

## Epoxidación del aceite vegetal de *Jatropha curcas* L. con ácido peracético.

Epoxidation of the vegetable oil of *Jatropha curcas* L. with peracetic acid.

Lic. Janelsy Franco-Pérez I , DrC. Manuel Díaz-Velázquez I , DrC. Francisco Lafargue-Pérez II , Ing. Yaimé Santos-Mora I

**I** Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba  
janelsy@uo.edu.cu

**II** Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

---

### Resumen

En este trabajo el aceite de *Jatropha curcas* L. fue modificado químicamente. El trabajo tiene como objetivo epoxidar el aceite vegetal de *Jatropha curcas* L. refinado con ácido peracético y comparar las propiedades de los productos de epoxidación tanto con ácido peracético, como con ácido peracético. La epoxidación fue realizada con perácido formado in situ, por reacción del ácido acético con peróxido de hidrógeno. Se determinaron las propiedades fisico-químicas según las normas ASTM establecidas. Se logró una disminución de los dobles enlaces presentes en el aceite refinado, lo que conlleva a una mayor densidad y viscosidad; así como mejor estabilidad oxidativa que el aceite de *Jatropha curcas* L. refinado. Al comparar las propiedades con el producto de epoxidación con ácido peracético, las mismas mejoran sustancialmente en esta última reacción de modificación del aceite de *Jatropha curcas* L.

**Palabras clave** : aceite de *Jatropha curcas* L. , ácido peracético, ácido peracético, epoxidación.

---

### Abstract

In this work the oil of *Jatropha curcas* L. was chemically modified. The objective of this work is to epoxidize the vegetable oil of *Jatropha curcas* L. refined with peracetic acid and to compare the properties of the epoxidation products with both performance acid and peracetic acid. Epoxidation was performed with peracid formed in situ, by reaction of the acetic acid with hydrogen peroxide. The physico-chemical properties were determined according to the established ASTM standards. A reduction of the double bonds present in the refined oil was achieved, which leads to a higher density and viscosities; as well as

better oxidative stability than refined *Jatropha curcas* L . oil. When comparing the properties with the epoxidation product with performic acid, they substantially improve in this latter modification reaction of *Jatropha curcas* L .

**Keywords :** *Jatropha curcas* L . oil, performic acid, peracetic acid, epoxidation.

---

## INTRODUCCION

Los aceites vegetales constituyen un gran potencial en la sustitución de los aceites lubricantes derivados del petróleo, ya que son relativamente no tóxicos y biodegradables [1], además, con respecto a los aceites minerales poseen mayor índice de viscosidad, mayor temperatura de inflamación, menor evaporabilidad y mejor lubricidad; sin embargo sus desventajas radican en la baja estabilidad oxidativa e hidrolítica, así como sus propiedades a bajas temperaturas [2,3]. Los aceites vegetales más empleados en la industria como aceite base para la formulación de lubricantes, son aquellos que poseen un alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados (más del 80 %), pues estos les confieren un equilibrio entre una adecuada estabilidad oxidativa y un buen comportamiento a bajas temperaturas; en el caso de los aceites vegetales que no poseen estas características deben modificarse químicamente [4]. Una de las modificaciones químicas más exitosas con vista a incrementar la estabilidad oxidativa de los aceites vegetales es la epoxidación, en la cual los dobles enlaces presentes en los ácidos grasos son remplazados por el oxígeno convirtiéndose en epóxidos [5]. El grupo de investigación que realiza este trabajo anteriormente epoxidó el aceite de *Jatropha curcas* L . con ácido per fórmico [6], mejorando de esta forma sus propiedades químico-físicas, fundamentalmente la estabilidad oxidativa, por lo que sería interesante extender la modificación con otros perácidos, como puede ser el peracético. El trabajo tiene como objetivo epoxidar el aceite vegetal de *Jatropha curcas* L refinado con ácido peracético y comparar las propiedades de los productos de epoxidación con ácido per fórmico [5].

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utiliza el aceite vegetal de *Jatropha curcas* L. refinado de la variedad nativa cosechado en la región semiárida de la franja costera sur de la provincia de Guantánamo en Cuba . En esta investigación se realiza la reacción de epoxidación del aceite vegetal de *Jatropha curca* L . refinado, con el ácido peracético como

agente epoxidante, el cual se obtiene por reacción del peróxido de hidrogeno al 30 % con el ácido acético y el ácido sulfúrico se empleó como catalizador, la temperatura de 75 o C y el tiempo de reacción 2 h. Al final se neutraliza con carbonato de sodio, lava con agua y seca en la estufa [6]. En la figura 1 se muestra el reactor, donde se realiza la reacción de epoxidación.



**Figura 1. Reactor para la epoxidación.**

Luego se determinaron las propiedades físico-químicas de ambos aceites (refinado y epoxidado) según las normas declaradas en la tabla 1.

**Tabla 1**

**Propiedades físico-químicas y Normas empleadas**

| Propiedades físico-químicas      | Normas ASTM    |
|----------------------------------|----------------|
| Índice de yodo                   | AOCS Cd 1-25   |
| Viscosidad cinemática y dinámica | D 445          |
| Índice de viscosidad             | D 2270         |
| Densidad                         | D 1298         |
| Fluidez                          | D 97           |
| Estabilidad Oxidativa            | AOCS Cd 12b-92 |

Se utilizaron los siguientes equipos:

Viscosímetro automático y digital marca CANNON. 2006. Modelo CAV 2000, USA

Densímetro automático, marca Anton Paar. 2002. USA. Equipos de la Empresa Cubalub de Santiago de Cuba.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados de las propiedades físico químicas de ambos aceites tales como: índice de viscosidad, temperatura de fluidez, índice de yodo, densidad y, viscosidades (dinámica y cinemática) se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2**

**Propiedades físico químicas del aceite vegetal de *Jatropha curcas* L refinado y epoxidado con los perácidos correspondientes**

| Propiedad                                           |       | Aceite refinado       | Aceite epoxidado con ácido peracético | Aceite epoxidado con ácido perfórmico |
|-----------------------------------------------------|-------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Índice de viscosidad                                |       | 221                   | 112                                   |                                       |
| Temperatura de fluidez, (°C)                        |       | -6                    | -15                                   |                                       |
| Índice de Yodo(g de I <sub>2</sub> /100 g de grasa) |       | 109,9                 | 52,5                                  | 36,91*                                |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> )                       |       | 0,9197                | 0,9797                                | 1,006*                                |
| Viscosidad dinámica (Pa.s)                          | 100°C | 0,0074                | 0,0304                                |                                       |
|                                                     | 40°C  | 0,0313                | 0,3806                                | 0,4373*                               |
| Viscosidad cinemática [m <sup>2</sup> /s]           | 100°C | 7,90                  | 30,46                                 |                                       |
|                                                     | 40°C  | 3,34*10 <sup>-5</sup> | 3,8*10 <sup>-4</sup>                  | [4,26*10 <sup>-4</sup> ]*             |

(\*)-Datos obtenidos por Lafargue P. y colaboradores [6].

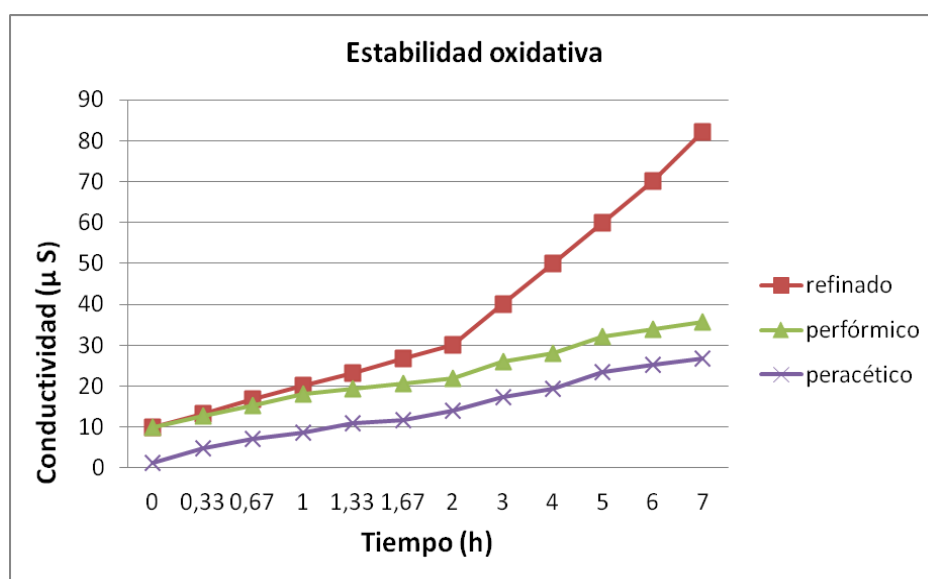
El *índice de viscosidad* es una propiedad muy utilizada en el campo de los lubricantes que indica la estabilidad de la viscosidad frente a la temperatura. La mayoría de los lubricantes en el mercado tienen un índice de viscosidad entre 90 y 160 por lo que el valor obtenido experimentalmente es aceptable, ya que este experimenta un comportamiento mejor que los aceites lubricantes bases, derivados del petróleo, debido a que los más estables de esta rama tienen un índice de 100 mientras que los más inestables de 0.

El valor de la temperatura *de fluidez* es adecuado, lo que significa que durante el proceso de epoxidación se eliminaron gran cantidad de dobles enlaces quedando el 52,5% (según indica el valor del índice de yodo), lo que satura la cadena de los ácidos grasos y como resultado disminuye dicha temperatura.

La densidad del aceite de *Jatropha curcas* L refinado igual a 0,9197 g/cm<sup>3</sup> y después de efectuar la modificación química resultó igual a 0,9797 g/cm<sup>3</sup>, por lo que tuvo un aumento apreciable. Este aumento de la densidad se debe al incremento también de la masa molar del aceite epoxidado.

La viscosidad cinemática crece sustancialmente en el producto, aumentando 11,4 veces para la temperatura de 40°C y 3,9 veces para la temperatura de 100°C con respecto al aceite refinado. Esto se debe principalmente al aumento de la masa molar del aceite epoxidado. Según la clasificación en grados ISO, este compuesto tiene un grado cercano al ISO 320 y al ISO 460, lo que evidencia que el producto puede cambiar de grado variando el contenido de ácidos grasos, para ser utilizado como lubricante [5].

Los resultados del estudio de la estabilidad oxidativa se muestran en la figura 2, donde la magnitud de la conductividad correspondiente al aceite epoxidado de *Jatropha curcas* L. es mucho menor que la correspondiente al aceite refinado, lo que indica una mayor estabilidad oxidativa para el aceite epoxidado. La magnitud de la conductividad del aceite epoxidado al cabo de las dos horas es 1,3 veces inferior respecto al aceite refinado.



**Figura 2. Resultados del ensayo Rancimat del aceite refinado de *Jatropha curcas* L. y de los productos epoxidados.**

Si comparamos los valores de las propiedades físico-químicas de los aceites epoxidados con ácido perácético [6] y con ácido peracético (tabla 2), se puede observar que todas las propiedades han aumentado su valor, excepto el índice de yodo que es menor cuando la reacción de epoxidación se realiza con el ácido perácético, donde el menor valor de esta última magnitud indica que se adicionaron más a los dobles enlaces, el grupo epóxido y por tanto aumenta más la masa del aceite epoxidado. Sin embargo la estabilidad oxidativa resulta ser mayor cuando la reacción se lleva a cabo con el ácido peracético (figura 2).

## CONCLUSIONES

1. Se logró una disminución significativa del número de insaturaciones presentes en el aceite, donde el 52,3 % de sus dobles enlaces fueron ocupados por el oxígeno.
2. La viscosidad cinemática y la densidad aumentaron significativamente con respecto al refinado. La temperatura de fluidez tuvo una disminución significativa.

3. La estabilidad oxidativa del aceite de *Jatropha curcas* L. refinado mejora significativamente con la reacción de epoxidación, por lo que resulta muy interesante esta alternativa para el empleo de este aceite epoxidado como lubricante.

4. Al comparar las propiedades del producto de epoxidación con ácido per fórmico y con ácido per áctico se muestra que las mismas mejoran sustancialmente en la reacción de modificación del aceite de *Jatropha curcas* L con ácido per fórmico.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. ADHVARYU A., ERHAN S. Z. "Epoxidized soybean oil as a potential source of high-temperature lubricants". *Industrial Crops and Products* . 2002, vol 15, pp. 247-254. 0926-6690.

2. SUKIRNO R. F. et al. "Biogrease Based on Palm Oil and Lithium Soap Thickener: Evaluation of Antiwear". *World Applied Sciences Journal* . 2009, vol. 6 , núm. 3, pp. 401-407. 1818-4952.

3. GARCIA, C. A. *Diseño, selección y producción de nuevos biolubricantes*. Tesis Doctoral, Universidad Ramón Lull Fundación Privada. Generalitat de Catalunya 472, 1990 .

4. HEERES, H. J. Friction in the Market-Review of the market for environmentally acceptable lubricants. University of Groningen. 54, 2006.

5. LAFARGUE-PÉREZ, F. et, al. "Epoxidación del aceite vegetal de *Jatropha curcas* L con ácido per fórmico". *Tecnología Química* . 2015, vol. 35 núm. 3, pp. 334-341. 2224-6185.

6. LAFARGUE-PÉREZ, P. F; BARRERA, V. N.; CHITUE DE A. J.; DÍAZ, V. M.; RODRIGUEZ, M. C. "Caracterización físico química del aceite vegetal de *Jatropha curcas* L". *Tecnología Química* . 2012, vol. 32, núm. 2, pp. 162-165.

Recibido: Noviembre 2017

Aprobado: Marzo 2018

*Lic. Janelisy Franco-Pérez.* Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba