



ESCUELA DE AGRICULTURA DE LA REGIÓN TROPICAL HÚMEDA

PROCESAMIENTO DE ACEITE ROJO DE PALMA AFRICANA *Elaeis guineensis* JACQ., PARA CONSUMO HUMANO EN FRITURAS

**GÜNTHER RODOLFO AMATLLER PÉREZ
ANGELA LUCÍA DÁVILA NÁPOLES**

**Trabajo de Graduación presentado como requisito parcial para optar al título
de Ingeniero(a) Agrónomo(a) con el grado de Licenciatura**

**Guácimo, Costa Rica
Diciembre, 2000**

Trabajo de Graduación presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero(a) Agrónomo(a) con el grado de Licenciatura

Profesor Asesor

Yanine Chan Blanco, Lic.

Profesor Coasesor

Irene Alvarado, M.B.A.

Decano

Daniel Sherrard, Ph. D.

Candidata

Angela Lucia Dávila Nápoles

Candidato

Günther Rodolfo Amatller Pérez

Diciembre, 2000

DEDICATORIA

Angela:

A mi familia por haberme apoyado en todo momento en mi camino por la vida, por brindarme todo su cariño y comprensión, por no dejar de creer siempre en mi y por hacer posible mis estudios que son un legado muy importante para mi.

A Günther, mi adorado novio y compañero de proyecto, por el amor, paciencia y dedicación, que hicieron posible este trabajo.

A mis profesores de EARTH, que dedicaron su valioso tiempo y dedicación a formarme como una excelente persona y profesional.

A mis amigos por estar siempre allí en las buenas y en las malas.

A EARTH y a todas aquellas personas que han formado parte importante en mi vida.

Günther:

A mi madre y familia por darme apoyo, cariño y comprensión, por creer en mi y a verme dado la oportunidad de llegar a esta meta.

A Angela, Amada y compañera de proyecto. Por dedicarme su amor, paciencia y comprensión, ya que sin ella yo no hubiera alcanzado esta meta.

A mis profesores, que me brindaron sus conocimientos, tiempo y experiencia para formarme primeramente como persona de bien y segundo como un buen profesional.

A mis amigos, a EARTH y a todas aquellas personas que forman parte de mi vida de hoy en adelante

AGRADECIMIENTO

A Dios y a nuestros padres, por brindarnos la oportunidad de alcanzar esta meta que nos propusimos hace cuatro años.

A nuestro Comité Asesor, por brindarnos su tiempo, apoyo, paciencia y sobre todo sus conocimientos.

A la Universidad EARTH, por los cuatro años experiencias vividas y la oportunidad de nuestra formación profesional.

Al personal del CITA, laboratorio de alimentos y laboratorio de suelos que apoyaron y colaboraron en la ejecución y culminación de este trabajo.

A las diferentes personas que conformaron el grupo de panelistas, ya que sin su invaluable ayuda este trabajo no hubiera visto sus frutos.

A las diferentes unidades de apoyo de la EARTH (USI, Biblioteca, Académicos), por su aporte.

RESUMEN

El aceite rojo de palma africana, *Elaeis guineensis* Jacq, es una de las principales materias primas para la elaboración de aceites y grasas, el cual tiene un nicho de mercado muy definido que son las refinerías. Sin embargo en el proceso de refinación pierde características como su valor nutritivo, calidad de ácidos grasos y se reduce su vida útil. Así, el objetivo central de este proyecto es extraer aceite rojo de palma africana, para evaluar su vida útil durante un período de almacenamiento, su uso como aceite comercial en frituras y a la vez, el uso de un antioxidante, butil hidroxí tolueno (BHT), que retrasa el deterioro del aceite.

Como resultado de la evaluación, se obtuvo que el uso del antioxidante BHT aumenta la vida útil del aceite crudo de palma africana. En la evaluación sensorial de las frituras realizadas con aceite de palma, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con y sin BHT, pero si se presentaron diferencias entre el aceite crudo de palma y la oleína comercial. Por otro lado, se presentó una mayor preferencia por los chips de banano elaborados con el aceite crudo de palma que los elaborados con la oleína. Durante el proceso de fritura la velocidad de saturación de la oleína es mayor que la del aceite de palma con y sin BHT. Finalmente, incluir BHT en el proceso de extracción de aceite de palma africana, eleva los costos en US \$ 4.40 por tonelada de aceite, lo cual representa un costo muy pequeño del total. Se recomienda la evaluación de otros antioxidantes, prolongar el tiempo de pruebas de vida útil y de fritura, para ver el comportamiento del aceite, estudiar el potencial que tiene el aceite rojo de palma como colorante natural de alimentos y realizar un estudio de factibilidad que identifique las oportunidades de mercado que este producto pueda tener.

Palabras Claves: Palma africana, aceite, antioxidantes, BHT, vida útil, saturación, costos.

AMATLLER, G. DÁVILA, A. 2000. Procesamiento de aceite rojo de palma africana *Elaeis guineensis* Jacq, para el consumo humano en frituras. Trabajo de Graduación. Guácimo, C.R. EARTH. 44 p.

ABSTRACT

The red oil palm, *Elaeis guineensis* Jacq, is one of the base materials for the fabrication of eatable oils and fats. Actually, industrial refineries are the only niche market that this kind of oil has. However, in the refination process, oil palm loses nutritional value, fatty acid quality, and useful shelf-life. Because of this, the main objective of this project, is to extract red oil, add an antioxidant butil hidroxi toluen, (BHT), to retard the process of deterioration, evaluate it's durability and achieve the capability to fry as commercials oils.

As a result of durability tests of red oil palm, it has been found that BHT increases the oil's consumable life. No significant difference was detected in sensorial evaluations (taste, color, texture, smell, and general appearance) between fried banana chips made with palm oil treated with BHT, and chips made with palm oil without BHT. However, a statistically significant difference was found between the means of crude red oil palm and commercial olein. Another result was that the chips made with crude red oil palm, are sensorially preferred over the chips made with olein. In relation with the level of the oil's saturation during the frying process, olein saturates faster than crude palm oil. Finally, the cost of including BHT in the extraction process of oil palm, is \$ 4.40 US more expensive than the process of extraction that does not include it. It is recommended that tests of palm oil with other antioxidants are conducted, that the time period of tests is extended, to examine the behavior of the different treatments, and study the market opportunities for crude oil palm.

Key words: African Palm, oil, antioxidants, BHT, durability, saturation, costs.

AMATLLER, G. DÁVILA, A. 2000. Procesamiento de aceite rojo de palma africana *Elaeis guineensis* Jacq, para el consumo humano en frituras. Trabajo de Graduación. Guácimo, C.R. EARTH. 44 p.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT.....	VII
1 INTRODUCCIÓN	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1 ASPECTOS AGRONÓMICOS DEL CULTIVO DE LA PALMA ACEITERA ...	4
3.2 BOTÁNICA.....	4
3.3 CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE ROJO DE PALMA.....	5
3.3.1 <i>Propiedades químicas</i>	5
3.3.2 <i>Calidad del aceite de palma</i>	6
3.3.3 <i>Uso de antioxidantes para mantener la calidad</i>	7
3.3.4 <i>Propiedades nutricionales</i>	8
3.4 USOS DEL ACEITE DE PALMA	9
3.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL ACEITE DE PALMA.....	10
3.6 MERCADO DEL ACEITE DE PALMA	11
3.6.1 <i>Principales países productores</i>	11
3.6.2 <i>Principales países exportadores</i>	13
3.6.3 <i>Principales países importadores</i>	13
3.6.4 <i>Tendencias del precio de los aceites vegetales</i>	14
4 METODOLOGÍA	16
4.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO	16
4.2 METODOLOGÍA DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE ROJO.....	16
4.2.1 <i>Cosecha</i>	17
4.2.2 <i>Esterilización</i>	18
4.2.3 <i>Desgranado</i>	19
4.2.4 <i>Macerado</i>	19
4.2.5 <i>Prensado</i>	19
4.2.6 <i>Centrifugación</i>	19

4.3	EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL ACEITE	20
4.4	METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN DE FRITURAS.....	21
4.4.1	<i>Condimentado y empaque</i>	23
4.5	ANÁLISIS SENSORIAL DE MERCADO.....	23
4.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	24
4.7	PRE-ANÁLISIS DE COSTOS PARA INCLUIR BHT EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN..	24
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
5.1	ANÁLISIS DE VIDA ÚTIL	25
5.1.1	<i>Porcentaje de humedad</i>	25
5.1.2	<i>Porcentaje de acidez</i>	27
5.1.3	<i>Índice de peróxido</i>	28
5.2	ANÁLISIS SENSORIAL DE FRITURAS.....	29
5.3	NIVEL DE SATURACIÓN DE LOS ACEITES USADOS PARA LAS FRITURAS	31
5.4	COSTOS DE INVERSIÓN Y PRODUCCIÓN PARA UNA PLANTA EXTRACTORA	33
6	CONCLUSIONES.....	37
7	RECOMENDACIONES.....	39
8	LITERATURA CITADA.....	40
9	ANEXOS	42

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Características de un aceite de palma de excelente calidad.....	7
Cuadro 2. Análisis químicos realizados al aceite rojo durante su almacenamiento.	21
Cuadro 3. Análisis químicos realizados al aceite durante la elaboración de las frituras.	23
Cuadro 4. Resultados promedio de las tres evaluaciones sensoriales.	29
Cuadro 5. Características de una planta extractora de 9 Ton/ hora de proceso....	33
Cuadro 6. Costo de inversión (\$), para una planta extractora de 9 Ton/ hora de proceso.....	34
Cuadro 7. Costos de extracción (\$/Ton de aceite) con y sin antioxidante, para una planta extractora de 9 Ton/hora de proceso.	35

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Distribución de los ácidos grasos en el aceite rojo de palma africana (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq).	6
Figura 2. Principales países productores de aceites de palma en el año 1998.	11
Figura 3. Principales países exportadores de aceite de en el año 1998.	13
Figura 4. Principales países importadores de aceites de palma en el año 1998.	14
Figura 5. Comportamiento del precio (US\$/TM) de diferentes aceites vegetales durante el período de 1992 – 1998.	15
Figura 6. Diagrama del proceso de extracción de aceite rojo.	17
Figura 7. Procedimiento para la evaluación del aceite rojo.	20
Figura 8. Procedimiento para la elaboración de frituras.	22
Figura 9. Porcentaje de humedad en el aceite de palma con BHT y sin BHT a través del tiempo.	25
Figura 10. Porcentaje de acidez en el aceite de palma con BHT y sin BHT a través del tiempo.	27
Figura 11. Índice de peróxido en el aceite de palma con BHT y sin BHT a través del tiempo.	28
Figura 12. Resultados de las pruebas sensoriales efectuadas a los tratamientos.	30
Figura 13. Índice de yodo en el aceite de palma con BHT, sin BHT y oleina comercial, a través del tiempo.	32

LISTA DE ANEXOS

Anexo	Página
Anexo A. Prueba de escala hedónica para determinar el grado de aceptación de los tratamientos por parte del panel.	43
Anexo B. Diagrama del proceso de extracción de aceite de palma africana en una planta extractora con capacidad de 9 Ton / hora y 21 % de rendimiento.	44

1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional de la humanidad se ha dado exponencialmente en los últimos años, lo cual a ocasionado un aumento considerable en la demanda de aceites vegetales a nivel mundial. Según el USDA (2000), la población mundial se duplicó durante la década de los 60 a los 90, lo cual provocó que el consumo de aceites y grasas vegetales aumentara en un 60%. El índice de crecimiento en el consumo de aceite vegetal, proveniente de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) se ha visto aumentada, en comparación al de otro tipo de aceites (soya, algodón, girasol), así se tiene datos provenientes del USDA (2000), que presentan que el consumo de aceite entre 1983 y 1998, aumentó de 0.9 a 3.0 Kg / *per cápita*.

Según FAO (2000), el cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), representa el 22.1% de la producción mundial de aceites vegetales, lo que lo sitúa en la segunda posición como fuente más importante de este tipo de aceites. Se espera que para el 2015 la población alcance los siete mil millones trescientos mil habitantes, y de continuar las perspectivas en los hábitos de consumo del aceite de palma, se espera que el consumo sea de 4.0 Kg / *per cápita*.

Sin embargo, a pesar de que el aceite rojo de palma africana es una de las principales materias primas para la elaboración de aceites y grasas de origen vegetal, en la actualidad este tipo de aceite tiene una sola fuente de mercado, que son las refinerías industriales ya sea para mercado interno o de exportación. Esto debido a que el público consumidor, desde que se iniciaron los primeros procesos de refinación industrial, hace aproximadamente 50 años, ha sido acostumbrado a consumir aceites de muy bajo color y prácticamente inodoros, los cuales mediante la refinación industrial aumentan su vida útil en cuanto a tiempo de almacenamiento se refiere (Bacigalupo, 1988).

Pero el inconveniente de que el aceite rojo de palma sea comercializado únicamente en las refinerías, se da ya que al someter este aceite a los diferentes

procesos de refinación, éste pierde propiedades nutricionales, como fuente vitamínica y energética de gran valor (Bacigalupo,1988).

El aceite crudo de palma se caracteriza por ser un aceite rico en vitaminas, carotenos y tocoferoles, compuesto por cadenas de monoglicéridos, que le confiere un versatilidad mayor en comparación con otros aceites comestibles. A juzgar por la disposición de sus ácidos grasos y por el índice de digestibilidad que presenta, se puede catalogar al aceite crudo de palma entre los más saludables, ya que posee una alta cantidad de ácidos grasos insaturados que son más fácilmente metabolizados por el organismo. Además se destaca también, por su riqueza en vitaminas A y E, lo que hace, que desde el punto de vista de la salud, éste sea uno de los más indicados para el consumo humano (Peixoto, 1986).

Por lo tanto, se podría pensar en el potencial del aceite crudo de palma como una fuente natural de calorías, compuestos vitamínicos y antioxidantes, que sin pasar por el proceso de refinación pueda ser utilizado directamente de igual forma que un aceite comercial refinado, teniendo en cuenta también que, una de las ventajas más llamativas de este aceite es su costo reducido en comparación con los demás aceites vegetales del mercado, ya que al omitirse todo el proceso de refinamiento se estaría reduciendo los costos de producción.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Extracción de aceite rojo de palma africana *Elaeis guineensis* Jacq, y la evaluación del uso de un antioxidante durante el almacenamiento y utilización del producto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un método de extracción del aceite, en condiciones de laboratorio.
- Evaluar el uso del antioxidante BHT (Butil Hidroxi Tolueno) durante el almacenamiento del aceite rojo.
- Realizar análisis sensoriales de mercado para comparar las frituras elaboradas con aceite rojo, sin antioxidante, con antioxidante y con aceite refinado comercial.
- Elaborar un pre - análisis de costos para incluir BHT en el proceso de extracción del aceite rojo.

3 REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 ASPECTOS AGRONÓMICOS DEL CULTIVO DE LA PALMA ACEITERA

Dentro de las características más sobresalientes del cultivo de palma aceitera, se tiene que la cosecha comercial se hace cada 8 - 15 días, lo que significa que es un proceso continuo desde el inicio de la producción, lo que permite tener un flujo constante de caja para el productor. La producción comienza a partir de los 20 a 36 meses después de la siembra en campo, esto dependiendo del material genético utilizado, manejo del vivero y transplante. La renovación de la plantación se hace cada 22 a 25 años.

3.2 BOTÁNICA

La especie que es utilizada en las plantaciones es *Elaeis guineensis* de origen africano, pero en programas de mejoramiento se han utilizado otras especies como *Elaeis oleifera*, la cual es de origen americano. El cruzamiento de estas dos especies "Dura" x "Pisífera", permitió obtener un tipo de híbrido, las "Teneras", que se utilizan comercialmente en la actualidad (Meunier y Hardon, 1976).

Físicamente la palma africana está compuesta por un tallo erecto de 40 a 45 centímetros de grosor, que crece de 35 a 70 centímetros por año, una corona formada por 40 a 45 hojas compuestas, las cuales emergen continuamente de 25 a 35 por año. Cada hoja consta de numerosos foliolos, unidos al raquis, que a su vez está unido al tallo por el peciolo (Escobar, 1996).

La palma aceitera es monoica, o sea produce inflorescencias masculinas y femeninas en un mismo árbol. Sin embargo, la polinización es cruzada, ya que las flores de uno u otro sexo son producidas a tiempos diferentes en la misma planta. La producción de inflorescencias es continua a lo largo de todo el año, pero el sexo de sus flores es determinado por condiciones ambientales y por el estrés interno de la planta. Una vez que las flores son fecundadas, se inicia el desarrollo

de racimo, en donde los frutos alcanzarán la madurez después de 5,5 a 6 meses. Por lo general cada racimo tiene de 600 a 1500 frutos. Estos frutos tienen una forma esférica a ovoide y tienen un color pardo en la punta y anaranjado en la parte media hacia la base; la longitud que alcanzan es de dos a cinco centímetros, con un peso de tres a treinta gramos. Entre la cáscara y la semilla está la pulpa o mesocarpio, que es de color anaranjado cuyo contenido de aceite varía entre 50 y 70 %. La semilla o coquito también posee un porcentaje de aceite, al que se le conoce con el nombre de aceite de almendra (Hartley, 1984).

3.3 CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE ROJO DE PALMA

3.3.1 Propiedades químicas

El aceite de palma es un aceite con un contenido glicérido sólido alto, lo cual le da una consistencia semi sólida deseada, sin necesidad de pasar por el proceso de hidrogenación. Dicho proceso es requerido para modificar la consistencia de cualquier otro tipo de grasa o aceite de origen vegetal para obtener la consistencia adecuada (Quesada, 1998).

Además es rico en vitaminas E y A, *beta* – carotenos y antioxidantes como los tocoferoles y tocotrienoles. El aceite de palma contiene una relación 1:1 entre ácidos grasos saturados e insaturados, es decir que el 50% son saturados, los demás son ácidos grasos insaturados. De los saturados el 45% corresponde al ácido palmítico y el 5% al ácido esteárico y de los no saturados, el 40% corresponde al ácido oleico (monoinsaturado) y el 10% al ácido linoléico (poliinsaturado) (Araya y Bacigalupo, 1986).

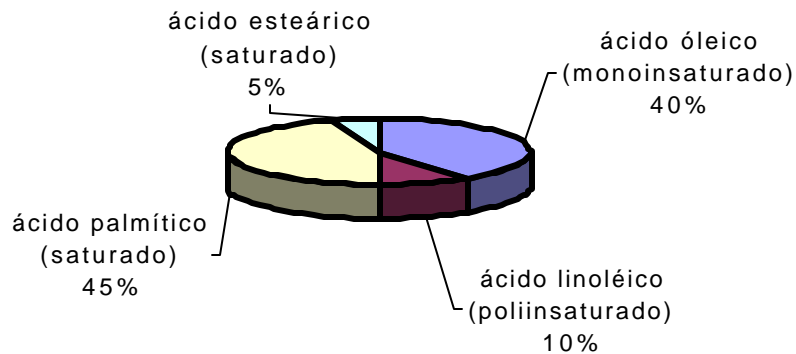


Figura 1. Distribución de los ácidos grasos en el aceite rojo de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq).

Fuente: Araya y Bacigalupo, (1986).

3.3.2 Calidad del aceite de palma

Como cualquier otro tipo de grasa o aceite, el aceite rojo de palma se ve afectado por factores externos que comprometen su calidad. Así se tiene que ésta está ligada directamente a ciertos cuidados que hay que tener en todas las etapas de procesamiento del aceite, es decir desde la cosecha, pasando por la extracción, el almacenamiento y transporte. (Orthoefer, *et. al.*, 1991).

El principal factor que influye en la calidad del aceite rojo de palma es la elevación del nivel de oxidación, entendiéndose por oxidación la reacción que se da entre los enlaces dobles de las grasas insaturadas y el oxígeno del medio, en la cual se generan compuestos oxidados como aldehidos o cetonas y ácidos grasos libres de cadena corta, que conducen a la alteración de las características sensoriales del producto y la formación de la rancidez en el aceite. Existen ciertas condiciones que aceleran esta reacción, como por ejemplo: temperaturas elevadas, alto porcentaje de humedad, presencia de metales catalíticos, especialmente hierro y cobre en altas cantidades, exposición del lípido a la luz y al medio ambiente por períodos prolongados (Patterson, 1989).

Es por ello que durante la cosecha los frutos deben ser colectados en su punto de madurez apropiada y procesados inmediatamente; hay que evitar todo daño físico, para impedir la acidez provocada por hidrólisis enzimática, que puede aparecer en el mesocarpio del fruto dañado (Potter, 1973); (Patterson, 1989).

Durante la etapa de almacenamiento y transporte hay que tomar precauciones para evitar el exceso de humedad en el aceite, ya que ésta favorece la oxidación, compromete la vida útil del aceite y causa problemas para purificarlo y refinarlo (Peixoto, 1986); (Patterson, 1989).

Los aceites basan su calidad en una serie de características que deben mantener; el siguiente cuadro muestra algunas de ellas.

Cuadro 1. Características de un aceite de palma de excelente calidad.

CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE PALMA	NIVELES OPTIMOS
Ácidos Grasos Libres	<5 %
Humedad	<0,5 %
Indice de Peróxido	<5
Impurezas	<0,01 %
Hierro	<3,5 ppm
Cobre	<0,2 ppm

Fuente: Quesada (1998).

3.3.3 Uso de antioxidantes para mantener la calidad

Se conoce que el aceite crudo de palma contiene antioxidantes naturales (tocoferoles, vitamina E), pero estos no son suficientes para evitar la oxidación natural a la que se ve sometido el aceite. Por lo que una alternativa para reducir este problema es la utilización de antioxidantes sintéticos, como el Butil Hidroxi Tolueno (BHT).

Este compuesto químico es un sólido cristalino blanco, su fórmula química es [2,6-*di-ter*-butil-*p*-cresol], y su fórmula reducida es C₁₅H₂₄O y tiene un peso atómico de 220.35, su punto de ebullición es 265 °C, posee un punto de fusión de 70° C y tiene una dosis letal 50 (DL₅₀) en ratones vía oral de 1,04 g/Kg. Es liposoluble, por lo que se usa como antioxidante en concentraciones menores a 0.02 % del peso del producto final. Además, es posible combinarlo con otras sustancias, ya que presenta sinergismo en su actividad (Badvi, 1997).

3.3.4 Propiedades nutricionales

El aceite de palma es un alimento natural que es consumido desde hace 5000 años. Su proceso de refinación se inicia aproximadamente hace 50 años, esto debido a que el público consumidor ha sido acostumbrado a ingerir aceites con muy bajo color y prácticamente inodoros. Dicho proceso de refinación se realiza sin la necesidad de disolventes químicos, por lo que se disminuye el riesgo de contaminación por residuos, además no se practica el proceso de hidrogenación, ya que el aceite de palma tiene una consistencia semisólida adecuada, con lo que se evita la formación de ácidos grasos *trans*, que tiene un efecto negativo en la salud. Sin embargo durante la refinación se eliminan compuestos nutricionales, como fuentes vitamínicas y energéticas que son de gran valor (Quesada. 1998); (Bacigalupo, 1988).

El aceite de palma sin refinar presenta un color rojo debido a la presencia de carotenoides, el contenido varía de acuerdo al grado de madurez y al genotipo. El promedio observado en cultivares comerciales es de 600 ppm, por lo que si este aceite no es decolorado ni neutralizado, puede constituir en una excelente fuente de Pro-Vitamina A, ya que el aceite de palma proporciona 4546 equivalentes de retinol por 100 g, lo que indica que alrededor de 20 g de aceite crudo de palma africana pueden cubrir los requerimientos diarios de un adulto. Además según estudios realizados con cobayos (ratones de laboratorio), tiene un

efecto inhibitor en el desarrollo de cáncer de mama (Bacigalupo, 1988); (Quesada, 1998)

De todos los aceites de origen vegetal el aceite rojo de palma africana sin refinar, contiene una gran cantidad de antioxidantes, conocidos como tocoferoles y tocotrienoles, los cuales se encuentran aproximadamente en una concentración de 500 a 800 ppm. Del total de estos tocoferoles, un 35% corresponde al α -tocoferol precursor de la vitamina E. Una ingesta adecuada de vitamina E protege a las estructuras de las membranas celulares y de los organelos, debido a sus propiedades antioxidantes, es decir que actúa como protector contra el envejecimiento celular. Además, la vitamina E confiere una gran estabilidad a los dobles enlaces de los aceites y contribuye a evitar la oxidación de los ácidos grasos esenciales, por lo que se disminuye el riesgo de enfermedades como arteriosclerosis y cáncer (Peixoto, 1986); (Quesada, 1998).

Como todos los aceites vegetales, el aceite rojo de palma sin refinar, no contiene colesterol, pero tiene fitoesteroles, los cuales interfieren con la absorción intestinal del colesterol. También tiene una alta concentración de ácidos grasos monoinsaturados, en forma de ácido oleico, los cuales ayudan a reducir el colesterol, disminuyendo los riesgos de una alta disponibilidad de éste para el organismo y atenuando el peligro de enfermedades coronarias. Cabe mencionar también, que el ácido graso palmítico, componente importante en el aceite de palma, a pesar de ser saturado, en comparación con otros ácidos grasos saturados, no es hipercolesterolémico (Araya y Bacigalupo, 1986); (Quesada, 1998).

3.4 USOS DEL ACEITE DE PALMA

El aceite rojo de palma africana, es adquirido tradicionalmente por las industrias refinadoras, las cuales lo utilizan como materia prima para elaborar la diversidad de productos. Actualmente, el aceite de palma refinado, en su mayoría, se utiliza en todo el mundo como aceite para alimentación humana, para freír,

cocinar, en panadería, pastelería, confitería, en la preparación de sopas, salsas, platos congelados o deshidratados, cremas no lácteas para mezclar con café, etc. Sin embargo, también es materia prima que se utiliza en la elaboración de jabones y detergentes, grasas lubricantes y secadores metálicos, destinados a la producción de pintura, barnices y tintas. Finalmente se habla de la posibilidad de usarlo en forma de combustible como alternativa al diesel (Quesada, 1998).

Otras aplicaciones del aceite rojo de palma africana sin refinar, se dan en la elaboración de concentrados para la alimentación de ganado, ya que es un suplemento rico en grasa y vitaminas, por lo cual es usado como suplemento al pastoreo (Bermudez, 1998).

Sin embargo existen lugares donde el aceite de palma sin refinar, se consumen como alimento. Por ejemplo en Africa, en donde forma parte de los hábitos alimenticios de las poblaciones indígenas. El aceite es extraído de forma rudimentaria y consumido con los alimentos diarios como aderezo o en frituras. También en diversas zonas de Brasil se consume el aceite rojo de palma en forma natural, de forma muy similar a como se hace en el continente africano, esto por poseer raíces étnicas en dicho continente (Peixoto, 1986).

3.5 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL ACEITE DE PALMA

Para los países tropicales, la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) representa una alternativa de excelente perspectiva para el futuro. Este cultivo produce 10 veces más del rendimiento de aceite proporcionado por la mayoría de los cultivos oleaginosos, por lo que es catalogado como un cultivo de alta rentabilidad.

Cabe recalcar, que en la producción de aceite de palma se obtiene un valor agregado de un 83% en productos refinados listos para ser comercializados (Oleinas para frituras, bases para pastelería y panadería, margarinas, jabones detergentes, grasas lubricantes, etc.), además es una actividad que utiliza muy

pocos insumos importados y tanto el manejo agrícola como la industrialización de los productos de la palma aceitera, son técnicamente sencillos, esto hace que los costos de producción sean bastante bajos, en comparación con los de otros aceites vegetales, por lo que el aceite de palma se está volviendo muy competitivo en el mercado internacional (Quesada, 1998).

3.6 MERCADO DEL ACEITE DE PALMA

3.6.1 Principales países productores

Según Oil World (1998), la producción total de aceite de palma en el mundo para 1998 fue de 17,8 millones de TM. El principal país productor de aceite de palma durante ese período fue Malasia, el cual representa el 52,0% de la producción mundial. Los demás países productores son: Indonesia con un 33,0%, Nigeria con 4,5%, Colombia con 3,4% y otros países con 7,1%.

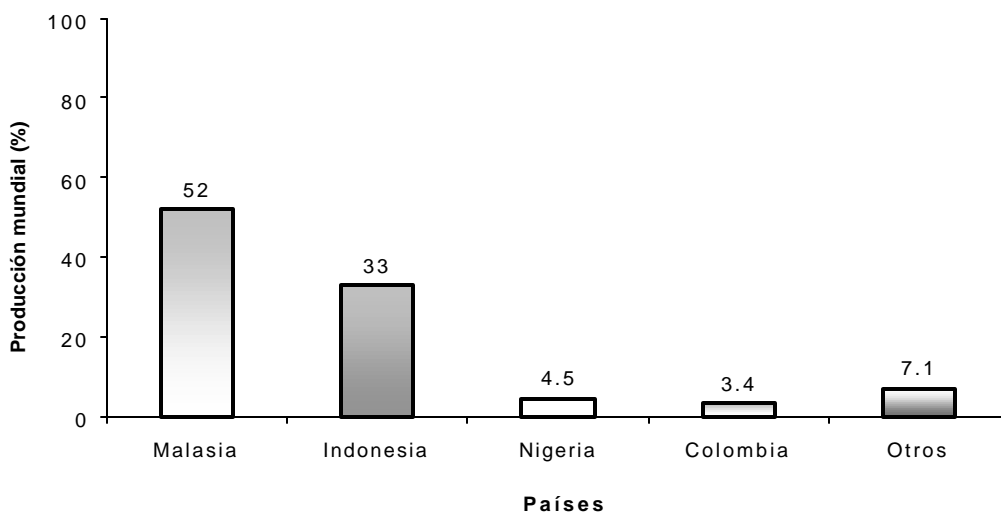


Figura 2. Principales países productores de aceites de palma en el año 1998.

Fuente: Oil World (1998).

El mayor incremento del área sembrada de palma africana, se da en el período comprendido entre 1992 a 1996, en Indonesia, Malasia y Tailandia, el cual fue de 256 mil ha/año (Oil World, 1999). Pero según Escobar (1996), con una participación en el mercado internacional de aceites y grasas del 18,6 % hasta 1996 y con un incremento de un millón de TM al año, se necesitaría sembrar alrededor de 350 a 380 mil hectáreas adicionales de palma por año, para poder satisfacer la demanda mundial. Es más, según estadísticas del Ministerio de Industrias Primarias de Malasia, se estima que para el año 2005 el aceite de palma capturará cerca del 46 % del mercado internacional de aceites y grasas, lo que refleja una vez más el nivel de demanda que existe en el mercado por este aceite y la necesidad de un área sembrada mayor a 380 mil hectáreas.

En un futuro, se espera que los mayores incrementos en el área sembrada se den en Indonesia y América Tropical, esto debido a la reducida disponibilidad de tierra, tanto en Malasia como en Tailandia, para que el cultivo continúe expandiéndose como el mercado lo necesita. En 1998 América produjo un millón de TM de aceite de palma, lo cual representa un 6,3 % de la producción mundial. América del Sur produjo el 74%, América Central y el Caribe el 24,5% y América del Norte 1,5%, de este total. (Oil World, 1999).

El aumento en la participación que ha tenido hasta el momento el aceite de palma en el mercado de los aceites de origen vegetal, se da por la ventaja comparativa (ver apartado 3.3 y 3.5), que tiene en relación a otros tipos de aceite. Finalmente, se puede obtener una gama más amplia de productos con aceite de palma que con otro tipo de aceites, ya que sus propiedades físico químicas intrínsecas, hacen esto posible. (Peralta, 1997).

3.6.2 Principales países exportadores

Como se muestra en la figura 3, durante 1998 se exportaron 11.3 millones de TM de aceite de palma en el mundo. De donde los principales países exportadores fueron: Malasia con 72.2%, Indonesia con 20,9%, Nueva Guinea con 3,4% y otros países con 3,5% de participación (Oil World, 1999).

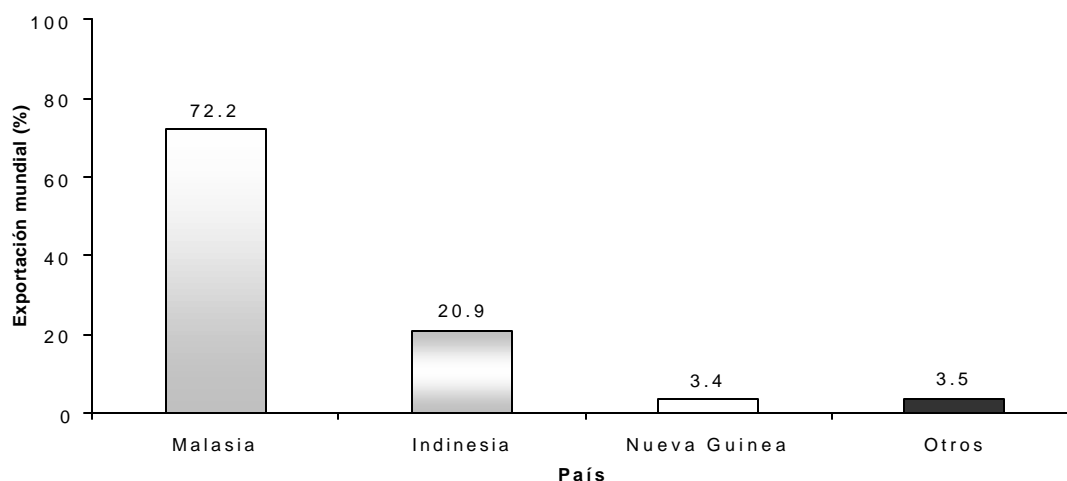


Figura 3. Principales países exportadores de aceite de en el año 1998.

Fuente: Oil World, 1998

En América se exportaron 286 mil TM de aceite de palma en 1998, del millón de toneladas producidas. De las cuales el 52% fue originario de América Central, y 48% de América del Sur. Esto significa que los países productores como Ecuador, Colombia y Brasil, dedican la mayor parte de su producción al consumo interno (Oil World, 1999).

3.6.3 Principales países importadores

Como se presenta en la figura 4, los principales países importadores durante la gestión 1998 fueron: Unión Europea con 16,9%, China con 14,5%, Pakistán con 9,5%, Singapur con 3,7%, Japón con 3,4% y otros países con 52%.

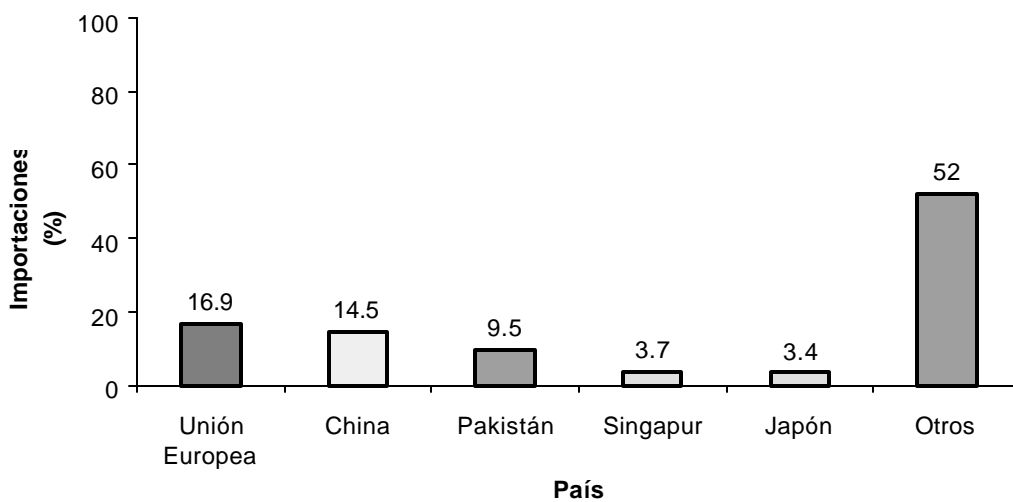


Figura 4. Principales países importadores de aceites de palma en el año 1998.

Fuente: USDA (2000).

Por otra parte, las importaciones de América para este período fueron de 724 mil TM, de las cuales el 44% las importó América del Norte, el 15,2% América del Sur, y el 40,8% América Central y del Caribe. Cabe recalcar que las importaciones correspondientes a América del sur y América central se llevan a cabo por los países que no son productores del cultivo de palma aceitera (palma africana) (USDA, 2000); (Oil World, 1999).

3.6.4 Tendencias del precio de los aceites vegetales

El comportamiento del precio de los aceites vegetales es relativamente fluctuante, esto se demuestra en el caso del aceite de palma en donde las mismas fluctuaciones durante el período 1992 – 1998, han sido del 35%. Como se puede ver en la figura 5, existe una tendencia similar en el precio de los diferentes aceites vegetales, esto significa que el porcentaje de participación de cada aceite en el mercado ya está establecido. Así mismo, las diferentes fluctuaciones se dan por factores ambientales como el fenómeno del Niño, crisis temporales de la

economía de cada país, tal es el caso específico de los países del continente Asiático donde se encuentran los principales países productores, e Indonesia que ha sufrido desastres ecológicos a causa de desastrosos incendios (Oil and Fats International, 1998).

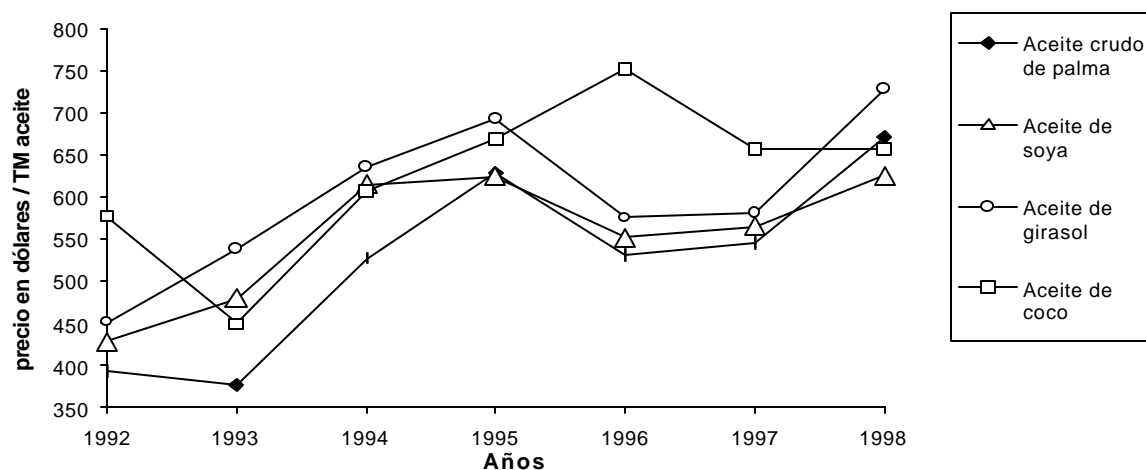


Figura 5. Comportamiento del precio (US\$/TM) de diferentes aceites vegetales durante el período de 1992 – 1998.

Fuente: Oil World (1999)

De acuerdo a la figura 5, se observa que el aceite de palma para el año 1998 se encuentra en segundo lugar en lo que a precio se refiere, además se observa la tendencia a la alza en el tiempo, que se ha venido dando desde 1992, esto debido a la demanda creciente de aceite de palma por parte de las industrias, ya que por sus características propias de composición y por los bajos costos de producción en comparación a los otros aceites, el aceite de palma se ha convertido en una materia prima muy cotizada en la industria de aceites y grasas. Esto ha impulsado el incremento del área sembrada con este cultivo, ya que resulta una actividad rentable en cuanto a precio se refiere. Otra razón para el rápido crecimiento del aceite de palma a nivel mundial es la competitividad del costo de producción que este cultivo posee, el cual es muy bajo en comparación con los otros aceites de tipo vegetal (Quesada, 1998).

4 METODOLOGÍA

4.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

La cosecha y recolección de racimos de fruta fresca (RFF) se realiza en la plantación de palma africana, ubicada en el campus universitario de EARTH (finca académica).

El proceso de extracción del aceite de palma se realiza en el Laboratorio del Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITA) de la Universidad de Costa Rica, el proceso de fritura en el Laboratorio de Procesamiento de Alimentos de la Universidad EARTH. Los análisis de vida útil del aceite, se llevan a cabo en el Laboratorio de Suelos y Aguas de EARTH. Finalmente las pruebas sensoriales de mercado se efectúan en las instalaciones de la cafetería de EARTH.

4.2 METODOLOGÍA DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE ROJO

La extracción del aceite rojo de palma africana se puede llevar a cabo de varias formas, ya sea a nivel industrial, en donde se utilizan equipos de gran capacidad y precisión que reducen las pérdidas de aceite por fallas en los equipos, también está la extracción artesanal, en donde se utilizan equipos de fabricación casera.

En este proyecto se utilizó una mezcla de ambas metodologías debido a la disponibilidad de equipos que se tenía. Por lo tanto, la figura 6 muestra el diagrama de flujo utilizado para la extracción del aceite.

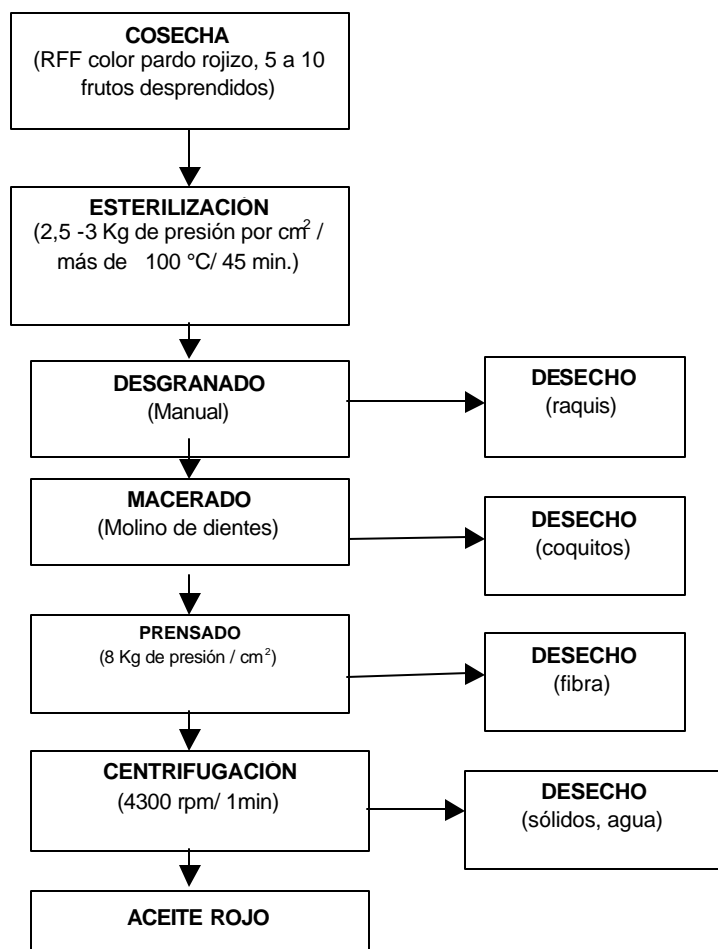


Figura 6. Diagrama del proceso de extracción de aceite rojo.

4.2.1 Cosecha

La cosecha se realiza de forma manual, tomando en cuenta el estado de madurez óptimo de los fruto, el cual está dado por tres características principales que deben cumplir los racimos de fruta fresca (RFF).

1. El fruto maduro es pardo rojizo en su cima y rojo anaranjado en su base; si se pincha la fruta con un cuchillo, el aceite chorrea y se observa un color naranja en la pulpa.
2. Un racimo puede considerarse maduro, cuando al menos pueden separarse 20 frutos, con simple presión del dedo.

3. Un racimo está en condiciones de ser cortado, cuando se ha producido por lo menos la caída de 5 a 10 frutos al suelo (Ríos, 1999).

Tomando en cuenta estas tres condiciones para el estado óptimo de madurez del fruto, se cosechan 65 Kg aproximadamente de RFF para obtener los volúmenes deseados de aceite, tomando en cuenta que, según Ríos (1999), estos frutos por ser provenientes de una plantación joven, tienen un rendimiento de un 15 a 17% de aceite extraído, lo cual representa entre 10 y 11 Kg de aceite.

Los racimos de fruta fresca después de ser cosechados, son trasladados al CITA en la Universidad de Costa Rica, en donde se realiza el proceso de extracción de aceite. Para que el transporte de los RFF sea efectivo y la calidad del aceite sea la adecuada, se debe tener en cuenta la rapidez con que los RFF son llevados a la planta extractora para su procesamiento, ya que mientras más pronto se someta a los frutos al proceso, se disminuye la acción de las enzimas hidrolizantes, las que son causantes de la acidificación del aceite en los frutas (Herrera, 1989).

4.2.2 Esterilización

La esterilización de los racimos de fruta fresca consiste en someterlos a tratamiento térmico. Los racimos se esterilizan por medio de vapor de agua a una presión de 2.5 a 3.0 Kg/cm² de presión, usando una temperatura mayor a 100 °C por un período de 45 minutos (Surre; Ziller, 1969). Los propósitos de la esterilización es la inactivación de enzimas degradadoras de aceite, producir un debilitamiento de los frutos adheridos al racimo, de modo que cada fruto se desprenda con facilidad y favorecer el ablandamiento de la pulpa para el proceso de prensado (Herrera,1989).

4.2.3 Desgranado

El desgranado o desfrutamiento, es la etapa del proceso de extracción en el que los frutos de palma son separados de los tallos, más conocidos como raquis. Esto se consigue mediante regímenes de golpes repetidos, realizados de forma manual, después de que los frutos han salido del proceso de esterilización. (Surre; Ziller, 1969).

4.2.4 Macerado

Mediante la maceración de la pulpa del fruto se desprende por completo el coco (semilla). Por medio de la acción del molino de dientes se logra el rompimiento de las células aceitosas de la pulpa y de esta forma el aceite se puede liberar con mayor facilidad mediante el prensado.

4.2.5 Prensado

La extracción del aceite se obtiene mediante el proceso de prensado, el cual sirve para separar los componentes de la pulpa (aceite y fibra), a nivel industrial se utilizan prensas hidráulicas de tornillo, las cuales ejercen mayor capacidad y hacen que los rendimientos de extracción de aceite sean más altos, ya que la fibra sale con muy poco contenido de aceite. Para este trabajo se utiliza una prensa hidráulica de 8 Kg/ cm² de presión, en la cual se extrae el aceite necesario, que corresponde a un 17% del peso inicial de RFF, que es aproximadamente unos 10 a 11 Kg de aceite.

4.2.6 Centrifugación

El aceite obtenido del prensado es centrifugado a 4300 rpm durante un minuto, esto con el fin de eliminar todas las impurezas, tales como agua y fibra residuos del proceso de maceración y prensado.

4.3 EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL ACEITE

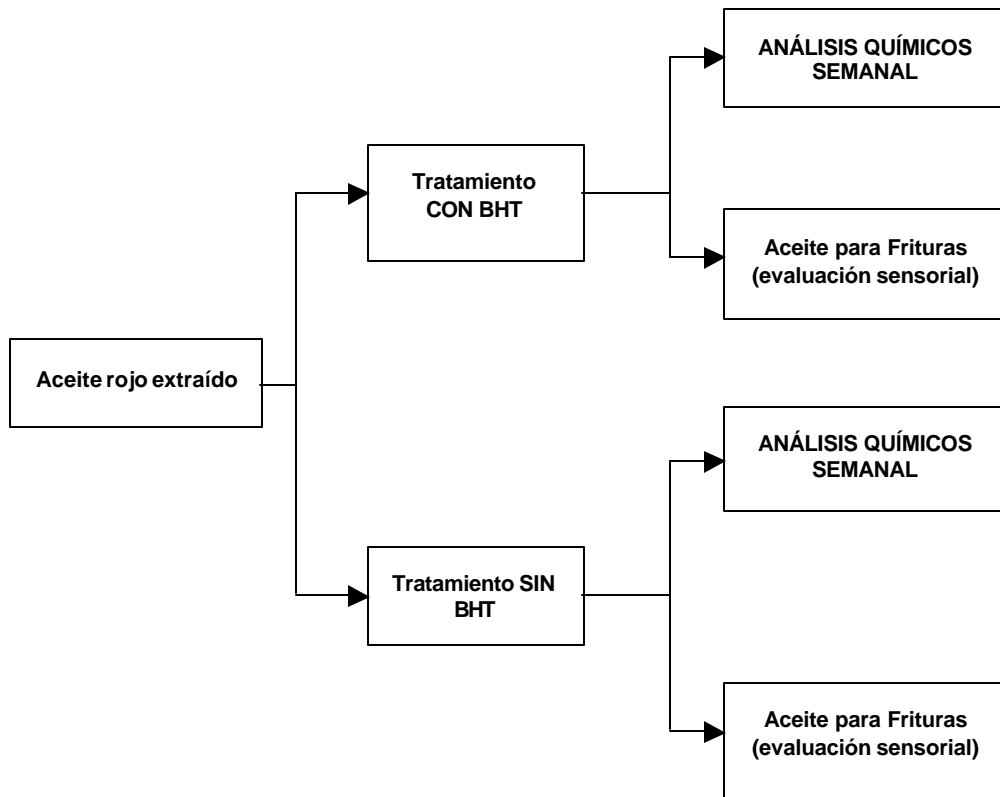


Figura 7. Procedimiento para la evaluación del aceite rojo.

En la figura 7 se muestra el procedimiento a seguir para evaluar la vida útil del aceite rojo de palma. Primeramente se divide el volumen total de aceite rojo que son 11 Kg (17% del peso RFF), en dos lotes de 5.5 Kg (8.5% del peso RFF). Uno de ellos se trata con el antioxidante BHT al 0.01% del peso del aceite, y el otro lote no lleva el antioxidante. De cada uno de los lotes se toma 1.5 Kg de aceite (2.5% del peso RFF) para llenar 15 frascos de vidrio con tapa hermética, con 100 g de aceite cada uno, los mismos que se almacenan al ambiente y sin luz directa durante 10 semanas. Semanalmente se toma un frasco de cada lote y se realizan análisis químicos (ver cuadro 2), para ver el estado en que se encuentra el aceite durante su almacenamiento.

Los 8 Kg de aceite restante (12.2% del peso RFF) de los dos tratamientos se almacena en recipientes separados, para ser utilizado en las pruebas de frituras.

Cuadro 2. Análisis químicos realizados al aceite rojo durante su almacenamiento.

Análisis Químicos y Humedad	Valores críticos	Referencia
% de ácidos grasos libres	3 – 5 % máximo	Mét. PORIM. norma I: MP C-540.
Índice de Peróxido	5 máximo	Mét. Oficial # 965.33 de la AOAC.
Porcentaje de Humedad	0.5% máximo	Mét. PORIM. norma I: MP C-225.

Fuente: AOAC (1995). P.O.R.I.M.(1998)

4.4 METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN DE FRITURAS

Para efectos de probar la aceptación del consumidor de los distintos tratamientos de aceite de palma africana utilizados (con BHT y sin BHT), se realizaron pruebas utilizando el aceite en la elaboración de fritura de chips de banano verde. Paralelamente, se elaboraron frituras con aceite comercial (Oleína), con el fin de realizar una evaluación sensorial con los tres tratamientos y determinar la aceptación que cada uno de ellos obtenga del panel evaluador.

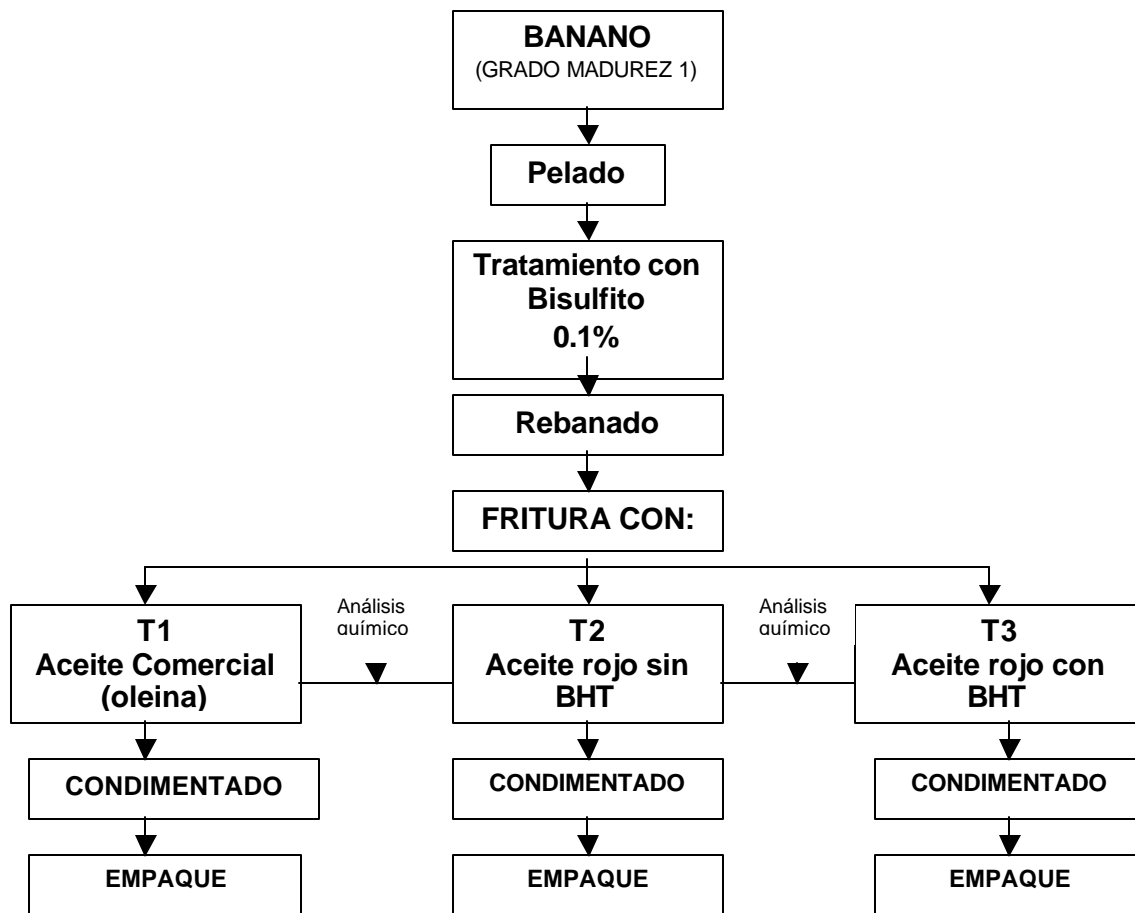


Figura 8. Procedimiento para la elaboración de frituras.

Como se muestra en la figura 8, como materia prima para la elaboración de las frituras, se usa 40 Kg de banano verde de rechazo, con grado de maduración 1, obtenidos de la planta empacadora de banano de EARTH, los cuales tienen un rendimiento aproximado de 15%, con lo que se obtiene 6 Kg de chips, cantidad requerida para realizar posteriormente el análisis sensorial de mercado. La materia prima se pela y se sumerge en una solución con bisulfito al 0.1%, esto para evitar el pardeamiento enzimático u oscurecimiento que se da en el banano. Finalmente se rebana en rodajas y se colocan nuevamente en la solución de bisulfito. La cantidad total de materia prima rebanada se divide en tres partes iguales y cada una se utiliza en los diferentes tratamientos de frituras.

Durante el proceso de fritura de los diferentes tratamiento, se toman muestras del aceite siempre que se obtenga un lote de chips, aproximadamente cada 3 minutos. El análisis de índice de yodo se realiza, a estas muestras, utilizando la metodología referenciada en el cuadro 3, esto con el fin de determinar el nivel de insaturación del aceite en el tiempo de fritura.

Cuadro 3. Análisis químicos realizados al aceite durante la elaboración de las frituras.

Análisis Químicos y Humedad	Valores críticos	Referencia
Indice de Yodo	49 – 57 máximo	Método oficial A.O.C.S. Cd. 1-25.

Fuente: AOAC, 1995.

4.4.1 Condimentado y empaque

Finalmente los chips obtenidos de cada tratamiento de fritura, se condimentan únicamente con sal para potenciar el sabor del producto obtenido, ya que lo que se quiere es determinar si hay diferencias en sabor a causa del aceite empleado para la fritura.

Los chips de cada tratamiento de fritura se empacan por separado en bolsas de polietileno de alta densidad, para ser usados en el análisis sensorial de mercado.

4.5 ANÁLISIS SENSORIAL DE MERCADO

Se utiliza una escala no estructurada o escala hedónica de aceptación, sin que esta tenga mayores descriptores que los extremos de la escala en donde se indica el punto de agrado (me agrada mucho) y el de desagrado (me desagrada mucho). También se indica el punto medio o neutral para facilitar al juez la localización de un punto de indiferencia (ver anexo A). Esta escala se transforma

en numérica convirtiendo a centímetros y midiendo el punto de respuesta del consumidor.

La población elegida para la evaluación sensorial son 40 personas, entre profesores, funcionarios y alumnos de la EARTH.

4.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico, aplicado a las pruebas sensoriales de mercado realizados, será paramétrico. En el que se asume que hay distribución normal e independiente con un grado elevado de discriminación, por lo cual se debe realizar un análisis de varianza a través del sistema de pruebas de Duncan para determinar diferencias significativas entre los tres tipos de aceites. Por tratarse de una prueba de diferenciación de tres productos, se usa como herramientas de apoyo el programa estadístico SAS, en conjunto con la hoja de cálculo Microsoft Excel para tabular los datos obtenidos (Watts; *et al* 1992).

Los datos de los diferentes análisis químicos no serán sometidos a una evaluación estadística debido a que estos presentan un comportamiento a través del tiempo y serán analizados según la tendencia que presenten.

4.7 PRE - ANÁLISIS DE COSTOS PARA INCLUIR BHT EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN

Para realizar este pre - análisis, se toma en cuenta todos los costos que se generan en el proceso de extracción de aceite rojo de palma, en una planta extractora de características y tamaño adecuados. Tomando en cuenta para ello, el nivel de aceptación del producto en el análisis sensorial y el nicho de mercado que el aceite crudo de palma. Posteriormente se procede a presentar los costos que se generaría por incluir un antioxidante (BHT), a nivel de industria extractora.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos que se presentan a continuación, corresponden a los diferentes análisis realizados en el aceite de palma con el fin de determinar la vida útil en los diferentes tratamientos. También se muestran los resultados obtenidos del análisis sensorial de frituras elaboradas con los distintos tratamientos de aceite de palma, comparados con frituras elaboradas con oleína comercial. Se analizan los resultados de la evaluación química para determinar el nivel de saturación de los diferentes aceites utilizados para elaborar las frituras. Finalmente se presentan las características del proceso, costos de inversión y operación de una planta extractora ideal para producir y comercializar aceite rojo de palma africana y se comparan los costos por incluir un antioxidante en el proceso de extracción.

5.1 ANÁLISIS DE VIDA ÚTIL

Los análisis realizados para determinar la vida útil de los dos tratamientos de aceite de palma, con BHT y sin BHT son: Porcentaje de humedad, porcentaje de acidez e índice de peróxido

5.1.1 Porcentaje de humedad

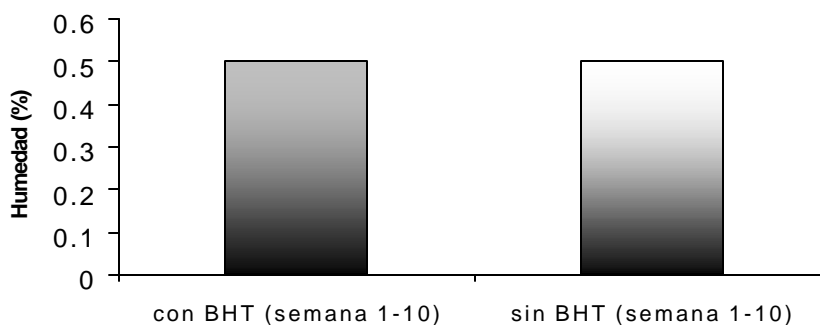


Figura 9. Porcentaje de humedad en el aceite de palma con BHT y sin BHT a través del tiempo.

Uno de los parámetros analizados corresponde al porcentaje de humedad presente en el aceite de palma. Como se puede observar en la figura 9, el porcentaje de humedad en los dos tratamientos fue de 0.5%, manteniéndose constante durante las diez semanas de análisis. Según lo reportado en la literatura se permite un máximo de humedad del 0.5%, lo cual sitúa a los dos tratamientos en el punto máximo permitido, esto pudo deberse a que el proceso de extracción utilizado para este trabajo fue en condiciones de laboratorio y no a nivel industrial, en donde no fue posible eliminar la totalidad del agua, permaneciendo en el nivel máximo permisible.

También se aprecia que el porcentaje de humedad en los dos tratamientos es constante durante todo el tiempo que se llevó a cabo el experimento, esto se puede deber a las condiciones de almacenamiento en las que se encontraban las muestras, ya que permanecieron en frascos de vidrio, los cuales tenían un sello hermético que evita el contacto de la humedad del medio con el aceite. Esto justifica por que no se presentó ninguna variación en el porcentaje de humedad desde el inicio hasta el final del experimento.

Cabe recalcar que el contenido de humedad en un aceite o grasa, es un factor incidente en cuanto al nivel de acidificación y oxidación que éstos presenten. Cuanto mayor sea el contenido de humedad, mayor será el porcentaje de acidez y los compuestos oxidados reportados, ya que al exponer un lípido de carácter insaturado, como lo es el aceite de palma, a un medio húmedo, se inicia un proceso conocido como hidrólisis, en donde los dobles enlaces de la cadena lipídica se rompen y oxidan, formando ácidos grasos libres, responsables de la acidez del aceite y aldehidos o cetonas, que son compuestos oxidados. Una vez iniciado este proceso, esta reacción es continua y su comportamiento va a ser relativamente pronunciado dependiendo de las condiciones de manejo que se le de al aceite.

5.1.2 Porcentaje de acidez

Como se puede apreciar en la figura 10, el porcentaje de acidez reflejado durante las diez semanas de observación para ambos tratamientos, está dentro de los rangos permitidos. Además, en ambos casos el porcentaje de acidez presenta la tendencia a elevarse a medida que transcurre el tiempo. Esto debido a que, la formación de ácidos grasos libres es un proceso en el que, mientras exista humedad en el lípido se va a dar una reacción de hidrólisis, lo que significa que estos ácidos no van a dejar de formarse a medida que transcurra el tiempo.

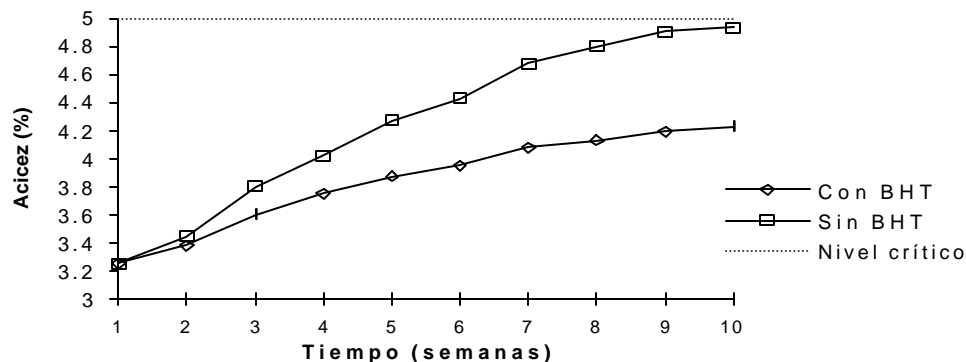


Figura 10. Porcentaje de acidez en el aceite de palma con BHT y sin BHT a través del tiempo.

Claramente es posible apreciar que a pesar de haber iniciado con el mismo porcentaje de acidez, la tendencia de acidificación es más pronunciada en el tratamiento sin BHT, que en el que se usó BHT. El BHT es principalmente un antioxidante, es decir que en dosis muy bajas evita la saturación de un lípido como el aceite de palma; esto no permite la introducción de moléculas de oxígeno en los dobles enlaces y lo torna más estable, evitando el proceso de hidrólisis que tiene como consecuencia tanto la oxidación de la grasa, como la formación de ácidos grasos libres. Es importante notar que al finalizar las diez semanas, el tratamiento sin BHT llegó al límite permitido, situación que puede repercutir sensorialmente y en su vida útil.

5.1.3 Índice de peróxido

Por oxidación se entiende, la reacción química que ocurre cuando el oxígeno se combina con otra molécula y producto de esta reacción hay una generación de calor y otros compuestos. En los lípidos esta oxidación ocurre en los dobles enlaces de la molécula, conocidos como puntos de insaturación. Una forma de medir el nivel de oxidación en un lípido se da al calcular el índice de peróxido, cuyo comportamiento normal tiene una tendencia a aumentar en el tiempo, hasta un nivel máximo y luego desciende, esto es conocido como oxidación primaria. Los productos que se forman en este proceso continúan reaccionando, dando lugar a lo que se conoce como oxidación secundaria. Es importante mencionar que una vez iniciado el proceso de oxidación en un lípido, este es continuo, es decir que no se detiene hasta que la oxidación primaria y secundaria se hayan llevado a cabo.

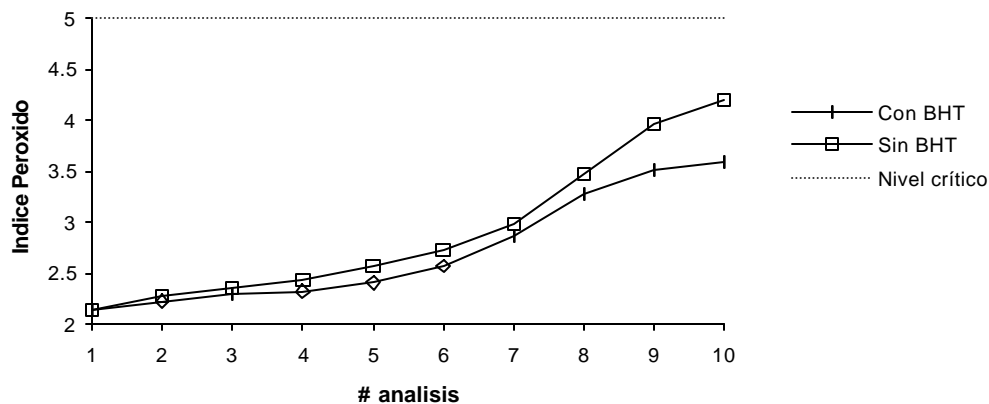


Figura 11. Índice de peróxido en el aceite de palma con BHT y sin BHT a través del tiempo.

En la figura 11, se observa que ninguno de los dos tratamientos sobrepasó el nivel crítico permitido y se encuentran posiblemente en el proceso de oxidación primaria, ya que la tendencia de las curvas no ha llegado a su punto máximo. Sin embargo el tratamiento sin BHT, a pesar de haber empezado en un mismo índice de peróxido que el tratamiento con BHT, presentó niveles más elevados de

oxidación que el otro tratamiento, lo que nos indica que el antioxidante utilizado tuvo el efecto deseado.

Ambos tratamientos presentaron una tendencia de comportamiento similar, como se presenta en la figura 11, esto quiere decir que hasta la semana séptima del análisis, la oxidación no presentaba un aumento pronunciado. Esto pudo deberse a que se evitó la entrada de oxígeno, usando envases herméticamente cerrados, para el almacenamiento de las muestras. También se mantuvieron en un lugar oscuro, con lo cual se disminuyó el riesgo de oxidación, causado por la radiación solar, llamada fotooxidación. Pero a partir de la séptima semana en adelante el índice de peróxido se elevó considerablemente. Esto se pudo deber al proceso intrínseco de degradación de las grasas o aceites, conocido como autooxidación, que se da cuando, por efecto de la humedad presente en el medio, se inicia el proceso de hidrólisis del lípido, degradando y transformando la grasa en compuestos menores, como son los aldehidos, cetonas y ácidos grasos libres.

5.2 ANÁLISIS SENSORIAL DE FRITURAS

En el cuadro 4, se aprecia los resultados del análisis sensorial realizado con las frituras elaboradas a partir de los diferentes tratamientos de aceite de palma con BHT y sin BHT, y las frituras realizadas con oleína comercial. En dicha evaluación sensorial, los tres tratamientos, fueron analizados estadísticamente a través de la prueba de Duncan, en la que se usa los promedios corregidos de los diferentes parámetros evaluados.

Cuadro 4. Resultados promedio de las tres evaluaciones sensoriales.

TRATAMIENTO	SABOR	OLOR	COLOR	TEXTURA	A. GENERAL
Aceite palma con BHT	93.88 ^A	96.60 ^A	112.80 ^A	94.03 ^A	100.23 ^A
Aceite palma sin BHT	92.28 ^A	95.90 ^A	110.15 ^A	92.15 ^A	99.20 ^A
Oleina	80.98 ^B	86.90 ^B	70.53 ^B	83.53 ^B	81.18 ^B

^{A-B} Letras iguales indican que no hay diferencia significativa ($P > 0.05$).

En el cuadro 4, los tratamientos de aceite rojo de palma con BHT y sin BHT, no presentan diferencia estadísticamente significativa en ninguna de las variables evaluadas. Esto indica que la presencia de BHT en uno de los tratamientos, no genera cambios sensoriales detectables en la muestra de panelistas evaluados.

En cuanto al tratamiento con oleína, este presentó una diferencia estadística significativa, de acuerdo al programa estadístico Duncan, con respecto a los otros dos tratamientos, en todas las características evaluadas. Esto se debe a que la oleína comercial es un aceite refinado con características organolépticas muy diferentes a las del aceite rojo de palma africana.

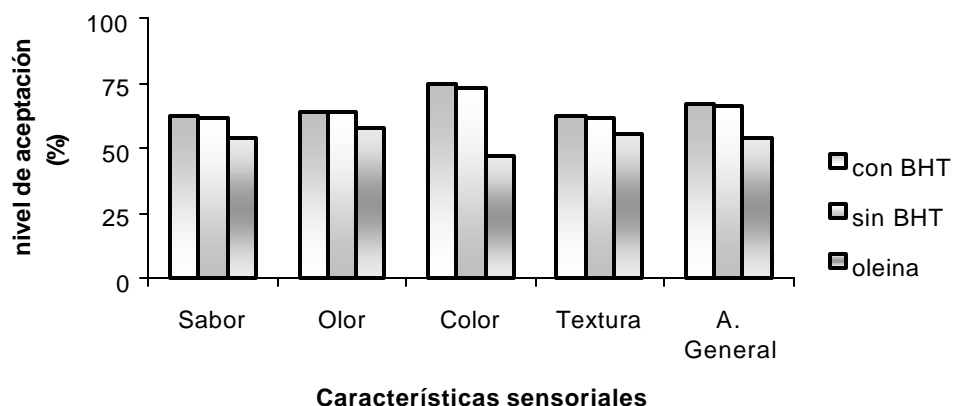


Figura 12. Resultados de las pruebas sensoriales efectuadas a los tratamientos.

En la figura 12, se puede observar los diferentes promedios que se obtuvieron al evaluar las características sensoriales de las frituras, realizadas con los diferentes tipos de aceite.

Tanto en el tratamiento con BHT y el tratamiento sin BHT, presentaron promedios más altos en todas las características evaluadas, que los promedios presentados por el tratamiento con oleína. Lo que indica que hubo una mayor aceptación del producto elaborado con aceite de palma, que del producto elaborado con oleína.

Los tratamientos de aceite de palma africana, en la variable color, fueron los que presentaron los promedios más elevados (75.2 y 73.4%) de calificación entre todas las variables. Esto puede deberse al alto contenido de carotenoides que tiene el aceite de palma, los cuales son responsables de la coloración roja intensa de este aceite. Esta coloración roja también es observada en las frituras, por lo que estos tratamientos tuvieron mayor aceptación entre los panelistas.

Por otro lado, en la misma variable color, el tratamiento con oleína presentó el promedio más bajo (47,02%) con respecto a todas las demás características evaluadas, ya que éste mostró una coloración pálida, con un tono de amarillo muy bajo.

Comparativamente el aceite crudo de palma transfiere una característica de pigmentación al producto frito. Lo que no sucede con la oleína, ya que ésta ha pasado por un proceso de refinado, blanqueado y desodorizado, el cual reduce las características de color, olor y sabor propios de los aceites crudos.

5.3 NIVEL DE SATURACIÓN DE LOS ACEITES USADOS PARA LAS FRITURAS

Una forma de calificar la calidad de los aceites, es realizar un análisis que refleje la composición y el estado en el que se encuentra la grasa o aceite.

Para caracterizar la composición y el estado de las grasas, se ha establecido una serie de índices con los cuales mediante el cálculo del reactivo gastado, se puede determinar ciertos grupos funcionales o ciertos componentes. Uno de estos índices es el de yodo, el cual expresa la cantidad de halógeno, calculado como yodo, que es fijado por 100 g de grasa. El gasto del halógeno (yoduro de potasio) depende del contenido de los dobles enlaces en la grasa, es decir el nivel de saturación que en la grasa se presente. Por consiguiente, mientras más yodo se consuma en la reacción, menos saturada está la grasa o aceite y viceversa.

En un proceso de fritura, en el que se use cualquier tipo de grasa o aceite insaturado, se sucederá una reacción de saturación, esto por efecto del calor requerido para llevar a cabo la fritura, ya que tiene la capacidad de romper los dobles enlaces de las cadenas insaturadas de los lípidos, formando así cadenas saturadas, es decir con enlaces simples.

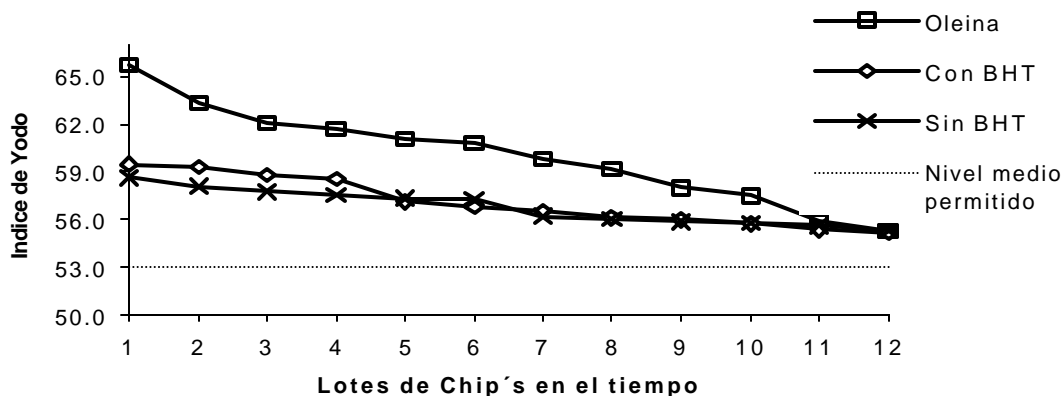


Figura 13. Determinación del índice de yodo en el aceite de palma con BHT, sin BHT y oleína comercial, a través del tiempo.

En la figura 13, se aprecia el comportamiento de los aceites utilizados (oleína comercial, aceite de palma africana con BHT y sin BHT) en el proceso para elaborar chips de banana, con el fin de determinar el nivel de saturación que alcanzan al ser sometidos a un proceso de fritura.

Ninguno de los tratamientos sobrepasó el punto medio permitido, lo que demuestra que el nivel de saturación alcanzado a lo largo del proceso de fritura, no llega a estar fuera de los límites establecidos. Sin embargo la oleína utilizada en el proceso de fritura, fue el tratamiento que menos saturación presentó al inicio, pero a su vez la velocidad de saturación en el tiempo, es mucho más acelerada, en comparación con la velocidad de saturación de los otros tratamientos.

En cuanto a los tratamientos en los que se utilizó aceite de palma africana con BHT y sin BHT, no se aprecia ninguna diferencia en la tendencia del

comportamiento del nivel de saturación en el tiempo de fritura, ya que inician con un nivel de saturación similar y terminan en el mismo punto de nivel de saturación. Se considera que, estos dos tratamientos, por ser la misma materia prima, aceite de palma africana, el comportamiento es similar y el efecto del antioxidante en el proceso de fritura no es significativo, ya que al someter el aceite a temperaturas mayores de 265° C este compuesto se volatiliza.

5.4 COSTOS DE INVERSIÓN Y PRODUCCIÓN PARA UNA PLANTA EXTRACTORA

Debido a que el aceite rojo de palma africana fue sensorialmente aceptado, en la prueba de escala hedónica por el grupo de panelistas, se considera recomendable realizar un análisis de los costos que conllevan producir este tipo de aceite. Sin embargo, por no ser un producto de consumo usual, se considera que no es recomendable presentar costos de una planta extractora muy grande. Es por ello que a continuación se presentan los costos de inversión y producción de una planta con una capacidad de proceso de 9 toneladas de Racimos de Fruta Fresca /hora, que es apropiada para producir y comercializar aceite crudo de palma africana.

Cuadro 5. Características de proceso una planta extractora de 9 Ton/ hora

RUBRO	PROMEDIO ANUAL
Capacidad de producción (toneladas de aceite)	6110
Capacidad de proceso (toneladas de fruta)	30552
Acidez permisible (%)	2 – 5
Rendimiento en aceite (%)	21

El cuadro 5 se presenta las características de una planta extractora de tipo pequeño, la cual puede procesar 9 toneladas de RFF por hora, el rendimiento de extracción de aceite que tiene una planta de este tipo es de 21%, es decir que del 100% de racimos de fruta fresca que llega a la planta, es extraído un 21% en aceite. Este aceite extraído sale del proceso con un porcentaje de acidez , que

varía en un rango de 2 a 5%. Estas características se encuentran dentro de los niveles aceptables que permite la industria aceitera.

Cuadro 6. Costo de inversión (\$), para una planta extractora de 9 Ton/ hora de proceso

RUBRO	COSTO (\$)
Edificios e instalaciones	93.252,00
Maquinaria y equipo	366.295,45
Vehículos	18.557,51
Muebles y equipo de oficina	11.758,39
Equipo de computación	19.684,34
Equipo de laboratorio	3.198,89
Subtotal	512.746,58
Depreciación	(52.610,61)
Total costo de inversión	460.135,97

En el cuadro 6, el costo de inversión para una planta extractora con las características descritas en el cuadro 5, es de \$US 460.135,97. Dentro de lo que es edificios e instalaciones, se tiene lo que es la parte administrativa (oficinas) y la estructura de la planta procesadora. Lo que corresponde a la maquinaria y equipo, son todas las máquinas que se utilizan para la extracción de aceite rojo (ver anexo B). Entre los costos fijos en maquinaria, requeridos para la planta extractora están, un tractor de 25 HP y un vehículo para la administración. En la parte administrativa se requiere, inmuebles de oficina y equipos de computación. Por último el costo por equipo de laboratorio, es por los materiales y equipo que se requiere para realizar análisis de control de calidad, tanto de la materia prima que ingresa a planta, como del producto elaborado cuanto pasa por las diferentes etapas de extracción.

Cuadro 7. Costos de extracción (\$/Ton de aceite) con y sin antioxidante, para una planta extractora de 9 Ton/hora de proceso.

RUBRO	COSTO (\$) sin BHT	COSTO (\$) con BHT
Compra materia prima (fruta)	294,24	294,24
Mano obra	15,68	15,68
Gastos administrativos	29,8	29,80
Antioxidante (BHT)		4,40
Costos de procesamiento	30,84	30,84
Recepción de fruta	0,4	0,40
Esterilización	1,57	1,57
Desgranado	0,06	0,06
Prensado	5,35	5,35
Clarificación	0,97	0,97
Secado	0,27	0,27
Almacenamiento	0,07	0,07
Varios	22,15	22,15
Total	370,56	374,92

El cuadro 7, presenta los costos de extracción que hay en una planta extractora con capacidad de 9 Ton/hora, que procesa el aceite de palma sin incluir un antioxidante como el BHT, y además se incluyen los costos de extracción agregando el antioxidante BHT.

Los costos de extracción se elevan solamente en 4,40 dólares por tonelada de aceite producido, cuando se añade BHT al proceso de extracción, lo que representa un 1,2% del total de los costos. Esto se debe a que se requieren pequeñas cantidades para que el antioxidante actúe (0.01%).

Como ya se demostró con los resultados del análisis de vida útil del aceite rojo de palma africana, que se encuentran en el apartado 5.1, el antioxidante BHT

dio una respuesta positiva, prolongando la vida útil de este aceite. Por lo tanto, basándose en que los costos de incluir el antioxidante en el proceso de extracción son bajos; y, sabiendo que la respuesta del uso de este antioxidante es positiva, para el aceite rojo de palma, es recomendable incluirlo en el proceso, ya sea para comercializar el producto crudo o para almacenarlo por un período de tiempo prolongado.

Tomando en cuenta las propiedades del antioxidante butil hidroxí tolueno (BHT), mencionadas en el apartado 3.3.3, lo más recomendable, para las industrias extractoras, es añadir este producto en la etapa de almacenamiento, en donde el aceite no se somete a temperaturas elevadas, evitando así que se volatilice el BHT.

6 CONCLUSIONES

- El método de extracción utilizado, no permite eliminar la totalidad del agua presente en el aceite, permaneciendo en los niveles máximos permitidos.
- Las condiciones de almacenamiento a las que estuvieron expuestas las muestras, mantuvieron el porcentaje de humedad de forma constante, durante las 10 semanas de evaluación.
- El BHT redujo el proceso de hidrólisis, que tiene como consecuencia la oxidación y formación de ácidos grasos libres en el aceite.
- Sensorialmente el aceite rojo de palma con BHT y sin BHT no presentaron diferencias estadísticamente significativas en las variables analizadas.
- La presencia del Antioxidante BHT en las frituras no es sensorialmente detectado por los panelistas evaluadores.
- Los tratamientos de aceite de palma con BHT y sin BHT, presentaron promedios más elevados en todas las características evaluadas sensorialmente, que los promedios presentados por el tratamiento con oleina.
- La pigmentación que da el aceite de palma a las frituras fue la variable con promedios de aceptación más alta entre la muestra de panelistas evaluadores.
- Durante el proceso de fritura, ninguno de los tratamientos sobrepaso límite máximo de saturación.
- Los tratamientos a base de palma africana, con BHT y sin BHT no presentan diferencias en la tendencia de comportamiento del nivel de saturación en el tiempo de fritura.

- La velocidad de saturación en el proceso de fritura, es más acelerada en el tratamiento con oleina que en los tratamientos a base de aceite de palma africana.
- El utilizar el antioxidante butil hidroxil tolueno (BHT) en el proceso de extracción de aceite de palma africana, aumente los costos de producción en 1,2%.

7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar la efectividad de otros tipos de antioxidante, de menor costo.
- Se recomienda realizar un estudio de factibilidad para identificar las oportunidades de mercado que pueda tener el aceite crudo de palma africana.
- Prolongar las pruebas de vida útil para evaluar el tiempo máximo de efectividad del BHT en el aceite.
- Aumentar las tandas de fritura para ver el comportamiento que presenta el aceite al alcanzar niveles más altos de saturación.
- Se recomienda estudiar el potencial del aceite rojo de palma africana como colorante natural de los alimentos.

8 LITERATURA CITADA

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th Edición. Ed. AOAC International. Virginia. EE.UU. P n d
- ARAYA,H; BACIGALUPO, A. 1986. Importancia del aceite de palma africana en la alimentación Latinoamericana. Ed. FAO. Valledupar. Colombia. 213p.
- BACIGALUPO, A. 1988. Palma Aceitera. Utilización del aceite de palma en la alimentación humana. Ed FAO. Santo Domingo. Ecuador. 170p.
- BADVI, S. 1997. Diccionario de Tecnología de alimentos. Ed. Alambra. México D.F. México . 300 p.
- BERMUDEZ, J. 1998. Hace tres generaciones cultivan bananos y palmas. Revista carta ganadera. Bogotá Colombia. Pag 14 de 24.
- ESCOBAR, R. 1996. Palma Aceitera, la esperanza del siglo XXI para el Pacífico sur de Costa Rica. ASD de Costa Rica. San José, Costa Rica. 73p.
- FAO. 2000 (febrero). [en línea]. <<http://fao.gov>> [consulta 27 de marzo, 2000].
- HARTLEY, C. 1984. The Oil Palm. Lonhman Inc. New York, U.S.A. 806p.
- HERERA, F. 1989. El cultivo de la palma de aceite. Ed. EUNED. San José, Costa Rica. 56p.
- MEUNIER, J; HARDON, J. 1976. Interspecific Hybrids between Elaeis guineensis and Elaeis oleifera. In Corley R:H:V; et al Editors, Oil Palm Research. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, The Netherlands. p 127-137.
- OIL AND FATS INTERNATIONAL. 1998 (diciembre). Prices of selected oils. Oil and fats. (England) Vol 14 No, 13-40.
- OIL WORLD. 1998. Summary surveys of our and demand balance for oil and fats. Oil World Annual. 1998. P n. d.
- OIL WORLD. 1999. Summary surveys of our and demand balance for oil and fats. Oil World Annual. 1999. P n. d.
- ORTHOFFER, T.; ERIKSON, D.; MOUNTS, T. 1991. Curso básico de aceites y grasas comestibles (ciencia y tecnología). Editorial AOCS. Illinois, U.S.A. 200 p.

- PATTERSON, H. 1989. Handling and storage of oilseeds, oils, fats and meal. Editorial Elsevier. Nueva York, U.S.A. 394 p.
- PEIXOTO, H. 1986. Palma aceitera. Papel de aceite de palma en la solución de los problemas de bajo consumo calórico en América Latina. Su consumo y la salud Humana. Ed FAO. Valledupar. Colombia. 213 p.
- PERALTA, F. 1997. Perspectivas para el cultivo de palma aceitera en el valle del alto Huallaga Perú. San José, Costa Rica. 7 p.
- P.O.R.I.M. 1998. Manual de procedimientos para ensayos de palma. Ed. P.O.R.I.M. Malasia. P n d
- POTTER, N. 1973. La ciencia de los alimentos. Ed. EDUTEX. México D.F. México. 749 p.
- QUESADA G. 1998. Cultivo e industria de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*). Ed. Infoagro. San José, Costa Rica. 67 p.
- RÍOS, R. 1999. Control de calidad de la cosecha. Ed. ANCUPA. Santo Domingo de los Colorados, Ecuador. 3p.
- SURRE, C; ZILLER, R. 1969. La palma de aceite. Ed. BLUME. Barcelona, España. 231 p.
- USDA. 2000. (febrero). [en línea]. EUA. <<http://usda.gov>> [consulta 27 de febrero, 2000].
- WATTS, B; YLIMAKI, G; JEFFERQ, L; ELÍAS, L. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. CIID. Montevideo, Uruguay. 92 p.

ANEXOS

Anexo A. Prueba de escala hedónica para determinar el grado de aceptación de los tratamientos por parte del panel.

UNIVERSIDAD EARTH

Chip´s de banano elaborados con distintos tipos de aceites
Trabajo de Graduación

Nombre: _____ Fecha: _____

SABOR

Me desagrada mucho

Me agrada mucho

--	--

OLOR

Me desagrada mucho

Me agrada mucho

--	--

COLOR

Me desagrada mucho

Me agrada mucho

--	--

TEXTURA

Me desagrada mucho

Me agrada mucho

--	--

APARIENCIA GENERAL

Me desagrada mucho

Me agrada mucho

--	--

Observaciones _____

Anexo B. Diagrama del proceso de extracción de aceite de palma africana en una planta extractora con capacidad de 9 Ton / hora y 21 % de rendimiento.

