

Estudio del PORIM sobre el aceite de palma crudo -97/98.

Características de calidad e identidad*

PORIM crude palma oil survey 97/98.
Quality and identity characteristics.

Tan, Y.A.; Ainic, K.; Slew, W.L.; Mohtar, Y.; Chong, C.L.

RESUMEN

La calidad de los productos de aceite de palma procesados sólo se puede asegurar mientras se reciban materias primas de buena calidad, es decir, el aceite de palma crudo. La cadena de calidad en la industria de la palma de aceite comienza en las plantaciones y sólo termina cuando se consume el producto final. Entre la cosecha de los racimos y el usuario final se encuentran: los extractores, los refinadores y los productores de oleoquímicos. Cada eslabón en esta cadena de calidad tiene que ser fuerte, ya que una cadena es sólo tan fuerte como su eslabón más débil. En este artículo se presenta un estudio sobre las características de calidad del aceite de palma de Malasia comparadas con otros estudios realizados en años anteriores. El estudio analiza todas las características físico-químicas y los factores de calidad en muestras tomadas en las plantas de beneficio y recibidas por las refinerías de la mayoría de los Estados de Malasia. Una de las características más atípicas de este estudio fue el nivel un poco alto del Cu y la única razón para alcanzar este nivel sería la contaminación, la cual puede provenir del suelo, los fertilizantes o los fungicidas, ya que el mesocarpio tiene un nivel de Cu sumamente bajo. Otra característica dominante en este estudio es la mejora en el índice de Peróxido comparado con estudios anteriores. Finalmente, el estudio ilustra la tendencia hacia bajos valores de AGL, IP, impurezas insolubles, Totox y E233. Los autores se aventuran a sugerir que trabajo adicional sobre calidad podría tener el objetivo de mejorar los promedios actuales.

SUMMARY

The quality of processed palm oil products can only be assured as long as good quality raw materials are received; that is, crude palm oil. The quality chain in the oil palm industry begins in the plantations and only ends when the final product is consumed. Between the harvest of the fruit bunches and the final user, the following are found: the extractors, the refiners and the oleochemical producers. Each link in this quality chain has to be strong, since a chain is only as strong as its weakest link. In this article a study on the quality characteristics of the palm oil from Malaysia is presented, compared to other studies carried out in previous years. The study analyzes all of the physical-chemical characteristics and the quality factors in samples taken from the mills and received at the refineries of most of the Malaysian States. One of the most untypical characteristics of this study was the slightly high level of Cu and the only reason for reaching this level would be contamination, which could come from the soil, the fertilizers or the fungicides, since the mesocarp has an extremely low Cu level. Another dominating characteristic in this study is the improvement in the Peroxide index, compared with previous studies. Finally, the study illustrates the trend towards low FFA, IP, insoluble impurities, Totox and E233 values. The authors venture to suggest that the objective of additional work on quality could be to improve the present averages.

PALABRAS CLAVES: Aceite de palma, Calidad, Propiedades físico-químicas, Triglicéridos, Malasia.

*Tomado de: PORIM Technology no.22, 30p. 2000.

Traducido por Fedepalma.

1 PORIM. Bandar Bandu Bangi. 43000 Kajang. Selangor, Malaysia. P.O.box 10620, 50720 Kuala Lumpur, Malaysia.

INTRODUCCIÓN

Malasia es un proveedor establecido y confiable de productos de aceite de palma de calidad. También es el productor más grande del mundo de aceite de palma, con una producción total de 8,3 millones de toneladas en 1998. La calidad de los productos de aceite de palma procesados sólo se puede asegurar mientras se reciban materias primas de buena calidad, en este caso, el aceite de palma crudo (APC).

La cadena de calidad en la industria de la palma de aceite comienza en las plantaciones, donde los racimos de fruta fresca (RFF) son cosechados y sólo termina cuando se consume el producto final. Entre los proveedores de RFF y los usuarios finales se encuentran los extractores, los refinadores y los productores de oleoquímicos. Cada eslabón en esta cadena de calidad tiene que ser fuerte, ya que una cadena es sólo tan fuerte como su eslabón más débil. Por lo tanto, en ningún punto en esta cadena puede haber una transigencia en el control de calidad. El proceso de extracción es la segunda etapa más importante después de la cosecha, la cual determinará la calidad del APC. Las condiciones de extracción no afectan la calidad del aceite significativamente, si las condiciones de procesamiento son controladas en forma apropiada (Siew 1981).

El APC es comercializado según las especificaciones del Malaysian Oil Palm Growers' Council (MOPGC) sobre ácidos grasos libres (AGL), de un máximo de 5%, y humedad e impurezas (HEI) que no excedan el 0,25%. Estos parámetros por sí solos no son indicadores adecuados de la calidad del APC, ya que los aceites con bajos AGL no pueden ser asociados automáticamente con un buen estado oxidativo. El propósito de las normas es definir términos descriptivos uniformes y aceptados para facilitar el comercio, así como ofrecer herramientas para que el mercado cree incentivos para mejorar la calidad general del aceite. Las Normas Malasias (NM) para el APC citan requisitos para el aceite de calidad especial de 2,5% AGL (máximos), humedad de 0,2% (máxima), impurezas de 0,05% (máximas), índice de peróxido (IP) de 3 meq/kg (máximo) y índice de

anisidina (IA) de 4 (máximo). El APC de calidad estándar se define en 5% AGL (máximos), 0,2% humedad (máxima), 0,05% impurezas (máximas) sin especificaciones para IP y IA.

EL ESTUDIO

Los estudios o reconocimientos son importantes medios por los cuales los datos pueden ser actualizados para proporcionar información actual para la revisión de las normas. También indican la tendencia en cambios de calidad a lo largo de los años, ya que la calidad no es una mercancía estática. Cambia con el aumento de la sofisticación, y los proveedores tienen que responder a este cambio. Datos de los estudios fijarán objetivos realistas para mejoras en la calidad.

Desde su establecimiento en 1979, el PORIM ha realizado dos estudios de APC. El primer estudio, en 1979, se enfocó en recopilar datos sobre las características de identidad del APC. El segundo estudio, en 1986, fue más exhaustivo en que incluyó análisis de parámetros de calidad para medir la estabilidad oxidativa e hidrolítica. Un tercer estudio, un esfuerzo conjunto entre The Palm Oil Registration and Licensing Authority (PORLA) y el PORIM, se realizó entre septiembre de 1991 y febrero de 1992. Este estudio de seis meses se realizó principalmente para valorar el Índice de Deterioro de la Blanqueabilidad (DOBI) del APC durante la producción, el almacenamiento y la entrega final a los refinadores (Tang et al. 1994). Otros parámetros incluidos en este estudio fueron el contenido de AGL, el índice de yodo (IY), el punto de fusión de deslizamiento (PFD), la composición de ácidos grasos (CAG) y la composición de triglicéridos (TG).

Chong (1991) revisó la tendencia en el desarrollo de la calidad del APC, mediante la comparación de datos de estudios realizados entre 1974 y 1986. Concluyó que la calidad del APC en toda Malasia no había mejorado significativamente.

Tabla 1. Lista de análisis realizados en las muestras del estudio

CARACTERÍSTICAS DE IDENTIDAD		CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD
QUÍMICAS	FÍSICAS	
Composición de ácidos grasos	Punto de fusión de deslizamiento	Índice de peróxido
Composición de triglicéridos	Contenido de grasa sólida	E233
Índice de yodo	Densidad aparente	E269
Contenido de caroteno	Viscosidad	Índice de anisidina
Contenido de clorofila	Humedad y materia volátil	Índice de deterioro de la Blanqueabilidad (DOBI)
Índice de saponificación	Impurezas	Contenido de hierro
Materia insaponificable	Índice de refracción	Contenido de cobre
	Color	Contenido de fósforo
		Contenido de ácidos grasos libres
		Periodo de inducción Rancimat
		Función discriminante

asegurar que las muestras mensuales fueran enviadas en envases estándar no contaminados. Muestras de APC de las plantas de beneficio se recogieron del conducto (para el aceite de producción) a tanques de almacenamiento, mientras que aquellas de las refinerías se recogieron en el conducto de los tanques de almacenamiento a las refinerías. Un total de 127 plantas de beneficio y refinerías estuvieron involucradas en el estudio. La Tabla 2 muestra la distribución de las plantas

El estudio actual, a lo largo de un período continuo de 12 meses, se enfocó en las características de calidad e identidad del APC producido por los extractores y recibido por los refinadores. Todas las muestras se analizaron para los parámetros enumerados en la Tabla 1. Una proporción aleatoria de las muestras recogidas en este estudio se analizó buscando materia insaponificable, índice de saponificación, hierro, cobre, blanqueabilidad SCOPA y período de inducción Rancimat.

PLANTAS DE BENEFICIO Y REFINERÍAS PARTICIPANTES

Los extractores de aceite de palma y los refinadores de aceite de palma en Malasia peninsular y oriental fueron invitados a participar en este estudio. A los participantes se les exigió que enviaran al PORIM muestras mensuales producidas por sus plantas extractoras o recibidas en sus refinerías. A todos los participantes se les distribuyeron botellas plásticas limpias y blancas, para

Tabla 2. Distribución de los participantes en el estudio de plantaciones malasias.

ESTADO	NÚMERO DE PLANTAS DE BENEFICIO	NÚMERO DE MUESTRAS DE PLANTAS DE BENEFICIO	NÚMERO DE REFINERÍAS	NÚMERO DE MUESTRAS DE REFINERÍAS	NÚMERO DE MUESTRAS DE PLANTAS DE BENEFICIO Y REFINERÍAS
Johor	30	333	6	66	399
Kedah	2	26	-	-	26
Melaka	2	22	-	-	22
Negeri Sembilan	4	50	-	-	50
Pahang	24	261	-	-	261
Perak	15	161	3	30	191
Selangor	13	141	6	67	208
Terengganu	4	48	-	-	48
Pulau Pinang	-	-	1	6	6
Sebah	7	75	3	29	104
Sarawak	3	30	3	27	57
Fuente desconocida	-	-	1	7	7
Total	104	1.147	23	225	1.379

de beneficio y refinerías participantes de las diferentes plantaciones de Malasia. Los Estados de Pahang y Johor contribuyeron con la mayor parte de las muestras de APC. Ningún extractor o refinador de Kelantan ni Perlis participó en este estudio. La Tabla 2 también detalla el número de muestras que se recibieron de cada plantación.

CALIDAD Y CARACTERÍSTICAS DE IDENTIDAD DEL APC

Los criterios para la buena calidad del APC incluyeron AGL bajos, bajas características de oxidación, buena blanqueabilidad, bajo contenido de metales, bajo contenido de impurezas insolubles y de humedad. También se desea un alto índice de DOBI en el APC. En este estudio de un año, todos los parámetros relacionados con estos factores fueron determinados y los datos se analizaron de conformidad para valorar el estado actual de la calidad del APC malasio.

Las características de identidad de los aceites se utilizan usualmente para determinar autenticidad o pureza. Estas características incluyen las propiedades físicas y la composición química del aceite. Las propiedades físicas de los aceites y grasas son importantes porque sus aplicaciones técnicas y sus usos en productos comestibles y no comestibles dependen de las propiedades físicas, tales como comportamiento de derretimiento, viscosidad, etc.

Se debe recalcar que, a diferencia de algunos de los estudios pasados, todos los datos analíticos para este estudio no fueron una colección de información suministrada por laboratorios de control de calidad en las plantas extractoras o las refinerías. Todas las muestras se analizaron en los laboratorios del PORIM. Los datos arrojaron un informe muy confiable sobre la calidad y las características actuales de la calidad del APC en Malasia. En vista de que las muestras eran de un estudio de toda la nación, los datos recopilados también proporcionaron una relación correcta de la fluctuación en la calidad y las características de identidad.

MÉTODOS ANALÍTICOS

Las muestras de APC se analizaron para AGL, IP, IA, extinción específica a 233 nm y 269 nm (E233 y E269), valor de Totox (2PV + 1AV), humedad y materia volátil, impurezas insolubles, contenido de caroteno, DOBI, función discriminante (FD) fósforo (P), hierro (Fe) y contenidos de cobre (Cu) (AOCS 1996). Los análisis adicionales incluyeron el examen SCOPA de blanqueabilidad y el período de inducción Rancimat

por el método de Laubli y Bruttel (1986), utilizando 2,5 g de muestra de aceite y una temperatura de 110°C.

Los análisis realizados a las muestras para determinar características de identidad fueron IY (AOCS 1996), PFD, viscosidad a 55°C, densidad aparente a 50°C, índice de refracción a 50°C, contenido de grasa sólida (CGS), CAG, composición de TC (AOCS 1996), contenido de tocoferol (AOCS 1996), índice de saponificación y materia insaponificable. A no ser que se mencione lo contrario, todos los métodos de análisis se realizaron según los métodos contenidos en los Métodos de Pruebas del PORIM (1995).

La determinación de contenido total de clorofila en el APC se realizó por medio del uso de un espectrofluorímetro basado en láser, que es un equipo desarrollado conjuntamente por el PORIM, la Universidad Malaya y Fotontec Sdn. Bhd. (Tan et al. 1998; 1999a, b).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de Calidad

La Tabla 3 presenta los resultados de este estudio. Datos de estudios anteriores que se realizaron en las décadas de 1970, 1980 y principios de la de 1990 también se suministran para comparación. La calidad del APC se determinó mediante la comparación de parámetros hidrolíticos y oxidantes obtenidos en este estudio, con los de los estudios anteriores (Tabla 3). Otros parámetros, tales como el contenido de trazos de metal (Fe y Cu), el contenido de fósforo y un parámetro nuevo, el contenido total de clorofila, también se determinaron.

Ácidos grasos libres (AGL). Esta es la característica más importante de la calidad del APC utilizada en ventas y contratos. Los AGL son una indicación del cuidado que se tiene durante la producción de APC. Aunque la especificación contractual para los AGL es de 5% máximo, normalmente se observan valores de alrededor de 3%. Se encontró que el valor intermedio de AGL producido en Malasia en este estudio fue de 3,17%. Comparado con los estudios pasados

Tabla 3. Comparación de datos del estudio.

PARÁMETRO DE PRUEBA	ESTUDIO DE JACOBSBERG DE 1973 ^a	ESTUDIO DEL PORIM DE 1979/80 ^b	ESTUDIO DEL PORIM DE 1986/87 ^c	ESTUDIO DEL PORIM/PORL A DE 1991/92 ^d	ESTUDIO DEL PORIM DE 1997/98 ^e
Acido graso libre, como palmitico(%)	3,15 (0,57)	3,66 (0,75)	3,57 (0,854)	3,64 (1,02)	3,17 (0,747)
Humedad y materia volátil(%)	0,09 (0,05)	0,18 (0,05)	0,17 (0,069)	-	0,18 (0,073)
Impurezas insolubles(%)	-	0,04 (0,03)	0,13 (0,062)	-	0,03 (0,013)
Índice de peróxido (meq/kg)	3,92 (1,33)	2,70 (1,27)	2,43 (1,831)	-	0,65 (0,692)
Índice de anisidina	4,61 (1,100)	4,55(1,490)	2,90 (1,960)	-	4,65 (1,767)
Tolox	12,44 (3,22)	-	-	-	6,03 (2,39)
E ₂₃₃	1,68 (0,219)	-	1,44 (0,290)	-	1,31 (0,136)
E ₂₆₉	0,29 (0,059)	-	0,29 (0,077)	-	0,30 (0,050)
Índice de yodo (Wijs)	-	53,2 (1,50)	-	52,5 (1,17)	52,0 (0,74)
Caroteno (ppm)	567 (27)	587 (61)	579 (53,6)	-	582 (52,0)
DOBI	-	-	2,7 (0,39)	2,7 (0,36)	2,7 (0,272)
Función discriminante (Y ₁ - Y ₂)	-	-	11,3 (6,15)	-	15,7 (4,30)
Fósforo (ppm)	-	-	13,5 (3,63)	-	13,30(5,859)
Fe (ppm)	3,76 (1,31)	-	5,6 (2,4)	-	4,89 (2,52)
Total de clorofila (ppb)	-	-	-	-	1.879 (483)

Notas: a. B. Jacobsberg (1974)

b. CY. Wong(1981)

c. Siewetal. (1989a,b)

d. Tangetal. (1994)

e. Estudio actual

*Valores entre paréntesis son las desviaciones estandar.

de 1979/80, 1986/87 y 1991/92, que aparecen en la Tabla 3, este mostró una reducción del 12% en el valor medio de AGL. Sin embargo, este contenido de AGL fue comparable con el valor medio obtenido por Jacobsberg (1974). La presente mejora en el contenido de AGL fue acompañada por una pequeña desviación estándar de 0,75, la cual indicó una variación más pequeña en las muestras recogidas. Esto es bueno, considerando el gran número de muestras analizadas.

Humedad y materia volátil. El valor actual medio para humedad y materia volátil permanece alrededor de 0,18%, nivel recomendado para una estabilidad óptima oxidante e hidrolítica (Chan 1979; Chong y Ong 1988).

Impurezas insolubles. La Tabla 3 muestra que el nivel de impurezas en el APC ha estado disminuyendo

desde el estudio de 1979/80. Actualmente está en un nivel bajo de 0,027%. Indudablemente ésta es una señal estimulante, ya que mostró que los extractores están tomando precauciones para reducir impurezas insolubles en sus aceites.

Índice de Peróxido (IP). Uno de los primeros productos formados por la oxidación del aceite es un hidro-peróxido. El método más común para determinar oxidación es mediante la medición del IP Aunque el método es sumamente empírico, es una buena guía para saber la calidad del aceite.

Una comparación de los datos que aparecen en la Tabla 3, muestra que el IP del APC ha mejorado a lo largo de los años. Este estudio mostró una mejora sustancial en el IP con un promedio de 0,65 meq/kg y una desviación estándar de 0,692.

Índice de Anisidina (IA). Los peróxidos en un aceite oxidado son productos intermediarios inestables que se descomponen en varios carbonilos y otros compuestos. Esta descomposición se acelerará a medida que la temperatura se eleva y, por lo tanto, al calentar el aceite en ausencia de aire u oxígeno se puede reducir el IP El IA determina el nivel de α -aldehídos, productos secundarios de oxidación formados en el aceite. El método está basado en el hecho de que en la presencia de ácido acético, la anisidina reacciona con compuestos aldehidos en el aceite, produciendo productos de reacción amarillentos. La intensidad del color de estos productos depende de la cantidad de compuestos aldehidos presentes, así como de su estructura. Un doble enlace en la cadena de carbono conjugado al doble enlace del carbonilo mejorará la absorbencia molar a 350 nm por un factor de 4 a 5. La Tabla 3 muestra un aumento en el IA, comparado con el estudio en 1986/87.

Aunque esto es muy inquietante, el valor intermedio actual de 4,65 todavía es una cifra manejable, ya que problemas en el procesamiento de APC sólo saldrán a la superficie cuando el nivel esté por encima de un IA de 5, según muestran las pautas sobre la calidad del aceite en la Tabla 4.

hidos y cetonas) y trienos absorben en la región de 269 nm. Por lo tanto, las mediciones en el rango ultravioleta a 233 y 269 nm están relacionadas con dienos, trienos y cetodienos formados durante la oxidación de aceites y grasas.

Tabla 4. Pautas para la calidad del APC.

PARÁMETRO	CODEX ALIMENTARIUS	*NORMA H & C	LOTOX H & C	LONCIN (1974)	JOHANSSON Y PANRELEGARD (1977)	YOUNG (1981)	ESTUDIO DE PORIM 1997/98 (RESULTADOS PROMEDIOS)
Humedad (%)	0,20	0,18	0,18	<0,10	0,20 máx.	0,20 máx.	0,18
Impurezas (%)	0,05	0,02	0,02	<0,002	0,02 máx.	0,05 máx.	0,03
AGL (%)	Índice de ácido 10 máx.	3,5	2,5	1,0-2,5	2,5 máx.	4,0 máx.	3,2
IY	50-55	53-55	53-55	52-55	-	52-55	52
IP (meg/kg)	10,0 máx.	5,0	3,0 máx.	5,0-20,0	3,0 máx.	10,0 máx.	0,7
IA	-	-	4,0 máx.	5,0-10,0	3,0 máx.	5,0 máx.	4,7
Fe (ppm)	5,0 máx.	5,0	3,0 máx.	≤5,0	3,0 máx.	4,0 máx.	4,9
Cu (ppm)	0,40 máx.	0,20	0,20 máx.	≤0,10	0,04 máx.	0,20 máx.	0,1
Caroteno (ppm)	500 mín, 2000 máx.	-	650 típico	ca 500	-	500 mín.	582
E ₂₆₉	-	-	≥0,3	-	-	0,6 máx.	0,3

* Harrison y Crosfield Ltd. Clasificaciones para APC en el momento del embarque.

Totox. El IA se utiliza con frecuencia conjuntamente con el IP para calcular el valor de Totox (o valor total de oxidación). El valor de Totox es útil, ya que combina evidencia sobre la historia pasada del aceite (en el IA), junto con el estado actual del aceite (en el IP).

El valor promedio para Totox obtenido por Jacobsberg (1974) fue de 12,44, mientras que el de este estudio mostró un valor promedio de 6,03, unido a una desviación estándar más pequeña. Ésta es una inmensa mejora (50%), debido a un IP mucho más bajo en las muestras de este estudio.

E233y E269. Durante la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, tales como el ácido linoleico (C 18:2), ocurre el desplazamiento de los enlaces dobles y la formación de enlaces conjugados. Estos últimos absorben altamente en la región ultravioleta a 233 nm. Los productos secundarios de oxidación (alde-

Al hacer la comparación con estudios anteriores no se observó cambio alguno en el valor E₂₆₉ promedio, aunque la desviación estándar fue más pequeña. Sin embargo, se observó una disminución constante en los valores E₂₃₃. Este valor, en promedio, más bajo del E₂₃₃ está en línea con la reducción observada en el IP promedio. Los promedios de los valores presentes están fijados en 1,31 para E₂₃₃ y 0,30 para E₂₆₉

Contenido de caroteno. Este estudio confirmó observaciones anteriores (Chong 1991) que indicaban que el promedio del contenido de caroteno del APC ha permanecido en la misma región con el más bajo en 567 ppm, observado en 1973, y el más alto en 587 ppm, registrado en el estudio de 1979/80. El promedio actual está fijado en 582 ppm. Esta consistencia en contenido de caroteno del APC malasio apoya el uso del DOBI para categorizar la calidad del APC malasio, ya que cambios en la absorción de productos secundarios de oxidación observados a 269 nm

cambiarían el DOBI (ver la siguiente sección sobre DOBI), dando así una indicación rápida del estado oxidante y la refinabilidad.

DOBI. El DOBI fue propuesto por Swoboda (1981) como una simple medición espectrofotométrica del APC, en un esfuerzo por predecir la facilidad del blanqueo durante la refinación. Es sabido que el deterioro por oxidación es un cambio químico muy importante que afecta la blanqueabilidad (Swoboda 1980). Por lo tanto, el DOBI es una indicación del estado oxidante del APC y está relacionado con la refinabilidad del aceite (Swoboda 1982). La medición es una relación de la absorbencia a 446 nm y 269 nm.

El DOBI para este estudio permanece en 2,7, similar a los valores observados en los estudios pasados de 1986/87 y 1991/92. Sin embargo, se observó una mejora en la desviación estándar.

Función discriminante (FD) o Índice de calidad. La FD se utiliza para distinguir la calidad del APC basada en su estado oxidante, según es medida por E269, el DOBI y el IP, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$FD = 0,3X_1 + 16X_3 + 0,13X_4 - 27,29$$

en donde:

$$X_1 = E269$$

$$X_3 = DOBI$$

$$X_4 = IP(\text{meq/kg})$$

Esta ecuación fue derivada de un juego de tres ecuaciones utilizadas para definir la calidad y las categorías de aceites de palma (PORIM Information Series No. 18).

El APC de varios grados y el aceite de palma de los lodos se pueden categorizar en una escala arbitraria basada en el FD (Siew et al. 1989a) como se ilustra a continuación:

FD	Grado
<0	Extremadamente pobre
1 - 10	Pobre
11 - 20	Regular
21 - 25	Bueno
>25	Excelente

En línea con la mejora significativa en el IP la FD de este estudio fue de 15,7, comparada con el valor anterior de 11,3 (Siew et al. 1989b). Sin embargo, éste aún colocó la calidad del actual APC en la categoría de "Regular".

Trazas de metales. Las trazas de metales en el APC pueden tener su origen en el suelo y en los fertilizantes o en contaminantes del equipo de procesamiento y también durante el almacenamiento. Por lo tanto, las trazas de metales se pueden recoger a lo largo de la línea de producción en una planta extractora de aceite de palma, por absorción de los tanques de almacenamiento, cisternas para viajes, tuberías y tanques en buques (Gapor y Ong 1982). La presencia de trazas de metales también se podría atribuir a la presencia de impurezas sólidas suspendidas en el aceite (Yeoh 1976).

Los aceites estables en cuanto a oxidación contienen cantidades mínimas de trazas de metales. El Cu y el Fe son promotores de oxidación, ya que catalizan la descomposición de hidroperóxidos en el aceite a radicales libres. De los dos metales, el Cu es más potente, ya que es 10 veces más activo que el Fe. El promedio del nivel de contenido de Cu en este estudio de 0,08 ppm fue más alto que el promedio de 0,05 ppm reportado por Chooi et al. (1981). El contenido de Cu es una prueba útil para determinar la posible causa de la alta oxidación. El IP no da una indicación verdadera del estado de deterioro oxidante en un aceite, porque los hidroperóxidos sólo son especies intermedias y el Cu acelera la tasa destructiva del hidroperóxido.

En este estudio, el promedio del contenido de Fe del APC fue de 4,89 ppm, comparado con el promedio del estudio de 1987/87 de 5,6 ppm. El promedio

actual todavía está por encima del nivel (3,76 ppm) reportado en 1973.

Fósforo (P). Por lo general, el P en un aceite se considera una impureza oxidante y un veneno para los catalizadores. El contenido de P, en promedio, sigue siendo aproximadamente igual al encontrado en el estudio de 1976/87, o sea, 13,30 ppm contra 13,5 ppm. Este estudio confirmó la relación del contenido de P con los AGL. Se observó una correlación positiva de $r = 0,5$ (en donde $n = 819$).

Contenido total de clorofila. El promedio del contenido de clorofila del APC, expresado como $\mu\text{g/kg}$ de feofitina, se encontró que era de 1.879 $\mu\text{g/kg}$ (o ppb). Este promedio fue obtenido mediante el uso de un espectrofluorímetro de Láser (Tan et al. 1999a, b). En vista de que ésta es la primera vez que el nivel de clorofila en el APC es analizado, no es posible hacer una comparación con estudios anteriores. La característica notable fue que, a diferencia del contenido de caroteno, la fluctuación en el contenido de clorofila fue bastante grande (rango observado de 897 - 4.002 $\mu\text{g/kg}$). Un alto contenido de clorofila indicaría la presencia de aceite extraído de frutos no maduros. Por otro lado, el APC con una concentración demasiado baja del total de clorofila indicó aceite de mala calidad debido: (a) a la cosecha de frutos demasiado maduros, o (b) al mal manejo de los RFF y del aceite de producción. Se postuló que podría haber un valor óptimo del contenido total de clorofila, donde los frutos están justamente maduros y la calidad del fruto no está deteriorada debido a demoras en el procesamiento (Tan 1995).

Blanqueabilidad SCOPA. Se blanquearon muestras seleccionadas ($n = 61$) según SCOPA para determinar si existía correlación, entre el contenido de caroteno y de clorofila de las muestras con el color del aceite refinado. No se encontró correlación alguna. Sin embargo, una correlación positiva, con un r de 0,8014, se observó entre el color y el contenido residual de clorofila del producto blanqueado, según SCOPA. En promedio, el nivel de pigmento residual de clorofila encontrado en las muestras blanqueadas según SCOPA fue de 89 $\mu\text{g/kg}$.

Período de inducción Rancimat. La resistencia a oxidación de los aceites y grasas depende del grado de saturación, la presencia de antioxidantes naturales o añadidos, el contenido de promotores de oxidación. La oxidación es lenta hasta que se supere esta resistencia, en cuyo punto la oxidación se acelera y se hace muy rápida. El tiempo que transcurre antes de que esta aceleración rápida ocurra se denomina comúnmente el período de inducción. Básicamente, el 679 Rancimat es un instrumento para la determinación automatizada de los períodos de inducción de los aceites. Por lo tanto, un aceite con un período de inducción más largo, comparado con otro aceite analizado bajo la misma condición de temperatura, sería más estable.

Se encontró que el período de inducción Rancimat intermedio para 303 muestras de APC fue de 20,9 h, oscilando entre un mínimo de 7,4 h a un máximo de 29,8 h. La desviación estándar fue de 4,43.

Variación de la Calidad de APC de Diferentes Estados en Malasia

La calidad del APC producido en los 10 Estados en Malasia que participaron en el estudio, fue analizada comparando el promedio del parámetro de calidad del APC de cada Estado. Estas comparaciones se muestran gráficamente en las Figuras 1 a 10. Estas cifras dan una indicación aproximada del rango de calidad del APC recogido para este estudio. Sería sesgado si se concluyera de estas cifras el Estado que produjo la mejor o la peor calidad de APC, ya que hubo una gran diferencia en el número de muestras de APC analizado de cada Estado (Tabla 2).

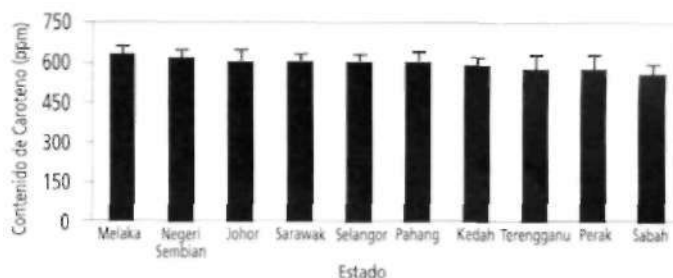


Figura 1. Promedio del contenido de caroteno del APC de diferentes Estados.

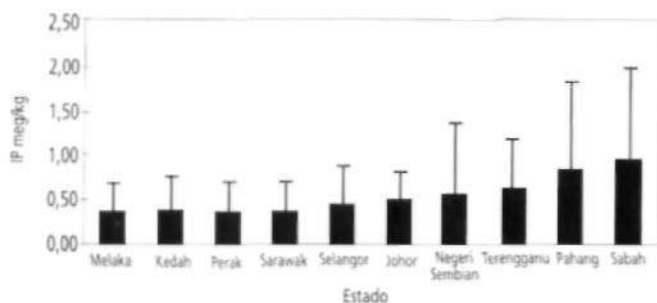


Figura 2. Promedio del IP del APC de diferentes estados.

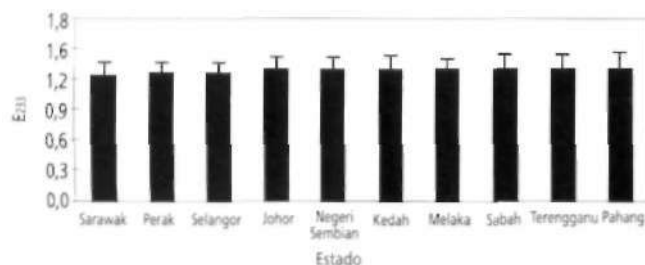


Figura 3. Promedio del valor de E233 del APC de diferentes Estados.

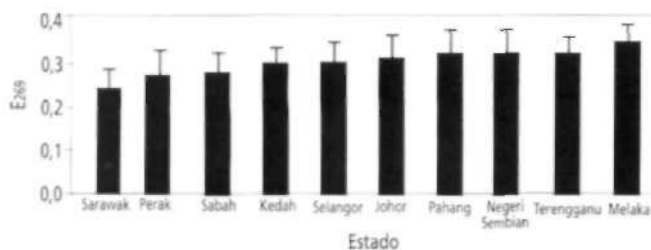


Figura 4. Promedio del valor de E269 del APC de diferentes estados.

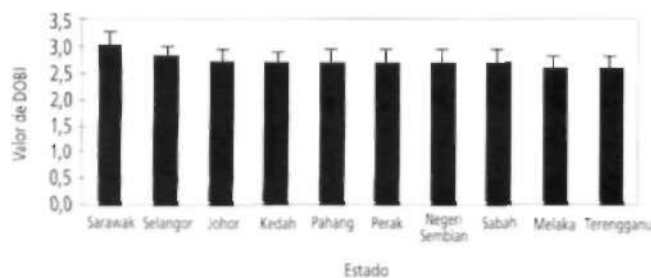


Figura 5. Promedio del DOBI para APC de diferentes Estados.

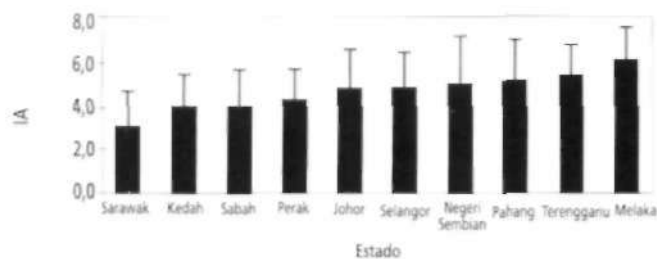


Figura 6. Promedio del índice de anisidina para APC de diferentes Estados.



Figura 7. Promedio del contenido de ácidos grasos libres del APC de diferentes Estados.



Figura 8. Promedio del valor de TOTOX de APC de diferentes Estados.

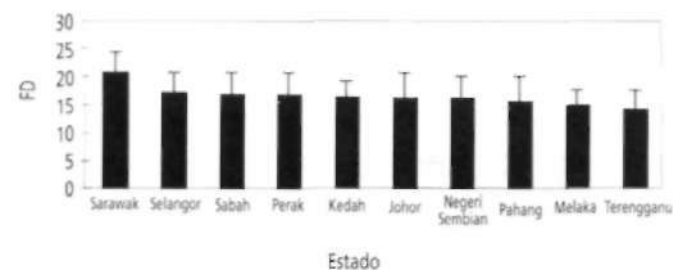


Figura 9. Promedio del FD del APC de diferentes Estados.



Figura 10a. Promedio del contenido de humedad del APC de diferentes Estados.



Figura 10b. Promedio del contenido de impureza del APC de diferentes Estados.

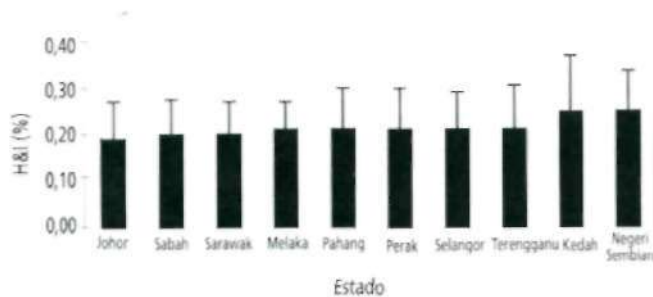


Figura 10c. Promedio del contenido de H&I del APC de diferentes Estados.

Comparación de la Calidad de APC Producido por Plantas Extractoras y Recibido por las Refinerías

La Tabla 5 muestra las diferencias en calidad del APC producido por las plantas extractoras y aquel recibido de las refinerías. Como se esperaba, la calidad del APC del cual se tomaron las muestras en las refinerías no fue tan buena como la de aquellos aceites producidos recientemente en las plantas extractoras. El APC recogido de las plantas ex-

tractoras mostró valores más bajos de IP, E233 y E269, AGL, Cu, Fe, P, H&I y valores de Totox, cuando se comparó con los promedios de los valores obtenidos de las refinerías. Los promedios de los valores para contenido de caroteno, DOBI y FD también fueron mucho más altos en las muestras de las plantas extractoras. Estas observaciones eran de esperarse, ya que el deterioro de la calidad del APC ocurre a medida que el aceite es transportado de la planta extractora a la refinería bajo condiciones que favorecen la oxidación e hidrólisis, o sea, calefacción en el almacenamiento en las plantas extractoras y las refinerías, aereación del APC durante el transporte de los carrotanques a los colectores de aceite en la refinería, etc.

Relación de la Producción con la Calidad

Las Figuras 11 a 19 muestran la variación en la calidad del APC durante 12 meses, de marzo de 1997 a marzo de 1998. La Figura 20 es una gráfica que muestra la producción mensual de APC en Malasia durante el mismo período.

Tabla 5. Comparación de la calidad del APC de plantas extractoras y refinerías.

PARÁMETRO	PLANTAS EXTRACTORAS			REFINERÍAS		
	RANGO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	RANGO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Caroteno (ppm)	426 - 767	589	51,0	386 - 696	542	50,5
IP (meg/kg)	0 - 6,21	0,57	0,728	0,09 - 6,56	1,51	1,074
E233	1,05 - 1,92	1,29	0,140	1,13 - 2,15	1,44	0,180
E269	0,15 - 0,63	0,29	0,053	0,19 - 0,51	0,32	0,147
DOBI	1,5 - 3,9	2,7	0,27	1,6 - 3,2	2,5	0,25
IA	0,15 - 13,26	4,76	1,847	0,39 - 15,36	4,37	1,959
AGL (%)	0,62 - 8,10	3,13	0,826	1,82 - 5,8	3,47	0,595
Fe (ppm)	0,15 - 15,95	4,87	2,703	0,71 - 9,43	4,80	1,899
Cu (ppm)	0 - 0,70	0,09	0,076	0 - 0,76	0,10	0,098
P (ppm)	0,71 - 43,20	13,72	6,475	4,27 - 36,62	15,12	5,497
Humedad (%)	0,01 - 0,71	0,18	0,084	0,04 - 0,71	0,19	0,081
Impurezas (%)	0,002 - 0,43	0,03	0,023	0,003 - 0,270	0,03	0,024
H&I (%)	0,01 - 0,74	0,21	0,090	0,07 - 0,75	0,22	0,089
Totox	0,49 - 21,23	5,90	2,492	1,11 - 28,47	7,4	3,302
FD	-3,3 3- 34,6	16,3	4,32	-1,3 - 23,5	12,6	3,93

La Tabla 6 muestra que no hay una correlación entre la producción con el contenido de AGL. Esta es una buena indicación, porque ella muestra que las plantas de beneficio ahora pueden salir adelante con la variación estacional en cantidad y calidad de los RFF que llegan a las plantas extractoras. Algunas observaciones interesantes notadas en la Tabla 6 son las correlaciones negativas significativas de IP, IA, pigmento total de clorofila, E233, E269 y Totox con la producción. Una razón posible fue el alto precio del APC durante el año anterior (1997) que resultó en el corte de RFF no maduros, durante la temporada de baja cosecha. Los frutos no maduros implican un contenido alto de clorofila y este pigmento es un fotosensibilizador que acelera la oxidación del aceite. Por lo tanto, esto podría explicar los altos valores oxidantes durante la temporada de baja cosecha.

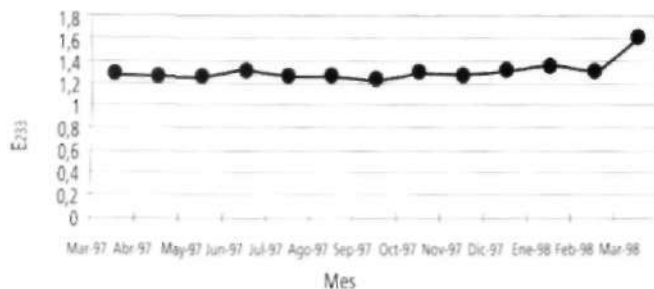


Figura 11. Variación mensual del valor promedio de E233.

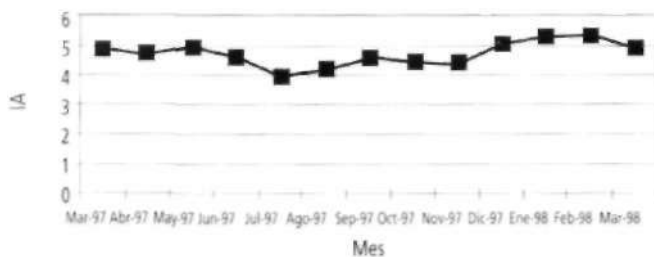


Figura 12. Variación mensual del promedio de IA.

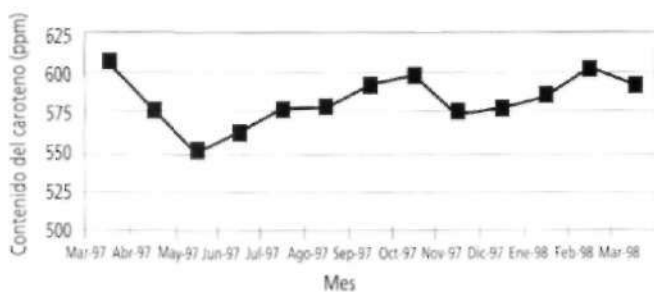
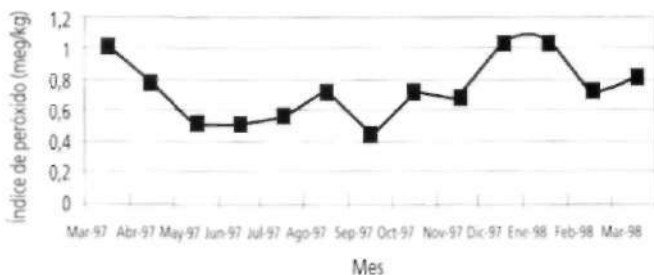


Figura 14. Variación mensual del promedio del contenido de caroteno del APC.

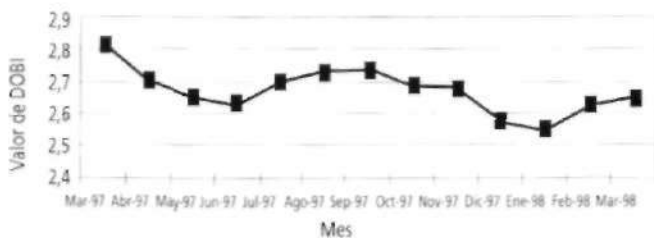


Figura 15. Variación mensual del promedio del DOBI.

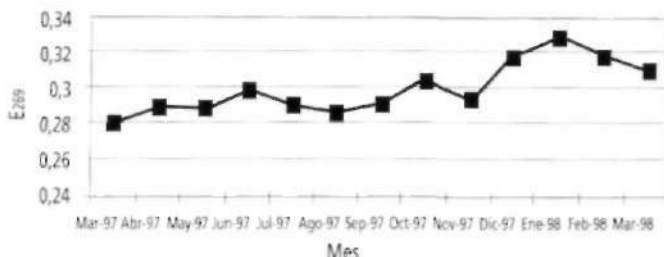


Figura 16. Variación mensual del promedio del valor de E269.

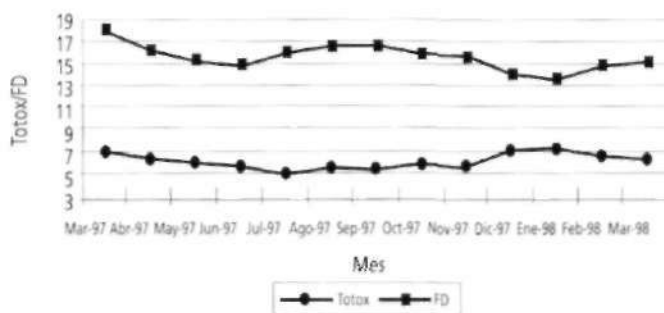


Figura 17. Variación mensual del Totox y el FD.

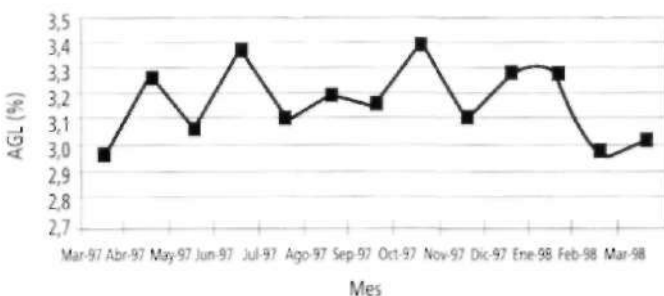


Figura 18. Variación mensual del promedio del contenido de AGL.

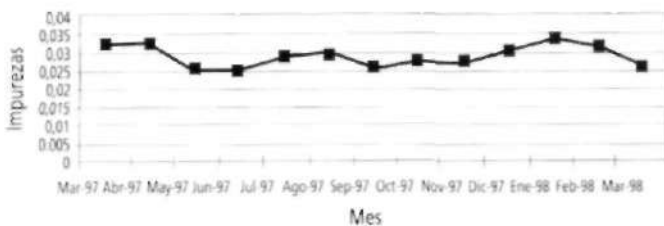
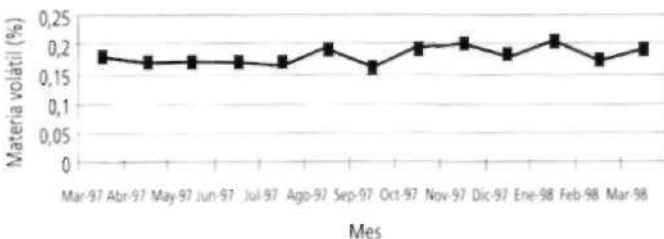


Figura 19b. Variación mensual del promedio del contenido de impurezas.

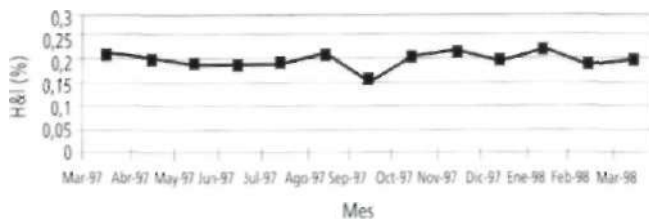


Figura 19c. Variación mensual del promedio de la humedad e impurezas.

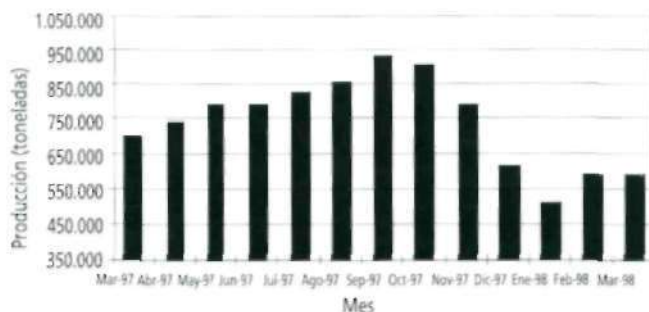


Figura 20. Producción mensual de APC.

Tabla 6. Coeficiente de correlación de los promedios de los parámetros de calidad mensuales y producción mensual de APC desde marzo de 1997 hasta marzo de 1998.

PARÁMETRO DE CALIDAD	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (r)
Caroteno	-0,19
Total de pigmento de clorofila	-0,53
Índice de peróxido	-0,74
Índice de anisidina	-0,80
Ácidos grasos libres	0,24
E233	-0,52
E269	-0,69
Totox	-0,90
Impurezas	-0,66
Densidad	-0,77

$r \leq 0,51$ significativo a $P \leq 0,05$

$r \leq 0,64$ significativo a $P \leq 0,01$

$r \leq 0,76$ significativo a $P \leq 0,001$

Características de identidad del APC

La Tabla 7 muestra los promedios generales de las características de identidad de las muestras del estudio, obtenidas de las plantas extractoras y las refinerías. Cada uno de los parámetros que aparece en esta tabla se discute separadamente en las siguientes secciones.

Las siguientes abreviaturas para ácidos grasos se utilizan en todo este estudio.

La	Láurico	(C 12 : 0)
M	Mirístico	(C 14 : 0)
P	Palmítico	(C 16 : 0)
S	Estearico	(C 18 : 0)
O	Oleico	(C 18 : 1)
L	Linoleico	(C 18 : 2)
Le	Linolénico	(C 18 : 3)

Índice de yodo (IY). El IY es una medición de la insaturación en grasas y aceites. Aunque este parámetro no indica la calidad del APC por sí mismo, es importante para determinar el rendimiento de oleína durante el proceso de fraccionamiento. También es importante debido a la preocupación expresada por los refinadores en cuanto a la disminución en el IY. La Tabla 3 muestra que desde 1980, el IY ha disminuido de 53,17 al valor actual de 52,0. Ésta es una disminución de alrededor de una unidad. Una comparación del IY del APC de Malasia peninsular y oriental mostró que no hay una diferencia significativa entre estas dos regiones (Fig. 21). La Tabla 7 muestra que el actual promedio para el IY es de 52,0 con un mínimo de 50,1 y un máximo de 54,6. La desviación estándar fue de 0,74.

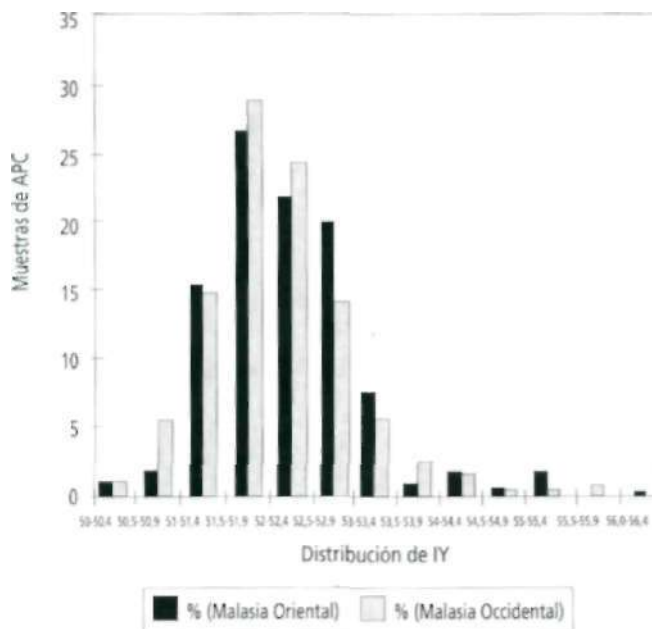


Figura 21. Frecuencia de la distribución del IY del APC de Malasia Oriental y Occidental.

Tabla 7. Promedio de las características de identidad del APC.

PARÁMETRO	RANGO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Índice de yodo (Wijs)	50,1-54,6	52,0	0,74
Punto de fusión de deslizamiento (°C)	32,4-40,2	36,5	1,02
Densidad aparente a 50°C (Kg/l)	0,8887-0,8898	0,8892	0,0002
Viscosidad a 55°C (Centistoke)	22,98-26,00	24,54	0,319
Índice de refracción, no 50°C	1,4520-1,4540	1,4533	0,0003
Índice de saponificación (mg KOH/g)	192-205	199	2,50
Materia insaponificable (%)	0,18-0,44	0,32	0,068

Punto de fusión de deslizamiento (PFD). Esta es una característica importante de los compuestos grasos, ya que puede ser utilizada para la identificación y el avalúo de la pureza. En vista de que las grasas y los aceites en realidad son mezclas de diferentes triglicéridos, normalmente se derriten en un rango de temperatura bastante amplio. Este rango de temperatura de fusión depende de la naturaleza del tratamiento de la muestra inmediatamente antes de realizar la determinación. El punto de fusión o PFD de un aceite tiene que ser determinado bajo condiciones estrictamente controladas de pretratamiento y verdadera determinación de la muestra. El promedio para PFD fue de 36,7°C, con un rango que se extiende de 32,4°C a 40,2°C, y una desviación estándar de 1,02 (Tabla 7).

Densidad aparente. Entre mayor sea la densidad tanto de ácidos grasos como de glicéridos, más bajo será su peso molecular y más alto su grado de insaturación. La densidad aparente de un sólido o un líquido es su volumen de masa por unidad en aire a la temperatura en la cual se hace la determinación. En vista de que la densidad de un aceite cambia con la temperatura, es necesario determinar el peso de un volumen dado de aceite a la temperatura requerida o, si el aceite no se encuentra a la temperatura requerida, aplicar un factor de corrección. La densidad aparente es un parámetro importante desde un punto de vista comercial, ya que es utilizado para la conversión de volumen a peso. También puede ser utilizado como un indicador de la pureza del aceite de palma. El promedio del valor para la densidad aparente del APC a 50°C fue de 0,8892 kg con un rango estrecho de 0,8887 a 0,8898 y una desviación estándar de 0,0002 (Tabla 7).

Viscosidad. La viscosidad es una medición de la fricción interna de las moléculas del aceite. La relativamente alta viscosidad de los aceites se debe a la atracción intermolecular entre las estructuras de cadena larga de las moléculas de triglicéridos. Existe una tendencia para los aceites que contienen ácidos grasos de peso molecular más bajo a ser ligeramente menos viscosos que los aceites de aproximadamente la misma insaturación, pero que sólo contienen ácidos de peso molecular más alto. Por lo tanto, los aceites de colza y de brassica son un poco más viscosos que los aceites igualmente insaturados que contienen principalmente la serie C18 de ácidos grasos insaturados. La viscosidad disminuye ligeramente con el aumento en insaturación. Existe una relación lineal aproximada entre el logaritmo de la viscosidad y el logaritmo de la temperatura a la cual es medida.

El método Ostwald (Cocks y van Rede 1966) fue utilizado para la determinación de la viscosidad del APC. En este método se permite que un volumen estándar de aceite líquido fluya a través de un tubo capilar vertical que forma parte del tubo en U con dimensiones especificadas. Por medio de un factor de calibración determinado para cada instrumento, el tiempo empleado se convierte en unidades de viscosidad cinemática (stokes). La viscosidad de las muestras del APC se midió a 55°C. La viscosidad osciló entre 22,98 cst y 26,00 cst, con un valor promedio de 24,54 cst y una desviación estándar de 0,319 (Tabla 7).

Índice de refracción (IR). El IR del aceite es una medición del punto hasta el cual un rayo de luz es refractado al pasar del aire al aceite. Ésta puede ser una característica útil en cuanto a que la determinación se realiza con facilidad, velocidad y precisión, utilizando pequeñas cantidades de aceite. El IR también se puede utilizar para establecer la pureza del aceite. Es regla general que el IR de los aceites se eleva con el aumento en la longitud de las cadenas de hidrocarburo y el número de enlaces dobles, o sea, con la insaturación en aumento o el IY. Con aumento de temperatura, los IR de los aceites disminuyen. El IR también puede ser influenciado por daño oxidante al aceite.

Para el APC, el IR se midió a 50°C. El promedio del IR fue de 1,4533, con una desviación estándar de 0,0003 (Tabla 7).

Índice de saponificación (IS). El IS es una medición de los ácidos libres y esterificados presentes en grasas y aceites. De hecho mide el promedio del peso molecular, o el peso equivalente de materiales grasos en el aceite. El rango del IS para el APC fue de 192 a 205 mg KOH/g de aceite, con un promedio de 199 mg KOH/g y una desviación estándar de 1,5 (Tabla 7). Sólo un número selecto de muestras (n = 95) fue analizado para el IS.

Materia insaponificable. La materia insaponificable de un aceite sirve como un control de contaminación por materiales extraños, tales como aceites minerales y daño al aceite por oxidación. Los aceites sumamente oxidados contienen ácidos grasos polimerizados, que son extraídos junto con la materia insaponificable. Los componentes insaponificables en el aceite de palma incluyen los esteroides, hidrocarburos, tocoferoles, tocotrienoles, alcoholes, carotenoides o pigmentos y las impurezas orgánicas insaponificables, tales como aceite mineral. En vista de que la determinación de la materia insaponificable involucra un proceso bastante largo y tedioso de extracción, sólo se analizaron muestras aleatorias de APC en cuanto a este parámetro. Se encontró que el promedio de materia insaponificable para 52 muestras fue de 0,32%, con un rango entre 0,18 y 0,44% y una desviación estándar de 0,068 (Tabla 7).

Composición de ácidos grasos (CAG). El aceite de palma se caracteriza por su alto nivel de ácido palmítico, que oscila entre 39,2 y 45,8%. Contiene alrededor de 50% de ácidos grasos saturados, 39% de ácidos grasos monoinsaturados y 10% de ácidos grasos poliinsaturados. Los rangos de la CAG obtenidos de este estudio aparecen en la Tabla 8, junto con los de las Normas Malasias (NM 814 : 1983). Los resultados de este estudio, en general, están acordes con los rangos de las NM, aunque los rangos son ligeramente más estrechos.

Triglicéridos (TG). Los TG en el aceite de palma definen algunas de las características físicas del aceite, tales como el punto de fusión y el comportamiento de cristalización. En los estudios anteriores, la composición de TG del APC fue determinada por cromato-

Tabla 8. Composición de ácidos grasos del APC (% de peso).

ÁCIDO GRASO	ESTUDIO ACTUAL			NM 814: 1983		
	RANGO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	RANGO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
C 12:0	0-1	0,3	0,12	0-0,4	0,1	0,06
C 14:0	0,9-1,5	1,1	0,08	0,6-1,7	1,0	0,12
C 16:0	39,2-45,8	43,5	0,95	41,1-47,0	43,7	0,92
C 16:1	0-0,4	0,2	0,05	0-0,6	0,1	0,14
C 18:0	3,7-5,1	4,3	0,18	3,7-5,6	4,4	0,29
C 18:1	37,4-44,1	39,8	0,94	38,2-43,5	39,9	0,70
C 18:2	8,7-12,5	10,2	0,56	6,6-11,9	10,3	0,58
C 18:3	0-0,6	0,3	0,07	0-0,5	-	-
C 20:0	0-0,4	0,2	0,16	0-0,8	0,3	0,24

grafía de gas (GC) a alta temperatura, según el número de átomos de carbono en el aceite. Esto se conoce como análisis del número de carbonos TG. Los principales TG en el APC son el C50 y el C52. Sin embargo, el método GC no proporciona suficiente información para obtener un perfil completo de los TG de una mezcla compleja, tal como un aceite vegetal que contenga TG con números de carbono similares, pero grados variantes de insaturación.

En este estudio se analizaron los TG en el APC mediante cromatografía líquida de alta presión (HPLC). Este método separa y cuantifica los triglicéridos en los aceites vegetales en términos de sus pesos moleculares y de su grado de insaturación, como función de su número equivalente de carbono (NCE). Se utilizó un refractómetro diferencial para la detección de los TG separados en una columna de fase invertida HPLC (RDHPLC).

Una de las dificultades para separar los TG por CLAPFI es la formación de pares críticos. Éstas son estructuras con un NCE. Ellos con frecuencia tienen tiempos de levigación similares de elución. Para los ácidos grasos y TG se tiene:

$$NCE = NC - 2n$$

En donde:

NC = el número de carbono verdadero (o sea, la suma de carbonos en los ácidos grasos constituyentes)
n = el número de enlaces dobles por molécula.

Para las abreviaturas de TG, los ácidos grasos se combinan en grupos de tres, por ejemplo, PPP = tripalmitina. Por consiguiente, trioleína (OOO), palmitodioleína (POO), oleodipalmitina (POP) y tripalmitina (PPP), todos tienen el mismo NCE de 48. La Figura 22 muestra que fue posible obtener buena resolución para algunos de estos pares críticos.

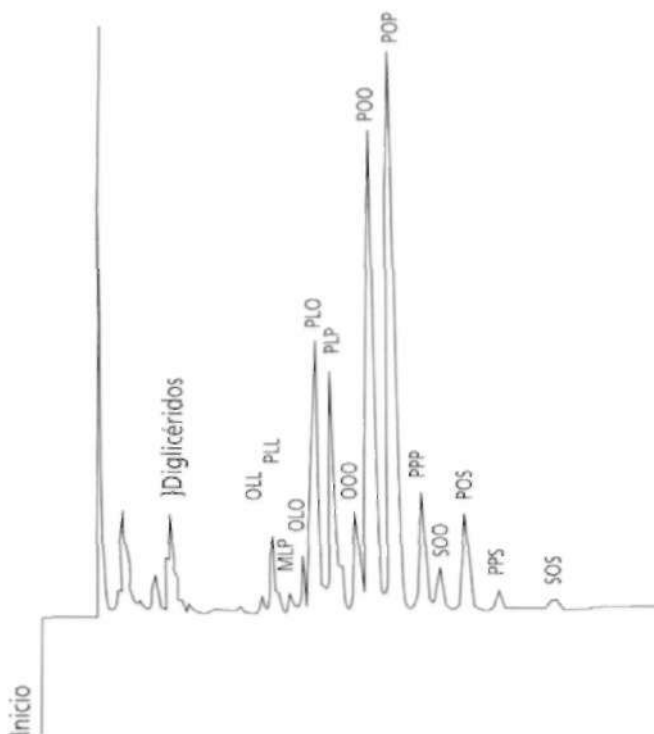


Figura 22. Cromatograma de HPLC de los triglicéridos del APC.

En el aceite de palma, del 4 al 8% de los TG son trisaturados (S3), 41 a 59% disaturados monosaturados (S2U), 32 a 54% monoinsaturados diinsaturados (SU2) y 3 a 12% triinsaturados (U3). Los principales constituyentes son palmitodioleína y oleodipalmitina, siendo ocupada normalmente la posición 2 o central por el ácido oleico. En el aceite de palma, los TG dominantes son aquellos que contienen ácido palmítico, especialmente POO y POP. Esto es consistente con los resultados para los CAG, donde el aceite de palma tiene más del 40% de ácido palmítico. El promedio de POO obtenido fue de 22,80%, con una desviación estándar de 0,773, mientras que el promedio para POP fue de 29,04%, con una desviación estándar de 0,561. Estos pro-

medios para el resto de los TG, así como el contenido de diglicéridos en el APC aparecen en la Tabla 9.

Tabla 9. Triglicéridos de APC (% de peso).

TRIGLICÉRIDO	RANGO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
OOL	0,20-0,94	0,49	0,049
PLL	1,31-3,35	2,48	0,213
MLP	0,20-0,97	0,59	0,067
OLO	1,29-2,33	1,71	0,134
PLO	8,97-11,19	9,86	0,325
PLP	6,54-10,99	9,47	0,415
OOO	3,29-6,62	4,27	0,352
POO	20,52-26,22	22,80	0,773
POP	27,06-31,04	29,04	0,561
PPP	0,66-7,20	5,40	0,712
SOO	1,00-3,57	2,46	0,179
POS	4,59-5,87	5,13	0,171
PPS	0,04-1,84	0,96	0,179
SOS	0,04-1,44	0,46	0,162
Diglicéridos	3,02-7,63	4,90	0,497

Contenido de grasa sólida (CGS). La cantidad de grasa sólida presente en el aceite a cualquier temperatura dada se debe al proceso de cristalización. Los diferentes tipos de triglicéridos en el aceite influyen en este proceso. El CGS de un aceite es una medición de la cantidad (%) de grasa sólida presente en el aceite en cualquier temperatura dada. El CGS ha sido determinado tradicionalmente por medio de dilatometría. Adicionalmente a que no da el verdadero CGS, sino más bien el índice de grasa sólida (IGS), la técnica consume mucho tiempo, es engorrosa y no es aplicable a grasas con un contenido alto de sólidos. El IGS es una medición empírica del CGS calculada de la medición de los volúmenes específicos de la grasa en varias temperaturas. La resonancia magnética nuclear de línea ancha (RMN) proporciona una medición más directa de CGS, ya que el instrumento da una señal que es proporcional al número de protones presentes en las moléculas existentes en el estado líquido. Actualmente hay nuevos instrumentos

disponibles basados en RMN modulados por pulsos. Esta técnica ya está bien establecida y es utilizada extensivamente. La técnica de RMN modulada por pulsos tiene varias ventajas sobre la RMN de línea ancha, incluida la velocidad, y también permite que uno determine grasa sólida en presencia de agua, por ejemplo, en margarinas.

El método de RMN modulado por pulsos (método directo) fue utilizado en la determinación de CGS de las muestras del estudio. La Tabla 10 muestra el promedio del CGS, los rangos y las desviaciones estándar medidas para el APC a intervalos de 5°C, de 10 a 40°C.

Tabla 10. CGS del APC.

TEMPERATURA (°C)	RANGO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
10	37,1-58,5	51,3	2,33
15	19,0-43,4	35,2	2,42
20	7,8-32,3	21,7	2,39
25	37,0-20,3	12,5	1,63
30	0,6-15,3	8,0	1,28
35	0,1-12,3	5,9	10,07
40	0,1-8,9	3,6	0,88

CONCLUSIÓN

Una de las características atípicas de este estudio fue el alto nivel de Cu encontrado. En vista de que el nivel inherente de Cu en el mesocarpio de la palma es sumamente bajo comparado con el Fe (35 ppb contra 120 ppb), la única razón para este alto nivel de Cu sería la contaminación. La pregunta es: ¿Dónde ocurrió la contaminación con Cu?. La mayoría de la maquinaria en las plantas extractoras están basadas en hierro y la tubería y los accesorios de Cu están prohibidos. Las otras fuentes posibles de contaminación con Cu podrían ser del suelo, fertilizantes y fungicidas. Deficiencias de micronutrientes, especialmente de Cu, son comunes en el suelo de turba malasio. Es posible que los bajos contenidos de nutrientes de la turba requieran una mayor dosis de fertilizantes que contengan Cu y

otros micronutrientes, tales como boro y zinc. Los fertilizantes comúnmente utilizados incluyen roca fosfórica que tienen Cu como uno de los minerales y sulfato de Cu en los hoyos de siembra para suplir de turba el suelo con deficiencia de Cu, mientras que algunos fungicidas son mezclas que contienen sulfato de Cu. Por consiguiente, el Cu de tales fuentes podría contribuir al aumento general del contenido de Cu del aceite de palma crudo.

La otra característica dominante de este estudio es la mejora drástica en el IR comparada con los estudios anteriores. El Cu es conocido por acelerar la descomposición de los hidroperóxidos. ¿Podría ser el alto nivel de Cu la causa del bajo promedio del IP observado? Si así es, también se debería ver una tendencia en IA alto. Esto comprobó ser cierto, ya que el promedio de IA es más alto que en los estudios anteriores.

El estudio proporcionó amplia información sobre el estado de la calidad del APC producido por los extractores y recibido por los refinadores. Se puede asumir que el promedio actual encontrado en este estudio es una indicación justa de la calidad del APC malasio sacado de las plantas extractoras y al recibo en las refinerías.

El estudio ilustra la tendencia hacia bajos AGL, IP, impurezas insolubles, Totox, E233, y FD más alta. Otros parámetros permanecieron más o menos al mismo nivel de los encontrados en estudios anteriores. Con base en los resultados de este estudio, los autores se aventuran a sugerir que trabajo adicional sobre calidad podría tener el objetivo de mejorar los promedios actuales.

El PORIM, en su capacidad de Organización que Redacta Normas, iniciará la revisión de las Normas Malasias para especificaciones de APC basadas en los datos recopilados en este estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Director General del PORIM por el permiso para publicar este artículo. También agradecen a todas las plantas extractoras y refinadoras

participantes en el estudio de APC 97/98, y al personal del Grupo de Física y Química, el Grupo de Analítica y al Grupo de Calidad y Ambiente por su asistencia técnica.

BIBLIOGRAFÍA

- Aocs. 1996. Section C: Commercial fats and oils. Official Method and Recommended Practices of the AOCS. 4th ed. American Oil Chemists' Society, Champaign, Illinois, USA.
- Chan, K.S. 1979. The effect of moisture on free fatty acid and peroxide in palm oil during storage. Paper presented at the IKM Conference on Chemical Research, Kuala Lumpur. 1979.
- Chong, C.L.; Ong, A.S.J. 1988. Effect of water in vegetable oil with special reference to palm oil. In: International Symposium on the Preservation of Foods in Tropical Regions by Control of the Internal Aqueous Environment, 21-21 September 1987, Penang, Malaysia. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.253-277.
- 1991 Crude palm oil quality- a survey over the last two decades. PORIM Bulletin (Malasia) no.22, p.27-32.
- Chooi, S.Y.; Koh, H.F.; Goh, K.H. 1981. A study of some quality aspects of crude palm oil - interrelationships of quality characteristics of fresh crude palm oil and a proposed method for oil classification. In: International Conference on Palm Oil Product Technology in the Eighties, Kuala Lumpur, 22-24 June 1981. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.217-230.
- Coks, L.V.; van Rede, C. 1966. Laboratory Handbook for Oil and Fat Analysts. Academic Press, London and New York. 419p.
- Gapor, A.; Ong, A.S.H. 1982. Some aspects of trace metals in palm oil. PORIM Bulletin (Malasia) no.4, p.19-26.
- Jacobsberg, B. 1974. Present day palm oil quality in Malaysia - survey of the palm oil production in 1973 - forecast of refining abilities. In: First MARDI Workshop on Oil Palm Technology. Proceedings. p.71-119.
- Johansson, G.; Pehlergard, P.O. 1977. Aspects on quality of palm oil. In: Malaysian International Symposium on Palm Oil Processing and Marketing, Kuala Lumpur, 17-19 June 1976. Proceedings. p.203-222.
- Laubli, M.W.; Bruttel, P.A. 1986. Determination of oxidative stability of fats and oils: comparison between the active oxygen method (AOCS Cd 12-27) and the Rancimat method. Journal of American Oil Chemists' Society (Estados Unidos) v.63, 792-795.
- Loncin, M. 1974. Uber das Pal Möl-Fette, Seifen, Anstrichmittel (FSA) v.76, p. 104-112.
- Malaysian Standards MS 814. 1983. Specification for crude palm oil. 5p.
- Porla Update. 1998. Palm Oil Registration and Licensing Authority, August 1998. 61 p.
- PORIM Test Methods. 1995. PORIM, Bangi. 181p.
- PORIM Informaton Series No. 18. An overview of DOBI and the use of discriminant functions analysis for quality of crude palm oil. ISSN 0128-5726. 4p.
- Siew, W.L. 1981. Quality assessment of CPO along processing line in the mill. MARDI Research Bulletin (Malasia) v.9 no.1, p.58-71.
- , MOHAMMAD, N.; RAHMAN, A.A.; SABL, F. 1989a. Quality index for crude palm oil. PORIM Report PO(149d) 89 General. 28p.
- , JAN, Y.A.; CHONG C.L. 1989b. Quality of Malaysian crude palm oil. PORIM Report PO (149) 89. 32p.

- Swoboda, P.A.T. 1980. Chemical changes causing deterioration of palm oil quality. PORIM Bulletin (Malasia) no.1, p.4-8.
- 1981. UV-VIS spectrophotometric assays for palm oil quality. In: E. Pushparajah; M. Rajanaidu (Eds.). International Conference on Palm Oil Product Technology in the Eighties. Kuala Lumpur, June 1981. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.433-441.
- . 1982. Bleachability and DOBI. PORIM Bulletin (Malasia) no.5, p.28-38.
- Tan, Y.A. 1995. Investigation of a laser based technique for chlorophyll determination and the effects of chlorophylls on palm oil stability. University of Malaya. 188p. (Ph.D. Thesis).
- ; Chong, C.L.; Low, K.S. 1998. Prototype laser spectrofluorimeter for palm oil fluorescence studies. PORIM Project Report. 40p.
- , Lee, C.K.; Damin, H.; Low, K.S. 1999a. Utility innovation application: apparatus for determining chlorophyll content. Application No. UI 9900961.
- ; ———; ———; ———; ———1999b. Laser spectrofluorimeter system. PORIM TT No. 51. 2p.
- Tang, T.A.; Wong, S.K.; Mohd Sallen, M.K.; Chow, C.S.; Siew, W.L.; Chong, C.L. 1994. Current status on quality and composition of Malaysian crude palm oil. In: 1993 PORIM Palm Oil Quality Conference, Kuala Lumpur, 11-13 January 1993. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.68-74.
- Wong, C.Y. 1981. Survey of Malaysian crude palm oil quality delivered to refiners. In: International Conference on Palm Oil Product Technology in the Eighties, Kuala Lumpur, 22-24 June 1981. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.81-88.
- Yeoh, G.H. 1976. A study on the nature and effects of iron contamination in palm oil. Paper presented at the Malaysian International Symposium on Palm Oil and Marketing, 1976, Malaysia.
- Young, F.V.K. 1981. The refining of palm oil. PORIM Technology (Malasia) no.1. 44p.