

Caracterización fisicoquímica del aceite de palma crudo proveniente de diferentes materiales genéticos y de dos zonas geográficas de Colombia

Variation of the Crude Palm Oil Physicochemical Characteristics in Different Genetic Materials and Crop Areas of Colombia

Wilman Delgado¹
Luz F. Echeverry²
Sandra R. Suárez³

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo caracterizar los aceites crudos de palma africana producidos por distintos materiales de siembra que han sido plantados en dos diferentes zonas geográficas y, por tanto, sometidos a diferentes condiciones edáficas y climáticas. En los aceites analizados se encontraron diferencias significativas en el perfil de ácidos grasos dependiendo del material plantado, así, el aceite proveniente del material Dura Deli x La Mé posee una mayor proporción de ácidos grasos insaturados comparado con aceite proveniente del material Dura Deli x Avros plantado en la misma zona. Se encontró que el material Dura Deli x Avros de diferentes edades y diferente origen (ASD Costa Rica y Papua) plantado en la misma zona produce un aceite que no presenta diferencias significativas en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas. También se determinó que el aceite proveniente de material Deli x La Mé plantado en zonas geográficas diferentes (Oriental y Occidental) no presenta diferencias significativas en los valores de los parámetros evaluados. Además se encontró que las características fisicoquímicas del aceite producidas por los distintos materiales cambian en el tiempo.

Summary

At present, at the Oils Characterization Laboratory (Laboratorio de Caracterización de Aceites), Cenipalma carries out the determination of the physicochemical characteristics and the crude palm oil parameters (CPO), produced in each one of the four palm zones in Colombia. This characterization will be useful to realize a product routing in order to increase the competitiveness of the sector. The analysis realized to each one of the samples are: fusion point by displacement, refraction rate, carotenes, vitamin E, triglycerides profile, fatty acids profile, iodine rate, peroxide rate, free fatty acids, bleaching damage rate (DOBI) and discriminating function (DF). Important differences were found in the CPO physicochemical characteristics, according to the genetic material and the time of the year, especially one of the most important differences is found in

Palabras Clave

Aceite de palma crudo,
Materiales de siembra,
Ácidos grasos,
Propiedades fisicoquímicas del aceite de palma.

1. Investigador Asociado, Cenipalma. Bogotá. E-mail: wilman.delgado@cenipalma.org
2. Investigadora Auxiliar Cenipalma. Bogotá.
3. Investigadora Auxiliar Cenipalma. Bogotá.



the fatty acids profile of the Dura Deli x La Me material samples, planted in the Occidental Zone, in which the preponderant fatty acid is oleic acid and not palmitic acid, this is also shown in the fusion points observed (28.7-31.2 °C). The carotenes total contents (alpha and beta isomers) of all the samples analyzed, indicated a wide variation rank (721-2242 ppm). Nevertheless, the values found are greater than the ones reported in the literature (500-700 ppm). The results of the analysis DOBI (2.4 - 3.7), obtained until now, allow the classification of the samples analyzed, as easy to bleach. Notwithstanding, the DF determinations (11.4-31.4) classify these same samples in a range that goes from average to excellent.

Introducción

Colombia ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en la producción de aceite de palma y el primero en Latinoamérica, con una producción anual de 528.400 toneladas en 2002 (Fedepalma, 2002). En busca de aumentar la competitividad de esta agroindustria, se han iniciado estudios sobre la caracterización fisicoquímica y parámetros de calidad del aceite producido en cada una de las cuatro regiones palmeras de Colombia (Zona Norte, departamentos de Cesar y Magdalena; Zona Central, departamentos de Santander, Norte de Santander y Sur del Cesar; Zona Oriental, departamentos de Meta y Casanare, y Zona Occidental, departamento de Nariño). Con estos estudios se espera conocer las particularidades del aceite producido en el país en función de condiciones varietales, climáticas y edáficas, entre otras. Este conocimiento permitirá a futuro la diferenciación de los distintos tipos de aceite y, por tanto, su direccionamiento a mercados específicos.

Las grasas y aceites son una compleja mezcla compuesta de triglicéridos, diglicéridos, monoglicéridos, ácidos grasos libres y compuestos minoritarios ($\leq 1\%$) (Goh, 1985). Las cantidades relativas en que se encuentran cada una de estas especies moleculares en las diferentes grasas y aceites como el de palma dependen de muchos factores, y en especial de las características genéticas del material que los produce (Choo,

1998); de las condiciones ambientales en que se desarrollan dichos materiales, ya que pueden o no favorecer la síntesis y acumulación de una especie molecular en particular; de las características del proceso de obtención de los productos, que pueden favorecer la extracción selectiva o no de una determinada especie. Las características del proceso de extracción no sólo afectan las concentraciones de las distintas especies por ser procesos con algún grado de selectividad sino también porque pueden influir en la estabilidad y la calidad de los productos obtenidos (Siew, 1981).

Materiales y métodos

Para este estudio se seleccionaron lotes de palma adulta (mayor de 7 años) de dos variedades comerciales de importancia en las zonas Oriental y Occidental de Colombia. Mensualmente se tomaron dos muestras de aceite provenientes de frutos cosechados en cada uno de estos lotes (en la Tabla 1 se observa la distribución de los lotes seleccionados en las dos zonas estudiadas). Una de las muestras de aceite se tomó a la salida de las prensas (licor de prensa), se llevó al laboratorio de la planta extractora, donde fue sometida a procesos de decantación y centrifugación, se rotuló y se envió al Laboratorio de Caracterización de Aceites de Cenipalma para su análisis. La segunda muestra se obtuvo de

Tabla 1 Distribución de los materiales evaluados en las dos zonas palmeras estudiadas

Zona	Plantación/ubicación	Material/código	Año de siembra
Oriental	1- Cumaral, Meta	Dura Deli x La Mé (A1)	1993
	2- San Carlos de Guaroa, Meta	Dura Deli x La Mé (A2)	1992
Occidental	3- Tumaco, Nariño	Dura Deli x La Mé (A3)	1982
	4- Tumaco, Nariño	Dura Deli x Avros (B1)	1987
		Dura Deli x Avros (B2)	1991

racimos provenientes de los lotes en estudio, los cuales fueron marcados, sometidos al proceso de esterilización industrial y, luego de esterilizados, se llevaron al laboratorio de la planta de extracción donde, mediante un prensado manual, se les extrajo el aceite que, luego de ser clarificado y rotulado, se remitió al Laboratorio de Caracterización de Aceites de Cenipalma.

Las muestras en el laboratorio se sometieron a los diversos análisis fisicoquímicos, siguiendo las metodologías implementadas en el Laboratorio de Caracterización de Aceites que se describen a continuación.

Punto de fusión por desplazamiento

Método basado en AOCS Oficial Method Cc 3-25. Es una determinación física cuyo valor depende de la composición química del producto. Se emplea para la verificación de la identidad, calidad y pureza del aceite o grasa.

Definición: Temperatura a la cual una columna de grasa comienza a ascender en un tubo capilar abierto, como resultado del aumento gradual de la temperatura.

Principio: Se sumerge en agua a una profundidad específica un tubo capilar abierto que contiene una columna de grasa de aproximadamente 10 mm, la cual ha sido cristalizada bajo condiciones controladas. Se incrementa la temperatura del agua a una rata de calentamiento específica y se registra la temperatura a la cual la columna de grasa comienza a ascender por el capilar.

Índice de refracción

Método basado en AOCS Oficial Method Cc 7-25. Al igual que el punto de fusión, el índice de refracción es una determinación física que depende de la composición química del producto y de la temperatura. Se emplea para verificar la identidad, calidad y pureza del aceite o grasa. En general, el índice de refracción aumenta con el incremento de la longitud de la cadena hidrocarbonada y con el número de insaturaciones.

Definición: El índice de refracción es la relación de la velocidad de la luz (de una longitud de onda determinada) en el vacío sobre la velocidad de la luz en la muestra.

Ácidos grasos libres (AGL)

Método basado en AOCS Oficial Method Ca 5a-40. Es actualmente la determinación química más importante, relacionada con la calidad del ACP. Este valor es indicativo de las buenas prácticas llevadas a cabo durante el proceso de extracción y almacenamiento, así como el estado del fruto procesado.

Principio: Los ácidos grasos libres son neutralizados con hidróxido de sodio, la cantidad de hidróxido de sodio empleado para la neutralización es proporcional a los AGL presentes. El contenido de AGL para el aceite de palma se expresa como el porcentaje de ácido palmítico en la muestra.

Índice de deterioro a la blanqueabilidad (DOBI)

Método basado en las técnicas del Instituto Malayo de Investigaciones en Aceite de Palma MS 817 de 1989. Es una determinación espectrofotométrica aplicable sólo al ACP, que establece una relación entre las sustancias antioxidantes (carotenos) y los productos secundarios generados por el deterioro oxidativo; este valor se asocia directamente con la refinabilidad del aceite.

Índice de yodo

Método basado en AOCS Recommended Practice Cd 1b-87. Es una determinación química relacionada con la identidad de la grasa o aceite que establece el grado de insaturación. En el caso del ACP es importante para determinar el rendimiento de oleína durante la refinación.

Principio: El principio químico es una adición de yodo a los dobles enlaces de las cadenas hidrocarbonadas, formándose un derivado halogenado. El yodo libre se titula con solución estandarizada de tiosulfato de sodio 0,1 N, usando una solución de almidón como indicador.

Perfil de ácidos grasos

Es una determinación química de la composición de la grasa o aceite, es la característica de identidad más importante en el producto y de esta composición dependen otros parámetros fisicoquímicos, como punto de fusión, índice de refracción, e índice de yodo.

En la metodología implementada en Cenipalma esta determinación se lleva a cabo empleando

cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) con un detector espectrofotométrico UV-Vis y una columna de fase reversa (RP-18), previa saponificación y derivación de los ácidos grasos de la muestra a los respectivos ésteres de *p*-bromofenacilo.

Esta metodología presenta una buena repetibilidad. En los análisis realizados para ácidos grasos con una composición relativa mayor al 5%, la diferencia absoluta máxima determinada fue del 0,9%, y la diferencia relativa de 1,6%. Por su parte, para los ácidos grasos presentes en concentraciones relativas menores al 5%, la diferencia absoluta máxima calculada fue del 0,2%. Estas variaciones están dentro de los rangos permitidos para los análisis del perfil de ácidos grasos llevados a cabo por cromatografía de gases.

Contenido de carotenos

Es una determinación química de la composición del ACP; la presencia de carotenos en altas concentraciones es un indicador de buena calidad, puesto que los carotenos son pigmentos que en los productos grasos previenen o retardan el deterioro oxidativo. Además de prevenir la degradación de los productos grasos, los carotenos, especialmente el β -caroteno, son una de las fuentes más importantes de provitamina A.

Es también una nueva metodología de análisis mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC); esta metodología, a diferencia de la técnica espectrofotométrica permite determinar por separado las concentraciones de los isómeros α y β -caroteno.

La determinación se realiza empleando el método del estándar externo, utilizando como patrón de referencia certificado β -caroteno del 95% de pureza (Aldrich).

Contenido de vitamina E

La vitamina E presente en los productos grasos, además de ser un importante factor nutricional, es un antioxidante que previene el deterioro del producto antes y después de la refinación. En el ACP, la vitamina E está representada en su mayor parte (70-80%) por tocotrienoles y un 20-30% de tocoferoles, especialmente α -tocoferol.

La metodología de análisis, implementada mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), permite determinar por separado los distintos isómeros de tocoferoles y tocotrienoles. La determinación se realiza empleando el método del estándar externo, utilizando patrones de referencia certificados de tocoferoles y tocotrienoles del 95% de pureza (Calbiochem).

Análisis de resultados

Tratamiento de datos

Para observar el comportamiento general de los datos de cada una de las determinaciones en función de los diferentes materiales, se organizaron los valores obtenidos mediante herramientas de estadística descriptiva de medidas de tendencia central: media y mediana, y medidas de variación: varianza, coeficiente de variación y rango.

Análisis de varianza de un solo factor

Para determinar si existen diferencias significativas en las características fisicoquímicas y de calidad de los aceites analizados, se empleó el análisis de varianza (Anova) de un solo factor del programa Microsoft Excel 2000. Dicha herramienta estadística permite calcular la varianza de los factores componentes y establecer la importancia relativa de los diversos componentes. Cada varianza se calcula entonces como la suma de los cuadrados de las desviaciones dividida entre el número adecuado de grados de libertad, y las varianzas se comparan mediante la prueba *F*.

Hipótesis planteadas:

$$H_0: \mu A3 = \mu B1 = \mu B2$$

H: No hay diferencias significativas en los contenidos promedios de las distintas determinaciones de los aceites obtenidos de distintos materiales plantados en la misma zona geográfica.

*H*₁: Existen diferencias significativas en los contenidos promedios de las distintas determinaciones de los aceites obtenidos de distintos materiales plantados en la misma zona geográfica.

Prueba *F*

Es conocida como la prueba de la razón de varianzas, dicha razón es la correspondiente a

dos varianzas de muestras S_1^2 y S_2^2 , en la que las muestras se sacan de una misma población. La herramienta se encuentra en el programa Microsoft Excel 2000. El valor F se calcula así:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Con $(n_1 - 1) + (n_2 - 1)$ grados de libertad. Si el valor F calculado excede el tabulado, la probabilidad de que la diferencia que existe entre las dos varianzas es menor que la probabilidad especificada (5 ó 1 %).

Prueba *t Student*

Esta prueba se aplica a la hipótesis nula que establece que las dos muestras que se comparan fueron obtenidas de la misma población (región), y se calcula la probabilidad de que la diferencia $|x_1 - x_2|$ tenga un valor tan grande como el observado, o menor que él. La herramienta se obtuvo de Microsoft Excel 2000.

Hipótesis planteada

$H_0: \mu A1 = \mu A2; \mu B1 = \mu B2$

H_0 : No hay diferencias significativas entre las medias de los valores de las determinaciones de los aceites obtenidos del mismo material y plantados en la misma zona geográfica.

H_1 : Existen diferencias significativas entre las medias de los valores de las determinaciones de los aceites obtenidos del mismo material y plantados en la misma zona geográfica.

Con el fin de establecer si existían o no diferencias notables en los aceites, se analizaron los datos

correspondientes a los índices de refracción determinados a 50 °C. Mediante análisis de varianza de un solo factor de los datos correspondientes a los aceites de los materiales A3, B1 y B2 plantados en la Zona Occidental (Tabla 2), se estableció que existen diferencias significativas entre ellos. Al aplicar una prueba Fischer (F) se encontró que los valores de índice de refracción del aceite del material A3 son diferentes de los valores determinados para los aceites producidos por los materiales B1 y B2 (Tablas 3 y 4). Así mismo, mediante una prueba t , se estableció que los materiales B1 y B2 producen aceites que no presentan diferencias significativas entre sí en los valores de índices de refracción (Tabla 5). En la Tabla 6 se observan los valores medios y los rangos obtenidos en las determinaciones del índice de refracción de los diferentes materiales analizados.

Una vez probado, con un grado de significancia del 0,05, que el aceite proveniente del material A3 tiene valores de índices de refracción diferentes a los de los aceites de B1 y B2, y dado que esta determinación física en productos grasos depende en gran medida de la longitud de cadena de los ácidos grasos y del grado de insaturación (Tan *et al.*, 2000), se procedió al análisis de datos del punto de fusión. Así se encontró que el aceite del material A3 presenta valores de punto de fusión estadísticamente diferentes al de los otros dos materiales. Puesto que, al igual que el índice de refracción, el punto de fusión está determinado por la longitud de cadena de los ácidos grasos y el grado de insaturación, se realizaron los análisis estadísticos de los valores de índices de yodo,

Tabla 2

Análisis de varianza de un solo factor de los datos de índice de refracción de los tres materiales evaluados en la Zona Occidental

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
A3	7	10,1933	1,4561857	2,08E-07
B1	8	11,6444	1,45555	3,54E-07
B2	8	11,643	1,455375	1,91E-07

Análisis de varianza							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	2,66947E-06	2	1,335E-06	5,271915	0,01449	3,492829137	
Dentro de los grupos	5,06357E-06	20	2,532E-07				
Total	7,73304E-06	22					

Tabla 3 Prueba F para varianza de los datos de índice de refracción dos muestras de los materiales A3 y B1

Materiales	A3	B1
Media	1,456185714	1,45555
Varianza	2,08095E-07	3,54286E-07
Observaciones	7	8
Grados de libertad	6	7
F	0,58736559	
P(F<=f) una cola	0,266826119	
Valor crítico para F (una cola)	0,237718289	

Tabla 5 Prueba t para la medias de los datos de índice de refracción muestras de aceite de los materiales B1 y B2

Materiales	B1	B2
Media	1,45555	1,455375
Varianza	3,54286E-07	1,90714E-07
Observaciones	8	8
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	0,670478401	
P(T<=t) una cola	0,257144126	
Valor crítico de t (una cola)	1,770931704	
P(T<=t) dos colas	0,514288252	
Valor crítico de t (dos colas)	2,16036824	

Tabla 7 Características químicas de ACP de diferentes materiales de palma de aceite plantados en diferentes zonas geográficas

Materiales (zona)	Índice de yodo (cg/g)		Relación palmítico/oleico	
	media	rango	media	rango
A1	54,7	51,9-57,1	0,91	0,82-1,03
A2	53,9	50,7-56,4	0,98	0,92-1,10
A3	54,2	52,0-58,9	0,96	0,84-1,01
B1	51,9	49,6-54,4	1,08	0,88-1,22
B2	52,1	50,2-55,3	1,08	1,01-1,19

encontrándose que el aceite del material A3 tiene un valor de índice de yodo mayor que el de los otros dos materiales. Para identificar los ácidos grasos que contribuyen a esta diferencia se analizaron los datos de los perfiles de ácidos grasos de los tres materiales y se calculó la relación % ácido palmítico/% ácido oleico; el examen de estos valores reveló que para el aceite proveniente del material A3 el valor promedio de

Tabla 4 Prueba F para varianza de los datos de índice de refracción dos muestras de los materiales A3 y B2

Materiales	B2	A3
Media	1,455375	1,456185714
Varianza	1,90714E-07	2,08095E-07
Observaciones	8	7
Grados de libertad	7	6
F	0,916475971	
P(F<=f) una cola	0,449341965	
Valor crítico para F (una cola)	0,258667754	

Tabla 6 Características físicas de ACP de diferentes materiales de palma de aceite sembrados en diferentes zonas geográficas

Materiales	Índice de refracción (50 °C)		Punto de fusión (°C)	
	media	rango	media	rango
A1	1,4561	1,4552-1,4565	32,8	29,6-36,2
A2	1,4561	1,4560-1,4562	30,7	27,1-33,9
A3	1,4562	1,4557-1,4570	29,5	22,0-34,4
B1	1,4556	1,4546-1,4564	34,7	31,5-36,5
B2	1,4554	1,4550-1,4560	35,5	30,7-41,0

esta relación es de 0,96, mientras que para los otros dos materiales la relación es de 1,08. En la Tabla 7 se observan los valores promedio y los rangos de variación de los índices de yodo y de la relación palmítico/oleico de los materiales estudiados.

Al revisar los resultados de los análisis de varianza de los materiales A3, B1 y B2 correspondientes a las concentraciones de micronutrientes (carotenos y vitamina E), se encuentra que a pesar de la alta variación de los datos dentro de los materiales no hay diferencias significativas entre los materiales. En las Tablas 8 y 9 se observan los análisis de varianza de estas determinaciones. Resultados estadísticos similares se obtienen al analizar los datos de las características de calidad AGL y DOBI. En las Tablas 10 y 11 se resumen los resultados obtenidos sobre el contenido de micronutrientes característicos de calidad de los materiales estudiados.

Después de comprobado que el aceite extraído del material A3 se diferencia de los materiales B1 y B2 en la proporción relativa de ácido oleico, se procedió a realizar comparaciones de este parámetro entre materiales del mismo tipo (A1 y

Tabla 8 Análisis de varianza de un solo factor de los datos del contenido total de carotenos de los tres materiales evaluados en la Zona Occidental

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
A3	7	8771	1253	167177,3333
B1	9	10297	1144,111111	285679,6111
B2	9	9892	1099,111111	180113,8611

Análisis de varianza							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	96118,22222	2	48059,11111	0,223558551	0,801462478	3,443361152	
Dentro de los grupos	4729411,778	22	214973,2626				
Total	4825530	24					

Tabla 9 Análisis de varianza de un solo factor de los datos del contenido total de vitamina E de los tres materiales evaluados en la Zona Occidental

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
A3	7	6769	967	82416
B1	9	7852	872,4444444	85182,77778
B2	9	7220	802,2222222	60823,19444

Análisis de varianza							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	106929,9822	2	53464,99111	0,707488019	0,503754101	3,443361152	
Dentro de los grupos	1662543,778	22	75570,17172				
Total	1769473,76	24					

Tabla 10 Contenido de micronutrientes en ACP proveniente de diferentes materiales de palma de aceite plantados en diferentes zonas geográficas

Materiales	Carotenos totales (ppm)		Vitamina E total (ppm)	
	media	rango	media	rango
A1	1164	399-1709	1020	823-1120
A2	993	625-15526	1258	1227-1315
A3	1253	721-2071	1048	772-1382
B1	1288	611-2243	991	740-1120
B2	1201	591-1767	928	766-1034

Tabla 11 Características de calidad de ACP provenientes de diferentes materiales palma de aceite plantados en diferentes zonas geográficas

Materiales	Ácidos grasos libres		DOBI	
	media	rango	media	rango
A1	0,7	0,3-1,2	2,6	2,2-3,0
A2	1,0	0,6-1,5	2,5	1,7-3,0
A3	1,0	0,4-1,6	2,8	1,8-3,4
B1	1,0	0,4-2,4	2,7	1,7-3,6
B2	0,8	0,4-1,4	1,9	0,4-3,7

A3) sembrados en diferentes zonas. Al aplicar una prueba t se estableció que no existen diferencias significativas en la relación palmítico/oleico de estos materiales (Tabla 12). Tampoco se encontraron diferencias significativas en los valores de las determinaciones de constantes físicas, micronutrientes y características de

calidad entre estos dos materiales. En las Tablas 6, 7, 10 y 11 se observan los valores promedio y los rangos de estas determinaciones.

En los valores de las distintas determinaciones de los dos materiales seleccionados en la Zona Oriental no se encontraron diferencias significativas (A1, A2) (Tablas 6, 7, 10 y 11).

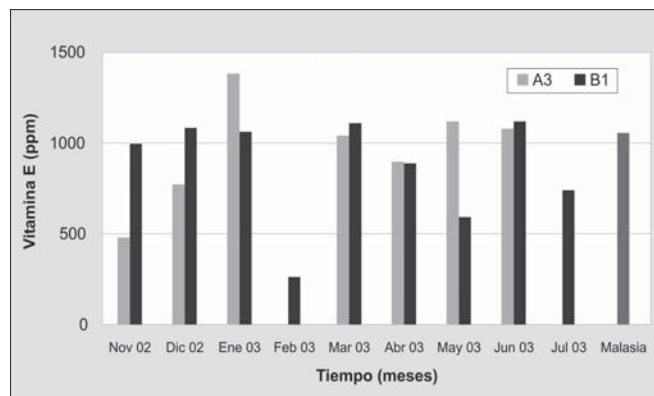
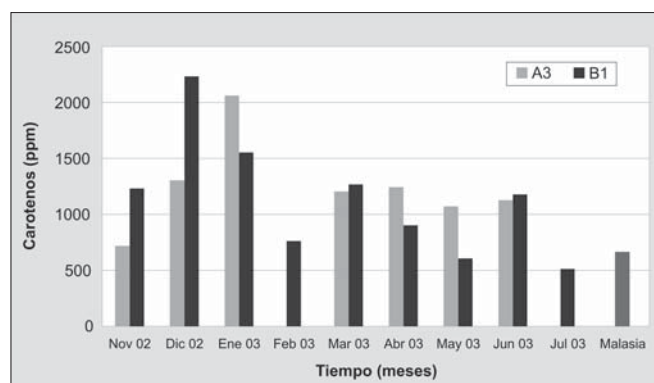
Tabla 12

Prueba t para las medias de los datos de la relación %palmítico /%oleico de muestras de aceite de los materiales A1 y A3

Materiales	A1	A3
Media	0,955714286	0,89
Varianza	0,003695238	0,008533333
Observaciones	7	7
Varianza agrupada	0,006114286	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	12	
Estadístico t	1,572247632	
P(T<=t) una cola	0,070937325	
Valor crítico de t (una cola)	1,782286745	
P(T<=t) dos colas	0,141874651	
Valor crítico de t (dos colas)	2,178812792	

Durante el tiempo de estudio se han observado cambios en los valores de las distintas determinaciones fisicoquímicas y de calidad. Así, el contenido de vitamina E presenta un rango de variación muy amplio en el período de observación; sin embargo, su promedio es menor que el reportado para aceites de Malasia (promedio 1054 ppm, rango 862-1324 ppm), (Tang, 2000). En la Figura 1 se aprecia la variación en el contenido de vitamina E en los materiales estudiados y el valor reportado para aceite de Malasia.

Los valores del contenido total de carotenos presentan un rango de variación aún mayor que el observado para la vitamina E, pero en este caso el promedio de cada uno de los materiales analizados es mayor que el reportado para aceites provenientes de Malasia (promedio 669 ppm, rango 538-761 ppm) (Tang, 2000). En la Figura 2 se aprecia la variación en el contenido total de carotenos de los materiales estudiados y el valor reportado para aceite de Malasia.

**Figura 1** Variación mensual en el contenido total de vitamina E en los materiales A3 y B1 plantados en la Zona Occidental**Figura 2** Variación mensual en el contenido total de carotenos en los materiales A3 y B1 plantados en la Zona Occidental

El índice de yodo, y por tanto la relación palmítico/oleico, también muestran variación en función del tiempo (Figuras 3 y 4), siendo característica también el mayor rango de variación en comparación con estudios realizados en Malasia. Sin embargo, los valores de estas determinaciones indican que los aceites analizados en este estudio poseen en promedio un mayor

Tabla 13

Comparación de algunas características fisicoquímicas de ACP producidos en diferentes partes del mundo

Origen del aceite	η 50 °C		Punto de fusión		Índice de yodo		%C16:0 /%C18:0	
	rango	promedio	rango	promedio	rango	promedio	rango	promedio
Malasia	1,4520-1,4540	1,4533	32,4-40,2	36,5	50,1-54,6	52,0	-	1,09
Brasil	-	-	-	-	50,3-62,9	58,0	-	0,90
Colombia	1,4546-1,4570	1,4559	22,0-41,0	33,0	49,6-58,9	53,0	0,82-1,22	1,00

grado de insaturación, afirmación que se verifica al comparar los valores de las determinaciones de constantes físicas (punto de fusión e índice de refracción). Esta observación corrobora lo reportado por Tavares y Barbeiro (Tang, 2000) al comparar las características químicas y la composición de aceites producidos en Malasia y Brasil durante 1991 y 1993 respectivamente. Ellos encontraron en los aceites de Brasil rangos de variación más amplios y promedios superiores en comparación con los aceites de Malasia. En la Tabla 13 se aprecian los resultados de los análisis de ácidos grasos y constantes físicas reportados para aceites de Malasia, Brasil y los encontrados en Colombia.

Al comparar las muestras de los aceites de los distintos materiales extraídos en el laboratorio y las tomadas a la salida de la prensa sólo se observaron diferencias en los valores de las características de AGL. Los análisis estadísticos

y los resultados de estos análisis se aprecian en las Tablas 14 y 15 y la Figura 5, respectivamente.

Conclusiones

El aceite obtenido de materiales Dura Deli x Avros (B1 y B2) de diferentes edades y plantados en la misma zona geográfica no presentan diferencias significativas en cuanto a las características fisicoquímicas y de calidad.

El aceite obtenido de materiales Dura Deli x La Mé (A1, A2 y A3) de diferentes edades y plantados en zonas geográficas iguales o diferentes, no presentan diferencias significativas en cuanto a las características fisicoquímicas y de calidad.

Tabla 14

Prueba t para la medias de los datos de AGL de muestras de aceite del material A3 obtenido por diferentes técnicas de extracción

Técnica de extracción	A3 (laboratorio)	A3 (Prensas)
Media	0,971428571	1,928571429
Varianza	0,222380952	0,889047619
Observaciones	7	7
Varianza agrupada	0,555714286	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	12	
Estadístico t	-2,402066377	
P(T<=t) una cola	0,016696288	
Valor crítico de t (una cola)	1,782286745	
P(T<=t) dos colas	0,033392576	
Valor crítico de t (dos colas)	2,178812792	

Tabla 15

Prueba t para las medias de los datos de AGL de muestras de aceite de los materiales B1 obtenidos por diferentes técnicas de extracción

Técnica de extracción	B1 (Laboratorio)	B1 (Prensas)
Media	1,022222222	1,9625
Varianza	0,354444444	0,856964286
Observaciones	9	8
Varianza agrupada	0,588953704	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	15	
Estadístico t	-2,521490761	
P(T<=t) una cola	0,011743544	
Valor crítico de t (una cola)	1,753051038	
P(T<=t) dos colas	0,023487088	
Valor crítico de t (dos colas)	2,131450856	

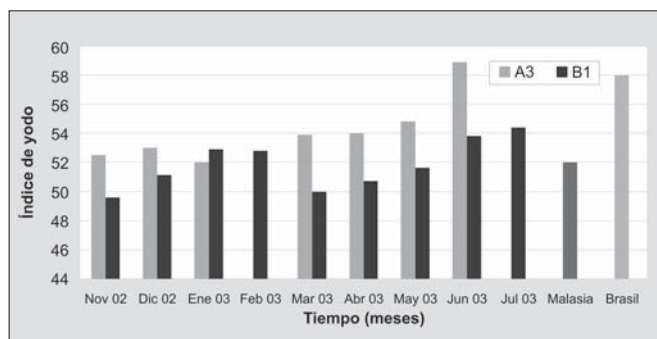


Figura 3 Variación mensual en índice de yodo en los materiales A3 y B1 plantados en la Zona Occidental

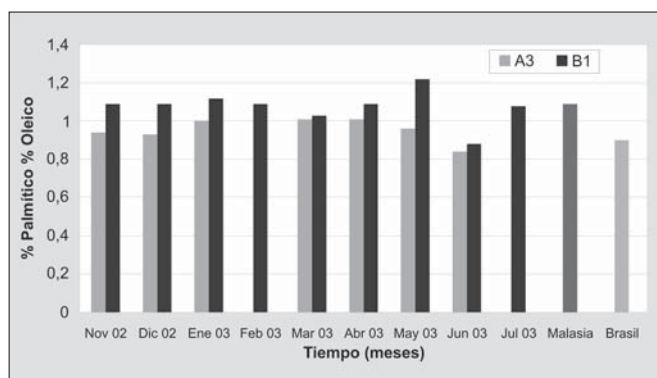


Figura 4 Variación mensual en la relación % ácido palmítico/% ácido oleico en los materiales A3 y B1 plantados en la Zona Occidental

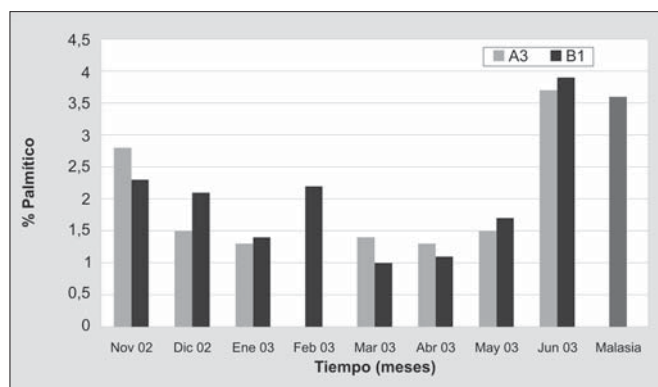


Figura 5 Variación mensual de los AGL en los materiales A3 y B1 plantados en la Zona Occidental

El aceite extraído industrialmente presenta características de calidad AGL ligeramente inferiores al aceite extraído del mismo material pero mediante procedimientos de laboratorio.

La diferencia en las cantidades relativas de los ácidos grasos oleico y palmítico entre el material Dura Deli x La Mé y el material Dura Deli x Avros son lo suficientemente grandes para generar valores de puntos de fusión e índices de refracción significativamente diferentes.

El contenido de micronutrientes (carotenos y vitamina E) no presenta diferencias significativas en función del material genético de la edad del cultivo o de la zona geográfica de siembra.

Las características fisicoquímicas de los aceites provenientes de los distintos materiales presentan variaciones muy amplias según la época del año. Estas variaciones pueden estar determinadas por la variación en las condiciones climáticas, ya que los cambios observados se correlacionan entre los materiales de la misma zona.

La diferencia en los índices de yodo de los materiales Dura Deli x La Mé y Dura Deli x Avros son producto de la diferencia en las concentra-

ción del ácido oleico, puesto que al realizar el análisis de datos de las concertaciones de los demás ácidos grasos insaturados (linoleico, linolénico y palmitoleico) no se encontraron diferencias significativas.

Agradecimientos

A Colciencias, por la cofinanciación del proyecto “Influencia de las condiciones edafoclimáticas, el manejo agronómico, el procesamiento y el transporte sobre la caracterización fisicoquímica y la calidad del aceite de palma colombiano” (Cod. 762-07-217-99). A las empresas Palmeiras, Astorga, Bucarelia, Monterrey, Hacienda la Cabaña, Palmar de Manavire por el suministro de las información y muestras para el desarrollo del proyecto a los investigadores Marcelo Torres, Franz Betancourt, Juan Carlos Salamanca, Leonardo Rey, Pedro Rocha, Iván Ayala, Rodrigo Ruiz, Carlos Calvo, Jesús García, Edgar Yañez, Querubín Duran y al Dr. Pedro León Gómez por sus valiosos aportes para el desarrollo del trabajo. ☀

Bibliografía

- GOH, S.H.; CHOO, Y.M.; ONG, S.H. 1985. Minor Constituents of Palm Oil, Journal American Oil Chemistry Society, 62, 2, p.237-240.
- FEDEPALMA. 2003. Desempeño de la agroindustria de la palma de aceite en 2002 y perspectivas para 2003. El Palmicultor, Colombia, 371, p.3.
- SIEW, W.L. 1981. Quality assessment of CPO along processing line in the mill. MARDI Research Bulletin Malasia, 9, 1, p.58-71.
- TAN, Y.A.; AINIC, K.; SIEW, W.L.; MOHTAR, Y.; CHONG, C. L. 2000. Estudio del PORIM sobre el aceite de palma crudo -97/98. Características de calidad e identidad. Palmas (Colombia), 21, 4, 39-56.
- TANG, T.S. 2000. Composition and properties of palm oil products. In Advances in oil palm Research. Malaysian palm oil Board. 22, p.941.