

## CINÉTICA DE DETERIORO DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE LA PALMA COROBA (*Attalea maripa*)

### OXIDATION KINETICS OF THE OIL OF THE COROBA PALM (*Attalea maripa*)

EDITH SALAZAR DE MARCANO<sup>1</sup>, DOUGLAS BELÉN<sup>2</sup>, GLADYVEL MARÍN<sup>1</sup>, HEROLYS MORENO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Oriente. Departamento de Ingeniería Química. Centro de Investigaciones en Biotecnología Industrial y Alimentos. Puerto la Cruz, Estado Anzoátegui-Venezuela. <sup>2</sup>Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. Laboratorio de Biomoléculas. Canoabo, Estado Carabobo -Venezuela.  
E-mail: edithsa10@hotmail.com

#### RESUMEN

En la población de Caicara del Orinoco del estado Bolívar de la República Bolivariana de Venezuela se extrae de forma artesanal aceite comestible de la semilla de la palma coroba, el cual posee un gran potencial en la agroindustria. Sin embargo, por su misma naturaleza pudiera estar sometido a factores de deterioro, tales como: la temperatura, trazas de metales, etc, que provocarían la rancidez del mismo, definiendo la vida de almacenamiento de este tipo de producto. Por lo que podría ser atractivo y necesario estudiar la estabilidad de este aceite, que le daría un valor agregado y por consecuencia beneficios a la población rural de esta región. Para ello, en la zona de producción se seleccionaron aleatoriamente, 15 litros de aceite, de los cuales se almacenaron muestras a 15, 25 y 35 °C, analizándose cada 24, 12 y 6 meses por 16, 8 y 4 días para  $Q_{10}=2$  y 36, 12 y 4 meses por 36, 12 y 4 días para  $Q_{10}=3$  respectivamente, en cuanto a los índices de acidez y peróxido de cada muestra de aceite de la semilla de la coroba. La cinética de deterioro del aceite con respecto al índice de acidez presentó un comportamiento de orden cero, dependiente de la temperatura de almacenamiento, según la ecuación de Arrhenius, con un valor de energía de activación de 51,75 kJ/mol. Se pudo predecir que la vida útil del producto a  $25\text{ °C} \pm 2$ , con un valor real de  $Q_{10}=2$ , fue de 3,65 meses.

**PALABRAS CLAVE:** Coroba, cinética de deterioro, vida útil, aceite.

#### ABSTRACT

Edible coroba oil, which has a great potential in agroindustry, is extracted by traditional artisan methods from the seed of the coroba palm in the town of Caicara del Orinoco, state of Bolívar, Bolivarian Republic of Venezuela. The oil thus extracted is subject to deteriorating factors such as temperature, trace metals, etc., that could turn it rancid and define the shelf life of this product. Studying the stability of this oil is both attractive and necessary and would give it a value-added worth that would benefit the rural population in this region. For this study, 15 liters of oil were randomly selected to prepare samples which were stored at 15, 25, and 35 °C, to be subsequently analyzed for the determination of acidity and peroxide indices every 16, 8, and 4 days for 24, 12, and 6 months for  $Q_{10}=2$ ; and 36, 12, and 4 months for  $Q_{10}=3$ , respectively. Oil degradation kinetics relative to the acidity index showed a zero-order behavior, dependent on storage temperature, as per the Arrhenius Equation, with an activation energy value of 51.75 kJ/mol. The shelf life of the product was predicted to be 3.65 months at  $25\text{ °C} \pm 2$  with a real value of  $Q_{10}=2$ .

**KEY WORDS:** Coroba, degradation kinetics, shelf life, oil.

#### INTRODUCCIÓN

La extracción artesanal de aceite comestible generalmente se realiza en las zonas de siembra de las materias prima. Esto supone productores en pequeña escala que tienen acceso a la misma, lo que ayuda a asegurar que las semillas aceitosas se procesen rápidamente, además de reducirse los costos por transporte. En las comunidades pobres, rurales y urbanas, los aceites vegetales sin refinar contribuyen considerablemente a la cantidad de

aceite consumido, siendo asequibles a la población de bajos ingresos y representan una importante fuente de  $\beta$ -carotenos y tocoferoles (Barrera, 1998).

Actualmente en el municipio Cedeño del estado Bolívar –Venezuela, se extrae en forma artesanal de la semilla del fruto de la palma coroba aceite comestible que aporta calorías, sabor y textura a los alimentos preparados y consumidos por los habitantes de esta comunidad (Belen *et al*, 2001).

Los aceites son susceptibles a diferentes reacciones de deterioro que reducen el valor nutritivo del alimento, y además, producen compuestos volátiles que imparten olor y sabor desagradable, esto generalmente se debe a que el enlace ester de los acilglicéridos es susceptible a la hidrólisis química o enzimática (rancidez hidrolítica), y a que los ácidos grasos insaturados son sensibles a reacciones de oxidación (rancidez oxidativa) (Ziller y Campbell, 1996).

Generalmente el estudio de la estabilidad de un aceite comestible, o resistencia al deterioro debido a cualquiera de los tipos de rancidez, se realiza en función de variables o índices que permitan determinar si ha ocurrido reacciones con los grupos funcionales de las grasas o aceites que pudieran provocar degradación de los mismos o de sus componentes. Entre ellos destacan el índice de acidez (IA), que es una medida de los ácidos libres presentes en grasas y aceites, y el índice de peróxido (IPO), que es una medida del oxígeno unido a las insaturaciones presentes en los ácidos grasos en forma de peróxidos (Ramos y Tarazona, 2001). Luego, se evalúa la velocidad o rapidez de dichas reacciones de deterioro, expresados como cambios de concentración por unidad de tiempo. El orden de la reacción en un alimento se puede calcular en función de la concentración de los reactantes o de los productos. La mayor parte de los datos de vida útil para el cambio de una característica de calidad, basado en una reacción química o crecimiento bacteriano, sigue un modelo de orden cero ( $n = 0$ ) o de primer orden ( $n = 1$ ) y hasta fraccionados (Shitole *et al*, 2005). Al conocer el orden de la reacción, se puede extrapolar basándose en pocas medidas, mediante representaciones gráficas correctas, a los valores máximos permitidos de los índices ensayados al término fijado de su vida útil (Fennema, 1993).

Uno de los factores que afectan la rapidez de deterioro de las grasas y aceites es la temperatura, observándose que un incremento de la misma aumenta la velocidad de estas reacciones de deterioro (Ziller y Campbell, 1996). Teóricamente la constante de velocidad de reacción puede obedecer a la ecuación de Arrhenius, la cual expresa matemáticamente su dependencia con la temperatura absoluta como:

$$K = A_0 \times e^{-E_a/R T} \quad (\text{Ec. 1})$$

K = Constante de velocidad de reacción

$A_0$  = Constante pre-exponencial ó factor de Arrhenius.

$E_a$  = Energía de activación

R = Constante general de los gases ideales

T = Temperatura Absoluta (K).

Aplicándole logaritmo neperiano a la Ec.1 quedaría que:

$$\ln K = -\frac{E_a}{R T} + \ln A_0 \quad (\text{Ec. 2})$$

Luego, la Ec.2 puede tomar la forma lineal, donde al graficar  $\ln K$  contra  $1/T$  daría una línea recta cuya pendiente sería igual a  $-E_a/R$ . Esta ecuación (Ec.2) permite predecir, bajo ciertas limitaciones, el comportamiento de la constante de velocidad de una reacción para una temperatura estudiada y cualquier otra temperatura diferente a la del ensayo. Una de las variantes de esta dependencia es el valor de  $Q_{10}$ , el cual se define como el número de veces que varía la velocidad de una reacción con un cambio de  $10^\circ\text{C}$  en la temperatura. Si la velocidad de reacción se duplica con el cambio de  $10^\circ\text{C}$  con la temperatura,  $Q_{10} = 2$  (Toledo, 1991).

La estabilidad de las grasas y aceites comestibles es uno de los factores que preocupan a los productores, así como también uno de los principales criterios de calidad en estos productos. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar la cinética de deterioro del aceite extraído de la semilla de la coroba, ya que su gran potencial en la agroindustria y su aprovechamiento a gran escala le daría un valor agregado importante a la coroba, que es su fuente original, y consecuentemente representaría beneficios a la población rural, principalmente a la comunidad de Caicara del Orinoco.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestra

Se recolectaron muestras de aceite, extraído artesanalmente de la almendra del fruto de la palma coroba por los productores de la población del Caicara del Orinoco, en el municipio Cedeño, del estado Bolívar, Venezuela. La selección de las muestras fue aleatoria y las mismas estuvieron contenidas en botellas de vidrio de un litro de capacidad cada una, para un total de 15L de muestras de aceite.

### Acondicionamiento de las muestras

Se procedió a colocar muestras de aceite en ambientes a temperaturas de 15, 25 y 35 °C con una variación promedio de  $\pm 2$  °C, y organizadas con base a la metodología propuesta por Labuza (1985), para dos valores de  $Q_{10}$  y frecuencias de muestreo, para seguir el curso de la cinética de rancidez hidrolítica y oxidativa, tal como se presenta en la Tabla 1. Dicha metodología se basa en establecer el tiempo de ensayo a cada una de las temperaturas en estudio, infiriendo la vida útil deseada a la temperatura de distribución media que permita realizar la menor cantidad de ensayos necesarios, economizando tiempo y cantidad de muestra.

Tabla 1. Valores de tiempo de ensayo y frecuencia de muestreo para las muestras de aceite de la semilla del fruto de la coroba, almacenadas a las temperaturas de estudio.

T (°C)	$\theta$ (meses)		f (días)	
	$Q_{10} = 2$	$Q_{10} = 3$	$Q_{10} = 2$	$Q_{10} = 3$
15 $\pm$ 2 °C	24	36	16	36
25 $\pm$ 2 °C	12	12	8	12
35 $\pm$ 2 °C	6	4	4	4

T = temperatura de ensayo

$\theta$  = tiempo de ensayo: Se fijó el máximo de tiempo de vida útil del aceite de la semilla de la coroba en un año (Tiempo de vida de un aceite comercial) a 25  $\pm$  2 °C y se calculó el tiempo de ensayo para las temperaturas extremas (15, 35  $\pm$  2 °C) empleando la siguiente

$$\text{ecuación: } \theta_{T_1} = \frac{\theta_{T_2}}{Q_{10}^{\Delta T/10}}$$

Donde:  $\theta_{T_1}$  = Tiempo de vida útil a las temperaturas extremas (días),

$\theta_{T_2}$  = Tiempo de vida útil a 25  $\pm$  2 °C,

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura (°C)

f = Frecuencia de ensayo: Se fijó arbitrariamente cada cuatro días para la temperatura de 35  $\pm$  2 °C y se calculó para las temperaturas inferiores según la ecuación:  $f_2 = f_1 \cdot Q_{10}^{\Delta T/10}$ . Donde:  $f_1$  = tiempo entre pruebas a la temperatura de ensayo de 35 °C,  $f_2$  = tiempo de prueba a las temperaturas de 15 y 25  $\pm$  2 °C,  $\Delta T$  = Diferencia de temperatura (°C).

$Q_{10}$  = Número de veces que cambia la velocidad de reacción al variar la temperatura en 10 °C.

### Determinación de los índices de acidez y peróxido

De acuerdo a las frecuencias que se señalarán en la Tabla 2 y con base en metodologías propuestas por la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) se determinaron las siguientes características a las muestras de aceite en ensayo:

- Índice de acidez, expresado como ácido láurico (COVENIN, 1996).

- Índice de Peróxido, (COVENIN, 1997).

Todos los ensayos se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como valores promedios con sus respectivas desviaciones estándar.

### Estudio de la cinética de reacción de rancidez del aceite de la semilla del fruto de la palma coroba

Con base a los criterios señalados por Labuza (1985), para establecer el orden de deterioro hidrolítico y oxidativo del aceite de semilla de coroba, se graficaron los valores de índice de acidez e índice de peróxido obtenidos para cada una de las muestras ensayadas en función del tiempo de almacenamiento. Luego, mediante regresión lineal se obtuvieron los modelos matemáticos más representativos, según el valor del coeficiente de determinación ( $r^2$ ), de cada una de las gráficas trazadas. Seleccionado el orden respectivo, se establecieron los valores de las constantes de velocidad (K) para cada ensayo mediante el cálculo de las pendientes de cada gráfica.

### Efecto de la temperatura sobre la constante de reacción de rancidez del aceite de la semilla del fruto de la palma coroba

Con base en la ecuación de Arrhenius, se graficó  $\ln K = f(1/T)$ , a cada valor  $Q_{10}$ , siendo T la temperatura absoluta de ensayo y K la constante cinética obtenida para cada valor de T. El intercepto representó el valor de  $\ln A_0$  cuando  $1/T = 0$ , ósea cuando  $T \rightarrow \infty$ . De la pendiente de la gráfica obtenida se calculó la energía de activación sabiendo que dicha pendiente se calculó como:  $m = -E_a/R$  (Labuza, 1985).

### Determinación de la vida útil del aceite de la semilla de la palma coroba

El tiempo de vida útil se calculó de acuerdo al orden de reacción, al máximo valor permitido de la variable estudiada y a la constante de reacción, para cada una de las temperaturas de ensayo. Luego se procedió a trazar las gráficas de estabilidad características del aceite de la almendra del fruto de la coroba ( $\ln$  tiempo de vida útil contra la temperatura). El intercepto de la misma proporcionó el valor de vida útil a  $T = 0$  K y la pendiente generó el valor real de  $Q_{10}$ .

### Análisis estadístico

Para la determinación del orden de la reacción se utilizó regresión lineal con 95% de límite de confianza. Para determinar las diferencias significativas

entre los valores de las energías de activación ( $E_a$ ) correspondientes a  $Q_{10}=2$  y  $Q_{10}=3$  respectivamente, se utilizó análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de DMS de Bayes al 5% de probabilidad. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el programa Statgraphics versión 7.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los promedios de los índices de acidez y de peróxido iniciales de las muestras de aceite estudiadas se ubicaron entre 0,400 y 0,448 mg KOH/g aceite y 2,004 meq  $O_2$ /kg aceite respectivamente, valores semejantes a los reportados por Salazar *et al.*, (2004) y los establecidos para aceites crudos por la normativa venezolana (Covenin, 2000) cuyos límites máximos de aceptación se sitúan en 1,4 mg de KOH/g de aceite y 15 meq  $O_2$ /Kg de aceite respectivamente. A pesar de haber programado los tiempos de ensayo según lo observado en la Tabla 1, transcurridos 96 días de pruebas, las muestras almacenadas a 15 y  $25 \pm 2$  °C no habían alcanzado los valores máximos permitidos, para las variables de calidad en estudio, en comparación con las muestras colocadas en almacenamiento a  $35 \pm 2$  °C en los cuales se sobrepasaron estos valores; resultados similares para un lapso de tiempo de 90 días de ensayo fueron reportados por Ramos y Tarazona (2001) al estudiar la estabilidad de hojuelas fritas de papa al almacenarlas al medio ambiente. Sin embargo, se observó que la tasa de cambio de los índices analizados disminuyó a medida que decrece la temperatura de estudio, de tal manera que a 150 días (5 meses) de ensayo las

muestras almacenadas a 25°C alcanzaron los valores máximos permitidos para las variables de calidad en estudio, sin embargo las muestras colocadas a 15 °C nunca alcanzaron estos valores. Por lo que se decidió para los posteriores análisis de los resultados y trazo de gráficas, tomar los valores arrojados tanto de índice de acidez como de peróxido, medidos en las muestras de aceite de la semilla de la coroba, tomando como máximo de tiempo el intervalo de ensayo de 150 días.

Al representar gráficamente los datos obtenidos tanto de índice de acidez como de índice de peróxido (Figuras 1,2,3,4,5 y 6) para las muestras de aceite a cualquiera de las temperaturas ensayadas, se observó que la tasa de cambio presentó un comportamiento lineal, evidenciándose en la Tabla 2 donde los valores de  $r^2$  calculados indicaron que el orden de la reacción que más se adaptó al estudio de cinética de reacción de deterioro del aceite de la semilla de la palma coroba fue de orden cero. De igual manera, se evidenció un aumento en la pendiente de las curvas (valores de la constante de velocidad de reacción) a medida que se incrementó la temperatura de ensayo. Sin embargo, el mejor ajuste se obtuvo para los valores de índice de acidez en comparación de los de índice de peróxido para las muestras de aceite ensayadas; con base en consideraciones indicadas por Labuza (1985), ese comportamiento posiblemente se debió a que el aceite no se encontró en avanzado estado de rancidez, ya que para poder observar cambios apreciables de valores del índice de peróxido en la medida de las posibilidades el aceite debe encontrarse en cierto grado de deterioro.

Tabla 2. Valores de coeficientes de determinación ( $r^2$ ) derivados de la linealización de la variabilidad de los índices de acidez y peróxido en el tiempo, en las muestras de aceite de la semilla del fruto de la coroba ensayadas.

	T (°C)	$r^2$			
		Índice de acidez		Índice de peróxido	
		$Q_{10}=2$	$Q_{10}=3$	$Q_{10}=2$	$Q_{10}=3$
<b>Orden cero</b>	15	0,8701	0,8130	0,9087	0,8278
	25	0,9375	0,9703	0,8633	0,7155
	35	0,9846	0,9859	0,8770	0,7963
<b>Primer orden</b>	15	0,8268	0,6778	0,9036	0,7937
	25	0,9338	0,9113	0,7715	0,6339
	35	0,9668	0,9680	0,6920	0,6360
<b>Segundo orden</b>	15	0,7776	0,6787	0,7579	0,6475
	25	0,8505	0,8946	0,5736	0,5146
	35	0,8921	0,8921	0,4527	0,4355

T = temperatura de ensayo (°C  $\pm$  2)

Índice de acidez= g KOH/100 g de aceite

Índice de peróxido= meq de  $O_2$ / Kg de aceite

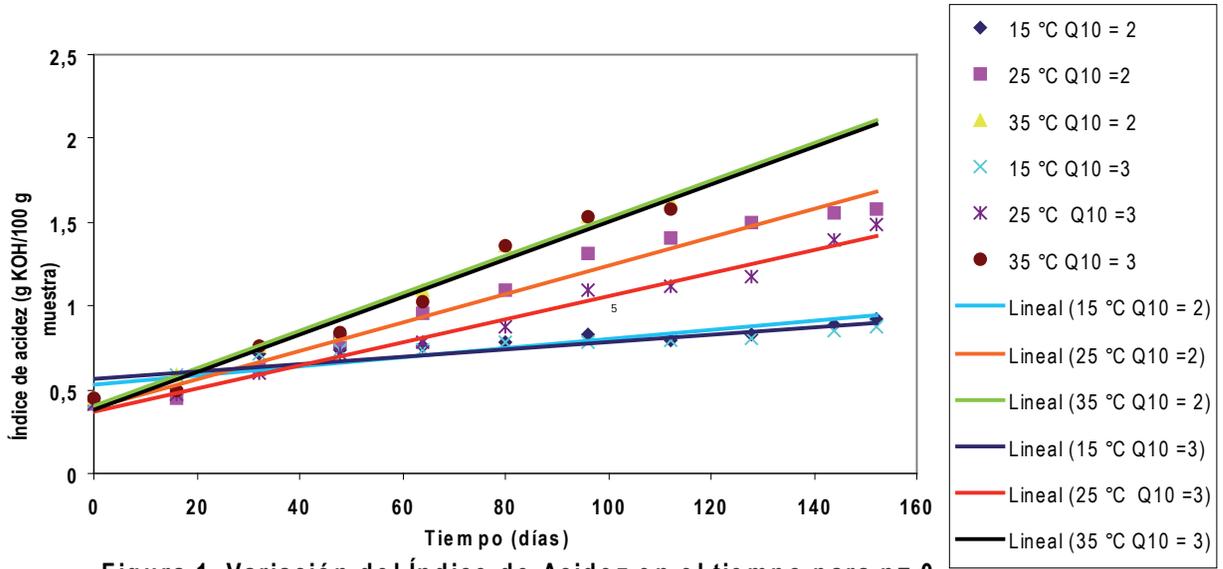


Figura 1. Variación del Índice de Acidez en el tiempo para n=0

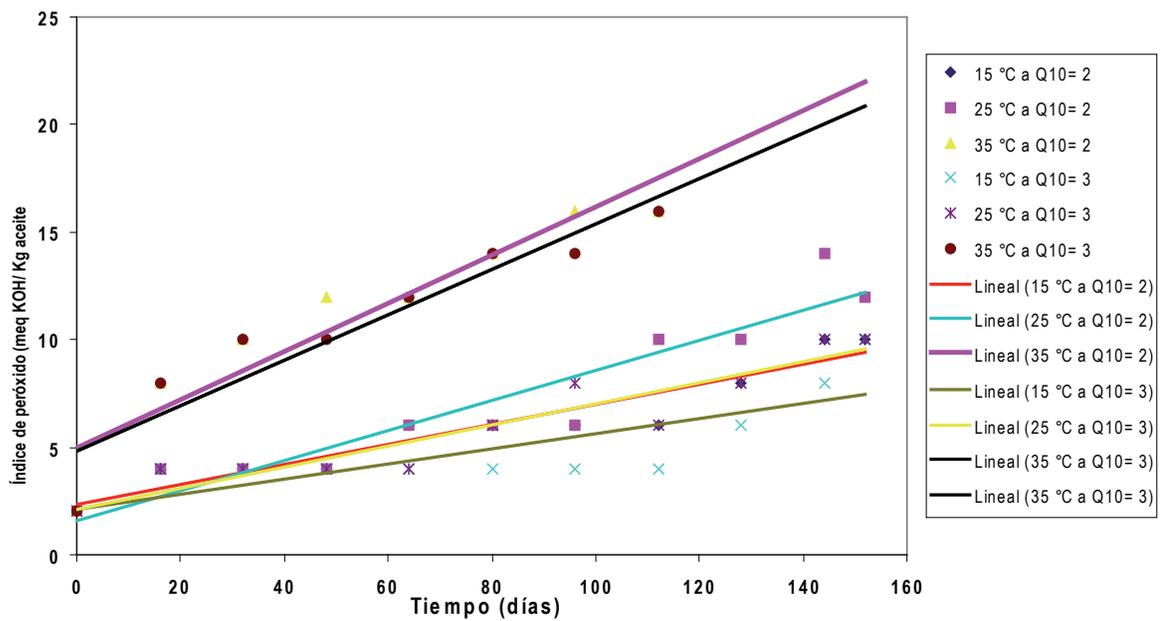


Figura 2. Variación del Índice de Peróxido en el tiempo, para n=0

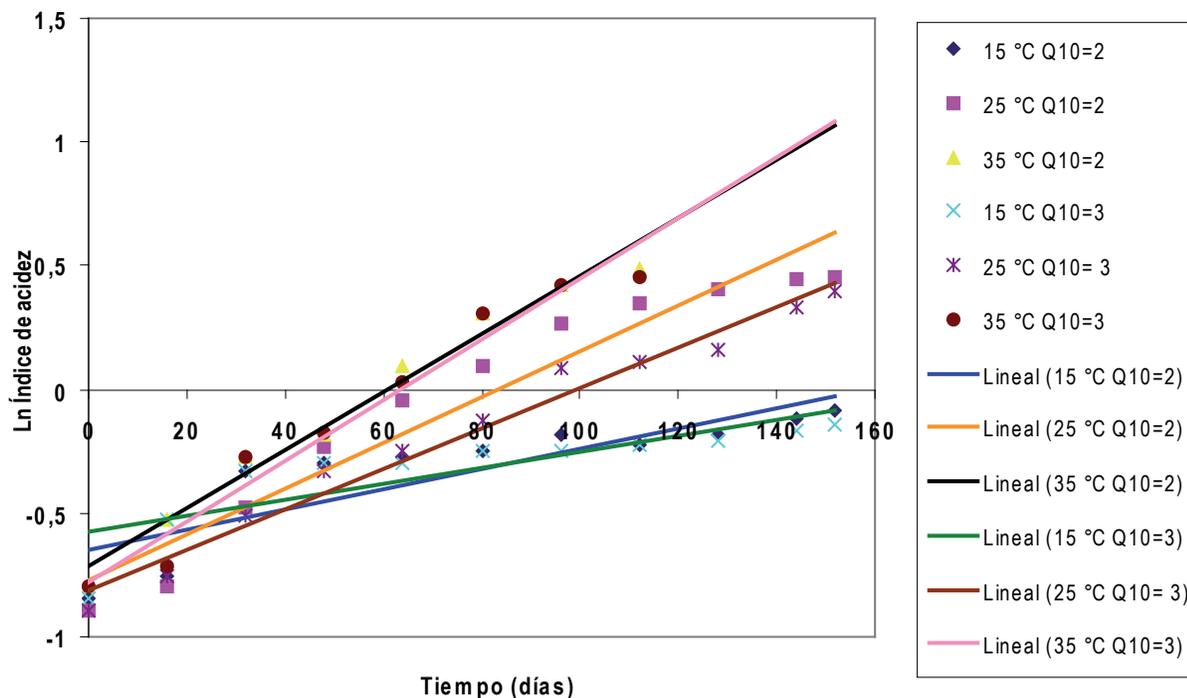


Figura 3. Variación del Índice de acidez en el tiempo para n=1

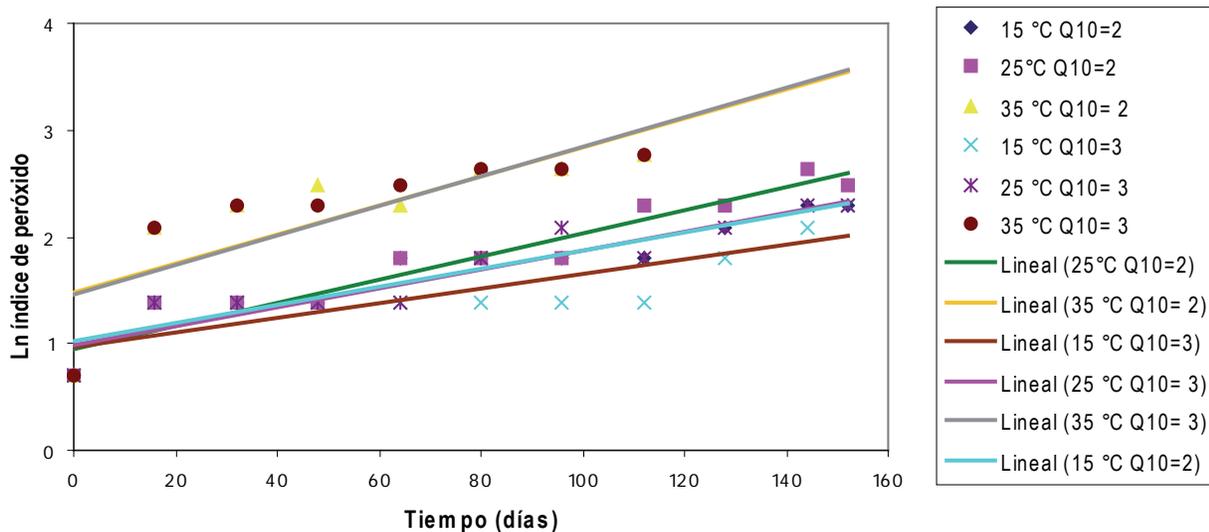
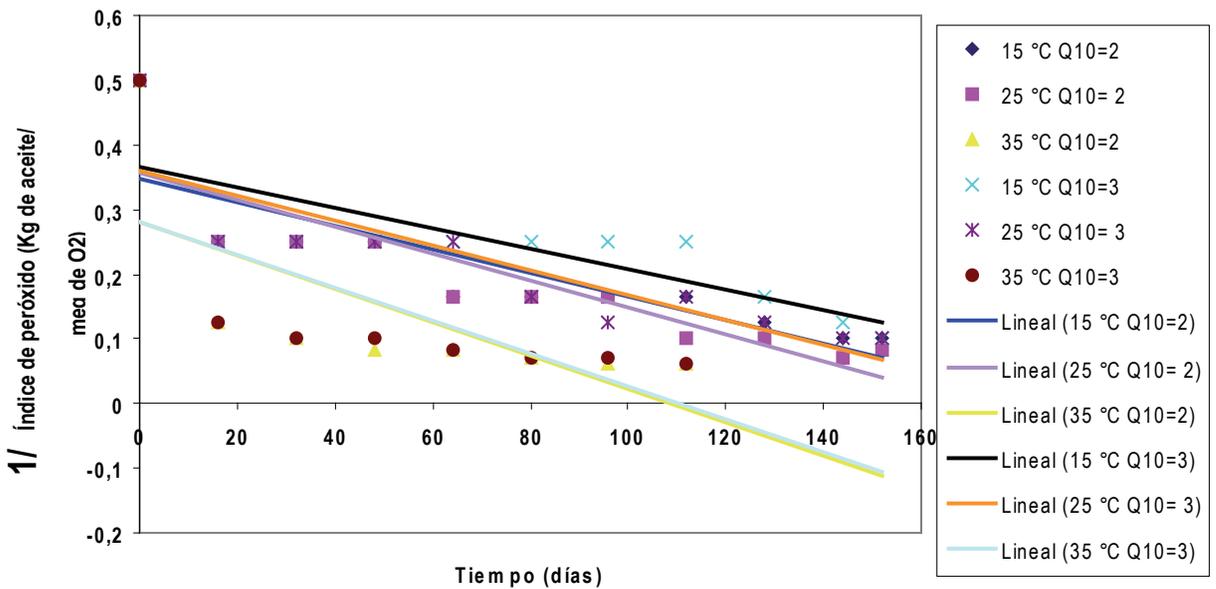
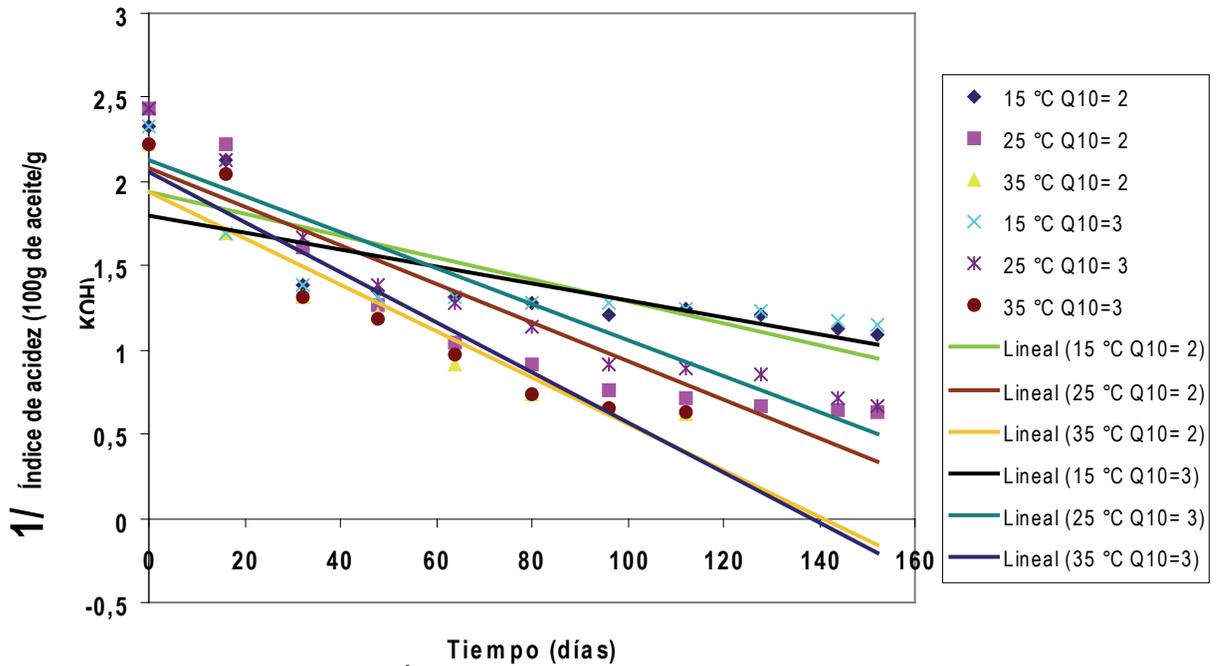


Figura 4. Variación del Índice de peróxido en el tiempo para n=1



Se observó para ambos índices estudiados, la dependencia de la constante de velocidad de reacción con la temperatura, derivadas de la ecuación de Arrhenius, tomando para dichos cálculos los valores arrojados para el orden de reacción cero, (Ver figura 7 y 8). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de energía de activación ( $E_a$ ) para los ensayos a  $Q_{10}=2$ , ni entre los obtenidos para  $Q_{10}=3$ , posiblemente esto se debió a los errores propios en la obtención de los valores experimentales. Sin embargo, Labuza *et al.* (1982) indican que a pesar de

la variabilidad de los datos de ensayo, estos permiten en la mayoría de los casos predecir con bastante exactitud el valor correcto de la vida útil de un alimento y reporta que para variaciones de temperatura entre 30 y 40°C puede existir desviación de la  $E_a$  de hasta 4 Kcal/mol entre valores obtenidos a  $Q_{10}=2$  y  $Q_{10}=2,5$ . Además, al comparar con valores reportados por Guerra *et al.* (2002), los resultados de  $E_a$  experimentales obtenidos en esta investigación (Tabla 3), se infiere que los mismos se encuentran dentro del rango estimado para reacciones de rancidez de lípidos.

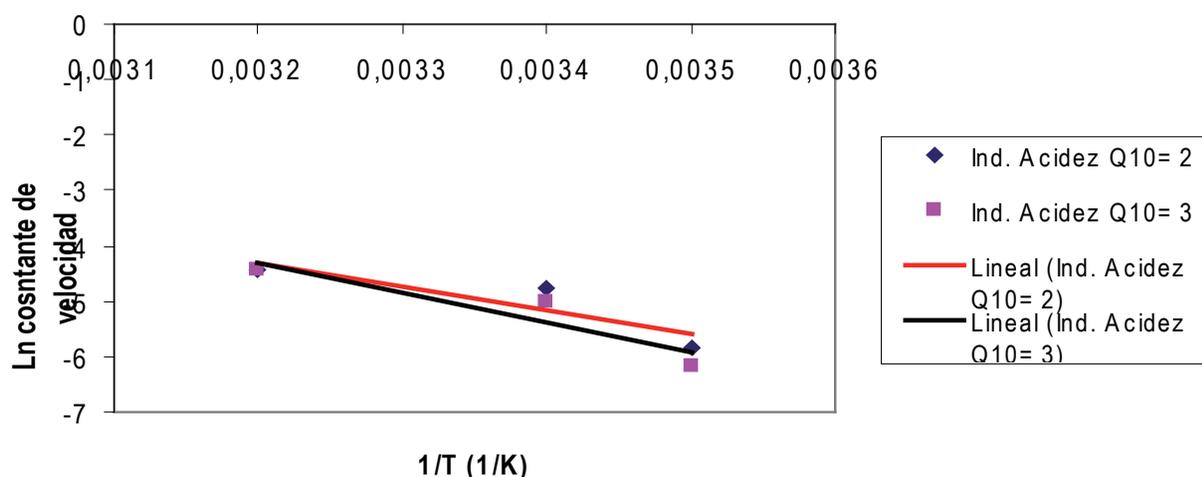


Figura 7. Efecto de la temperatura en la constante de velocidad de reacción

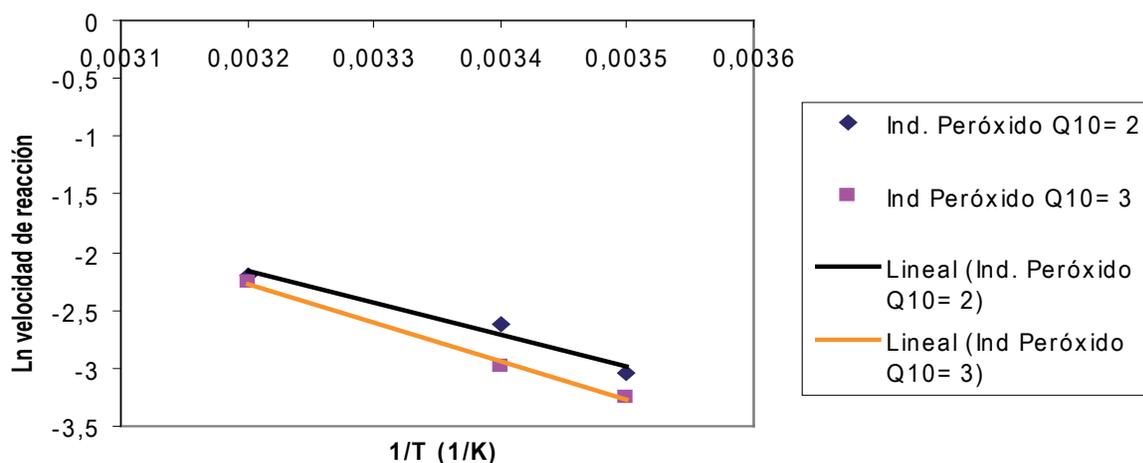


Figura 8. Dependencia de la velocidad de reacción con la temperatura

Las ecuaciones presentadas en la Tabla 4 muestran la dependencia de la constante de velocidad de reacción con la temperatura, derivadas de la ecuación de Arrhenius, con las cuales se puede estimar el tiempo de vida útil del aceite de la semilla de la coroba, a cualquier temperatura diferente a las ensayadas, con respecto a las variables de calidad índice de acidez y el índice de peróxido, respectivamente.

El tiempo de vida útil de las muestras de aceite estudiadas disminuyó a medida que aumentó la temperatura de ensayo tanto para la variable índice de acidez como Índice de peróxido, sin embargo, en la

gráfica de estabilidad (Figura 9) se evidenció un mayor valor de la pendiente a  $Q_{10} = 2$  que a  $Q_{10} = 3$  para ambas variables ensayadas. Además, se observó que a  $Q_{10} = 2$ , la recta del índice de peróxido presentó mayor pendiente que la del índice de acidez, lo que pudo indicar que para una temperatura dada se necesitaría mayor tiempo para deteriorarse el aceite de la semilla de la coroba si se utiliza como variable el índice de peróxido en comparación con el índice de acidez, siendo este último el más indicado para determinar el tiempo de enranciamiento del aceite de la semilla del fruto de la coroba, obteniéndose un valor de tiempo de vida útil a una temperatura de  $25 \pm 2$  °C de 109,5 días (3,65 meses) (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de  $K$ ,  $E_a$  y  $\theta_s$  para  $Q_{10} = 2$  y  $Q_{10} = 3$  para los parámetros de calidad ensayados del aceite de la semilla del fruto de la coroba para  $n=0$ .

Temp. °C	Índice de acidez (mg KOH/g muestra)						Índice de Peróxido (meq O <sub>2</sub> /g muestra)					
	$Q_{10} = 2$			$Q_{10} = 3$			$Q_{10} = 2$			$Q_{10} = 3$		
	$K_1$	$E_a$	$\theta_s$	$K_1$	$E_a$	$\theta_s$	$K_2$	$E_a$	$\theta_s$	$K_2$	$E_a$	$\theta_s$
15	0,0029		315,4	0,0021		401,8	0,0477		267,2	0,6278		324,2
25	0,0087	51,75 <sup>(a)</sup>	109,5	0,0061	63,48 <sup>(a)</sup>	152,8	0,0725	31,13 <sup>(b)</sup>	190,3	0,7155	36,38 <sup>(b)</sup>	268,3
35	0,0117		87,8	0,0117		88,2	0,1110		96,3	0,7963		99,2

$K_1$  = Constante de velocidad de reacción de hidrólisis (mgKOH/g muestra x días)

$K_2$  = Constante de velocidad de reacción de oxidación (meq O<sub>2</sub>/Kg muestra x días)

$E_a$  = Energía de activación (kJ/mol)

$\theta_s$  = Tiempo de vida útil (días)

Tabla 4. Ecuaciones derivadas del modelo de Arrhenius para las variables Índice de Acidez y Peróxido de las muestras de aceite de la semilla del fruto de la coroba ensayadas.

	$Q_{10} = 2$	$Q_{10} = 3$
	Índice de acidez	$\text{Ln K} = 15,89 - 6224 \cdot \frac{1}{T}$
Índice de peróxido	$\text{Ln K} = 9,9521 - 3744,2 \cdot \frac{1}{T}$	$\text{Ln K} = 11,868 - 4375,8 \cdot \frac{1}{T}$

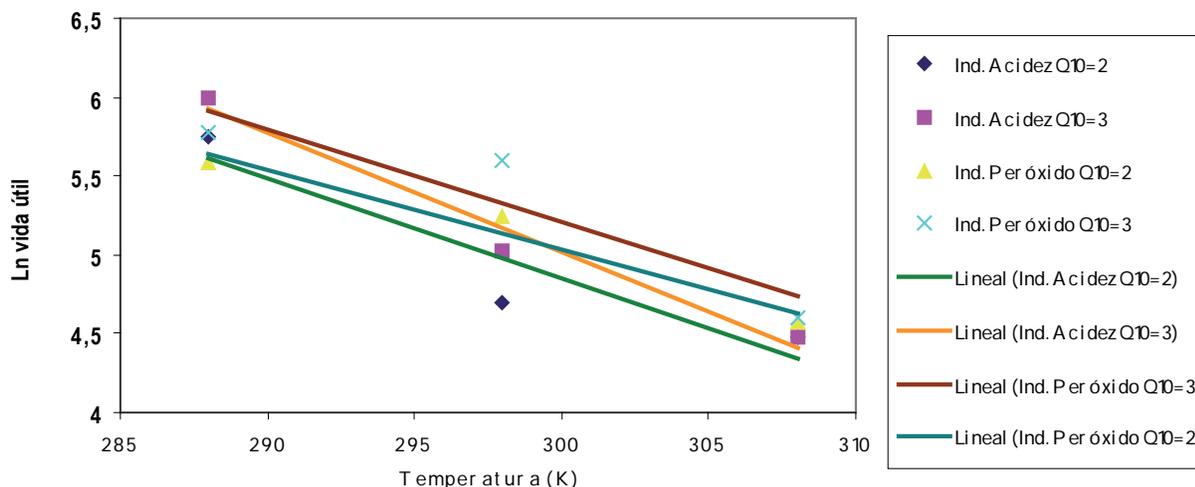


Figura 9. Representación de la vida útil de las muestras de aceite de la almendra del fruto de la palma coroba ensayadas.

## CONCLUSIONES

El tiempo de vida útil de las muestras ensayadas de aceite de la semilla del fruto de la palma coroba crudo, se ubicó en 109,5 días (3,65 meses) utilizando como variable de deterioro valores del índice de acidez a  $Q_{10} = 2$ , con un valor de  $E_a$  de 51,75 KJ/mol a temperatura de almacenamiento de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ . El mejor ajuste lineal para las dos variables de calidad estudiadas (Índice de Acidez y el Índice de Peróxido), se observó para la cinética de reacción de orden cero. Se evidenció una dependencia entre la constante de velocidad de reacción (K) de rancidez del aceite de la semilla de la coroba y la temperatura, usando el modelo de Arrhenius.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRERA A. 1998. Estabilidad y utilización del nitrógeno en aceites y grasas. *Grasas y Aceites*, 49 (1),56.
- BELÉN D.; ÁLVAREZ F.; ALEMÁN R. 2001. Caracterización fisicoquímica de una harina obtenida del mesocarpio del fruto de la palma coroba (*Jessenia Polycarpa*). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 18: 290 – 297.
- COVENIN. 1996. Aceites y grasas vegetales. Norma N° 325; Determinación de la acidez. Comisión Venezolana de normas industriales. Caracas. Venezuela.
- COVENIN. 1997. Aceites y grasas vegetales. Norma N° 508; Determinación del índice de peróxido. Comisión Venezolana de normas industriales. Caracas. Venezuela.
- COVENIN. 2000. Aceites y grasas vegetales. Norma N° 69; Parámetros de calidad. Comisión Venezolana de normas industriales. Caracas. Venezuela.
- FENNEMA O. 1993. Química de los alimentos. Editorial Acribia. España.
- GUERRA, M.; RODRÍGUEZ M.; TORRES A. 2002. Desarrollo de un producto a base de coco y estimación de su vida útil. En memorias del tercer Congreso Venezolano de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Caracas. Venezuela.
- LABUZA T. 1985. Scientific investigation of shelf life, in *Shelf Life Dating of Foods*. Food and Nutrition Press, Westport, Conn., Chapter 3.
- LABUZA T.; D. RIBOH. 1982. Theory and application of Arrhenius kinetics to the prediction of nutrient losses in foods. *Food Technology* 36(10):66.
- RAMOS C.; TARAZONA G. 2001. Estudio de la estabilidad de hojuelas fritas de papa durante el almacenamiento al medio ambiente. *Anales Científicos UNALM de la república de Perú*: 286 – 296.

- SALAZAR DE M. E.; PINO K., JIMÉNEZ L. 2004. Características fisicoquímicas del aceite de la semilla de la coroba (*Jessenia Polycarpa* Karst). *Grasas y Aceites*. 55 (4): 423-427.
- SITHOLE R.; MCDANIEL M.; MEUNIER L. 2005. Rate of Maillard Browning in Sweet Whey Powder. *J. Dairy Sci.* 88:1636-1645.
- TOLEDO R. 1991. *Fundamentals of Food Process Engineering*. 2° edición. Van Nostrand Reinhold. U.S.A.
- ZILLER S.; CAMPBELL E. 1996. *Grasas y aceites alimentarios*. Editorial Acribia, España.