

Potencial nutracéutico del aceite de la almendra de choibá o almendro de montaña (*Dipteryx oleifera* Benth.)

Nutraceutical potential of Choibá almond oil or mountain almond (*Dipteryx oleifera* Benth.)

MSc. Alejandra Zapata Luján,^I Biól. Álvaro Cogollo Pacheco,^{II} Dr. C. Benjamín Alberto Rojano^I

^I Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Medellín, Colombia.

^{II} Jardín Botánico de Medellín "Joaquín Antonio Uribe". Medellín, Colombia.

RESUMEN

Introducción: el fruto del choibá (*Dipteryx oleifera* Benth.) se ha usado en la alimentación de comunidades indígenas y campesinas en Centroamérica y Suramérica, para preparar dulces y bebidas. Sin embargo, no se conocen las propiedades de sus lípidos, como son la composición en ácidos grasos, los índices de calidad, la estabilidad oxidativa y actividad antioxidante.

Objetivos: determinar en semillas de choibá, el contenido de ácidos grasos, índices de calidad, la estabilidad oxidativa a 50 °C y la capacidad antioxidante del aceite.

Métodos: los ácidos grasos se determinaron por cromatografía gaseosa de masas. Los índices de calidad por las normas del *Association of Official Analytical Chemists* y la estabilidad oxidativa mediante la evaluación de dienos conjugados espectrofotométricamente y especies reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARs) por fluorimetría. La capacidad antioxidante de los lípidos se analizó con las técnicas del ABTS [ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazoline-6-sulfónico)], DPPH (radical 1,1-difenil-2-picrilhidracilo) y ORAC (capacidad antioxidante de los radicales de oxígeno) lipofílica.

Resultados: el ácido oleico contribuyó con 52,4 % de los lípidos totales. Los índices de calidad fueron: acidez (0,4 mg KOH/g aceite), saponificación (182 mg KOH/g aceite), peróxido (12,5 mEq O₂/g) y yodo (85 mg I₂/g aceite), y la actividad antioxidante reportó un valor de 808,9 μmol Tx/g de aceite.

Conclusiones: los lípidos presentan características fisicoquímicas y un contenido de ácido oleico similar al aceite de colza (56-58 %). Los índices de calidad del aceite se encuentran en los rangos permitidos por la *American Official Methods Analytical*

Chemistry para aceites alimenticios. El valor de la capacidad antioxidante de los radicales de oxígeno encontrado es similar a los reportados para nueces y pistachos.

Palabras clave: choibá, ácidos grasos, peroxidación lipídica, antioxidantes, *Dipteryx oleifera*.

ABSTRACT

Introduction: choibá fruit (*Dipteryx oleifera* Benth.) has been used in the diet of indigenous communities and peasants in Central and South America to prepare sweets and drinks. However, their lipid properties such as fatty acid composition, quality index, oxidative stability and antioxidant activity are not known.

Objective: to determine the fatty acid content, quality index, oxidative stability at 50 °C and the antioxidant capacity of the oil in Choibá seeds.

Methods: fatty acids were determined by gas chromatography of the mass. The quality indices were also determined by AOAC standards (Association of Official Analytical Chemists); oxidative stability by evaluating spectrophotometrically conjugated dienes; and tiobarbituric acid reactive species (TBARs) by fluorimetry. The antioxidant capacities of lipids were analyzed with techniques ABTS 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)-6-sulfonic, DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) and ORAC (oxygen radical absorbance capacity) lipophilic.

Results: oleic acid contributed to the 52.4 % of the total lipids. The quality indexes were: acidity (0.4 mg KOH/g oil), saponification (182 mg KOH/g oil), peroxide (12.5 mEq O₂/g) and iodine (85 mg I₂/g oil) and the antioxidant activity reported a value of Tx 808.9 μmol/g oil.

Conclusions: lipids have physicochemical characteristics and oleic acid content similar to rapeseed oil (56-58 %). The oil quality indexes are in the range allowed by the AOAC for dietary oils. The oxygen radical absorbance capacity value found is similar to those reported for walnuts and almonds.

Key words: choiba, fatty acids, lipid peroxidation, antioxidants, *Dipteryx oleifera*.

INTRODUCCIÓN

La especie arbórea (*Dipteryx oleifera* Benth.), llamada también choibá o almendro de montaña pertenece a la familia Fabaceae, con cerca de 400 géneros y 10 000 especies. Se distribuye desde Nicaragua hasta Colombia, donde se ha encontrado en la costa caribe, bajo Cauca y la región norte del andén Pacífico.^{1,2} El fruto del choibá o almendro de montaña es una vaina leñosa, corta, gruesa, dura, comprimida lateralmente, de forma ovalada, que mide de 6 a 8 cm de largo, de 4 a 5 cm de ancho y de 2 a 3 cm de grosor. Tiene un pedicelo grueso y leñoso con 0,4-0,8 cm de largo con una sola semilla negra y alargada.³ Los frutos se desarrollan en la época en que está terminando la estación lluviosa y comienzan a madurar en la estación seca a finales de diciembre hasta marzo.⁴

En Colombia, el choibá ha sido categorizado como una especie vulnerable debido a que cerca de 40 % de sus poblaciones han sido muy explotadas para la obtención de madera de alto valor comercial, aunque su fruto es poco conocido. El uso de las semillas de choibá o almendro de montaña, se ha limitado a comunidades sobre todo

indígenas y campesinas, donde se utiliza para la elaboración de dulces y bebidas. En Colombia tradicionalmente se ha usado para la preparación de una bebida llamada choibalate (chocolate a partir de choibá), acompañada de maíz cariaco, proteína de soya y leche en polvo.⁵

Los aceites de las semillas de muchos frutos se componen de ácidos grasos saturados e insaturados, los cuales determinan sus propiedades funcionales, específicamente su valor nutracéutico. Los ácidos grasos saturados más encontrados son palmítico (16 carbonos) y esteárico (18 carbonos); los ácidos grasos insaturados más comunes son oleico, linoleico y linolenico, que contienen 18 átomos de carbono con 1, 2 y 3 insaturaciones, respectivamente. Las grasas y los aceites son parte importante de la dieta, porque proporcionan el contenido de calorías y los ácidos grasos esenciales para el consumidor. La estabilidad y el valor nutracéutico de las grasas y aceites dependen específicamente de la composición de los ácidos grasos insaturados, los cuales son susceptibles a la oxidación. Los ácidos grasos insaturados se oxidan en una serie de reacciones de cadena de radicales libres, que tienen las fases de iniciación, propagación y terminación. En la etapa de iniciación el radical lipídico R[•] se forma a partir del lípido (RH), usualmente por el ataque de radicales, luz, calor, irradiaciones o por trazas de metales. El radical lipídico (R[•]) formado, reacciona rápidamente con oxígeno para dar un radical peroxilo (ROO[•]), el cual ataca otra molécula de lípido (RH) y sustrae un átomo de hidrógeno para formar un hidroperóxido lipídico (ROOH), y un nuevo radical lipídico, que inicia otra vez la secuencia de propagación (Fig. 1). El estudio de las reacciones de oxidación de lípidos se realiza evaluando los hidroperóxidos como compuestos intermedios del proceso oxidativo (valor de peróxidos), o estudiando los productos finales de la reacción como especies reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS).^{6,7}

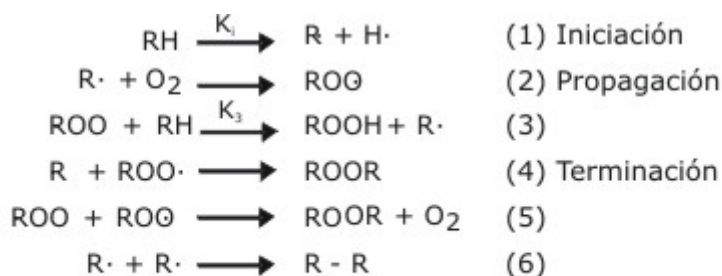


Fig. 1. Proceso de autoxidación de ácidos grasos insaturados.

Los aceites de semillas se han usado como enriquecedores de muchos productos alimenticios sobre la base de cereales y en panadería, aportando suavidad y valor nutricional; especialmente cuando el aceite es rico en ácidos grasos insaturados, como el oleico. Entre los aceites usados se encuentran los aceites de girasol y de cebada, que además aportan a los productos finales textura y atributos sensoriales.⁸

La búsqueda de nuevos productos o compuestos importantes en la industria de alimentos y cosmética, hace de Colombia un país importante por su gran biodiversidad, con muchas especies promisorias. Colombia por su complejidad climática posee muchos tipos de palmas, cuenta con 48 géneros y 247 especies, 50 de estas endémicas; la gran mayoría con poco o ningún estudio científico y tecnológico sobre sus propiedades fisicoquímicas, composición, estabilidad y potencial nutracéutico.⁹

El objetivo de este trabajo se fundamenta en conocer el potencial y el valor agregado del choibá, como una nueva fuente de aceites de alta calidad y convertirse en un producto promisorio para la industria agroalimentaria colombiana. Por lo tanto, se estudió el contenido de ácidos grasos del aceite de las semillas (cromatografía gaseosa de masas), los índices de calidad y la estabilidad oxidativa, midiendo la aparición de dienos conjugados y de especies reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARs por fluorescencia); además del potencial antioxidante medido por diferentes técnicas: DPPH (radical 1,1-difenil-2-picrilhidracilo); ABTS [ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazoline-6-sulfónico)]; y ORAC (capacidad antioxidante de los radicales de oxígeno) como indicadores de calidad nutracéutica.

MÉTODOS

Recolección y tratamiento de semillas

Los frutos de choibá o almendro de montaña se recolectaron en la región del bajo Cauca en el departamento de Antioquia, Colombia. Se secaron a 40 °C durante 48 h para eliminar la humedad y extraer el aceite. El resto de las semillas se destinó al análisis bromatológico, donde se determinó el contenido de almidón por polarimetría, cenizas según el método oficial AOAC 942.05, fibra cruda por Weende, grasa bruta por extracción con Soxhlet, basado en NTC 668, humedad y volátiles por termogravimetría a 103 °C basado en ISO 6496 y proteínas por *Kjeldahl* según NTC 4657.

Extracción del aceite de la almendra

Las semillas secas se maceraron y se pesaron. Se realizó una extracción por Soxhlet durante 1 h con hexano. El aceite obtenido se concentró y el exceso de solvente fue eliminado con nitrógeno gaseoso. El aceite se envasó en un frasco ámbar para evitar la oxidación y se refrigeró a - 20 °C.

Perfil de ácidos grasos

El perfil de ácidos grasos del aceite se realizó en un GC 6890N Agilent acoplado a un detector selectivo MS 5973N Agilent y equipado con un inyector split/splitless. La temperatura del inyector fue 300 °C y la muestra previamente derivatizada con HTMA fue inyectada automáticamente en el modo *splitless*. Se usó una columna HP-5 ms (5 % fenilmetil siloxano) de 30 m, 0,25 mm con un espesor de película 0,25 µm y una temperatura máxima de 325 °C. El programa de temperatura inició a 50 °C, subiendo a 200 °C (5 min) y alcanzando una temperatura final de 300 °C (14 min) a una rata de 10 °C/min. Se usó helio como gas portador a un flujo constante de 1 mL/min. La temperatura del detector resultó de 300 °C. El *software* usado para el cálculo de todos los parámetros fue MSD ChemStation D 02.00.275 Copyright© Agilent Technologies 1989-2005. Para la determinación de ácidos grasos saturados e insaturados como metil-ésteres se usó la base de datos NIST 2005.

Índices de calidad del aceite

Para determinar los índices de calidad se usó el aceite recién extraído. Se midió valor de acidez según el método oficial AOAC 940.28, saponificación según el método oficial

AOAC 920.160, peróxido según el método oficial AOAC 965.33 y yodo según el método AOAC 993.20.

Estabilidad oxidativa

Dienos conjugados (DC): el contenido de estos fue medido con el procedimiento descrito por *Juntachote* en 2007.^{10,11} Esta técnica consiste en el efecto batocrómico, que se genera en estos compuestos en la medida en que aumentan sus enlaces conjugados. Diariamente se tomaron 20 mg de aceite almacenado bajo condiciones aceleradas de oxidación a 50 °C, y se mezclaron con 2 mL de ciclohexano. Las mediciones se hicieron a 234 nm con una corrección a 260 nm, para contrarrestar la absorbancia del solvente u otros interferentes, y se usó un coeficiente de extinción molar de 27 000 M⁻¹cm⁻¹, en un lector de placas Multiskan Spectrum UV-Vis Marca Thermo Scientific, Finlandia. Los resultados se reportaron como μmol DC/g de aceite.

TBARs: se usó el método espectrofluorimétrico reportado por *Williamsom* y otros, con algunas modificaciones. Esta técnica permite medir los compuestos finales de la peroxidación lipídica como malondialdehído (MDA).¹² Diariamente se prepararon soluciones de 10 mg de aceite/mL metanol, con las muestras incubadas a 50 °C. Los resultados se reportaron como mg.MDA/kg de aceite.

Reactivos ensayos antioxidantes

El radical libre DPPH (1,1-difenil2-picrilhidrazilo), fosfato ácido de sodio, MeOH, 2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) (ABTS), ácido acético, tricloruro de hierro, 2,2'-azinobis(2-amidinopropano) diclorhidrato (AAPH) y fluoresceína fueron comprados a Aldrich Chem. Co (Millwakee, WI). El agua usada en los experimentos era grado HPLC (*high performance liquid chromatography*). La disminución en la intensidad de la fluorescencia medida en el ensayo ORAC se hizo en un espectrofluorímetro Perkin-Elmer LS-55, Beaconstfield, U.K.

Evaluación de la capacidad antioxidante por el método del radical catiónico ABTS⁺

El radical se genera por una reacción de oxidación del ABTS con persulfato de potasio. Se evalúa la capacidad de las muestras para atrapar el radical ABTS, por medio de la disminución en la absorbancia leída, luego de 30 min de reacción, a una longitud de onda de 732 nm. Los resultados se expresan como valores TEAC mediante la construcción de una curva patrón usando como antioxidante Trolox.¹³

Evaluación de la capacidad antioxidante por el método del DPPH

Se evaluó la capacidad de las muestras para atrapar el radical DPPH, por medio de la disminución en la absorbancia leída, luego de 30 min de reacción a una longitud de onda de 517 nm. Para cada muestra estudiada se calculó el porcentaje de inhibición del radical y los resultados se expresaron como valores TEAC (*trolox equivalent antioxidant capacity*) mediante la construcción de una curva patrón usando como antioxidante Trolox.^{14,15}

ORAC (oxygen radical absorbance capacity)

El procedimiento experimental empleó Trolox como estándar y condiciones controladas de temperatura a 37 °C y pH 7,4. Las lecturas se hicieron a una longitud de onda de excitación de 493 nm y *slit* de excitación 10, longitud de onda de emisión de 515 nm y *slit* de emisión 15, con atenuador de 1 % y sin placa atenuadora. Para el desarrollo de la técnica se utilizaron soluciones de fluoresceína 1×10^{-2} M en PBS (75 mM) AAPH 0,6 M en PBS (75 mM). La muestra diluida en β -metil ciclodextrina contenía 21 μ L de fluoresceína, 2,899 μ L de PBS, 30 μ L del extracto ensayado y 50 μ L de AAPH. Como referencia se usó Trolox. El efecto protector del antioxidante fue calculado usando las diferencias de áreas bajo la curva de decaimiento de la fluoresceína entre el blanco y la muestra, y se comparó contra la curva del Trolox.^{16,17}

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un diseño de arreglo factorial de DC y TBARS (n= 3) y se hizo un ANOVA multifactorial con un intervalo de confianza de 95 % y mínima diferencia significativa (LDS), con el paquete estadístico *Statgraphics Centurion XV*.

RESULTADOS

Composición de la semilla de choibá o almendro de montaña

En las semillas húmedas de choibá se encontraron los resultados siguientes expresados como porcentajes: % de grasas (24,72), cenizas (2,32), fibra cruda (2,6), proteínas (% de N \times 6,25= 12,4), almidón (32,6), humedad y volátiles (12,6). Además, se determinaron los índices de calidad con los resultados siguientes: acidez libre (%)= $0,48 \pm 0,01$, saponificación= $182,3 \pm 7,2$, valor de peróxido= $12,5 \pm 0,3$; índice de yodo= $34,6 \pm 0,7$.

Perfil de ácidos grasos

En el aceite se detectaron 12 ácidos grasos mayoritarios, con una relación de porcentaje de insaturados/saturados (I/S= 1,4) y con cadenas largas de 12 a 26 carbonos. En la tabla se resume el porcentaje de ácidos grasos del aceite de choibá, donde se resaltan el alto contenido de ácido oleico (ω 9) (52,4), mirístico (9,09), behénico (10,15), y lignocérico (13,72).

Actividad antioxidante

Para evaluar la capacidad reductora del aceite de choibá, se usaron las técnicas ABTS y DPPH, cuyo mecanismo de acción se basa en la transferencia de electrones SET (*single electron transfer*). Además, se evaluó la capacidad para atrapar radicales peróxilos, por un mecanismo HAT (*hydrogen atom transfer*), por el método ORAC lipófilico. Para el aceite de choibá, los valores DPPH y ABTS fueron de 243,4 μ mol Tx/100 g de aceite y 330,93 μ mol Tx/100 g de aceite, respectivamente. Para el aceite de choibá, se encontró un valor ORAC de 808,9 μ mol Tx/100 g de aceite.

Tabla. Perfil de ácidos grasos del aceite de la almendra de choibá

Tiempo (s)	Ácido graso	(%) De ácidos grasos
12,5	Laúrico (C12:0)	2,59
14,8	Mirístico (C14:0)	9,09
17	Estearico (C18:0)	3,00
20	Oleico (C18:1, ω9)	52,41
20,5	Linoleico (C18:2, ω6)	0,85
21	Araquídico (C20:0)	0,92
23,7	Gondoico (C20:1, ω9)	0,30
24	Behénico (C22:0)	10,15
26,2	Erúcico (C22:1, ω9)	3,75
26,5	Lignocérico (C24:0)	13,72
28	Nervónico (C24:1, ω9)	1,31
28,2	Cerótico (C26:0)	1,78

Estabilidad oxidativa

Los cambios significativos en el proceso de oxidación acelerada se presentaron a los 6 días, se monitorearon los dienos conjugados y los valores TBARS se dispararon al tercer día (Figs. 2 y 3).

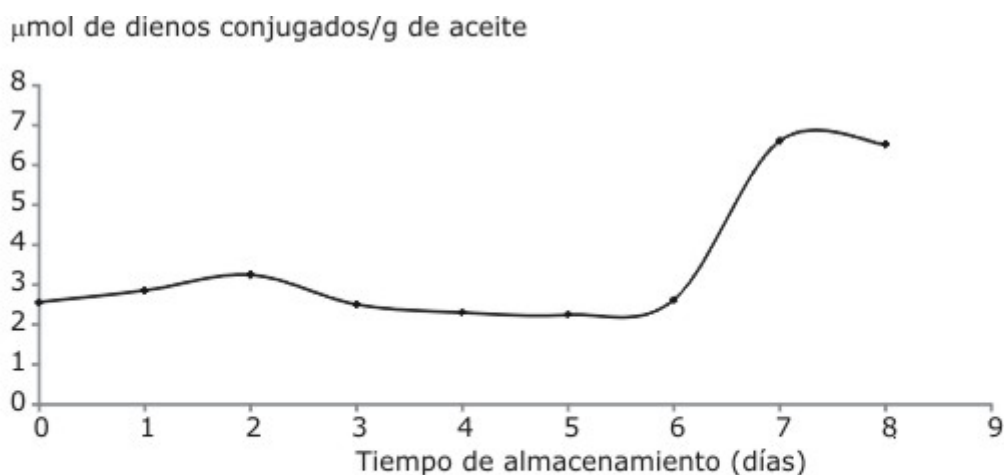


Fig. 2. Curva de dienos conjugados para el aceite de choibá almacenado a 50 °C.

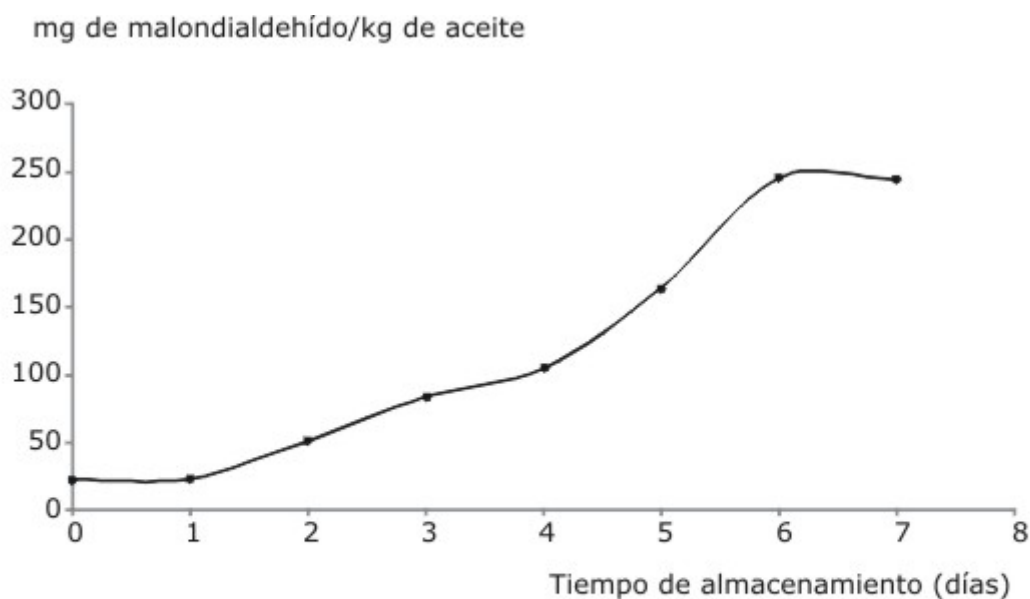


Fig. 3. Curva de ácido tiobarbitúrico para el aceite de choibá almacenado a 50 °C.

DISCUSIÓN

Los valores encontrados en este trabajo para las semillas de choibá sin cáscara, son un poco diferentes a los reportados por Arrázola y otros: % de grasas (24,72), fibra (4,79) y almidón (56,34); todos ligeramente mayores y porcentajes menores para las proteínas (11,79).⁵ Estas diferencias pueden deberse a los cambios de las condiciones climáticas en las épocas de cosecha de los frutos, además, al aporte de la cáscara, especialmente en compuestos proteicos. Las diferencias fisiológicas existentes entre las semillas oleaginosas de una misma especie, principalmente en su porcentaje de lípidos y proteínas, es debido a los factores climáticos, con una mayor incidencia de la iluminación y la humedad en los cultivos.¹⁸

Los índices de calidad de un aceite determinan el estado oxidativo, que redundan en el valor sensorial del aceite de choibá. La acidez es el porcentaje de ácidos grasos libres en la muestra, producto de la hidrólisis de los triacilglicérols y están directamente relacionados con su estado de conservación y pureza. El valor de acidez para un aceite de oliva extra virgen es inferior a 1 % y oscila, en general, entre 0,41 y 0,78 %, valor muy similar al del aceite de choibá (0,48 %). Para el caso del aceite de palma crudo de alta calidad se han reportado valores menores que 5 %.¹⁹ El índice de saponificación se refiere a la hidrólisis básica de las grasas, que consiste en la hidrólisis de los ésteres y la neutralización de los ácidos grasos libres. El valor de saponificación del aceite de choibá es de 182,3 y coincide con el valor de otros aceites como el de girasol y el de maíz. El índice de peróxido determina el grado de oxidación de una grasa o aceite, porque brinda información de los peróxidos presentes debido a las reacciones de oxidación. El aceite de choibá presentó un valor de peróxido de 12,50, que se encuentra dentro del rango permitido (0-15 mEq O₂/g muestra) por la AOAC y el Codex Stan 210-1999, para aceites y grasas vírgenes.

A nivel general, el contenido total de insaturados fue de 58,62 % y de saturados es de 41,32 %. Se encontró un contenido de 0,13 % de otros compuestos. Como puede

observarse, el aceite de choibá tiene un contenido de ácido oleico (ω 9) de 52,41 % y poliinsaturados como linoleico (ω 6) de 0,85 %, gondoico (ω 9) con 0,30 %, erúcido (ω 9) con 3,75 % y nervónico (ω 9) con 1,31 %. Los ácidos grasos saturados predominantes son de cadena larga, entre los que se encontró el lignocérico (13,72 %), seguido por el ácido behénico con 10,15 %.

Es importante mencionar que en la actualidad no existen estudios sobre la composición del aceite de la almendra de choibá. Sin embargo, la cantidad de ácidos grasos insaturados totales de este aceite supera en gran medida a lo reportado, por ejemplo, para el aceite de palma africana (36-44 %), palmiste (13-22 %) y oleína de palma (45-55 %); mientras que presenta contenidos similares a los reportados para aceite de colza (51-70 %) y colza (20-70 %).¹⁹ Todos estos ácidos funcionales están asociados con la disminución en la incidencia de enfermedades cardíacas y algunos tipos de cáncer, y benéficos para la respuesta inflamatoria.^{8,20} El alto contenido de ácidos grasos insaturados, especialmente oleico, presente en 52,4 % del total de los lípidos, perfila este aceite como un producto con buen potencial para la industria.

Para determinar la estabilidad del aceite de choibá se evaluó la oxidación con una temperatura acelerada de 50 °C hasta el momento en el cual se dispararon las reacciones de producción de compuestos oxidados.^{21,22} Los cambios se siguieron, monitoreando la cinética de aparición de dienos conjugados (μ mol DC/g de aceite) y especies reactivas al ácido tiobarbitúrico TBARs (mg MDA/kg de aceite).²³ Para ambos casos se determinó el tiempo de inducción o tiempo de rancidez a la oxidación, que correspondió al momento en el cual se aceleraron las respectivas reacciones. Estas metodologías son ampliamente usadas a nivel industrial para seguir el comportamiento de grasas y aceites, por ser técnicas muy sensibles y que dan mucha información del deterioro de los aceites y grasas. En la figura 2 se observa una fase de latencia de 5 días, un comportamiento típico de este tipo de compuestos en la etapa de inicio de la reacción, donde la producción de DC es constante, debido a una baja concentración de peróxidos. Al final de esta etapa, se produce un aumento repentino de DC, por causa del comienzo de las reacciones de propagación, con un aumento en el consumo de especies reactivas de oxígeno que disparan la producción de compuestos de oxidación. El tiempo de inducción, para este aceite se dio en 6 días.

Otra forma muy común de seguir la oxidación de ácidos grasos es la medición de especies reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARs), que son productos secundarios de peroxidación lipídica y se usan ampliamente en la industria de alimentos, más relevante aún, en este caso particular, por el uso de técnicas espectrofluorimétricas que tienen una alta sensibilidad y especificidad.²⁴ En la figura 3 se muestra el período de inducción que corresponde a 4 días para estos compuestos, que es el tiempo en el que se dispara la producción de los compuestos de oxidación. El comportamiento de la técnica TBARs es muy similar al comportamiento de dienos conjugados, observándose una etapa de latencia y después un incremento repentino. Los resultados que se muestran en la curva sugieren que el proceso de oxidación es una reacción simultánea, donde se van produciendo compuestos oxidados iniciales y finales sin necesidad de alcanzarse puntos de saturación en los primeros compuestos de oxidación.

El tiempo de inducción consiste es el punto donde comienza la rancidez oxidativa, es decir, más allá de este punto aumenta significativamente la producción de compuestos finales de oxidación como aldehídos, cetonas e hidrocarburos que generan olores y sabores desagradables en las grasas y aceites, conocido como rancidez oxidativa; proceso que cuando alcanza el tiempo de inducción es incontrolable. El uso de antioxidantes en los alimentos busca alargar esta fase de inducción, para aumentar la vida útil de los productos ricos en ácidos grasos. Muchos

autores reportan el uso de extractos naturales que disminuyen los tiempos de oxidación en diversos aceites y sistemas emulsificados.²⁵⁻²⁷

La actividad antioxidante de un alimento es la expresión de los diferentes componentes, los cuales se comportan mediante distintos mecanismos de acción reductora en sus interacciones con las especies reactivas de oxígeno (ERO) u otros radicales. La medida de la capacidad antioxidante de alimentos ha tenido mucha relevancia en los últimos años, debido a la calidad de la información que se puede obtener; desde la resistencia a la oxidación, la contribución cuantitativa de sustancias antioxidantes y la actividad antioxidante producida por los alimentos en el organismo al momento de consumirlos.¹⁶

Los valores encontrados según las técnicas ABTS y DPPH para el aceite de choibá fueron 243,4 $\mu\text{mol Tx}/100\text{ g}$ de aceite y 330,93 $\mu\text{mol Tx}/100\text{ g}$ de aceite, respectivamente. Para el aceite de oliva de diferentes cultivares se reportan valores de ABTS desde 61 $\mu\text{mol Tx}/100\text{ g}$ hasta 108,93 $\mu\text{mol Tx}/100\text{ g}$ para aceites de oliva de diferentes cultivares, mientras que para DPPH encontraron valores desde 22,24 $\mu\text{mol Tx}/100\text{ g}$ hasta 63,94 $\mu\text{mol Tx}/100\text{ g}$ para los aceites en las mismas condiciones. Como puede verse, el aceite de la semilla de choibá presenta valores muy por encima de los reportados para el aceite de oliva.²⁵ Los métodos fluorimétricos para determinar la actividad antioxidante han tenido una gran implementación en los últimos años, debido a su gran sensibilidad y precisión. El método ORAC mide la capacidad antioxidante mediante un mecanismo de transferencia de protones HAT, una técnica avalada por el Departamento Federal de Agricultura de Norteamérica para medir el potencial antioxidante total de alimentos y suplementos nutricionales.¹⁶ El ORAC lipófilico expresa la actividad antioxidante de algunos compuestos con capacidad reductora, como los ácidos grasos insaturados y compuestos antioxidantes liposolubles, también algunos carotenoides que aportan color al aceite. Para el aceite de choibá se encontró un valor ORAC de 808,9 $\mu\text{mol Tx}/100\text{ g}$ de aceite. Es un valor que supera los reportados para los aceites de oliva, en los cuales se presentan valores desde 146 $\mu\text{mol Tx}/100\text{ g}$ hasta 497 $\mu\text{mol Tx}/100\text{ g}$. Para el aceite de choibá, este valor es mucho mayor que los reportados para muchas frutas, vegetales, aceites y legumbres de Sudáfrica.²⁸

Los resultados permiten concluir que el aceite de choibá o almendro de montaña crudo posee un gran valor nutricional por sus índices de calidad y su alta composición en ácidos grasos monoinsaturados, específicamente un contenido del 52,41 % de ácido oleico. El aceite presentó buena estabilidad a la oxidación sin adición de antioxidantes, presentando rancidez sólo hasta el día 6, medida con la aparición de dienos conjugados en un sistema acelerado a 50 °C. Por otro lado, la actividad antioxidante de este aceite muestra que tiene gran valor nutracéutico para la industria de alimentos, expresada como valores ORAC de 808,9 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ gramos}$ de aceite, un indicador comparable con algunos aceites de oliva y otros vegetales. Además, el aceite de choibá o almendro de montaña tiene capacidad reductora (TEAC, DPPH y FRAP) similar a muchos aceites considerados nutracéuticos como los aceites de oliva. Las semillas de choibá, por su composición se pueden consumir directamente tostadas o como enriquecedor nutricional para productos de panificación, debido a su alto contenido de ácido oleico.

Se puede considerar que en el proceso oxidativo del aceite de choibá hay una producción permanente de hidroperóxidos conjugados, los cuales se van consumiendo en el tiempo generando una alta concentración de especies reactivas de oxígeno. Este proceso se puede controlar con el uso de antioxidantes exógenos. Las semillas de choibá por todo lo anterior, poseen un gran potencial para la industria agroalimentaria en Colombia, como una fuente de aceites con aplicación en frituras, en confitería y otras formas alimenticias.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de Investigaciones (DIME) y al Laboratorio de Ciencia de los Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia por el apoyo económico en la ejecución del trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. López-Camacho R, Montero-G I. Manual de identificación de especies forestales en bosques naturales con manejo certificable por comunidades. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI; 2005. p. 128.
2. López-Camacho R, Montero-G I. *Dipteryx oleifera* Benth. Libro Rojo de Plantas Colombianas. Especies maderables amenazadas, parte I. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI; 2006. p. 75-8.
3. Méndez JM, Sohiet C. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. [Internet]. Costa Rica (Turrialba): Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).; 2000. [citado 2011 Julio 16]. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/a0008s/a0008s00.pdf>
4. Murillo D. Implementación de estudio base para especies forestales amenazadas, en el municipio de Alto Baudó, departamento del Chocó, Colombia. Rev Bioetnia. 2009;6(2):82-92.
5. Arrázola G, Osorio J, Alvis A. Elaboración de una bebida nutricional en polvo a partir de la almendra choibá (*Dipteryx oleifera* Benth.). Temas agrarios. 2009;14(1):32-8.
6. Guzmán-Chozas M, Vicario I, Guillén-Sans R. Spectrophotometric profiles of off-flavor aldehydes by using their reactions with 2-thiobarbituric acid. J Agric Food Chem. 1997;5(7):2452-7.
7. Gay C, Collins J, Gebicki J. Hydroperoxide assay with the ferric xylenol orange complex. Anal Biochem. 1999;3(2):149-55.
8. Škrbic B, Filipcev B. Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic-rich sunflower seed. Food Chem. 2008;8(1):119-29.
9. Galeano G, Bernal R. Palmas de Colombia: guía de campo. Panamericana Formas e Impreso S.A. Colombia (Bogotá): Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá; 2010. p. 429-31.
10. Juntachote T, Berghofer E, Siebenhandl S, Bauer F. The effect of dried galangal powder and its ethanolic extracts on oxidative stability in cooked ground pork. LWT-Food Sci Technol. 2007;40(2):324-30.
11. Özkanlı O, Kaya A. Storage stability of butter oils produced from sheep's non-pasteurized and pasteurized milk. Food Chem. 2007;10(3):1026-31.

12. Williamsom KS, Hensley K, Floyd RA. Fluorometric and colorimetric assessment of thiobarbituric acid-reactive lipid aldehydes in biological matrices. In: Methods in biological oxidative stress. USA (New Jersey): Human Press. Williamson KS; 2003. p. 57-67.
13. Gaviria CA, Medina C, Lobo M, Mosquera AJ, Tamayo A, Rojano B, et al. Actividad antioxidante e inhibición de la peroxidación lipídica de extractos de frutos de mortiño (*Vaccinium meridionale SW*). BLACPMA. 2009;8(6):519-28.
14. Rojano B, Sáez J, Schinella G, Quijano J, Vélez E, Gil A, et al. Experimental and theoretical determination of the antioxidant properties of isoespintanol (2-Isopropyl-3,6-dimethoxy-5-methylphenol). J Mol Struct. 2008;877(1-3):1-6.
15. Pereañez JA, Lobo-Echeverry T, Rojano B, Vargas I, Fernández M, Gaviria CA, et al. Correlation of the inhibitory activity of phospholipase A2 snake venom and the antioxidant activity of Colombian plant extracts. Rev Bras Farmacogn. 2010;20(6):910-6.
16. Prior RI, Wu X, Schaich K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. J Agric Food Chem. 2005;3(10):4290-302.
17. Romero M, Rojano B, Mella-Raipán J, Pessoa-Mahana CD, Lissi E, López-Alarcón C. Antioxidant capacity of pure compounds and complex mixtures evaluated by the ORAC-pyrogallol red assay in the presence of triton X-100 Micelles. Molecules. 2010;15(9):6152-67.
18. Gubitzi GM, Mittelbach M, Trabi M. Exploitation of the tropical oil seed plant: *Jatropha curcas L*. Bioresour Technol. 1999;7(1):73-82.
19. Staerfl SM, Soliva CR, Leiber F, Kreuzer M. Fatty acid profile and oxidative stability of the perirenal fat of bulls fattened on grass silage and maize silage supplemented with tannins, garlic, maca and lupines. Meat Sci. 2011;89(1):98-104.
20. Socarrás M, Bolet A. Alimentación saludable y nutrición en las enfermedades cardiovasculares. Rev Cubana Invest Biomed. 2010;29(3):353-63.
21. Rojano B, Gaviria C, Sáez J. Determinación de la actividad antioxidante en un modelo de peroxidación lipídica de mantequilla inhibida por el isoespintanol. Vitae. 2008;15(2):212-8.
22. Abdalla AE, Roozen JP. Oxidative stability of edible vegetable oils enriched in polyphenols with olive leaf extract. Food Chem. 1999;64(3):323-9.
23. Zhu X, Svendsen C, Jaepelt KB, Moughan PJ, Rutherford SM. A comparison of selected methods for determining eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in cereal-based foods. Food Chemistry. 2011;5(4):1320-7.
24. Estévez M, Kylli P, Puolanne E, Kivikari R, Heinonen M. Fluorescence spectroscopy as a novel approach for the assessment of myofibrillar protein oxidation in oil-in-water emulsions. Meat Sci. 2008;8(4):1290-6.
25. Samaniego-Sánchez C, Troncoso AM, García-Parrilla MC, Quesada JJ, López García de la Serrana H, López MC. Different radical scavenging test in virgin olive oil and their relation to the total phenol content. Anal Chim Acta. 2007;93(1):103-7.

26. Finotti E, Bersani AM, Bersani E. Total quality indexes for extra-virgin olive oils. *J Food Qual.* 2007; 30(6):911-31.
27. Škrbic B, Cvejanov J. The enrichment of wheat cookies with high-oleic sunflower seed and hull-less barley flour: Impact on nutritional composition, content of heavy elements and physical properties. *Food Chem.* 2011; 4(4): 1416-22.
28. Rautenbach F, Venter I. Hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity of commonly consumed South African fruits, vegetables, grains, legumes, fats/oils and beverages. *J Food Compos Anal.* 2010; 23(7): 753-61.

Recibido: 21 de enero de 2013.

Aprobado: 12 de abril de 2013.

Benjamín Alberto Rojano. Laboratorio de Ciencia de los Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias. A.A 3840. Medellín, Colombia. Teléf.: +57(4) 430 9381; Fax: +57(4) 430 9347. Correo electrónico: brojano@unal.edu.co