

## EVALUACIÓN DEL PROCESO DE OXIDACION DE LA NUEZ DE LA PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis*)<sup>1\*</sup>

Jorge Eduardo Solís <sup>2/\*\*</sup>  
Mario E. Zumbado <sup>\*\*\*</sup>

### ABSTRACT

**Evaluation of the development of rancidity in kernels of the oil palm (*Elaeis guineensis*).** Two experiments were conducted to assess the effect of the presence of broken kernels (BK) and the storage period (SP) of full-fat palm kernels (PK) on peroxide number (P; Exp. I) and on acid value or free fatty acid (FFA) content expressed as lauric acid (Exp. II). In both experiments, samples of PK containing 0, 15, 30, 60 or 85% broken kernels were stored in microsilos during 0, 7, 14 and 28 days. Both P and FFA increased significantly ( $P \leq 0.05$ ) as the levels of BK and SP increased. Maximum P and FFA levels were 2.15 meq/kg of PK and 0.55%, respectively; these values are within the limits acceptable for the feed industry. Regression equations to measure the effects evaluated in this work, were calculated.

### INTRODUCCION

El palmiste integral es un subproducto de la industrialización del fruto de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*); está formado por la semilla o nuez y contenidos variables (9,76±7,95) del endocarpo, cuesco o cáscara. Su utilización representa una importante alternativa para mejorar el nivel energético de los alimentos para animales (Zumbado, 1990). Jackson y Zumbado

(1991, datos sin publicar) encontraron un valor de 4439 kcal/kg de energía metabolizable verdadera (EMV) para el palmiste integral sin contaminación con cáscara. Actualmente ciertos productores avícolas en Costa Rica lo utilizan especialmente en las raciones para pollos de engorde, dado su alto contenido de aceite y por ende de energía metabolizable. Sin embargo, han detectado variaciones en su calidad, especialmente en lo que se refiere a la contaminación con cáscara y al porcentaje de grano quebrado.

Las materias primas ricas en lípidos presentan el inconveniente de que a partir de su procesamiento se deterioran con mucha facilidad, ya que los aceites y las grasas comienzan a oxidarse desde el momento en que son aislados de su ambiente natural, ocurriendo cambios durante la manipulación y el almacenamiento que reducen su valor nutricional (Maynard *et al.*, 1979).

- 
- 1/ Recibido para publicación el 7 febrero de 1992.  
2/ Autor para correspondencia.  
\* Proyecto N° 131-90-063 de la Vicerrectoría de Investigación. Universidad de Costa Rica.  
\*\* Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.  
\*\*\* Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

El palmiste integral contiene 46-47% de aceite en base seca (Cornelius, 1983), lo que lo convierte en un producto susceptible a la oxidación, siendo esta característica una posible limitante para el uso eficiente en los alimentos balanceados.

Aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres y grasas polimerizadas son los productos directos del proceso de la oxidación. La presencia de estos productos químicos es detrimental para el valor energético, el sabor y el olor de los alimentos. Además, los peróxidos pueden iniciar la oxidación y destrucción de las vitaminas liposolubles (A, D, E, y K) y otros constituyentes alimenticios susceptibles, como son las xantofilas (Calabotta y Shermer, 1985).

Los productos de la oxidación de las grasas y la destrucción de nutrientes han sido implicados con el origen de algunas enfermedades carenciales en aves, tales como encefalomalacia, diátesis exudativa, distrofia muscular y necrosis tisular en varios órganos, así como también, con una pobre fertilidad e incubabilidad de huevos. Estos signos de deficiencias nutricionales son fácilmente observados cuando se utilizan alimentos severamente oxidados; pero cuando el grado de oxidación no es muy severo, se pueden producir desbalances más sutiles, tales como reducción en la ganancia de peso y en la eficiencia alimenticia, los cuales pueden ser difíciles de detectar pero pueden tener un efecto significativo sobre los rendimientos económicos de la explotación (Calabotta y Shermer, 1985).

La mayoría de los autores coinciden en que es posible observar una disminución en el consumo de alimento, depresión en el crecimiento y pobres conversiones alimenticias (Hussein y Kratzer, 1982; Inoue *et al.*, 1984; Calabotta y Shermer, 1985). Contrariamente, L'Estrange *et al.* (1966) no encontraron diferencias significativas en la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia en pollos de engorde alimentados con una dieta que contenía grasa de vacuno oxidada y una dieta control sin grasa.

Cabel y Waldroup (1988) determinaron que a partir de 4 meq de peróxidos por kg de alimento, el rendimiento de los pollos se afectó significativamente y que, la adición de un antioxidante disminuyó el efecto detrimental de la rancidez en la dieta.

Considerando el alto contenido de aceite en el palmiste integral, la presencia de granos quebrados y la falta de estándares de control de calidad para este subproducto se realizó la presente investigación con el objetivo de determinar el

efecto de diferentes cantidades de grano quebrado y períodos de almacenamiento sobre el proceso de oxidación del palmiste integral.

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo experimental se llevó a cabo en el bioterio de la Escuela de Zootecnia y en el Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica. Con el propósito de evaluar el proceso oxidativo que sufre el palmiste integral se realizaron dos experimentos; en el experimento I se determinó el índice de peróxidos y en el II el índice de acidez.

Se utilizaron muestras frescas de palmiste integral en grano entero (150 kg) con contenido de humedad de 7,08 y 6,83%, en los experimentos I y II, respectivamente (contenido de humedad adecuado para su almacenamiento. Zeledón, M. 1991. Comunicación personal. Centro de Investigaciones en Granos y Semillas, Universidad de Costa Rica) (temperaturas reportadas para los períodos en que se realizaron los experimentos. Exp. I del 08-2-91 al 04-3-91; Exp. II del 04-5-91 al 01-6-91, Laboratorio de Climatología, Instituto Meteorológico Nacional). Este último porcentaje se considera un contenido de humedad adecuada para su almacenamiento (Zeledón, M. 1991. Comunicación personal. CIGRAS-UCR). Este material fue recolectado directamente de la unidad secadora en la Planta Aceitera de Palma Tica, en Palo Seco, Parrita, Puntarenas. Cada muestra se dividió en 5 submuestras (30 kg cada una) a las que se les agregó diferentes contenidos de grano quebrado: 0, 15, 30, 60 y 85%. Según lo encontrado en la prueba preliminar realizada directamente en la fábrica de alimentos balanceados (de la Corporación PIPASA) con 48 embarques procedentes de Palo Seco 30% se consideró un contenido promedio normal de grano quebrado. Además, cada submuestra fue almacenada en 3 microsilos cilíndricos de metal con tapa y con capacidad para 10 kg cada uno por 4 diferentes períodos (0, 7, 14 y 28 días), bajo techo y a temperatura ambiente (Exp. I, mínima= 14,7°C, máxima= 23,3°C, media= 17,9°C y Exp. II, mínima= 16,8°C, máxima= 23,9°C, media= 19,6°C). Cada microsilo estaba dividido verticalmente en 4 compartimentos iguales, con el objetivo de obtener una muestra representativa independiente a los 0, 7, 14 y 28 días de almacenamiento para los respectivos análisis de laboratorio.

En ambos experimentos se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas (5 x 4) con 3 repeticiones por tratamiento, en donde el primer factor fue el contenido de grano quebrado y el segundo el período de almacenamiento.

Para la determinación química del grado de oxidación se utilizaron los métodos oficiales de laboratorio, descritos por la AOCS (1993).

El efecto de nivel de grano quebrado, del período de almacenamiento y su interacción fue analizado usando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = u + A_i * R(A)_{ij} + B_k + (AB)_{ik} + E_{ijk}$$

En donde,

$u$  = medio general.

$A_i$  = efecto del nivel de grano quebrado.

$R(A)_{ij}$  = error a (componente aleatorio asociado a las parcelas grandes).

$B_k$  = efecto del período de almacenamiento.

$(AB)_{ik}$  = efecto de la interacción.

$E_{ijk}$  = error b (componente aleatorio asociado a las parcelas pequeñas).

Diferencias estadísticas entre medias se detectaron utilizando una prueba de F con un nivel  $\alpha=0,05$ .

Análisis de regresión fueron utilizados para cuantificar el efecto del porcentaje de grano quebrado sobre el contenido de peróxidos y ácidos grasos libres en el palmiste integral, así como el efecto del período de almacenamiento sobre el contenido de ácidos grasos libres.

Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el paquete estadístico SAS.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Experimento I: contenido de peróxido

El contenido de peróxidos mostró una tendencia a incrementar en forma significativa ( $P \leq 0,05$ ) conforme aumentó tanto el período de almacenamiento como el porcentaje de grano quebrado (Cuadros 1 y 2).

Consistentemente, el contenido de peróxidos aumentó hasta el día 14 para posteriormente decrecer (Figura 1). De acuerdo con lo expresado por Mohankumar *et al.* (1990), esto podría considerarse normal, pues durante la oxidación los radi-

Cuadro 1. Efecto del período de almacenamiento sobre el grado de oxidación del palmiste integral.

	Período de almacenamiento (días)			
	0	7	14	28
Peróxidos (meq/kg de palmiste)	0,37a	0,76b	1,80d	0,97c
Acidos grasos libres (% láurico/kg palmiste)	0,13a	0,20b	0,28c	0,46d

abcd: Medias con diferente letra en una misma hilera presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ )

Cuadro 2. Efecto del contenido de grano quebrado en el palmiste integral sobre el grado de oxidación.

	Proporción de grano quebrado (%)				
	0	15	30	60	85
Peróxidos (meq/kg de palmiste)	0,77a	0,86a	0,92a	1,16b	1,18b
Acidos grasos libres (% láurico/kg palmiste)	0,23a	0,25ab	0,27b	0,31c	0,28b

abc: Medias con diferente letra en una misma hilera presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ).

cales libres son fuertes iniciadores y promotores de la misma; por lo tanto, el desdoblamiento oxidativo de las grasas y los aceites se convierte por sí mismo en un proceso autocatalítico, desarrollándose una reacción en cadena lo cual explicaría lo sucedido hasta el día 14. Al final de la oxidación se forman hidroperóxidos, los cuales incrementan en gran cantidad para luego descomponerse en compuestos aromáticos de cadena corta (principalmente aldehídos, cetonas, alcoholes y ácidos) lo que parece suceder en este experimento a partir del día 14 de almacenamiento.

En la Figura 2 se puede observar que para cualquiera de los períodos la presencia de una mayor cantidad de grano quebrado en el palmiste integral, incrementó el contenido de peróxidos, debido, posiblemente, a que se expone una mayor cantidad de aceite al proceso de oxidación (Heaton *et al.*, 1978). En este sentido, la dermis o cutícula negra

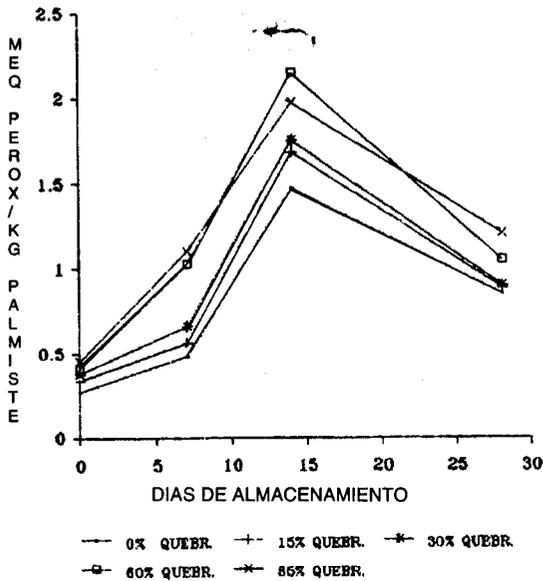


Fig. 1. Efecto del período de almacenamiento sobre el grado de oxidación del palmiste integral con diferentes contenidos de grano quebrado.

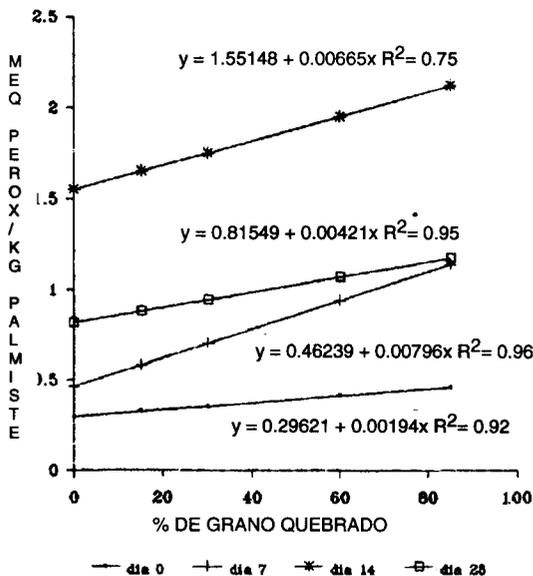


Fig. 2. Efecto del % de grano quebrado sobre el grado de oxidación del palmiste integral almacenado durante diferentes períodos.

que protege al grano podría actuar como aislante evitando la exposición del aceite al aire y por ende disminuyendo el proceso oxidativo.

El mayor contenido de peróxidos se obtuvo durante el día 14 de almacenamiento y un 60% de grano quebrado (2,15 meq de peróxidos/kg de palmiste = 4,6 meq peróxidos/kg de aceite); sin embargo, este nivel no sería perjudicial para los animales, por cuanto la industria alimentaria establece como aceptable valores inferiores a 20 meq de peróxidos/kg de aceite (Shemer y Calabotta, 1985).

El grado de oxidación está directamente relacionado con la presencia de dobles enlaces en la molécula del triglicérido; por lo tanto, el bajo contenido de peróxidos presente en el palmiste integral se puede deber a que ese aceite es altamente saturado (81,21% de ácidos grasos saturados) de los cuales un 50,78% es de ácido láurico y un 17,0% de ácido mirístico y tan solo un 15,9% de ácidos grasos monoinsaturados (Oleico) y un 2,91% de poliinsaturados principalmente de ácido linoleico (Coto y Solís, 1991). Además el hecho de que el aceite esté en su forma más natural al ser parte integral del grano le permite estar menos expuesta a la oxidación.

**Experimento II: contenido de ácidos grasos libres**

El contenido de ácidos grasos libres (% AGL p/p, como ácido láurico) en el palmiste integral se incrementó significativamente ( $P \leq 0,05$ ) conforme aumentó tanto el período de almacenamiento como el porcentaje de grano quebrado (Cuadros 1 y 2).

El mayor % AGL (0,54) se presentó a los 28 días en el palmiste que contenía un 60% de grano quebrado, no siendo éste muy diferente al contenido de la muestra con 85% de grano quebrado, a saber 0,48% de AGL (Figura 3).

El % AGL tendió a incrementar conforme aumentó el porcentaje de grano quebrado desde 0 hasta 60% para cada uno de los 4 períodos de almacenamiento (Figura 4); esto coincide con lo encontrado por Heaton *et al.*, (1978), quienes al evaluar el efecto de la presencia de semillas quebradas en el cártamo con diferentes niveles de humedad sobre el contenido de ácidos grasos libres, encontraron que el efecto fue mayor en las muestras que presentaban semillas quebradas.

Atkinson (1985) realizó varias evaluaciones sobre el rendimiento de pollos y cerdos y encontró

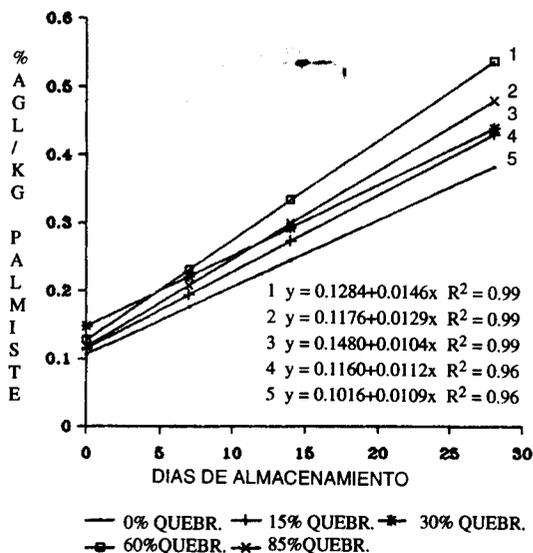


Fig. 3. Efecto del periodo de almacenamiento sobre el grado de oxidación del palmiste integral con diferentes contenidos de grano quebrado.

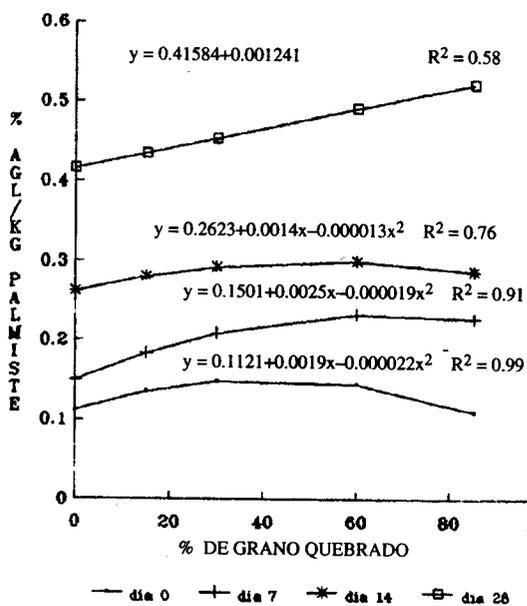


Fig. 4. Efecto del % del grano quebrado sobre el grado de oxidación del palmiste integral almacenado durante diferentes periodos.

que solamente cuando la proporción de AGL excedió el 50% se inició un declive en la digestibilidad de las dietas, sin embargo, señaló que las grasas con no más del 15% de AGL son las preferidas y recomendadas en la alimentación animal. Por lo tanto, con base en lo anterior se puede decir que a pesar del efecto detrimental causado por los factores evaluados en este experimento sobre el % AGL en el palmiste integral, los niveles encontrados se encuentran muy por debajo del señalado por Atkinson (1985) como perjudicial.

La hidrólisis se define como la separación de los ácidos grasos de la molécula de glicerol por efecto del contenido de humedad o la acción enzimática. Los ácidos grasos de cadena corta son los que se hidrolizan con mayor facilidad, especialmente los de 4 y 10 átomos de carbono. Los ácidos grasos con un número mayor de 12 carbonos no producen sabores desagradables, sin embargo, se les puede objetar algún sabor similar a cera o sebo (Erickson, 1990). Por lo tanto, el bajo índice de acidez que presentó el palmiste integral tanto por efecto del período de almacenamiento como por el contenido de grano quebrado, fue debido posiblemente a que su grasa está compuesta en su mayoría por un alto contenido de ácido láurico y mirístico (C12 y C14) y a que fue almacenado con un adecuado contenido de humedad (Chin, 1983). Además, la fruta de la palma, previo a la obtención de la nuez es regularmente tratada a una temperatura superior a los 80°C (González, W. 1991. Comunicación personal. Palma Tica, Palo Seco, Puntarenas), lo cual, según Mohankumar *et al.* (1990), elimina totalmente la presencia de cualquier actividad hidrolítica.

Los resultados demuestran que el palmiste integral almacenado en silos y con un nivel adecuado de humedad (6-7%) por períodos de hasta 28 días es bastante estable a la oxidación, lo cual sugiere que puede utilizarse en la alimentación animal con un alto grado de confianza.

## RESUMEN

Dos experimentos fueron conducidos con el objetivo de determinar el efecto de diferentes períodos de almacenamiento y contenidos de grano quebrado sobre el grado de oxidación del palmiste integral. En el experimento I se determinó el Índice de Peróxidos (P) y en el experimento II el Índice de Acidez (%AGL). En ambos, el palmiste integral

contenía 0, 15, 30, 60, y 85% de grano quebrado y fue almacenado en microsilos metálicos por diferentes períodos (0, 7, 14 y 28 días).

Tanto el índice de peróxidos como el de acidez aumentaron significativamente ( $P \leq 0,05$ ) debido al efecto causado por el nivel de grano quebrado y el período de almacenamiento. Sin embargo, en ambos casos los índices máximos de oxidación (2,15 meq de peróxidos/kg de palmiste y 0,55% de AGL), se encuentran muy por debajo de los contenidos límites permitidos por la industria de alimentos balanceados para animales.

Los resultados demuestran que el palmiste integral almacenado en silos y con un adecuado nivel de humedad (6-7%) por períodos de hasta 28 días es bastante estable a la oxidación, lo cual sugiere que puede utilizarse en la alimentación animal con un alto grado de confianza.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Compañía Numar y a la Compañía Palma Tica, S.A., el apoyo técnico y económico ya que gracias a su colaboración fue posible este trabajo de investigación.

### LITERATURA CITADA

- ATKINSON, R.E. 1985. Feed grade animal fats (FGAF) in feeds. Published by the National Renderers Association in Cooperation with the U.S. Department of Agriculture, London, England. p. 1-7.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL OIL CHEMISTS SOCIETY. 1993. Official and tentative methods of the American Oil Chemists Society (AOOCS). II Ed. Am. Oil Chem. Soc. Champaign, IL.
- CABEL, M.C.; WALDROUP, P.W. 1988. Effects of ethoxyquin feed preservative and peroxide level on broiler performance. *Poultry Science* 67:1725-1730.
- CORNELIUS, J.A. 1983. Processing of oil palm fruit and its products. Tropical Products Institute. Gray's Inn. Road London. p. 3-7.
- CALABOTTA, D.F.; SHERMER, W.D. 1985. Controlling feed oxidation can be rewarding. *Feedstuffs* 57(48):25-32.
- COTO, G.J.; SOLIS, J.E. 1991. Determinación del proceso de oxidación del aceite de palmiste por el método AOM.
- CHIN, A.H. 1983. Palm oil quality refining and end uses. Incorporated Society of Planters, Wisma ISP, 29, 31 & Jalan Taman U Thant, Kuala Lumpur, Malaysia.
- ERICKSON, D.R. 1990. Selection and use of fats and oils in feed formulations. Presented at Latin American Educational Center for Animal Nutritionists and Veterinarians. San José, Costa Rica, p. 23.
- HEATON, T.C.; KNOWLES, P.F.; MIKKELSEN, D.S.; RUCKMAN, J. E. 1978. Production of free fatty acids in safflower seeds by fungi. *Journal of American Oil Chemist Society* 55(5):465-468.
- HUSSEIN, A.S.; KRATZER, F.H. 1982. Effect of rancidity on the feeding value of rice bran for chickens. *Poultry Science* 61:2450-2455.
- INOUE, T.A.; KURASHIGE, M.T.; SHIGO, F. 1984. Nutritional effect of oxidized soybean oil in broiler diets. XVII World's Poultry Congress. Finland. p. 368-369.
- L'ESTRANGE, J.L.; CARPENTER, K.J.; LEA, C.H.; PARR, L.J. 1966. Nutritional effects of autoxidized fats in animal diets. 2. Beef fat in the diet of broiler chicks. *Br. J. Nutr.* 20:113-122.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; WARNER, R.G. 1979. *Nutrition Animal*. 7 ed. México. p. 114-115.
- MOHANKUMAR, C.; ARUMUGHAN, C.A.; KALEYSA RAJ., R. 1990. Histological localization of oil palm fruit lipse. *Journal of the American Oil Chemists' Society*.
- PORRAS, C.H. 1987. Evaluación de la calidad de la grasa animal en presencia o ausencia de antioxidantes en raciones para pollos parrilleros. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. p. 42.
- SHERMER, W.D.; CALABOTTA, D.F. 1985. Oxidation of feed: How much has occurred? *Feedstuffs* 57(45):19-20.
- ZUMBADO, M. 1990. Utilización de los productos de la palma africana en la alimentación aviar. *Avicultura Profesional* 7(4):137.