

CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE CHONTILLA (*BACTRIS GASIPAES*) EXTRAÍDO EN FRÍO PARA FINES ALIMENTARIOS

CHARACTERIZATION OF COLD-EXTRACTED CHONTILLA (*BACTRIS GASIPAES*) OIL FOR FOOD PURPOSES

Gina Guapi Alava ^{1*}

¹ Agroindustria, Facultad Ciencias de la Industria y Producción, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8917-217X>. Correo: gguapi@uteq.edu.ec

Vicente Guerron Troya ²

² Alimentos, Facultad Ciencias de la Industria y Producción, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9674-7923>. Correo: vguerron@uteq.edu.ec

Rafael Moreno Rojas ³

³ Dpto. de Bromatología y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de Córdoba. España. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3134-7392>. Correo: rafael.moreno@uco.es

* Autor para correspondencia: vguerron@uteq.edu.ec

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo caracterizar el aceite de chontilla (*Bactris gasipaes*) para fines alimentarios, extraído en frío mediante un sistema de aire comprimido. Esta investigación se dividió en dos etapas: en la primera se realizó la extracción del aceite de chontilla, se utilizó un diseño A x B con 8 tratamientos y 3 repeticiones, donde: Efecto A= Presión + Tiempo de extracción (90 PSI + 5 Minutos y 110 PSI + 3 Minutos) y Efecto B=Acondicionamiento de la materia prima (Despulpado; despulpado y picado; despulpado y triturado; despulpado y molido). Se procedió a realizar la recepción, selección, despulpado, picado, triturado, molido, prensado y codificado del aceite obtenido. Para la segunda etapa, el aceite se sometió a un análisis del perfil lípido mediante cromatografía líquida a alta presión (HPLC), obteniéndose el 21,07% de ácidos grasos saturados; 67,28% de ácidos grasos monoinsaturados; 11,60% de ácidos grasos polinsaturados; 63,27% Oleico C18:1 (Omega 9); 10, 18% Linoleico C18:2 (Omega 6) y 1,36 Alfa Linolenico C18:3 (Omega 3). Se ha realizado un análisis de varianza mediante el Modelo Lineal General de SPSS v20, usando los efectos como factores de clasificación y los ácidos grasos o sus agrupaciones como variables.

Palabras clave: chontilla; extracción; prensado; cromatografía; perfil lipídico.

Abstract

*The objective of this study is to characterize chontilla (*Bactris gasipaes*) oil for food purposes, cold extracted using a compressed air system. This research was divided into two stages : in the first, the extraction of chontilla oil was carried out, an A x B design was used with 8 treatments and 3 repetitions, where: Effect A= Pressure + Extraction time (90 PSI + 5 Minutes and 110 PSI + 3 Minutes) and Effect B=Conditioning of the raw material (pulped; pulped and chopped; pulped and ground; pulped and ground). We proceeded to carry out the reception, selection, pulping, chopping, crushing, grinding, pressing and coding of the oil obtained. For the second stage, the oils were subjected to a lipid profile analysis by high pressure liquid chromatography (HPLC), obtaining 21.07% of saturated fatty acids; 67.28% monounsaturated fatty acids; 11.60% polyunsaturated fatty acids; 63.27% Oleic C18:1 (Omega 9); 10, 18% Linoleic C18:2 (Omega 6) and 1.36 Alpha Linolenic C18:3 (Omega 3). An analysis of variance was performed using the General Linear Model of SPSS v20, using the effects as classification factors and fatty acids or their groupings as variables.*

Keywords: chontilla; extraction; pressing; chromatography; lipidic profile.

Fecha de recibido: 19/05/2022

Fecha de aceptado: 16/08/2022

Fecha de publicado: 17/08/2022

Introducción

El consumo de aceite de oliva supera en el mundo los dos millones y medios de toneladas al año. Sin embargo, la tradición de países como Malasia, Indonesia, China, India, Estados Unidos, Ecuador, Perú y Colombia hace que se consuman otros más asequibles en sus mercados y de esta manera, los aceites de semillas lideran la producción y el consumo mundial, colocando en primer lugar al aceite de palma, seguido de cerca por el de soja, mientras que en el tercer y cuarto lugar se ubican colza y girasol (Ramos. 2014; USDA, 2016). Los principales productores de semillas oleaginosas son Estados Unidos (USA), Brasil y Argentina que en conjunto son el 50% del total mundial de producción, la diferencia se cultiva en China, India y otros países (USDA, 2016).

Palma (*Elaeis guineensis* Jacq.)

En Ecuador el consumo interno de aceite en los últimos doce años superó las 200 mil toneladas y en lo que va de este año se ha superado las 225 mil toneladas, se estima que en los últimos tres años hubo un excedente de 300 mil toneladas, que se fueron al exterior, especialmente a Venezuela y Colombia, principales mercados de Ecuador. La Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y sus derivados de Origen Nacional (Fedapal) calcula que este 2016 se podrían producir unas 550 mil toneladas métricas (Fedapal,

2016). Esto concuerda con estudios realizados por la FAO sobre ingesta de aceite de palma en Ecuador y varios países a nivel mundial.

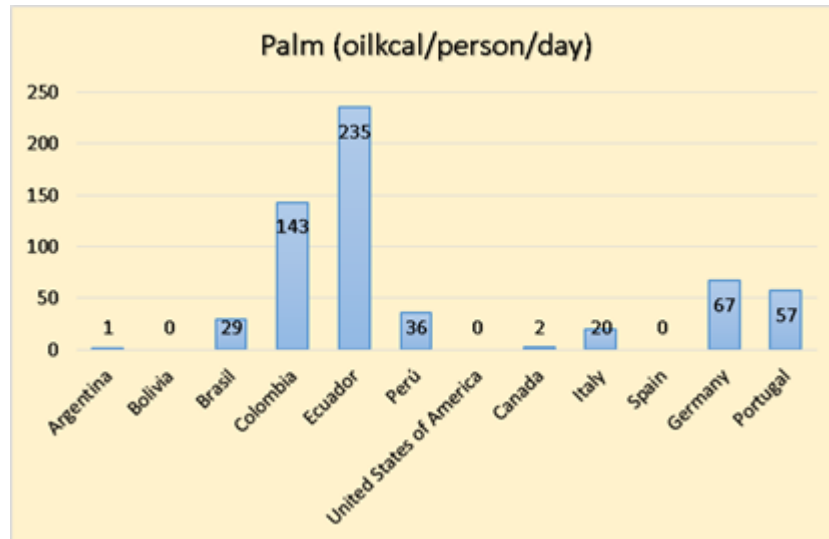


Figura 1. Ingesta de aceite de palma en el Ecuador y otros países para el período 2005-2007, según la FAO.

El cultivo de Palma registra la mayor productividad por unidad de superficie, un menor coste de producción y una amplísima diversidad de usos, lo que le convierte en la fuente principal de aceites vegetales en el mundo (Murcia, 2010). De la pulpa de sus frutos se extrae aceite de palma, el que ostenta el liderazgo mundial con más de 53,33 millones de toneladas, destinado a alimentación y usos industriales, siendo Indonesia y Malasia los principales productores de aceite de palma, con una representación del 87,19% de la producción mundial (USDA. 2013; Ramos, D. 2014).

Girasol (*Helianthus annuus* L.)

El aceite de girasol es una de las grasas más populares en el mundo occidental. El aceite de girasol “alto oleico” es similar en su composición al aceite de oliva. Su menor coste frente a éste le ha situado como un perfecto sustituto en muchas mesas europeas y con gran proyección en algunos otros países del mundo (Murcia, 2010). Este aceite constituye el 8,50% de la producción mundial. En Ucrania se produce el 28,21%, mientras que la Unión Europea produce el 19,90%, Rusia el 19,30% y Argentina el 10,78% (Ramos, D. 2014).

Olivo (*Olea europaea* L.)

La producción de aceite de oliva está concentrada mayoritariamente en los países mediterráneos, en los que se encuentra el 99% de la superficie del olivar y se genera el 98% de la producción mundial de aceite de oliva. La Unión Europea es el principal productor a nivel mundial en aceite de oliva, con una producción de aceite de oliva superior del 80%, seguida por África (8,5%), Asia (5,5%) y América, con un 2% de la producción mundial. Dentro de los países productores europeos, España destaca con un 28,3%, donde más del 80% de la producción nacional, corresponde a Andalucía. En Italia, el 63% de la producción está localizada en las

regiones del sur (Abulia, Calabria). Esto puede dar una idea de la importancia que el sector del aceite de oliva tiene en la economía de esta región. Italia, Grecia, Portugal y Francia, Túnez y Turquía siguen a España en la producción de aceite de oliva (Aparicio et al. 2003; Oliveras, M. 2005).

El aceite obtenido de su fruto, considerado como uno de los alimentos de la dieta mediterránea, es cada vez más apreciado por sus cualidades organolépticas, que lo convierten en una grasa ideal en gastronomía y que aporta unas características nutricionales muy apreciadas, tanto en la prevención de enfermedades degenerativas asociadas al estrés oxidativo como en la patología cardiovascular (Oliveras, M. 2005).

Chontilla (*Bactris gasipaes*)

La chontilla, pejibaye o pijuayo, (*Bactris gasipaes*) es una palmera nativa de los trópicos americanos. Su distribución natural se extiende entre Panamá y el oriente de la cuenca amazónica hasta Bolivia (Mora-Urpí 1995). El fruto de chontilla fue muy importante en la época precolombina, cuando posiblemente fue el principal alimento de numerosas tribus del neotrópico. Ha sido motivo de estudio por muchos autores, ocupando actualmente un lugar preponderante entre las palmeras americanas (Mora-Urpí 1995).

Los frutos son drupas de coloración diferente, verduscos, amarillos, anaranjados, rojos y colores intermedios; tienen diversas formas, cónica, ovoide o elipsoide; son de distinto tamaño, desde muy pequeños (de 1 a 1.5 cm de diámetro en frutos sin semilla), hasta muy grandes (7 cm de diámetro en frutos normales); el peso es variable y clasifica al fruto en razas: microcarpa de 4 a 20 g, mesocarpa de 20 a 70 g y macrocarpa de 70 a 250 g; el pericarpo es delgado y a veces adherido al mesocarpo, el cual es de color amarillo o anaranjado, carnoso, amiláceo, fibroso o aceitoso; el endocarpo es negro y de consistencia dura con tres poros en el ápice. La semilla es ovoide, cónica o elipsoidal, mide de 1 a 2 cm de largo y pesa entre 1 y 5 g; el endosperma es blanco y comestible (Flores, 1997; Brack Egg, 1999 y Pasquel et al. 2002).



Figura 2. Fruto de chontilla en fresco.

Del fruto se extrae aceite comestible que contiene ácidos grasos no saturados de gran demanda en el mercado actual (Pasquel et al. 2002). La chontilla es de gran aceptación en nuestro país, lo que facilita su promoción y permite sacar provecho de su valor nutritivo. Algunos de los nutrientes más relevantes en este fruto son las

grasas, almidones, minerales, fibras de origen vegetal y carotenoides (Fernández 1988). También es una fuente importante de niacina, riboflavina, tiamina, hierro y retinol (Gómez 1990, Mora-Urpí et al. 1997). En este fruto se han encontrado altos contenidos de carotenoides, los cuales están involucrados en el fortalecimiento del sistema inmunológico y disminución del riesgo de enfermedades como cáncer, enfermedades cardiovasculares y artritis entre otros. Estos efectos biológicos se atribuyen a la capacidad antioxidante que poseen, a través de la cual desactivan radicales libres y oxígenos reactivos en el organismo humano (Rodríguez Amaya 1997; (Serrano, Umaña, & Sáenz, 2011).

En los últimos años investigadores y consumidores han mostrado interés hacia el consumo de frutas exóticas y con alta capacidad antioxidante, lo cual ha impulsado la búsqueda de productos tropicales promisorios y poco investigados como la chontilla. Sin embargo, la comercialización de esta fruta se dificulta ya que bajo condiciones naturales la vida poscosecha de la chontilla es limitada, lo que provoca grandes pérdidas en poscosecha. En tan solo 4 días a temperatura ambiente, hasta un 70% de la fruta cruda de chontilla puede sufrir algún grado de deterioro (Sáenz et al. 1992; (Serrano et al., 2011).

Importancia de los lípidos en la alimentación humana

Las grasas y aceites tienen un rol importante en la absorción de las vitaminas solubles A, D, E y K y también producen la sensación de saciedad que regula la cantidad de ingestión de alimentos. Las recomendaciones establecen que un máximo del 30% de las calorías derivadas de las grasas y aceites deben ser consumidas en la dieta de las personas adultas en sociedades desarrolladas, para prevenir las enfermedades crónicas (enfermedades coronarias y cáncer). En el crecimiento del cuerpo la evidencia sugiere que el metabolismo de las grasas y aceites se ven influenciadas por la composición total que constituyen sus ácidos grasos, más específicamente el tamaño, la configuración isomérica, grado de insaturación y la posición del éster en la molécula de glicerol (Kitts & Jones 1996; Pasquel et al. 2002).

Obtención de aceites

Las grasas han constituido en la humanidad una fuente de alimentos interesante, las de origen animal lógicamente tenían unas técnicas de extracción directamente de las reservas del panículo adiposo, pero las grasas de origen vegetal implicaban la extracción de las estructuras específicas que las contenía bien fuera la semilla u otras partes del vegetal, a lo largo del tiempo los métodos tradicionales eran métodos directos de prensado y centrifugado que permitía obtenerlas sin ningún método químico adicional ni calentamiento del producto eran los que históricamente se utilizaban, en el mundo actual se utilizan otras técnicas como el calentamiento y los sistemas de extracción bioquímicos que permiten unos grados de extracción superiores lo cual favorece un rendimiento del producto y también un abaratamiento de costos.

Procesos de extracción

Desde los sistemas más primitivos, hasta el actual sistema continuo por centrifugación, hay un abanico extenso de técnicas para conseguir más y mejor aceite. Según los lugares y los tiempos estos sistemas han ido evolucionando, tanto en los materiales utilizados para hacer los ingenios necesarios “piedra, madera, hierro” y la fuerza con la que se movían los elementos del molino primero fue aplicando la fuerza humana o animal, luego hidráulica, después eléctrica, hasta llegar a los sofisticados métodos contemporáneos, que aunque utilizan la electricidad, están controlados por ordenador (Espuny, A. 2010). Los tres procesos más comunes

para recuperar el aceite a partir de plantas oleaginosas son el prensado hidráulico, el prensado expeller y la extracción con solventes (Grasso, 2013).

Prensado Hidráulico

Este tipo de prensado es el más utilizado desde tiempos antiguos para la extracción de aceites vegetales de consumo humano, para ello se aplicaba presión sobre una masa de vegetales confinados en bolsas, telas, mallas u otros artificios. Las prensas más antiguas utilizaron palancas, cuñas, tornillos, etc.; pero el más utilizado fue el sistema hidráulico (Valderrama, 1994; Bailey, 2001; Cefla, 2015).

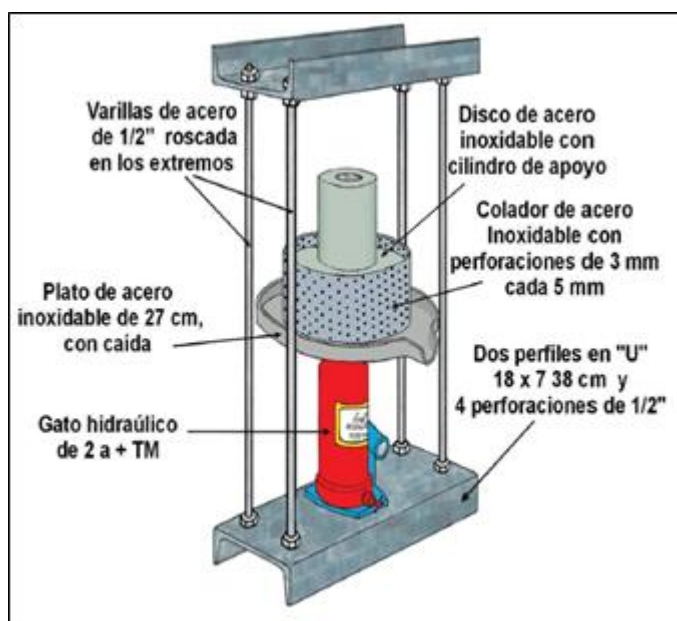


Figura 3. Esquema de una prensa hidráulica artesanal.

Fuente: (ITACAB, 2013, p. 1).

Prensas de Tornillo

Las prensas de tornillo como los expellers han reemplazado a los originales equipos hidráulicos y son usadas para una amplia variedad de materiales oleaginosos (Grasso, 2013). El prensado continuo es realizado de forma común en las prensas expeller o tornillo. Estas prensas soportan altas presiones; generalmente se práctica el prensado en dos o tres prensadas, incrementando en cada una de ellas la presión (Bailey, 2001, Cefla, 2015).

Existen varios tipos o modelos de prensas expeller, siendo dos los principales diseños: Prensa filtro (Strainer press) y Prensa cilindro con agujeros (Cylinder-hole press), los cuales se diferencian principalmente por la geometría del tornillo, el tipo de restricción o boquilla, la salida del aceite y de la torta residual (Beerens, 2007, Cefla, 2015).

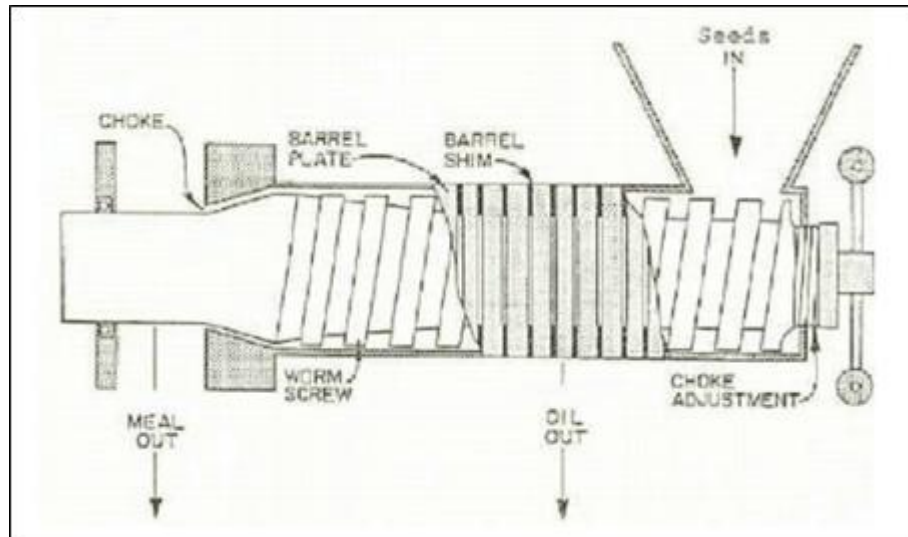


Figura 4. Esquema de la prensa filtro utilizada para la extracción de aceites vegetales comestibles.

Fuente: (Berrens, 2007, p.22)

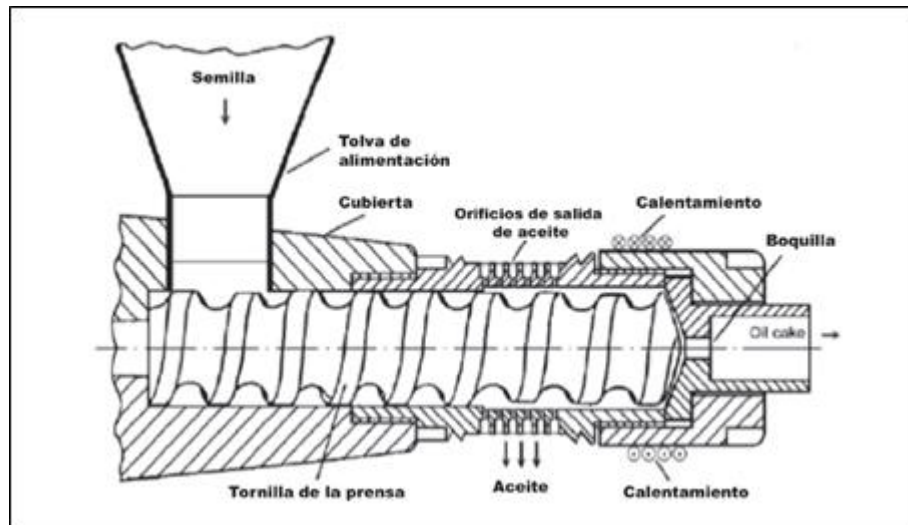


Figura 5. Esquema de la prensa cilindro con agujeros utilizada para la extracción de aceites vegetales comestibles.

Fuente: (Berrens, 2007, p.22).

Extracción por Solvente

La extracción por solvente se originó como un proceso en batch (sistema por lotes) en Europa en 1870. Los avances tecnológicos más rápidos se dieron luego de la 2da Guerra Mundial con el desarrollo de sistemas de extracción continua los cuales proveen un buen funcionamiento para materiales oleaginosos de bajos contenidos en aceite. Los procesos basados en extracción por solvente consisten, usualmente, en extracciones sucesivas del material oleaginoso previamente quebrado, laminado, molido o prensado, mediante lavados en contracorriente con hexano (Grasso, 2013).

El hexano, como otros VOCs (compuestos orgánicos volátiles), pueden reaccionar con sustancias tóxicas, principalmente óxidos de nitrógeno en presencia de luz solar, para producir ozono (O₃) y otras especies conocidas colectivamente como oxidantes fotoquímicos. Si bien el ozono es esencial en las capas altas de la atmósfera para filtrar la radiación UV del sol, su exceso es indeseable (FinlaysonPitts y Pitts, 1993; (Grasso, 2013).

El sector de producción de alimentos es el responsable de cerca del 7,5 % de las emisiones a partir de fuentes estacionarias. Dentro de la industria de los alimentos, el sector aceitero es el principal sector de los altos niveles de emisión de VOCs. Se ha estimado que se emiten, en promedio, 1,5 L de hexano por tonelada de semilla procesada para el caso de plantas industriales modernas y en óptimas condiciones de operación (Mustakas, 1980;(Grasso, 2013). Esto indica que es necesario encontrar una alternativa para la extracción de aceites vegetales la cual elimine o reduzca drásticamente el uso de solventes orgánicos volátiles o reduzca significativamente el nivel de su emisión. Sería apropiado que el sector considere el desarrollo de nuevos procesos limpios desde el punto de vista ambiental (Grasso, 2013).

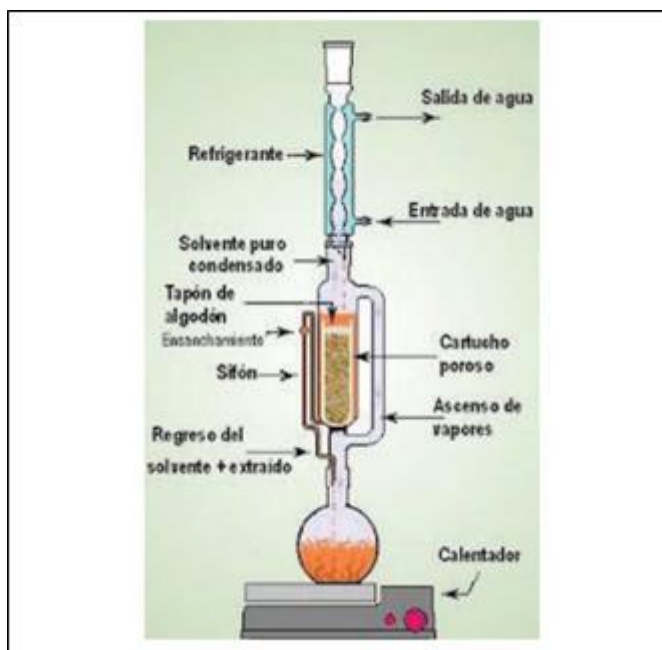


Figura 6. Esquema del equipo de extracción por solventes (Soxhlet).

Fuente: (Garcia, 2001, p. 112).

Efecto sobre la calidad de aceite y la proteína de los residuos

Los procesos empleados corrientemente son optimizados para producir aceites comestibles. Como resultado de esto, se ha dado muy poca atención a la calidad de los residuos de proteínas en el contexto de consumo humano. El residuo de los procesos de extracción por solvente deben ser calentados para remover los residuos de solvente, lo cual requiere un elevado consumo de energía térmica no sólo debido a la extracción del aceite desde la micela sino también para mejorar la extractabilidad antes de la extracción. En contraste, se sabe bien

que los tratamientos térmicos drásticos de semillas oleaginosas reducen la calidad del aceite extraído y de la proteína (Grasso, 2013).

El principal efecto nutricional resultante del calentamiento excesivo en los procesos convencionales es la disminución de la disponibilidad nutricional de algunos aminoácidos esenciales (principalmente lisina), lo cual resulta de la reacción de Maillard entre los grupos aminos de las proteínas y los grupos carbonilos de los azúcares reductores. La calidad global de las proteínas es determinada por la disponibilidad biológica de cada uno de los aminoácidos esenciales que forman la proteína. La reacción de Maillard causa, no sólo un efecto nutricional negativo sobre los aminoácidos esenciales involucrados en la reacción, sino también sobre el valor biológico de la proteína. Un efecto similar ocurre a las altas temperaturas generadas en los expellers durante el prensado (Rosenthal y col., 1996; (Grasso, 2013).

Materiales y métodos

Las fases realizadas para la obtención del aceite se pueden ver en la figura 7 que a continuación se describe.

Prensado discontinuo

Equipamiento: Se ha utilizado un equipo de extracción neumático construido por Romero y Campuzano bajo la dirección del Grupo de Investigación en Agroalimentación de la UTEQ.

Recepción de la materia prima: El proceso de extracción de aceite empezó con la recepción de los frutos de chontilla (*Bactris Gasipaes*) roja.

Selección: Se realizó manualmente y fue necesaria para reducir considerablemente la cantidad de frutos de chontilla deteriorados (secos y semi secos) así como también eliminar presencia de materias extrañas (restos de hojas y espinas).

Pesaje: Con la ayuda de una balanza de capacidad máx. de 15 kg. x 50g., se procedió al pesaje de las frutas una vez realizada la selección, con lo cual se estandarizo la cantidad a utilizar para cada tratamiento.

Despulpado. Se retiró manualmente el endocarpo (parte interna negra y dura del fruto), quedando la pulpa del fruto lista para la extracción del aceite.

Picado. De forma manual con la ayuda de un cuchillo teniendo como finalidad reducir el espesor del mesocarpio del fruto y aumentar la ruptura celular para facilitar la salida del aceite en el proceso de extracción.

Triturado. Se efectuó en un mortero de laboratorio para disgregar el mesocarpio y facilitar la salida del aceite.

Molido. Se realizó con la ayuda de una picadora de varilla para alimentos, con la finalidad de reducir el mesocarpio a fibras muy finas gracias a la velocidad de giro de las cuchillas.

Prensado. Para el prensado realizó el siguiente procedimiento:



Figura 7. Procedimiento de prensado en frío.

Codificado: A cada muestra de aceite obtenido se le asignó un código a fin de identificar las combinaciones establecidas, para posteriormente tener un manejo correcto durante el análisis del perfil de ácidos grasos.

Cromatografía líquida

En la figura 8 se muestran de forma esquemática los elementos básicos de un equipo de cromatografía líquida, llamada a veces cromatografía líquida de alta resolución (también conocida por sus siglas en Inglés, HPLC).

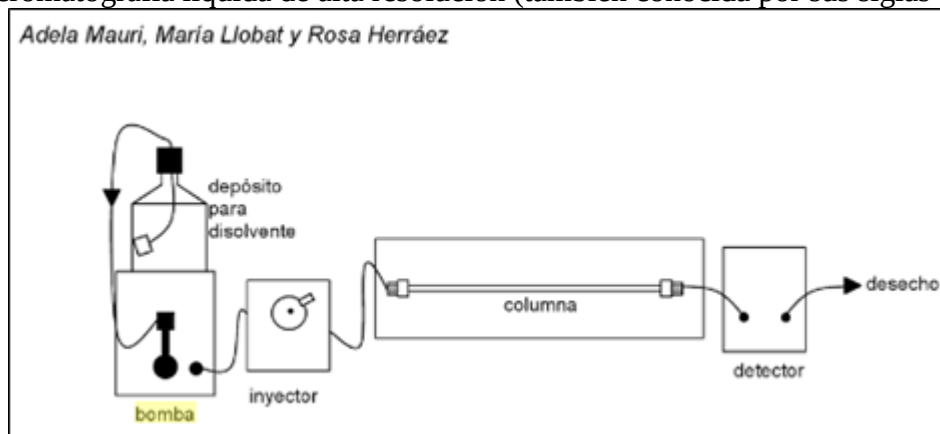


Figura 8. Esquema de un equipo básico de cromatografía líquida.

La fase móvil se hace circular desde un depósito mediante una bomba capaz de suministrar un flujo preestablecido y constante. Algunos equipos disponen de varios recipientes para disolventes de forma que puede variarse la composición de la fase móvil a lo largo del análisis (elución en gradiente). Entre la bomba y la columna se sitúa un inyector que permite introducir una alícuota de la disolución de la muestra. El inyector consta de una válvula de alta presión provista de un bucle cuyo volumen oscila generalmente entre 5 y 100 μL . La válvula puede operarse manualmente, introduciendo la muestra en el bucle mediante una jeringuilla, o bien de forma automática en cuyo caso la muestra se dispone en un vial. Una vez inyectada, la alícuota de muestra es arrastrada hasta la columna por la fase móvil. Si la separación lo requiere, la columna se sitúa en un sistema cerrado a fin de mantener un control estricto de la temperatura. Finalmente, la salida de la columna debe estar conectada al detector, y éste al sistema de adquisición y tratamiento de las señales (no representado). El detector debe tener adecuada estabilidad y bajos tiempos de respuesta, así como un mínimo volumen interno, siendo los más utilizados los de absorción molecular en el UV/Vis, y en menor medida los de fluorescencia molecular, los de índice de refracción, los electroquímicos y los de espectrometría de masas (Mauri, Llobat, y Herráez. 2010).

En cualquier caso, para garantizar la reproducibilidad de las medidas es necesario que se mantenga un flujo reproducible de fase móvil, lo que obliga a su desgasificación para evitar que la presencia de oxígeno y nitrógeno disueltos provoque variaciones en el flujo suministrado por la bomba, y la consiguiente inestabilidad en la señal. También es necesario filtrar la fase móvil para evitar que la presencia de materia en suspensión cause la obturación de la columna u otras partes del sistema (Mauri, Llobat, y Herráez. 2010).

La naturaleza de las fases móvil y estacionaria determina el tipo de interacción que origina la separación, es decir, la modalidad de trabajo, que básicamente puede ser:

- Reparto en fase normal y en fase inversa.
- Adsorción.
- Intercambio iónico.
- Exclusión por tamaños.
- Afinidad.

La cromatografía de reparto en fase inversa es la modalidad más utilizada, pues permite de forma relativamente rápida y sencilla la resolución de un gran número de compuestos orgánicos. Se caracteriza por el empleo de una fase estacionaria no polar, con frecuencia un hidrocarburo, y como fase móvil un disolvente o mezcla de disolventes relativamente polares tales como agua o una disolución amortiguadora, metanol, acetonitrilo etc. Las fases estacionarias más utilizadas son cadenas hidrocarbonadas de tipo *n*-octadecilo (C_{18}), y en menor medida de tipo *n*-octilo (C_8), inmovilizadas sobre partículas de sílice. El efecto es asimilable al de un recubrimiento de disolvente orgánico sobre el soporte sólido de sílice. Se tienen así dos fases, una fase estacionaria que es el disolvente orgánico inmovilizado, y una fase móvil inmiscible con la estacionaria, de forma que los solutos se reparten entre ambas. También es frecuente el empleo de fases estacionarias de tipo polimérico. Especial interés presentan las fases estacionarias que contienen grupos quirales ya que permiten la resolución de enantiómeros (Mauri, Llobat, y Herráez. 2010).

En esta modalidad y como regla general, cuanto mayor es la polaridad de un soluto, menor es su afinidad por la fase estacionaria y mayor su afinidad por la fase móvil, con lo cual menor será su t_r . Para un soluto que interaccione con la fase estacionaria (hidrofóbico) cuanto más polar sea la fase móvil, menor será su afinidad por ésta, y por tanto mayor será su t_r . A medida que aumente el porcentaje de disolvente orgánico en la fase móvil aumentará la afinidad del soluto por ésta, y en consecuencia disminuirá su t_r , es decir, que aumentará la fuerza eluyente de la fase móvil. Para la separación de compuestos que presenten retenciones muy distintas puede ser adecuado variar la composición de la fase móvil en el transcurso del análisis, es decir, utilizar un gradiente de forma que se aumente el poder eluyente de la fase móvil a lo largo del mismo (Mauri, Llobat, y Herráez. 2010).

En la práctica, una vez elegida la columna y el detector, los estudios de optimización suelen centrarse en modificar las variables relacionadas con la fase móvil hasta encontrar las condiciones que proporcionen los mayores valores de R , esto es, picos estrechos y con la máxima diferencia en sus tiempos de retención, junto con tiempos de análisis lo más cortos posibles. Asimismo, las mejores presentaciones de la técnica suponen una optimización de las condiciones de detección, a fin de conseguir la mayor sensibilidad para el analito junto con una selectividad adecuada (Mauri, Llobat, y Herráez. 2010).

Resultados y discusión

Efectos de estudio en el proceso de extracción de aceite de Chontilla.

Los efectos de estudio y el diseño A x B para la obtención del aceite de chontilla que intervienen en esta investigación se describen a continuación en la tabla 1:

Tabla 1.- Diseño efecto A x B aplicado al estudio.

PRESIÓN + TIEMPO DE EXTRACCIÓN EFECTO A ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA EFECTO B	90 PSI + 5 Minutos [PT1]	110 PSI + 3 Minutos [PT2]
Despulpado [D]	[PT1] [D]	[PT2] [D]
Despulpado y picado [DP]	[PT1] [DP]	[PT2] [DP]
Despulpado y Triturado [DT]	[PT1] [DT]	[PT2] [DT]
Despulpado y molido [DM]	[PT1] [DM]	[PT2] [DM]

Cada tratamiento tuvo tres réplicas.

Se ha realizado un análisis de varianza mediante el Modelo Lineal General de SPSS v20, usando los efectos como factores de clasificación y los ácidos grasos o sus agrupaciones como variables. Para el tratamiento B se realizó un análisis de homogeneidad de medias a posteriori de Tukey ($p < 0.05$). No se realizaron las pruebas post hoc para EFECTO A porque hay sólo dos grupos.

Cómo se puede apreciar en la tabla 2, el efecto A, (presión+ tiempo de extracción resultó significativo ($p < 0.001$) para todos los ácidos grasos y sus asociaciones, salvo para el ácido Caprílico, si bien para el Cáprico el nivel de significación fue algo menor. En términos generales, vemos una alternancia en los valores que para cada ácido graso resultaron más elevados en función de presión y tiempo, pero resulta destacado indicar que con el PT2 (110 PSI durante 3 minutos) se consiguen los valores más elevados de ácidos grasos insaturados (tanto mono, como poli), así como de omega 3 y 6, que resulta muy favorable.

En el caso del efecto B, todos los ácidos grasos presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$), aunque el nivel de significación en Ácido alfa linolénico ($p < 0.01$) y ácido caprílico ($p < 0.05$) presentaron menores niveles de significación.

Se puede comprobar como el despulpado y despulpado + molido, suelen ofrecer los niveles de extracción de ácidos grasos más bajos (formando grupo homogéneo en casi todos los casos). En cambio el tratamiento que ofrece mejores resultados en ácidos grasos insaturados (mono y poli), así como en omega 3 y 6 corresponde al despulpado + picado. Por tanto el despulpado + triturado suele presentar valores intermedios, salvo para palmitoléico, esteárico y en general ácidos grasos saturados, que obviamente tienen menor interés nutricional.

Tabla 2.- Nivel de significación obtenido en función del efecto A (presión + tiempo de extracción) y promedios por tratamiento.

Ácido graso	Nivel de significación	PT1	PT2
Ac. Caprilico C8:0	,096	0,004	0,008
Ac. Caprico C10:0	,001	0,044	0,031
Ac. Alfa Linolénico C18:3 n3 (Omega 3)	,000	1,342	1,373
Ac. Palmitoleico C16:1	,000	3,980	3,929
Ac. Linoleico C18:2 Omega 6	,000	10,115	10,254
Ac. Palmítico C16:0	,000	19,180	18,691
Ac. Oleico C18:1 (Omega 9)	,000	63,002	63,539
Ac. Esteárico C18:0	,000	1,519	1,461
Ac. Grasos Saturados	,000	21,385	20,756
Ac. Grasos Monoinsaturados	,000	67,050	67,520
Ac. Grasos Polinsaturados	,000	11,522	11,683
Omega 3	,000	1,343	1,373
Omega 6	,000	10,170	10,307

Tabla 3.- Nivel de significación obtenido en función del efecto B (acondicionamiento de la materia prima) y valores promedio con agrupación de Tukey. ^{a,b,c} Igual letra por ácidos graso implica misma agrupación realizada por el test de Tukey (p<0.05)

Ácido graso	Niv. Sig	D	DM	DP	DT
Ac. Caprilico C8:0	,020	0,001 ^a	0,006 ^{ab}	0,0120 ^b	0,0057 ^{ab}
Ac. Caprico C10:0	,000	0,046 ^b	0,006 ^a	0,035 ^b	0,063 ^c
Ac. Alfa Linolénico C18:3 n3	,002	1,347 ^a	1,342 ^a	1,380 ^b	1,361 ^{ab}
Ac. Palmitoleico C16:1	,000	3,928 ^a	3,932 ^a	3,962 ^b	3,996 ^c
Ac. Linoleico C18:2 Omega 6	,000	10,121 ^a	10,118 ^a	10,297 ^c	10,201 ^b
Ac. Palmítico C16:0	,000	18,705 ^a	18,705 ^a	19,004 ^b	19,329 ^c
Ac. Oleico C18:1 (Omega 9)	,000	63,018 ^a	63,018 ^a	63,705 ^c	63,340 ^b
Ac. Esteárico C18:0	,000	1,461 ^a	1,457 ^a	1,499 ^b	1,543 ^c

Ac. Grasos Saturados	,000	20,774 ^a	20,773 ^a	21,156 ^b	21,579 ^c
Ac. Grasos Monoinsaturados	,000	67,061 ^a	67,062 ^a	67,667 ^c	67,351 ^b
Ac. Grasos Poliinsaturados	,000	11,522 ^a	11,522 ^a	11,736 ^c	11,630 ^b
Omega 3	,000	1,345 ^a	1,342 ^a	1,385 ^b	1,361 ^{ab}
Omega 6	,000	10,175 ^a	10,174 ^a	10,346 ^c	10,259 ^b

El análisis de varianza ofrece también diferencias estadísticamente significativas por efecto de la interacción entre los dos factores estudiados. Por ese motivo se estudian ambos factores combinados para comprobar si existe efecto sinérgico entre ambos.

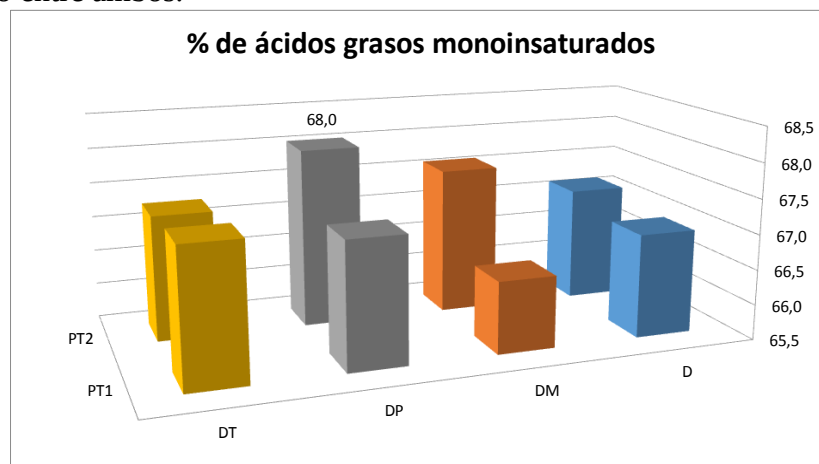


Figura 9.- Efecto combinado de los factores estudiados sobre el contenido de ácidos grasos monoinsaturados.

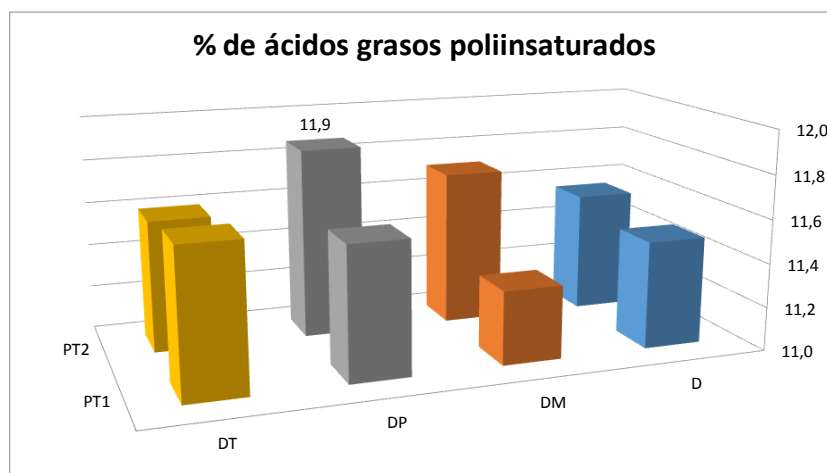


Figura 10.- Efecto combinado de los factores estudiados sobre el contenido de ácidos grasos poliinsaturados.

A tenor de los resultados podemos inferir que el tratamiento con 110 PSI durante tres minutos, junto al despulpado + picado son los métodos que ofrecen mejores resultados extractivos fundamentalmente en ácidos grasos insaturados y omega 3, que desde el punto de vista nutricional son los más interesantes.

Cómo se puede apreciar en las figuras 9, 10 y 11, la mencionada combinación de tratamientos (PT2+DP) ofrece el porcentaje más elevado de ácidos grasos insaturados (mono en figura 9 y poli en figura 10) y de ácidos grasos omega3.

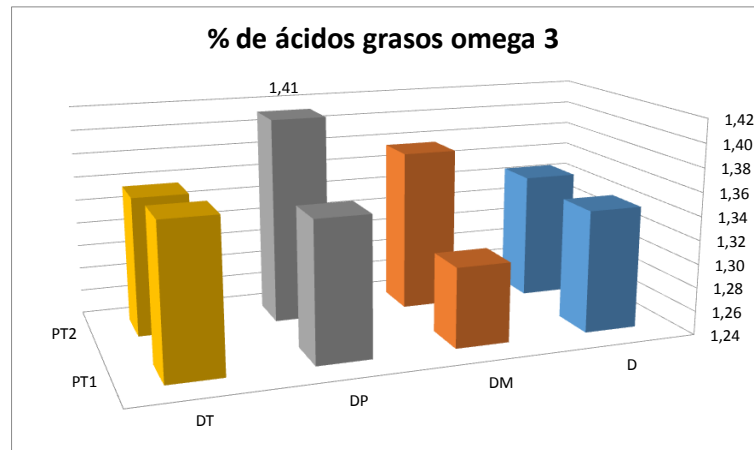


Figura 11.- Efecto combinado de los factores estudiados sobre el contenido de ácidos grasos omega 3.

Los valores obtenidos en nuestro estudio son similares a los hallados en la bibliografía, no obstante, encontramos que el porcentaje de los ácidos grasos Caprilico, Caprico, Alfa Linolénico, Linoleico, Palmítico, omega 3 y 6 son inferiores a los encontrados por Hammond y Pan (1982), en cambio los valores de ácidos grasos monoinsaturados son superiores a los reportados por estos mismos autores.

Por otra parte los porcentajes obtenidos para el ácido Palmitoleico y ácidos grasos saturados son inferiores a lo reportado por Restrepo J., (2012), en tanto que los de ácido Oléico y los ácidos grasos poliinsaturados son superiores a los indicados por este autor y el ácidos Esteárico se encuentra en el intervalo reportado por el mismo.

Comparación del perfil lipídico de la chontilla con otros aceites comerciales

Cómo se puede apreciar en la figura 12 la proporción de los tres grandes grupos de ácidos grasos (saturados, monoinsaturados y poliinsaturados) entre la chontilla y otros aceites comerciales evidencia que el aceite obtenido en este estudio tiene el perfil lipídico muy parecido al aceite de oliva y bastante dispar con respecto a girasol y palma. En el estudio pormenorizado de ácidos grasos (figura 13) se puede constatar también dicha mayor similitud con el aceite de oliva, basado principalmente en su riqueza en ácido oléico.

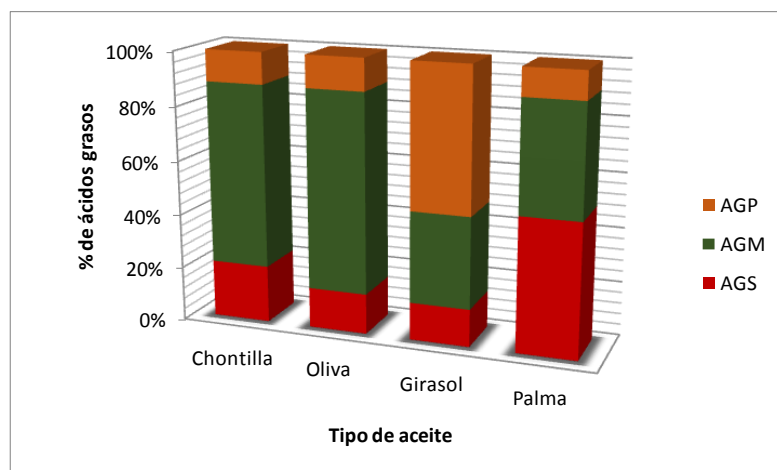


Figura 12.- Comparación del tipo de ácidos grasos: saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) y poliinsaturados (AGP) entre diferentes tipos de aceites comerciales.

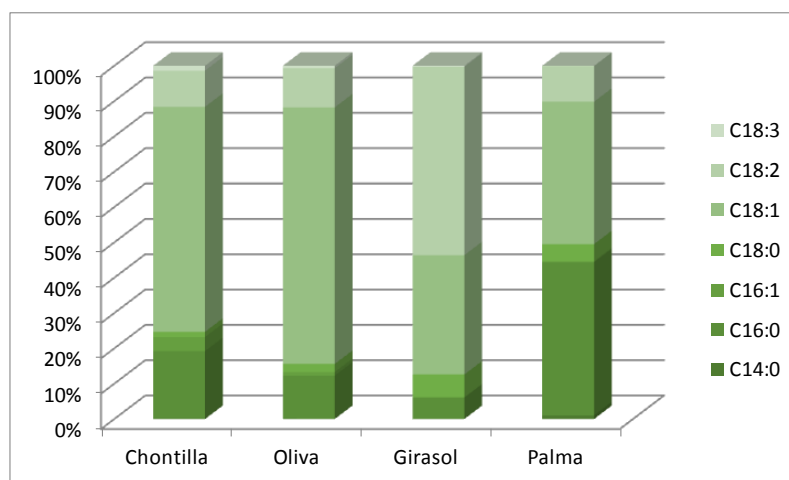


Figura 13.- Comparación de ácidos grasos: Ac. Mirístico C14:0 / Ac. Palmítico C16:0 / Ac. Palmitoleico C16:1 / Ac. Esteárico C18:0 / Ac.Oleico C18:1 / Ac. Linoleico C18:2 / Ac.Alfa Linolénico C18:3 entre diferentes tipos de aceites comerciales.

Por último, en la figura 14 se puede comprobar que respecto a los índices más habitualmente utilizados para estimar la idoneidad del tipo de grasa para la salud humana, de nuevo chontilla y oliva presenta relaciones bastante similares.

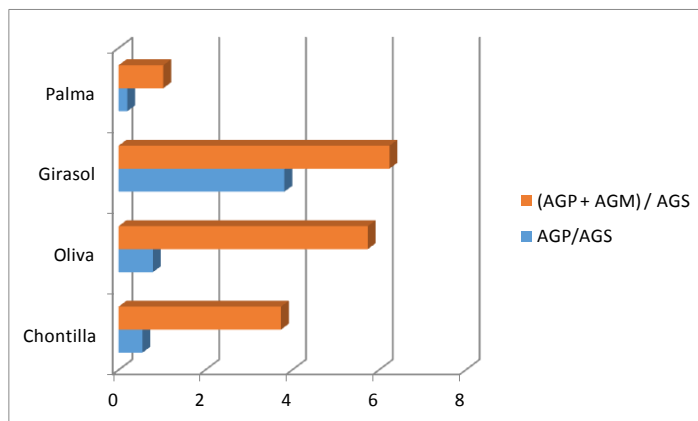


Figura 14.- Comparación de índices de idoneidad de proporción de grasas entre diferentes tipos de aceites comerciales.

Conclusiones

Se comprueba que existen diferencias estadísticamente significativas por efecto tanto de la combinación presión y tiempo, como por el acondicionamiento de la materia prima prácticamente en todos los ácidos grasos y agrupaciones de estos estudiados.

Al existir interacción entre los factores estudiados, podemos comprobar que el mejor efecto se consigue combinando 110 PSI + 3 minutos con el sistema de despulpado + picado en los ácidos grasos, y combinación de estos, de mayor interés desde el punto de vista nutricional.

El perfil de ácidos grasos tanto individual, agrupados, como los índices nutricionales más usuales permiten comprobar la similitud entre el aceite de chontilla y el de oliva.

Referencias

- Cefla, K. (2015). Diseño de una planta para la extracción del aceite Vegetal comestible de las semillas de chía (*salvia Hispanica* L.) Mediante prensado. Escuela Politécnica Nacional.
- Espuny, A. (2010). Evolución de las almazaras a. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3664618>
- Fedapal, E. de M., & Enlaces, S. C. (2016). ESTADISTICAS NACIONES: Retrieved from <http://fedapal.com/web/index.php/joomla/estadisticas-nacionales>
- Fernández-Piedra, M., Blanco-Metzler, A., & Mora-Urpí, J. (1995). Contenido de ácidos grasos en cuatro poblaciones de pejibaye, *Bactris gasipaes* (Palmae). *Revista de Biología Tropical*.
- Grasso, F. V. (2013). Diseño del proceso: Pretratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna. Tesis Para El Doctorado, 68–74.

- Hammond, E., & Pan, W. (1982). Fatty acid composition and glyceride structure of the mesocarp and kernel oils of the Pejibaye Palm (*Bactris gasipaes* HBK). *Biologia Tropical*, 30(1), 91–93.
- LÓPEZ, M. J. O. (2005). CALIDAD DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN EXTRA . MEMORIA. Retrieved from <http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/746/1/15519387.pdf>
- Mauri, A., Llobat, M., Herráez, R., & Hernández, R. H. (2010). INSTRUMENTAL Adela Mauri Aucejo.
- Moreiras Olga, Cabrera Luisa, Carbajal Angeles, C. C. (1995). Tablas de Composicion de alimentos, 30.
- Neira-Mosquera, J. A., Pérez-Rodríguez, F., Sánchez-Llaguno, S., & Rojas, R. M. (2013). Study on the mortality in Ecuador related to dietary factors. *Nutrición Hospitalaria*, 28(5), 1732–1740. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.5.6755>
- Nutrición, F. E. para el D. de la. (2016). Aceites y oleínas de origen vegetal FEDNA, 11–14. Retrieved from http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/aceites-y-oleinas-de-origen-vegetal
- Pasquel, A., Del Castillo, A., Sotero, V., & García, D. (2002). Extracción del aceite de la cáscara de *Bactris gasipaes* HBK usando dióxido de carbono presurizado. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 2(1), 1–14.
- Ramos Escudero, F. (2014). Caracterización y trazabilidad del aceite de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo), 239.
- Restrepo O., J., Vinasco I., L. E., & Estupiñán R., J. A. (2012). Estudio comparativo del contenido de ácidos grasos en 4 variedades de chontaduro (*Bactris gasipaes*) de la Región del Pacífico Colombiano. *Universidad Del Valle -Revista de Ciencias*, 16, 123–129.
- Serrano, M., Umaña, G., & Sáenz, M. V. (2011). FISIOLOGÍA POSCOSECHA, COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE FRUTAS DE PEJIBAYE (*Bactris gasipaes* KUNTH) Cv. TUIRA DARIÉN COSECHADAS A TRES DIFERENTES EDADES. *Postharvest Physiology, Chemical Composition and Antioxidant Capacity of Peach Palm Fruit (Bactris Gasipaes Kunth) Cv. Tuirá Darién, Harvested at Three Different Ages.*, 35(2), 75–87. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=83272510&lang=es&site=eds-live>
- USDA. (2016). Oilseeds: World Market and Trade, Shares Peaks on Strong EU Imports. Retrieved from <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/oilseed-trade/oilseed-trade-10-12-2016.pdf>