratamiento	
		Temperatura, °C	Tiempo, minutos
T1	Pulpa con cáscara	45	30
T2	Pulpa con cáscara	65	20
T3	Pulpa con cáscara	85	10
T4	Pulpa	45	30
T5	Pulpa	65	20
T6	Pulpa	85	10

Tabla 1.
Tratamientos para la extracción de aceite de morete.



Figura 1.
Extractor de aceite por prensado manual

2.3 Análisis de los frutos del morete

Tamaño y peso

Los frutos de morete fueron medidos en su longitud (cm) desde la base hasta el ápice y el diámetro (cm) en la parte central con el uso de un pie de rey. Las masas de los frutos, cascara, pulpa y semilla se determinaron en una balanza analítica de acuerdo con el método descrito por Quispe y col. (2009).

Humedad

Se analizó mediante pérdida de peso, Método Oficial 930.15 (AOAC, 2002). Se pesaron 5 g de muestra en capsulas de porcelana previamente secada y tarada, posteriormente se llevó a una estufa de secado a 105 °C hasta lograr un peso constante, luego se colocó en un desecador para su enfriamiento. Se determinó la pérdida de humedad de las muestras en porcentaje.

Grasa

Se determinó empleando un solvente para la extracción continua de la grasa de las muestras, Método Oficial 920.39 (AOAC, 2002). Se pesaron 3 g de muestra molida y seca en un cartucho de celulosa y se agregaron 100 mL de hexano en un vaso previamente pesado; ambos recipientes se colocaron en un equipo Goldfish Velp Scientifica para extraer la grasa durante 4 h. Se retiró el vaso con la grasa para evaporar el disolvente en una estufa a 105 °C por 5 horas y se dejó enfriar en un desecador hasta temperatura ambiente antes de pesarlo. Al final, se determinó el porcentaje de la grasa presente en la muestra por diferencia de peso.

2.4 Análisis de los aceites extraídos por prensado

Rendimiento de extracción de aceite por prensado

Se determinó mediante la relación entre el peso de aceite extraído, cuando se somete 400 g de las partes del morete a la fuerza de prensado y el peso de la grasa contenida en la muestra. La grasa del morete fue determinada por el Método Oficial 920.39 (AOAC, 2002). El rendimiento de la extracción de aceite se expresó en porcentaje de aceite extraído en cada tratamiento empleando la Ecuación 1.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Peso del aceite extraído del morete}}{\text{Peso de la grasa contenida en el morete}} * 100 \quad (1)$$

Índice de acidez

Se determinó mediante titulación ácido base, Método Oficial No 940.28 (AOAC, 2002). Se basó en la determinación de los ácidos libres, para lo cual se disolvió la muestra de aceite en etanol y se valoraron los ácidos grasos libres mediante una solución etanólica de hidróxido de sodio 0,1M usando fenolftaleína como indicador visual. El índice de acidez se determinó mediante la Ecuación 2 y se expresó en porcentaje en ácido oleico.

$$IA = \frac{M * V * M_{NaOH}}{10 * m} \quad (2)$$

Donde:

IA = índice de acidez del aceite (% ácido oleico)

M = masa molecular del ácido oleico (282 g/mol)

V = volumen de la solución de hidróxido consumido en la titulación en cm^3

M_{NaOH} = molaridad de la solución de hidróxido de sodio determinada diariamente frente a un patrón primario.

m = masa de la muestra analizada expresada en gramos

10 = factor de conversión a porcentaje

2.5 Perfil de ácidos grasos de los aceites

Extracción de aceite de las partes del morete

Se secaron las diferentes partes del morete a 80 °C por 24 h, luego se molieron en un mortero de porcelana y se extrajo el aceite en un Soxhlet. Se pesaron 5 g de la muestra en el cartucho de celulosa, se colocaron 200 mL de hexano en el balón y se llevó a ebullición durante 6 horas. Al final, el disolvente se recuperó por evaporación a 50 °C en un equipo de evaporador rotativo marca Selecta hasta obtener aceite libre de solvente. Los aceites extraídos de las diferentes partes del fruto fueron filtrados y almacenados en botellas de color ámbar hasta su análisis.

Esterificación de los ácidos grasos de los diferentes aceites de morete

En tubos de ensayo con rosca de 15 mL se colocaron entre 0,020 y 0,025 g del aceite extraído de cada muestra, se agregaron 2 mL de KOH 0,5 M preparado en metanol, se cerraron los tubos y se llevaron a baño María con agua a ebullición por 10 min. Luego, se enfriaron los tubos al ambiente y se agregó 1 mL de HCl en metanol (1:4 v/v), se volvió a tapar y se llevaron a baño María a 50 °C por 25 min. Se volvieron a enfriar los tubos y se agregaron 3 mL de agua destilada con 10 mL de hexano en cada tubo, se agitó y se dejó en reposo por 24 h. Finalmente, se recolectaron los ésteres metílicos de ácidos grasos de la capa superior de los tubos, y se colocaron en frascos de color ámbar (Carrillo y col., 2018).

Análisis cromatográfico

Los ácidos grasos esterificados fueron caracterizados mediante un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7980A, acoplado a un espectrómetro de masas MSD 5977. Las separaciones de los ésteres fueron realizadas en columna capilar HP-88 (30 m × 0,25 mm i.d., espesor de película de 0,25 µm) de Agilent Technologies. Como gas portador se utilizó helio a 0,7 mL/min⁻¹, las temperaturas del inyector, interfaz GC-MS y fuente MSD fueron 250, 300 y 230 °C respectivamente. Se empleó el siguiente programa de temperaturas del horno: (a) temperatura inicial de 80 °C, (b) rampa 10 °C/min hasta 120 °C, (c) rampa 20 °C/min hasta 140 °C, (d) rampa 2 °C/min hasta 200 °C, se mantuvo durante 10 min y finalmente (e) rampa 5 °C/min hasta 240 °C y se mantuvo durante 4 min. El detector de masas funcionó en modo de exploración completa, siendo el intervalo m/z de 50 a 500. Se inyectaron 0,2 µL de las muestras de ésteres empleando el modo de inyección sin división (splitless). Se empleó un material de referencia formado por 37 metil ésteres de ácidos grasos de Supelco (Component Fame Mix) para comprobar su identificación y cuantificación.

La cuantificación se realizó por medio de la integración de las áreas de los picos resultantes del análisis cromatográfico y se expresaron como el valor medio del ácido graso ± desviación estándar de tres inyecciones de cada aceite.

2.6 Estabilidad oxidativa del aceite de morete

La estabilidad oxidativa se evaluó para el aceite obtenido del mejor tratamiento, para ello se utilizó un reactor Oxitest de Velp Scientifica, (Usmate, Milan, Italy), siguiendo el método descrito por Caruso y col. (2017). Se pesaron 6 g de aceite en cada uno de los platos de titanio

del equipo y se colocaron en cada cámara de oxidación. Se seleccionaron las siguientes temperaturas de oxidación: 80, 90 y 100 °C y se empleó oxígeno grado 5 con una presión de 6 bares de ingreso al reactor Oxitest. El instrumento incluye el software OXISoft™ con el que calcula el Periodo de Inducción (IP) en horas y minutos para cada temperatura seleccionada del experimento, el cálculo se realiza de forma automática mediante un método gráfico. Los valores de IP son expresados como tiempo de estabilidad a la oxidación, y corresponde a la caída de la presión debido a la oxidación de la muestra.

Con el valor de IP y la temperatura de la cual proviene, se construyó un gráfico en el cual se representa el $\ln(IP)$ en el eje de las ordenadas y la Temperatura de oxidación en las abscisas en grados centígrados; posteriormente se estima la ecuación de la recta (Ecuación 3) empleando el método de mínimos cuadrados. Finalmente, con esta ecuación se extrapoló la temperatura deseada para estimar el valor de IP. Para este estudio se empleó 21 °C, que es la temperatura promedio de la ciudad de El Puyo de Ecuador, lugar donde se produce el morete y se almacenará el aceite extraído.

$$y = mx + b \quad (3)$$

Donde:

y : logaritmo natural del Periodo de Inducción, $\ln(IP)$ en horas.

x : temperatura de oxidación: 80, 90 y 100 °C.

m : pendiente de la recta de regresión.

b : intercepto de la recta de regresión.

2.7 Análisis estadístico

Con los resultados obtenidos de las características fisicoquímicas del fruto del morete, rendimiento de extracción de aceite, índice de acidez y perfil de ácidos grasos se elaboraron tablas con sus respectivas medias y desviaciones estándar. Se empleó el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI para realizar el análisis estadístico utilizando ANOVA y las diferencias significativas se calcularon con la prueba de Tukey para un 95% de confianza.

3 Resultados y Discusión

3.1 Características fisicoquímicas del fruto

En la Figura 2 se indica el fruto de morete típico empleado para este estudio y el aceite obtenido. La Tabla 2 muestra los resultados de la caracterización del fruto de morete, y se encontró que posee dimensiones consistentes con las reportadas por Mendieta-Aguilar, Pacheco y Rolán (2015).

Adicionalmente, se obtuvo que el morete seleccionado posee en promedio 56,23% de humedad comparable lo reportado por Sandri y col. (2017) y Darnet y col. (2011) 59,11 y 50,5%, respectivamente.

El fruto está formado por pulpa, semilla y cáscara, y en esta investigación se empleó la pulpa y pulpa con cáscara para los tratamientos indicados en la Tabla 1. Se encontró que la masa del fruto corresponde a una quinta parte de pulpa, una quinta parte de cáscara y tres quintas parte de la semilla.

El mayor porcentaje de grasa calculado en función a 100 g de la parte del fruto considerada se encontró en la pulpa y en la pulpa con cáscara (Tabla 2) y fueron superiores al 19,0% reportado por Darnet y col. (2011), por lo tanto, estas partes del fruto fueron consideradas para la extracción de aceite. Las diferencias en el contenido de grasa con las obtenidas en este estudio se deben a que la composición de las frutas se encuentra influenciada por la altitud, la temperatura, la lluvia y el suelo, debido a que controlan la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Nascimento-Silva, Silva y Silva, 2020).



Figura 2.
Fruto del morete y aceite de morete obtenido en este estudio.

	Largo, cm	Diámetro, cm	Peso, g
Fruto de morete (n=20)	5,47 ± 0,15	4,59 ± 0,18	51,83 ± 0,31
Mendieta-Aguilar, Pacheco y Rolán (2015)	5-7	4-5	-
Parte del fruto	Porcentaje en el fruto		Contenido de grasa ² (g)
Pulpa ¹	20,19 ± 0,46		26,01 ± 0,84
Cáscara ¹	19,43 ± 0,73		14,62 ± 0,20
Semilla ¹	59,92 ± 0,31		4,15 ± 0,05
Pulpa con cáscara ¹	39,62 ± 0,43		22,06 ± 0,64
Darnet y col. (2011)	—		19,0

¹ Se indica el promedio y la incertidumbre como desviación estándar para n=3.

² Por 100 g de la parte del fruto.

Tabla 2.
Caracterización del fruto de morete.

3.2 Rendimiento y acidez del aceite de morete

Se consideró como mejor tratamiento aquel que permita el mayor rendimiento de extracción de aceite con mayor cantidad de ácido oleico. El análisis de varianza para el rendimiento de la extracción de aceite de morete indica que existe diferencias significativas ($P<0,05$) entre los tratamientos, obteniéndose para el experimento T6 el doble del rendimiento de extracción con relación al tratamiento T1 (14,76 g de aceite extraído con relación a 100 g de la pulpa de morete). En la Figura 3 se ilustra la evolución del rendimiento de la extracción del aceite de morete para cada uno de los tratamientos.

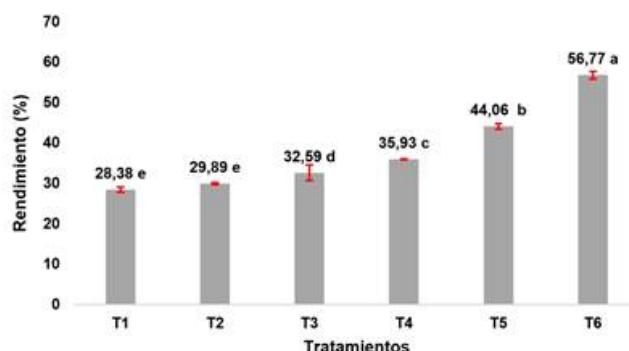


Figura 3.
Evolución del rendimiento de extracción de aceite de los diferentes tratamientos.
Letras diferentes en el gráfico indican diferencias significativas ($P<0,05$)

Se encontró que el porcentaje de extracción de aceite es directamente proporcional a la temperatura de calentamiento de la pulpa, además, disminuye cuando se utiliza la pulpa con cáscara en el pretratamiento antes del prensado. El suministro de calor previo a la extracción permite coagular las proteínas de las paredes de las células haciéndolas permeables al paso del aceite durante el prensado, y también disminuye la viscosidad del aceite, lo que facilita el proceso de extracción (Adrianzén, Rojas y Luján, 2011). Adicionalmente, puede inactivar las enzimas responsables del deterioro del aceite, como lo indica Onyebuchi (2013), quien señala que enzimas como la peroxidasa disminuye la actividad drásticamente a

80 °C en aceites de semillas. Por otro lado, se debe evaluar la estabilidad de los compuestos bioactivos para conocer el efecto del calor suministrado en cada uno de los tratamientos.

El proceso térmico en las diferentes partes del fruto del morete afecta a la acidez presente en los aceites extraídos (Figura 4), siendo el de menor acidez cuando se emplea solo la pulpa de morete y la temperatura más baja de calentamiento (45 °C) antes de pasar al prensado para la extracción del aceite, en cambio la acidez es más alta cuando se emplean temperaturas más elevadas o cuando se emplea pulpa con cáscara en la extracción. Sin embargo, el porcentaje de acidez de los aceites obtenidos de los diferentes tratamientos se hallan en el intervalo del aceite de oliva virgen, Norma 29:2012 (INEN, 2012), que señala que deben tener entre 0,8 a 2% de acidez, y son porcentajes más bajos a los reportados por Vásquez y col. (2010), quienes indican un valor de 2,69% de acidez en el aceite de morete de Perú. Reboredo-Rodríguez y col. (2016) mencionan que las bajas temperaturas reducen la velocidad de oxidación del aceite y la extracción en frío presenta menos acidez.

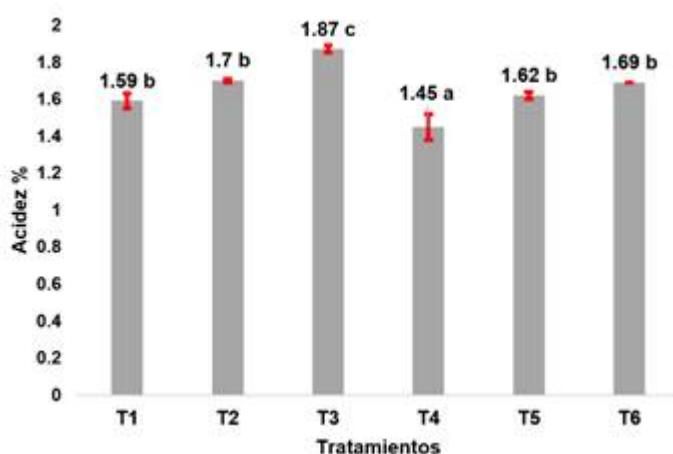


Figura 4.
Porcentaje de acidez de los aceites extraídos de los diferentes tratamientos
Letras diferentes en el gráfico indica diferencia significativa ($P < 0,05$)

3.3 Perfil de ácidos grasos del aceite de morete de los tratamientos

Se identificaron diez ácidos grasos en los perfiles lipídicos de los aceites, excepto en el experimento T1, donde se encontró adicionalmente el ácido láurico, un ácido graso saturado con un contenido de 1,35%. En otro estudio, Cruz y col. (2020) reportó 0,03% de ácido láurico en el aceite de morete de Brasil.

Para todos los tratamientos se encontró alto contenido de ácido oleico (omega 9) cercanos a 80% y no se encontraron diferencias significativas entre los experimentos. Además, se identificó ácido linoleico (omega 6) desde 1,39% a 1,73% y ácido α -linolénico (omega 3) desde 0,70% a 1,17%, estos resultados son comparables a los reportados por Vásquez y col.

(2010) en morete cultivado en Perú, reportando valores de 75,6% de ácido oleico, 2,19% ácido linoleico y 0,82% de α -linolénico.

	Número de muestra	T1* (Pulpa con cicatriz a 45 °C)	T2* (Pulpa con cicatriz a 65 °C)	T4* (Pulpa con cicatriz a 85 °C)	T5* (Pulpa a 65 °C)	T6* (Pulpa a 85 °C)	Ácido de Colombia (Restrepo, Arias y Medina, 2016)	Ácido de Perú (Vásquez y col., 2010)	Ácido de Brasil (Cruz y col., 2020)
Ácido graso									
Acido linírico	C12-9 0,35 ± 0,09	—	0,04 ± 0,01 ^b	0,02 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^{ab}	0,02 ± 0,01 ^a	—	—	—
Acido mirístico	C14-9 0,07 ± 0,01 ^b	—	0,05 ± 0,01 ^{a,b}	0,08 ± 0,02 ^b	0,05 ± 0,01 ^{ab}	0,03 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,01	—	0,12
Acido keilico	C15-9 0,05 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,01 ^b	0,05 ± 0,01 ^{a,b}	0,08 ± 0,02 ^b	0,05 ± 0,01 ^{ab}	0,03 ± 0,01 ^a	—	—	0,07
Pentadecanoico	C16-9 15,08 ± 0,39 ^a	16,05 ± 0,26 ^b	16,55 ± 0,33 ^b	16,05 ± 0,38 ^b	15,93 ± 0,22 ^b	15,96 ± 0,24 ^b	21,27 ± 0,80	19,61 ± 0,41	22,18
Ácido palmitico	C16-1 0,06 ± 0,01 ^c	0,05 ± 0,01 ^c	0,04 ± 0,01 ^c	0,07 ± 0,01 ^c	0,12 ± 0,01 ^b	0,16 ± 0,05 ^a	0,29 ± 0,06	0,15 ± 0,01	0,15
Ácido palmitoleico	C17-9 0,05 ± 0,01 ^{ab}	0,04 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,01 ^{ab}	0,07 ± 0,01 ^b	0,05 ± 0,01 ^{ab}	—	—	0,12
Ácido margaroleico	C18-9 0,79 ± 0,04 ^a	0,75 ± 0,03 ^a	0,82 ± 0,03 ^a	0,82 ± 0,03 ^a	1,27 ± 0,03 ^b	1,51 ± 0,25 ^b	4,19 ± 0,04	1,57 ± 0,02	2,51
Ácido estearico	C18-1 n-9 79,47 ± 0,39 ^a	80,09 ± 0,47 ^a	79,91 ± 0,40 ^a	79,83 ± 0,37 ^a	79,85 ± 0,35 ^a	79,80 ± 0,64 ^a	68,69 ± 1,60	75,6 ± 0,31	72,23
Ácido oleico	C18-2 n-6 1,73 ± 0,07 ^a	1,69 ± 0,14 ^{ab}	1,61 ± 0,10 ^{ab}	1,65 ± 0,07 ^{ab}	1,62 ± 0,10 ^{ab}	1,59 ± 0,12 ^b	2,05 ± 0,08	2,19 ± 0,25	0,51
Ácido linoleico	C18-3 n-3 1,12 ± 0,16 ^a	0,98 ± 0,10 ^{ab}	0,70 ± 0,03 ^b	1,17 ± 0,04 ^a	0,78 ± 0,05 ^b	0,78 ± 0,17 ^b	0,87 ± 0,03	0,82 ± 0,06	1,15
Ácido linélico	C20-9 0,06 ± 0,02 ^b	0,03 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,01 ^{ab}	0,05 ± 0,02 ^{ab}	—	—	0,16
Ácido arquídico	C20-1 n-9 0,16 ± 0,01 ^a	0,23 ± 0,04 ^a	0,20 ± 0,07 ^a	0,23 ± 0,10 ^a	0,24 ± 0,06 ^a	0,30 ± 0,07 ^a	—	—	0,58
Ácido gadoleico	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ácidos grasos saturados	17,46 ± 0,55	16,94 ± 0,24	17,53 ± 0,32	17,05 ± 0,39	17,39 ± 0,24	17,62 ± 0,42	25,52	21,18	25,19
Ácidos grasos monoinsaturados	79,68 ± 0,40	80,38 ± 0,42	80,19 ± 0,36	80,13 ± 0,38	80,21 ± 0,38	80,20 ± 0,64	68,98	75,75	72,96
Ácidos grasos poliinsaturados	2,85 ± 0,15	2,67 ± 0,18	2,31 ± 0,07	2,82 ± 0,05	2,40 ± 0,15	2,17 ± 0,29	2,92	3,01	1,66

*Se indica el promedio y la incertidumbre como desviación estándar para $n=3$.
Letras diferentes en filas indican diferencia significativa ($P<0,05$).

Tabla 3.
Perfil de ácidos grasos del aceite de moretes extraídos en los diferentes tratamientos y aceites de morete de Colombia, Perú y Brasil.

El ácido oleico del aceite de morete tiene valores comparables a los que posee el aceite de oliva producido en la región de Extremadura, España, donde Martínez y col. (2014) reportan valores entre 68,82 y 79,30%. Además, resultaron superiores a los obtenidos a partir de olivas cultivadas en Turquía y Argentina reportados por Ghanbari, Sivri y Ozkaya (2019) y Rondanini y col. (2011) cuyo contenido estuvo entre 68,64 y 70,56% y 51,8% a 71,9% de ácido oleico, respectivamente. Se encontraron otros ácidos grasos minoritarios con menos de 0,3%: ácido mirístico, ácido pentadecanoico, ácido palmitoleico, ácido margaroleico, ácido araquídico, y ácido gadoleico, seguido por el ácido esteárico desde 0,75% hasta 1,51%.

Finalmente, de los ácidos grasos saturados, el ácido palmitico resultó ser más abundante (16,55% en T5), sin embargo, es menor al citado por

Cruz y col. (2020); Restrepo, Arias y Madriñán (2016) y Vásquez y col. (2010). En la Tabla 3 se resume de forma comparativa el perfil de ácidos grasos de los aceites extraídos del morete para cada uno de los diferentes tratamientos frente a los resultados de otros autores.

El mejor tratamiento seleccionado fue el que permitió un máximo rendimiento de aceite con la mayor cantidad de ácido oleico. Debido a que en todos los tratamientos el contenido de ácido oleico estuvo cercano a 80% sin diferencias significativas con $\alpha = 0,05$ se consideró el mejor resultado el obtenido con T6 puesto que se tiene mayor rendimiento de extracción.

El valor nutricional con respecto a los ácidos grasos insaturados del tratamiento T6 resultó: 79,80% de Omega 9; 1,39% de Omega 6 y 0,78% de Omega 3. Por otro lado, el contenido de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados fue 17,62%, 80,20% y 2,17%, respectivamente.

Pereira y col. (2016) mencionan que los aceites ricos en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados se han relacionado con la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares, asociando esta reducción al efecto antiinflamatorio de los ácidos grasos. Freitas y col. (2017) indican que el ácido oleico es considerado fundamental por sus propiedades beneficiosas en la reducción de la oxidación del colesterol LDL; además, es un precursor en la producción de la mayoría de otros ácidos grasos poliinsaturados y de hormonas.

En la Figura 5 se indica el diagrama propuesto para la extracción del aceite de morete con el tratamiento T6 mediante prensado artesanal con previo tratamiento térmico de la pulpa del morete.



Figura 5.
Diagrama propuesto para la extracción del aceite de morete.

3.4 Estabilidad oxidativa del aceite de morete

En este estudio no se evaluó la influencia del tratamiento térmico sobre la potencial pérdida de compuestos bioactivos del aceite extraído, sin embargo, se observó que la variación de la acidez del aceite en todos los

tratamientos se mantuvo por debajo de lo que establece la Norma 29:2012 (INEN, 2012).

El aceite obtenido del mejor tratamiento fue sometido a condiciones aceleradas de oxidación empleando un equipo Oxitest. Para cada una de las temperaturas seleccionadas en la cámara de oxidación del equipo se determinó el valor de IP (Tabla 4) expresado en horas y minutos. Con los valores encontrados en la Tabla 4, el valor de IP, ($\ln IP$) se transforma de minutos a horas y luego se transforma a logaritmo natural; posteriormente se estima la ecuación de la recta Ecuación 3 tal como fue descrito en el apartado 2.6. Se graficó el $\ln IP$ frente a la temperatura de la cámara de oxidación y se halló la Ecuación 3 mediante regresión lineal, obteniéndose la expresión $y = -0,09425x + 11,22917$.

Temperatura (°C) en la cámara de oxidación del Oxitest	IP (horas) en aceite de morete del mejor tratamiento
80	37,58 ± 0,27
90	17,55 ± 0,23
100	5,77 ± 0,11

Se indica el promedio y la incertidumbre como desviación estándar para $n = 3$

Tabla 4.
Valores del Periodo de Inducción IP (horas) a diferentes temperaturas.

Se extrapoló la recta Ecuación 3, para lo cual se sustituyó 21 °C como valor de x que representa la temperatura promedio de la ciudad de El Puyo, luego se despejó el valor de IP y se hizo el correspondiente cambio de unidades a meses y se consiguió que el T6 tendría una estabilidad oxidativa de 14,45 meses cuando se almacenara a 21 °C. Landeo (2019) empleó el índice de peróxido para estimar el tiempo de estabilidad del aceite de morete cultivado en Perú y reportó 7,5 meses a 18 °C de almacenamiento; este tiempo de vida útil es menor al determinado en el presente estudio.

El aceite de morete posee altos contenidos de ácido oleico, con valores cercanos al aceite de oliva, que podría tener una vida útil comparable al aceite de oliva. Irigaray y col. (2016) indican que el aceite de oliva extra virgen de Uruguay tiene una vida útil de 12 a 18 meses de almacenamiento en botellas a temperatura ambiente. Martínez-Robinson y col. (2019) señalan que la estabilidad a la oxidación de los aceites proporciona una buena estimación de la susceptibilidad a la autooxidación que conducen a su enranciamiento y al deterioro de su calidad.

4 Conclusiones

En las muestras estudiadas se encontró que el contenido de grasas en todos los tratamientos fue superior en la pulpa, seguido de la corteza y la semilla. Se estableció que el mejor proceso de extracción de aceite de morete fue empleando la pulpa por prensado previo tratamiento a 85 °C

por 10 minutos. El aceite de morete obtenido en las mejores condiciones utilizadas en este trabajo resultó ser una fuente de ácido oleico, con una vida útil comparable a la reportada para aceite de oliva extra virgen.

Se empleó el equipo Oxitest para evaluar en condiciones aceleradas la estabilidad oxidativa del aceite extraído del morete de forma rápida y segura. Se consiguió una ecuación que permite estimar el Período de Inducción y, en consecuencia, el tiempo de vida útil del aceite de morete a cualquier temperatura de almacenamiento.

La tecnología de extracción propuesta permitió obtener 2,98 kg de aceite por cada 100 kg de morete, así, los productores de este fruto podrían avanzar hacia la industrialización y ofrecer un nuevo tipo de aceite alto en ácido oleico.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Técnica de Ambato y el proyecto Canje de Deuda Ecuador España con resolución de aprobación HCU 0939CU-P-2016, ejecutado en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Referencias

- AOAC (2002). Official Methods of Analysis 17th Edition. Inf. téc. AOAC International.
- Adrianzén, N., C. Rojas y G. Luján (2011). «Efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico de las almendras trituradas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) sobre el rendimiento y las características físico-químicas del aceite obtenido por prensado mecánico en frío». En: Agroindustrial Science 1.2, 46-55. Online: <https://bit.ly/3mxLksa>.
- Amri, Z. y col. (2017). «Oil characterization and lipids class composition of pomegranate seeds». En: BioMed research international 2017, Online: <https://bit.ly/3BkYWxh>.
- Aquino, J. y col. (2012). «Refining of buriti oil (*Mauritia flexuosa*) originated from the Brazilian Cerrado: physicochemical, thermal-oxidative and nutritional implications». En: Journal of the Brazilian Chemical Society 23, 212-219. Online: <https://bit.ly/3BBsN4N>.
- Bataglion, G. y col. (2015). «Integrative approach using GC-MS and easy ambient sonic-spray ionization mass spectrometry (EASI-MS) for comprehensive lipid characterization of Buriti (*Mauritia flexuosa*) oil». En: Journal of the Brazilian Chemical Society 26, 171-177. Online: <http://bit.ly/3aoIjVj>.
- Cândido, T. y M. Silva (2017). «Comparison of the physicochemical profiles of buriti from the Brazilian Cerrado and the Amazon region». En: Food Science and Technology 37. suppl 1, 78-82. Online: <https://bit.ly/2WS6Fnn>.
- Carrillo, W. y col. (2018). «Fatty acids content in ungurahua oil (*oenocarpus bataua*) from ecuador. findings on adulteration of ungurahua oil in

- ecuador». En: Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research 11.2, 391-394. Online: <https://bit.ly/3oWlC3F>.
- Caruso, M. y col. (2017). «Evaluation of the oxidative stability of bakery products by OXITEST method and sensory analysis». En: European Food Research and Technology 243.7, 1183-1191. Online: <https://bit.ly/2WSTXVB>.
- Corbu, A., A. Rotaru y V. Nour (2020). «Edible vegetable oils enriched with carotenoids extracted from by-products of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*): The investigation of some characteristic properties, oxidative stability and the effect on thermal behaviour». En: Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 142.2, 735-747. Online: <https://bit.ly/3uT97GN>.
- Cruz, M. y col. (2020). «Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) pulp oil as an immunomodulator against enteropathogenic *Escherichia coli*». En: Industrial Crops and Products 149.October 2019, 112330. Online: <http://bit.ly/306tgxU>.
- Darnet, S. y col. (2011). «Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the Amazon region». En: Food Science and Technology 31, 488-491. Online: <https://bit.ly/2ZX80KK>.
- Forero-Doria, O. y col. (2016). «Relationship between oxidative stability and antioxidant activity of oil extracted from the peel of *Mauritia flexuosa* fruits». En: Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 123.3, 2173-2178. Online: <https://bit.ly/3AmoTLz>.
- Freitas, M. y col. (2017). «Quality characteristics and thermal behavior of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil». En: Grasas y aceites 68.4, 1-9. Online: <https://bit.ly/3j1ZQaH>.
- Ghanbari, E., D. Sivri y M. Ozkaya (2019). «Characterization Of Turkish Extra Virgin Olive Oils According To The Their Fatty Acid Profile». En: Food Science and Technology 13.4, 28-35. Online: <https://bit.ly/3mHb6dQ>.
- INEN (2012). Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 29:2012 Aceite de Oliva. Requisitos. Inf. téc. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Irigaray, B. y col. (2016). «Shelf Life of Monovarietal Extra Virgin Olive Oils Cv. Arbequina and Coratina from Uruguay». En: Journal of Food Research 5.5, 88-94. Online: <https://bit.ly/3uSh6UJ>.
- Kumar, A., A. Sharma y K. Upadhyaya (2016). «Vegetable oil: nutritional and industrial perspective». En: Current genomics 17.3, 230-240. Online: <https://bit.ly/3DreaS6>.
- Landeo, E. (2019). «Vida útil del aceite de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) mediante pruebas aceleradas». Tesis de mtría. Universidad Nacional del Callao.
- Martínez-Robinson, K. y col. (2019). «Caracterización de los residuos sólidos de la extracción del aceite de oliva de Caborca, Sonora, México». En: Biotecnia 21.3, 48-55. Online: <https://bit.ly/3FwynYv>.
- Martínez, M. y col. (2014). «Fatty acid profiles of virgin olive oils from the five olive-growing zones of Extremadura (Spain)». En: Journal of the American Oil Chemists' Society 91.11, 1921-1929. Online: <https://bit.ly/3ApJyhV>.
- Mendieta-Aguilar, G., L. Pacheco y A. Rolán (2015). «Seed dispersal of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) by terrestrial frugivores in Laguna Azul,

- Beni, Bolivia». En: *Acta Amazonica* 45.1, 45-56. Online: <https://bit.ly/3AtXas9>.
- Milanez, J. y col. (2016). «Pre-harvest studies of buriti (*Mauritia flexuosa* LF), a Brazilian native fruit, for the characterization of ideal harvest point and ripening stages». En: *Scientia Horticulturae* 202, 77-82. Online: <https://bit.ly/3iM4mdc>.
- Montúfar, R. y G. Brokamp (2011). «Palmeras aceiteras del Ecuador: estado del arte en la investigación de nuevos recursos oleaginosos provenientes del bosque tropical.» En: *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas* 32.1-2, 93-118. Online: <https://bit.ly/3lpgB1b>.
- Moreno, A. y M. López (2017). *Elaboración de aceites de oliva vírgenes*. Paraninfo S.A.
- Nascimento-Silva, N., F. Silva y M. Silva (2020). «Physicochemical composition and antioxidants of buriti (*Mauritia flexuosa* Linn. F.)-pulp and sweet». En: *Journal of bioenergy and food science* 7.1, 1-12. Online: <https://bit.ly/3ApatKs>.
- Nde, D. y A. Foncha (2020). «Optimization methods for the extraction of vegetable oils: a review». En: *Processes* 8.2, 209. Online: <https://bit.ly/308LXRA>.
- Onyebuchi, S. (2013). «Kinetic analysis of the thermostability of peroxidase from African oil bean (*Pentaclethra macrophylla* Benth) seeds». En: *Journal of Biochemical Technology* 4.1, 459-463. Online: <https://bit.ly/3amZO8w>.
- Pereira, J. y col. (2016). «Phytochemistry profile, nutritional properties and pharmacological activities of *Mauritia flexuosa*». En: *Journal of Food Science* 81.11, R2611-R2622. Online: <https://bit.ly/3093ngV>.
- Quispe, F. y col. (2009). «Caracterización de aceites, tortas y harinas de frutos de Ungurahui (*Jessenia polycarpa*) y Aguaje (*Mauritia flexuosa* L.) de la Amazonía Peruana». En: *Revista de la Sociedad Química del Perú* 75.2, 243-253. Online: <https://bit.ly/2YBOgfw>.
- Reboreda-Rodríguez, P. y col. (2016). «Characterization of virgin olive oils produced with autochthonous Galician varieties». En: *Food chemistry* 212, 162-171. Online: <https://bit.ly/3mFMy4V>.
- Restrepo, J., N. Arias y C. Madriñán (2016). «Determinación del valor nutricional, perfil de ácidos grasos y capacidad antioxidante de la pulpa de aguaje (*mauritiaflexuosa*)». En: *Revista de Ciencias* 20.1, 71-78. Online: <https://bit.ly/3p49o8X>.
- Riciputi, Y. y M. Caboni (2017). «Assessing oil oxidative stability in Tarallini by OXITEST®». En: *Italian Journal of Food Science* 29.1, 63-73. Online: <https://bit.ly/3oLwXU0>.
- Rodríguez, G. y col. (2015). «Oxidative stability and estimate of the shelf life of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil». En: *Scientia Agropecuaria* 6.3, 155-163. Online: <https://bit.ly/3iKXi0p>.
- Rondanini, D. y col. (2011). «Fatty acid profiles of varietal virgin olive oils (*Olea europaea* L.) from mature orchards in warm arid valleys of Northwestern Argentina (La Rioja)». En: *Grasas y aceites* 62.4, 399-409. Online: <https://bit.ly/3mAAGmeq>.
- Rudke, A. y col. (2019). «Optimization of green PLE method applied for the recovery of antioxidant compounds from buriti (*Mauritia flexuosa* L.)

shell». En: Food chemistry 298.March, 125061. Online: <https://bit.ly/3aBkvhr>.

Sandri, D. y col. (2017). «Antioxidant activity and physicochemical characteristics of buriti pulp (*Mauritia flexuosa*) collected in the city of Diamantino-MTS». En: Revista Brasileira de fruticultura 39.3, 1-7. Online: <https://bit.ly/3lkLrId>.

Tambunan, A. y col. (2012). «Yield and physicochemical properties of mechanically extracted crude Jatropha curcas L oil». En: Biomass and Bioenergy 43, 12-17. Online: <https://bit.ly/3alDufz>.

Tinello, F. y col. (2018). «Comparison of OXITEST and RANCIMAT methods to evaluate the oxidative stability in frying oils». En: European Food Research and Technology 244.4, 747-755. Online: <https://bit.ly/3BrYj52>.

Trujillo-Gonzalez, J., M. Torres y E. Santana-Castañeda (2011). «La palma de Moriche (*Mauritia flexuosa* Lf.) un ecosistema estratégico». En: Orinoquia 15.1, 62-70. Online: <https://bit.ly/2YwCgyk>.

Vásquez, P. y col. (2010). «Chemical characterization and oxidative stability of the oils from three morphotypes of *Mauritia flexuosa* Lf, from the Peruvian Amazon». En: Grasas y Aceites 61.4, 390-397. Online: <https://bit.ly/3amMlx>.

Enlace alternativo

<https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/4307> (html)