



Convenio cooperativo UCR-MICIT-MAG

volumen 9-2002-03

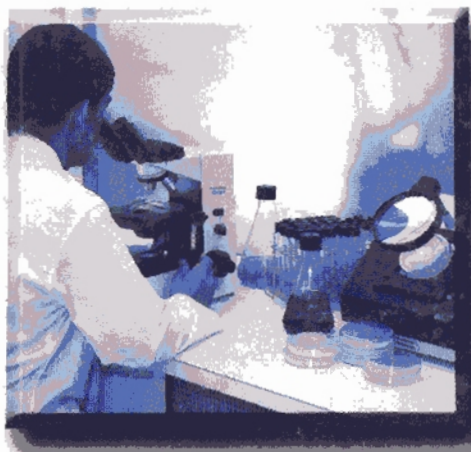
ISSN 1022-0321

Tp 368

Re

2002-3

9



Reviteca

Revista de Tecnología y Ciencia Alimentaria



Revista anual publicada por el
Centro Nacional de Ciencia y
Tecnología de Alimentos

Directora del CITA

Floribeth Víquez Rodríguez

Editor

Lic. Vera García Cortés

Consejo Editorial

M. Sc. Floribeth Víquez Rodríguez

M. Sc. Ruth De la Asunción Romero

Ph. D. Ana Ruth Bonilla Leiva

Lic. Vera García Cortés

Diseño de Portada

Carlos Fernández

Diagramación

Guiselle Cascante Salazar

La responsabilidad de los trabajos firmados es de sus
autores y no del CITA, excepto cuando se indique
expresamente lo contrario.

La mención de cualquier empresa o procedimiento
patentado no supone su aprobación por parte del CITA.

Los artículos incluidos en REVITECA pueden
reproducirse libremente siempre y cuando se haga
mención expresa de su procedencia y se envíe copia al
Consejo Editorial.

Correspondencia para canje y suscripciones
Universidad de Costa Rica - Centro Nacional de Ciencia
y Tecnología de Alimentos REVITECA

San José - Costa Rica

Email: cita@cita.ucr.ac.cr.

Tels. 207-4701/207-3467 / 207-3431 / 207-3457

La presente edición de REVITECA es patrocinada por
la Fundación para la Investigación Agroindustrial
Alimentaria (FIAA).

Elaboración de una confitura utilizando los excedentes y rechazos de frutas tropicales

1

Floribeth Víquez
Erika González

Contenido de grasa en alimentos fritos en equipo casero usando diferentes tratamientos de fritura

7

Yesennia Araya
Patricia Sedó

Estabilidad oxidativa del aceite de palma durante el proceso de refinación industrial en Costa Rica

14

Eduardo Zamora
Carlos Herrera

Sustitución de la harina de trigo por pulpa de banano verde en la elaboración de pan: utilización de una escala ideal para determinar el nivel óptimo de sustitución

20

Elba Cubero
Floribeth Víquez

Características biométricas y químicas de la tilapia de agua dulce (*Oreochromis nilotica*) y uso del pH y de las características organolépticas para estimar su vida útil sensorial a 5°C

27

Floribeth Víquez

ABSTRACT

A method to quantify iron and copper in vegetable oils through the Flame Atomic Absorption Spectrophotometry technique was optimized and validated. The AOCS's official methods were implemented to determine oxidized products, peroxide value (PV) and p-anisidine value (p-AV) and their relationship with the amount of iron and copper during oil industrial refinement process. The study started in a palm oil extraction plant in Central Pacific zone of Costa Rica and was followed through a refinery plant in San José. Palm oil naturally had important iron and copper levels: 9,0 and 0,30 ppm, respectively. These quantities decreased due to cleaning process and oil settling to 4,0 ppm for iron and 0,20 ppm for copper. Iron concentration increased again after oil fractions from other two extraction plants were mixed in the transportation trucks, reaching a level of 8,0 ppm. At the bleaching stage, most of the ions were removed, remaining a concentration of 0,60 ppm iron and 0,1 ppm copper. It was established that auto-oxidative process started at the storage tank (significant PV increase, $p < 0,05$) at the extraction plant, and it reached the most advanced state in the bleaching stage at refinery plant (maximum p-AV value). The oxidized products were finally eliminated after deodorization. It was concluded that iron and copper pro-oxidant role did not contribute significantly to the auto-oxidative process.

RESUMEN

Se optimizó y validó un método para cuantificar la concentración del hierro y el cobre en aceites vegetales mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica de llama. Se implementaron los métodos oficiales establecidos por la AOCS para la determinación de los productos oxidados: índices de peróxido (IP) y de p-anisidina (Ip-A), para evaluar el grado de deterioro del aceite de palma y su relación con el contenido de hierro y cobre, durante el proceso de refinación industrial. El estudio inició en una planta extractora de aceite ubicada en la zona Pacífico Central de Costa Rica y continuó en una planta refinadora de aceites en San José. Los niveles de hierro (9,0 ppm) y cobre (0,3 ppm) encontrados en los frutos disminuyeron respectivamente a 4,0 y 0,2 ppm, debido a las operaciones de limpieza y al reposo del aceite en los tanques intermedio y de almacenamiento. Durante el transporte del aceite crudo a San José, en camiones cisterna (pipas), el hierro experimentó un aumento significativo a ($p < 0,05$) a 8,0 ppm, debido a la mezcla de aceites crudos provenientes de otras plantas extractoras de aceite ubicadas en la Zona Sur del país. Durante la etapa de blanqueo del aceite, los iones metálicos fueron removidos casi totalmente, permaneciendo en el aceite una concentración de hierro de 0,6 ppm y de 0,1 ppm cobre. El IP (meq/kg) del aceite de palma mostró un incremento significativo ($p < 0,05$) en el tanque de almacenamiento y en las pipas, marcando el inicio del proceso auto-oxidativo, el cual alcanzó su punto máximo en la etapa de blanqueo, con la formación de compuestos secundarios tipo aldehído derivados del fenómeno de auto-oxidación (máximo valor del Ip-A). En la etapa de desodorizado del aceite se eliminaron definitivamente los productos de la auto-oxidación, permaneciendo una pequeña fracción no volátil derivada de este proceso. De los resultados obtenidos se deduce que el hierro y el cobre no contribuyen significativamente en el fenómeno auto-oxidativo del aceite de palma durante el proceso de refinación industrial.

¹ Escuela de Química, Universidad de Costa Rica

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica existen actualmente 41000 Ha de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) sembradas en las regiones Pacífico Sur, Pacífico Central y Atlántico, donde están ubicadas las plantas extractoras de aceite. El sector aceitero de palma de Costa Rica respresenta una inversión agrícola enorme, tanto en plantaciones, como en infraestructura y tecnología: ocupando el sexto lugar en volumen de producción en la agricultura de nuestro país. Genera empleo a más de 6000 trabajadores, principalmente de zonas marginadas y de poco desarrollo del país (Compañía Palma Tica, 2003).

El fruto de la palma produce dos tipos de aceite, el procedente de la pulpa (aceite de palma) y el de la semilla (aceite de coquito). El racimo cuenta con 3000 a 6000 frutos que son tratados con vapor caliente para inactivar su gran actividad lipásica y separar la pulpa de la semilla. De la pulpa triturada, se obtiene el aceite de palma por prensado, el cual se clarifica por centrifugación. Posteriormente, se lava con agua caliente y se deseca para obtener un producto bruto o "aceite crudo", que debido a su elevado contenido en carotenoides tiene un color desde amarillo hasta rojo. Mediante el refinado el aceite de palma se blanquea y libera de los ácidos grasos libres (Belitz y Grosch, 1992).

Más del 95% en masa del aceite obtenido son triglicéridos, el resto está integrado por agua, monoglicéridos, diacilglicerol, ácidos grasos libres, carotenoides, fosfolípidos, esteroides, tocoferoles, hidrocarburos y alcoholes grasos. El aceite de palma contiene un 40% de ácido palmítico, 40% de ácido oleico, 12% de ácido linoleico y alrededor de un 8% de los ácidos palmítico, esteárico y linoléico (Corley, 1976; Belitz y Grosch, 1992).

El aceite de palma tiene gran importancia no sólo por sus propiedades en la preparación de los alimentos, como son: el comportamiento frente a la fusión (27-38°C), su textura y la capacidad de disolver sustancias sensorialmente activas, sino también por su elevado valor energético (39 kJ/g) y por ser fuente de vitamina E y de ácidos grasos esenciales como el linoleico (Meyer, 1988; Belitz y Grosch, 1992).

La calidad del aceite de palma, al igual que otros aceites, se ve afectada por el proceso de peroxidación lipídica, capaz

de modificar sus propiedades físicas y químicas a tal punto que puede transformar la matriz en un producto no apto para el consumo humano. Los ácidos grasos insaturados y poliinsaturados sufren con mayor facilidad este proceso de oxidación, el cual conduce a la formación de hidroperóxidos en sus posiciones alílicas y doblemente alílicas. La presencia de estos compuestos se evalúa a través de la determinación del "índice de peróxidos", el cual es directamente proporcional al grado de alteración oxidativa del aceite (Belitz y Grosch, 1992; Matissek *et al.*, 1992).

Los hidroperóxidos son compuestos intermedios en el proceso de oxidación lipídica y su degradación conduce a la formación de sustancias volátiles, responsables del olor y sabor a rancio, las cuales en su mayoría son compuestos carbonílicos. Por ejemplo, a partir del ácido oleico se generan principalmente el octanal y el nonanal; del ácido linoleico se forman mayoritariamente hexanal, 2tr-heptenal, 2c-octenal, 2tr-octenal y 2tr,4c-decadienal. La presencia de esta gran diversidad de compuestos carbonílicos es evaluada a través de la determinación de los índices de bencidina o de anisidina, los cuales reflejan en forma directa la alteración del aroma de tipo rancio (Belitz y Grosch, 1992; Matissek *et al.*, 1992).

El proceso de peroxidación lipídica es catalizado por la presencia de trazas de diversos iones metálicos (hierro, cobre, cobalto, etc), los cuales pueden provenir de la materia prima utilizada para extraer el aceite, de los aparatos utilizados durante el proceso de extracción o del material de envase (Belitz y Grosch, 1992).

Por este motivo se consideró necesaria una evaluación de la estabilidad oxidativa del aceite de palma durante los procesos de extracción y refinación industrial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección y tratamiento de las muestras

Las muestras se tomaron en una planta extractora de aceite de palma ubicada en la región Pacífico Central de Costa Rica y en una planta refinadora de aceites vegetales ubicada en San José. Se recolectaron muestras de frutos

en las plantaciones de palma aceitera y de aceites en dos etapas del proceso de extracción: tanque intermedio y tanque de almacenamiento. Se muestrearon los contenedores de transporte (pipas) de aceite, donde se da una mezcla con aceites provenientes de otras plantas extractoras. En la planta refinadora de aceite de palma se tomaron muestras de aceite blanqueado y aceite desodorizado. Todas las muestras de aceite recolectadas se almacenaron en frascos de vidrio, con tapa de plástico, por un tiempo menor de 48 h, en refrigeración y protegidas de la luz. Las muestras de la planta extractora se mantuvieron en una nevera con hielo, durante el transporte a San José.

Frutos: los frutos maduros fueron recolectados manualmente, en muestras triplicadas de 5,0 kg, tomadas al azar de 10 plantas de palma aceitera por muestra, en 3 días no consecutivos. Los frutos de cada muestra se lavaron con agua destilada y se sometieron a cocción a 75°C por 2 h. Posteriormente, los frutos se prensaron en una prensa hidráulica de acero inoxidable, a una presión de 2500 psi y el líquido o aceite de prensa fue decantado para obtener "aceite crudo", con un 35% de extracción, a nivel de laboratorio.

Aceite del tanque intermedio: del aceite crudo obtenido inmediatamente después de las etapas de prensado y decantado, se tomaron 3 muestras diarias de 400 g cada una, en 3 días no consecutivos.

Aceite del tanque de almacenamiento: se tomaron 3 muestras diarias de 400 g cada una, a 3 diferentes profundidades del tanque de almacenamiento, en 3 días no consecutivos.

Aceite de los contenedores de transporte: se tomaron muestras de 100 g, cada una de 5 pipas.

Aceite del tanque de almacenamiento: en ambas etapas del proceso se tomaron muestras triplicadas de 400 g cada una, durante 6 días no consecutivos.

Análisis de hierro y cobre

Todos los aceites fueron analizados para cuantificar el contenido de hierro y cobre por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica de llama, de la siguiente forma: se midió una masa de 0,0500 g de óxido de magnesio en un crisol de porcelana limpio y seco. Se agregó 25,0 g de aceite fundido (60-70°C) y homogeneizado.

El aceite se quemó, manteniendo una combustión moderada, hasta la obtención de cenizas. Posteriormente, se calcinó a 600°C por 30 min. Se retiró la muestra y permitió que alcanzara la temperatura ambiente. Se agregó una alícuota de 5,00 mL de una disolución de ácido sulfúrico al 7,00% (m/v). La disolución obtenida se analizó bajo las condiciones específicas para cada metal (Cuadro 1). El blanco y los patrones se prepararon en disolución acuosa al 1,000% (m/v) de óxido de magnesio y 7,00% (m/v) de ácido sulfúrico.

Cuadro 1. Condiciones instrumentales utilizadas para el análisis de hierro y cobre por espectrofotometría de absorción atómica de llama*

Parámetro	Especificación
Tiempo de integración	1,0 s
Número de réplicas	3
Tiempo de espera	0 s
Modo de lectura	AA-BG (back ground)
Flujo (acetileno/aire)	1/2
I/mA	25 (Fe) y 20 (Cu)
λ /nm	248,9 (Fe) y 325,4 (Cu)
Slit/nm	0,2 (Fe) y 0,7 (Cu)

*Equipo: Perkin Elmer 3110

El método descrito fue validado a través de la determinación de las figuras de mérito usuales, de acuerdo con la Norma ISO 8466-1 (ISO, 1990). Se estableció el ámbito lineal para las curvas de calibración, obteniéndose valores de 0,50 a 12,0 mg/L para el hierro y 0,10 a 2,5 mg/L para el cobre. Se determinó el porcentaje de recuperación de muestras enriquecidas (107% para el hierro y 90% para el cobre), como criterio de exactitud. La precisión se expresó en términos de repetitividad, según la definición dada por la AOCS (1995) y se obtuvieron valores de 0,03 en la desviación estándar, para ambos metales. Los valores de los límites de detección fueron de 0,15 mg/L y 0,03 mg/L para el hierro y el cobre respectivamente.

Determinación de los índices de peróxidos y anisidina

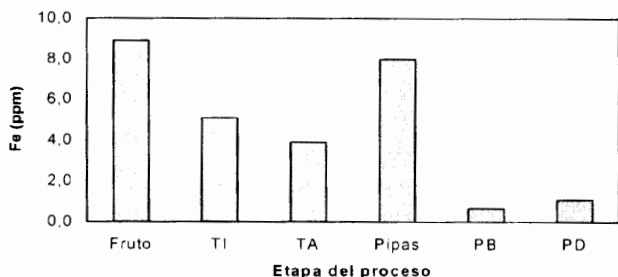
A todos los aceites se les determinó los índices de peróxidos y de anisidina utilizando respectivamente los métodos oficiales Cd 8-53 y Cd 18-90, descritos por la AOCS (1995).

Análisis estadístico

Se realizó una comparación de medias (t-Student) para determinar si existían diferencias significativas al 95% de confianza en los niveles de hierro, cobre y los índices de peróxidos y de anisidina, entre los aceites de las diferentes etapas del proceso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

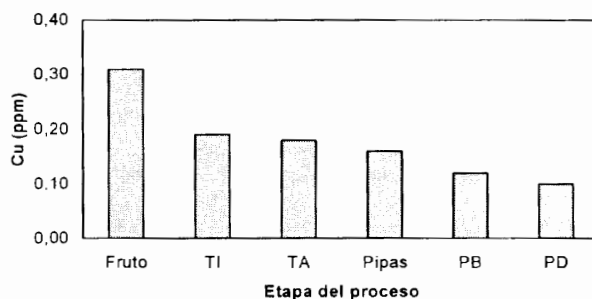
En los frutos tomados directamente de la palma aceitera, se encontró que las cantidades de hierro y cobre son las más altas de todo el estudio (Figura 1 y 2), debido a que estos metales se encuentran ampliamente distribuidos en muchos compuestos que intervienen en las funciones metabólicas de las células vegetales (Belitz y Grosch, 1992); sin embargo, su acción pro-oxidante no se manifiesta pues no se detectaron peróxidos (Figura 3), lo que se debe al efecto protector del tejido vegetal, que impide la oxidación de los ácidos grasos a través de mecanismos externos, como la foto-oxigenación. Los aldehídos encontrados corresponden a la composición normal del fruto que contribuye, junto con algunos ésteres, al típico aroma del aceite recién extraído. Por esta razón y no por causa del proceso auto-oxidativo, se encontró un elevadísimo Ip-A, (Figura 4), que de otro modo indicaría un avanzado estado de deterioro del aceite. Estos resultados indican que a pesar de la existencia de compuestos con poder oxidante en el fruto, que se generan invariablemente durante sus procesos biológicos, las formas de protección que éste posee, son suficientes para evitar que se desarrolle el fenómeno auto-oxidativo (Bohinski, 1987).



TI tanque intermedio; TA tanque de almacenamiento; PB producto blanqueado; PD producto desodorizado.

Figura 1. Variación en el contenido de hierro durante el proceso de refinación industrial del aceite de palma.

Una vez que el fruto ha sido calentado y prensado el aceite extraído se somete a un proceso de purificación, que incluye las etapas de desarenado y centrifugación, para eliminar los llamados "lodos" o sedimentos que acompañan al aceite. Diversas metaloenzimas como lipoxigenasas, catalasas y peroxidases, entre otras, coagulan y se eliminan con esta fracción de lodos (Belitz y Grosch, 1992). Posteriormente, el aceite se seca y se envía al tanque intermedio, que constituye un punto de flujo continuo por donde pasa el aceite que va a ser almacenado. Por lo tanto, el tanque intermedio recibe el aceite más limpio del proceso, sin acumular fracciones anteriores. En las Figuras 1 y 2 se aprecia que en las muestras de este tanque hubo una disminución significativa ($p < 0,5$) en los niveles de hierro y cobre. Lo que se debe, en gran medida, a que en los lodos se eliminan proteínas Fe-porfirínicas u otras metaloproteínas, cuyo grupo prostético fue desnaturalizado por la acción del calor. El resultado es la eliminación de catalizadores más activos que el ion libre en la ruptura de hidroperóxidos (Belitz y Grosch, 1992). En esta etapa del proceso, a pesar de las altas temperaturas, la humedad, el oxígeno, la luz y la presencia de sensibilizadores como la clorofila, los peróxidos no se han formado aún (Figura 3), lo que confirma la estabilidad de este aceite frente a la oxidación. Por su parte, decrece significativamente ($p < 0,05$) el Ip-A (Figura 4), como resultado de la eliminación de aldehídos volátiles durante la operación de secado o eliminación de humedad que acompaña al aceite.



TI tanque intermedio; TA tanque de almacenamiento; PB producto blanqueado; PD producto desodorizado.

Figura 2. Variación en el contenido de cobre durante el proceso de refinación industrial del aceite de palma.

Cuando se analizan los resultados obtenidos en el aceite del tanque de almacenamiento (Figura 3), se observa por

primera vez la aparición de los peróxidos y con esto empiezan a cobrar importancia los iones metálicos presentes en el aceite. Sin embargo, el Ip-A no muestra cambios significativos ($p > 0,05$) (Figura 4), lo que indica que a pesar de que el proceso auto-oxidativo ya ha iniciado, luego de haber superado un período de inducción, no se encuentra en una etapa tan avanzada como para observarse la generación de aldehídos derivados de los peróxidos. En esta parte del proceso, el nivel de hierro disminuyó significativamente ($p < 0,05$) (Figura 1), aunque ciertamente no se ha practicado operación alguna de limpieza. El análisis de una fracción tomada del fondo del tanque de almacenamiento sugiere que esto se debe a un proceso de sedimentación que sufre el resto de las impurezas como consecuencia del reposo del aceite durante su almacenamiento, lo que ocasiona que se forme una capa lodosa donde se acumulan los metales, a concentraciones tan altas como 1000 ± 50 ppm para el hierro y $12,4 \pm 0,3$ ppm para el cobre.



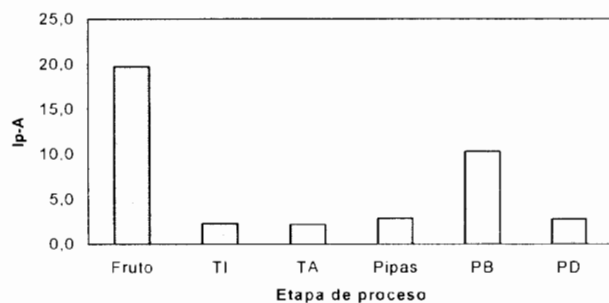
TI tanque intermedio; TA tanque de almacenamiento; PB producto blanqueado; PD producto desodorizado.

Figura 3. Variación en el índice de peróxidos (IP) durante el proceso de refinación industrial del aceite de palma.

El aceite analizado en las pipas (contenedores de transporte) es una mezcla conformada por las distintas fracciones de aceite de palma provenientes de las otras dos plantas extractoras. Esta muestra compuesta, atiende al hecho de que todo el aceite recibido se une, indistintamente de su procedencia para ser luego refinado. Aunque el análisis estadístico demuestra que el pequeño incremento observado por primera vez en el Ip-A (Figura 4) no es significativo, muy probablemente se debe a la

evolución incipiente de los peróxidos, los que aumentaron significativamente ($p < 0,05$), alcanzando el máximo valor de todo el estudio (Figura 3). Si se observa el comportamiento del nivel de peróxidos, efectivamente se reconoce un crecimiento exponencial, típico del mecanismo radicalario.

De acuerdo con estos resultados, el proceso auto-oxidativo ya ha trascendido la formación de los peróxidos para dar origen a los compuestos finales, lo que significa que el IP y el Ip-A ahora constituyen pruebas acopladas de un mismo fenómeno. Por lo tanto, en vista de su carácter complementario, puede emplearse el índice de oxidación total (TOTOX = $\text{Ip-A} + 2 \text{ IP}$) que los reúne en una sola magnitud (AOCS, 1995), permitiendo una mejor interpretación de la auto-oxidación, el cual en este caso tiene un valor de $8,3 \pm 1,6$. Además debe tomarse en cuenta, que si el Ip-A luego del secado corresponde al menor nivel natural de aldehídos en la matriz, entonces es un valor base que sirve de referencia para distinguir la verdadera contribución del proceso auto-oxidativo. Finalmente el hierro experimentó un aumento significativo ($p < 0,05$) en la pipas (Figura 1), que puede deberse al aporte de las otras dos plantas extractoras, elevando su concentración casi hasta los niveles originales. El cobre no varió significativamente ($p > 0,05$), sugiriendo poca o ninguna diferencia a nivel de tanques de almacenamiento, lo que no excluye que puede haberla a nivel de plantación.



TI tanque intermedio; TA tanque de almacenamiento; PB producto blanqueado; PD producto desodorizado.

Figura 4. Variación en el índice de p-anisidina (Ip-A) durante el proceso de refinación del aceite de palma.

El proceso de refinación continúa con la etapa de blanqueo, donde efectivamente se logran disminuir las

concentraciones de metales, mediante su adsorción en una arcilla activada y formación de quelatos con el ácido cítrico, utilizado como agente secuestrante (Figuras 1 y 2) (Química Sumex S.A., 1994). La Figura 4 muestra que en esta etapa se registraron los valores más altos en el Ip-A, pues no ha cesado la formación de aldehídos que se inició en el aceite de las pipas. Con esto se alcanza el punto más crítico de la peroxidación lipídica, con un valor de TOTOX igual a $8,6 \pm 4,0$ que podría ser mayor, si no fuera porque muchos peróxidos se eliminaron durante el blanqueo, lo cual se confirma por la sensible disminución en el IP (Figura 3). Típicamente bajo estas condiciones lo que ocurre es una transformación de los peróxidos en compuestos carbonílicos o hidrocarburos, como resultado de la deshidratación directa de un hidroperóxido o del alcohol derivado respectivamente (Belitz y Grosch, 1992). Este proceso es favorecido por las propiedades adsorbentes de la arcilla, lo cual promueve la hidratación del aluminosilicato, desplazando por completo el equilibrio de la reacción anterior hacia la formación de compuestos volátiles (Corley, 1976).

En la etapa de desodorizado, una gran parte de los peróxidos restantes se descomponen y toda materia volátil se separa definitivamente por destilación en corriente de vapor a presión reducida. El IP disminuye significativamente ($p < 0,05$) y el Ip-A está cerca de recuperar su valor base (Figuras 3 y 4), tal y como se encontraba en el aceite del tanque intermedio o en el tanque de almacenamiento, donde ni siquiera el proceso de auto-oxidación había iniciado. Ahora el TOTOX adquiere un valor de 0,8 convirtiendo al aceite de palma en un producto apto para el consumo humano. De acuerdo con la composición de este aceite, uno de los principales productos que contribuyen en el valor del Ip-A, es el 2,4-dienal, derivado del 13 - hidroperóxido del ácido linoleico, sin embargo, no es volátil. Esta clase de productos de la auto-oxidación, junto con los aldehídos naturales no volátiles del aceite, conforman el conjunto que prevalece luego del desodorizado y que determinan el mínimo valor en el Ip-A que tendrá el aceite. Sin embargo, a pesar de haber eliminado los productos de la auto-oxidación, el aceite es más sensible a sufrir la reacción de foto-oxigenación, debido a la eliminación y/o descomposición térmica de antioxidantes naturales, como los pigmentos carotenoides (Belitz y Grosch, 1992).

Para indagar la posible relación entre la calidad del aceite y el nivel de metales pesados bajo las condiciones de la

refinación industrial, era necesario garantizar que el resto de los parámetros que afecta el desarrollo del proceso autooxidativo se mantuvieran constantes. Por lo tanto, lo más viable en este estudio era la comparación dentro de cada etapa, bajo la reproducibilidad que éstas permitieran. Aún así no fue posible distinguir la actividad del hierro y el cobre, como un aporte singular al fenómeno auto-oxidativo, durante el proceso de refinación industrial del aceite de palma. Se comprueba, entonces, que existen otros factores que también modulan la auto-oxidación, interviniendo de tal forma que no permiten establecer una correspondencia del avance de este fenómeno simplemente con el nivel de los metales.

BIBLIOGRAFÍA

- AOCS. 1995. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. USA. p. irr.
- Belitz, H.D. y Grosch, W. 1992. Química de los alimentos, 2 ed.; Acribia, Zaragoza. pp. 175-269, 691-723.
- Bohinski, R.C. 1087. Bioquímica, 2 ed. Acribia, Zaragoza. pp. 340-342.
- Compañía Palma Tica. 2003. Planta extractora Palo Seco. Comunicación personal. San José, Costa Rica.
- Corley, H. W. 1976. Oil palm research. Elsevier, New York. pp. 159,160, 496.
- Meyer, W. H. 1988. Food fats and oils. 6 ed. Institute of Shortening and edible oils. Elsevier, New York. pp. 12-13.
- ISO. 1990. Norma ISO 8466-1: Calibration and evaluation of analytical methods and estimation of performance characteristics. Part 1. 5 ed. New York.
- Química Sumex S.A. 1994. Informaciones técnicas. México D. F.