

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS DE ACEITES USADOS EN LA CURTIDURÍA Y SIMULACIÓN POR CFD DEL MEZCLADO

Fonseca Neri José de Jesús (1), Uribe Ramírez Agustín Ramón (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato] | [jdj.fonsecaneri@ugto.mx]

2 [Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [agustin@ugto.mx]

Resumen

Una reacción química es un proceso por el cual una o más sustancias, llamadas reactivos, se transforman en otra u otras sustancias con propiedades diferentes, llamadas productos. Para que se lleve a cabo esta reacción, es necesario que los reactivos que participan estén en íntimo contacto. En este trabajo, se realizó un estudio numérico sobre las propiedades reológicas y tiempos de mezclado de algunos aceites utilizados en la industria curtidora (aceite de oliva y manteca de cerdo). Esto es importante, ya que al estar perfectamente mezcladas las especies químicas en un reactor, estas entran en contacto de una manera más eficiente y se pueden llevar a cabo reacciones entre, por ejemplo, estos aceites y ácido sulfúrico a fin de obtener aceites sulfonados que se utilicen en la curtiduría. En el presente estudio, se utilizó un viscosímetro Brookfield® para determinar la viscosidad de los aceites a diferentes velocidades de giro y temperaturas. Además, se usó el Software ANSYS Fluent v16.0 para analizar los tiempos de mezclado dentro de un tanque en agitación utilizando dos impulsores diferentes. Como resultado se observó que, a un menor tiempo de mezclado, la reacción química se llevará a cabo más rápido.

Abstract

A chemical reaction is a process where one or more substances, called reactants, are transformed into another or other substances with different properties, called products. For this reaction to take place, the reactants involved must be in close contact. In this work, a numerical study on the rheological properties and mixing times of some oils used in the tannery industry (olive oil and lard) was carried out. This is important because, if the chemical species are perfectly mixed in a reactor, they come into contact more efficiently and reactions can be carried out between, for example, these oils and sulfuric acid to obtain sulfonated oils which are used in the tannery. In the present study, a Brookfield® viscometer was used to determine the viscosity of the oils at different rotational speeds and temperatures. In addition, the ANSYS Fluent v16.0 Software was used to analyze mixing times within a stirred tank using two different impellers. As a result, it was observed that, the shorter the mixing time, the faster the chemical reaction will be carried out.

Palabras Clave

Reología; aceites; CFD; tiempo de mezclado.

INTRODUCCIÓN

Reología

Es el estudio de la deformación y las características de flujo de las sustancias. Es decir, es el campo que estudia la viscosidad de los fluidos. Existen 2 tipos de fluidos: newtonianos y no newtonianos [1].

Fluidos Newtonianos

Se caracterizan por cumplir la Ley de Newton, ya que existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. La viscosidad es constante para este tipo de fluidos y no depende del esfuerzo cortante aplicado (Imagen 1).

Fluidos no-Newtonianos

Se caracterizan principalmente por la variación de su viscosidad debido a cambios de temperatura o del esfuerzo cortante que se le aplica, no tiene un valor definido de viscosidad. Existen varios tipos de fluidos no newtonianos:

- Fluidos pseudoplásticos

La viscosidad de estos fluidos se mantiene elevada y con pocas variaciones a velocidades relativamente bajas. Pero, cuando el gradiente de velocidad aumenta provoca que la viscosidad disminuya de manera considerable (Imagen 1).

- Fluidos Dilatantes

Son suspensiones en las cuales se produce un aumento en la viscosidad con el aumento en el gradiente de velocidades (Imagen 1).

- Fluidos de Bingham

Este tipo de fluidos se caracterizan por requerir un esfuerzo específico para comenzar a fluir, en consecuencia, al ser sometidos a un esfuerzo mayor se comportan como fluidos newtonianos (Imagen 1).

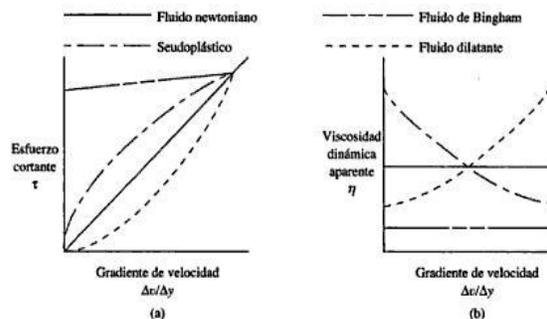
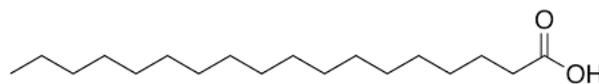


IMAGEN 1 Comparación del comportamiento de diferentes fluidos (imagen tomada de [1]).

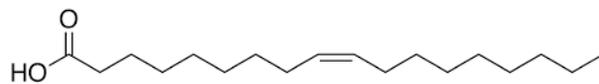
Viscosidad de ácidos grasos

Los ácidos grasos tienen la función ácido en una cadena de hidrocarburo acíclico, de alto número de átomos de carbono. Se dividen en saturados e insaturados. Los saturados son los que tienen enlaces sencillos en todos los carbonos y los insaturados los que tienen algún enlace doble.



Ácido esteárico

IMAGEN 1 Ácido esteárico, principal constituyente de la manteca de cerdo



Ácido oleico

IMAGEN 2 Ácido oleico, principal constituyente del aceite de oliva

La viscosidad de los ácidos grasos aumenta al aumentar la longitud de la cadena. Para igual número de átomos de carbono, la viscosidad aumenta al disminuir el número de dobles enlaces. [2]

Comúnmente, los ácidos grasos se comportan como líquidos newtonianos, en lo que respecta a su flujo, pero se ha demostrado que, a velocidades altas de agitación, se comportan como fluidos pseudoplásticos. A altas fuerzas de agitación los aceites grasos disminuyen considerablemente su viscosidad. [3]

Dinámica de Fluidos Computacional (CFD)

CFD (del inglés Computational Fluid Dynamics), es una herramienta que tiene una gran flexibilidad, precisión y amplitud de aplicación. Con CFD es posible ir más allá de obtener resultados cualitativos, ya que proporciona predicciones cuantitativas precisas de intercambio e interacciones de los fluidos.

- ANSYS Fluent

El software ANSYS Fluent contiene amplias capacidades físicas de modelado necesarias para modelar el flujo, la turbulencia, la transferencia de calor y las reacciones para aplicaciones industriales, desde el flujo de aire sobre un ala de un avión, hasta la combustión en un horno o la fabricación de semiconductores, entre otros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales, equipos y software utilizados en este trabajo son:

Materiales: Grasa animal (manteca de cerdo) y Aceite de Oliva.

Métodos: Se utilizó el viscosímetro de Brookfield®. Usando el spindle LV1.

Además, se usó ANSYS Fluent v16.0, para la simulación del tiempo de mezclado de los materiales utilizados, dentro de un tanque en agitación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Resultados Calculo de viscosidades

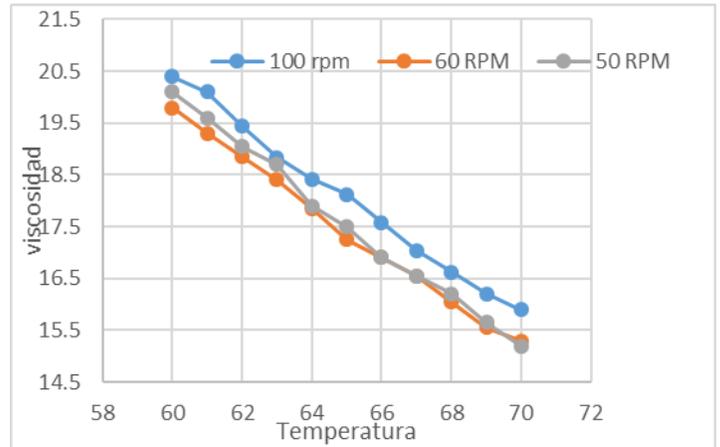


IMAGEN 4: Grafica comparativa de las viscosidades vs temperatura a diferentes RPM de la manteca de cerdo

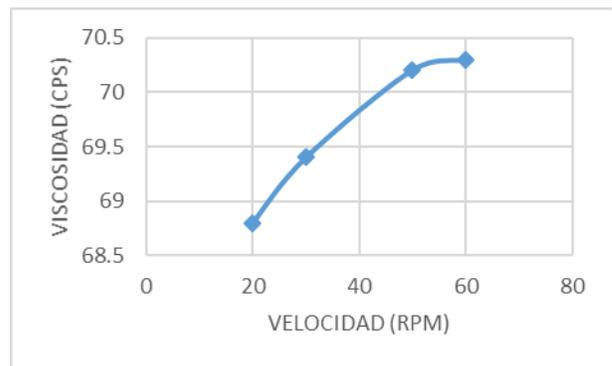


IMAGEN 5: Grafica comparativa de las viscosidades vs velocidad rotacional del aceite de oliva.

A partir de los datos anteriores, se tomaron las propiedades con las cuales posteriormente se realizó la simulación por ANSYS Fluent v16 (Tabla 1).

material	Densidad (kg/m ³)	Viscosidad (cps)
Oliva	895 a 20°C	70.2 a 50 RPM
Manteca	984.208 a 60°C	20.1 a 50 RPM

Tabla 1: Propiedades utilizadas en la simulación por CFD

- Tiempo de Mezclado

Se realizó una comparación entre los resultados de los diferentes tiempos de mezclado de los aceites, utilizando dos agitadores diferentes y un tanque de mezclado de 40 L.

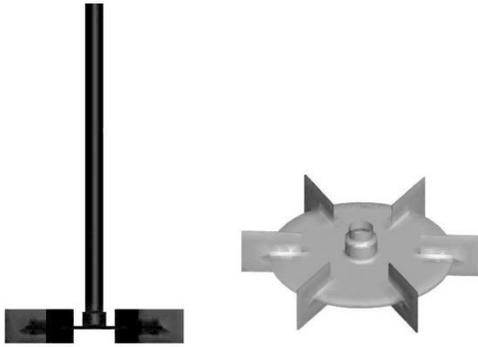


IMAGEN 6: impulsor tipo turbina Rushton. Longitud: 75mm, ancho: 60 mm, espesor: 2 mm, ángulo de inclinación: 90°

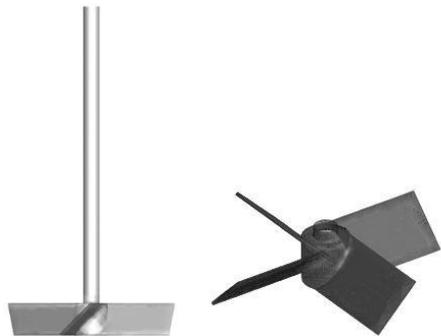


IMAGEN 7: impulsor tipo turbina de paletas inclinadas (PBT). Longitud: 150mm, ancho: 80 mm, espesor: 2mm, ángulo de inclinación: 45°

La velocidad de rotación de los agitadores fue de 5.24 RAD/s o 50 RPM. Para el cálculo del tiempo de mezclado fue colocado dentro del tanque un trazador en forma de esfera, el cual, al entrar al proceso de mezclado se diluye dentro de este. Además, se marcaron diferentes puntos en todo el tanque para medir la fracción másica promedio del trazador. El tiempo de mezclado tomado en el momento en que, la diferencia de fracción masica entre un punto y todos los demas puntos menor a 0.001, en cada tiempo(Ec 1).

$$\text{diferencia} = P_{\text{mayor fraccion}} - P_i \leq 0.001 \quad \text{Ec. 1}$$

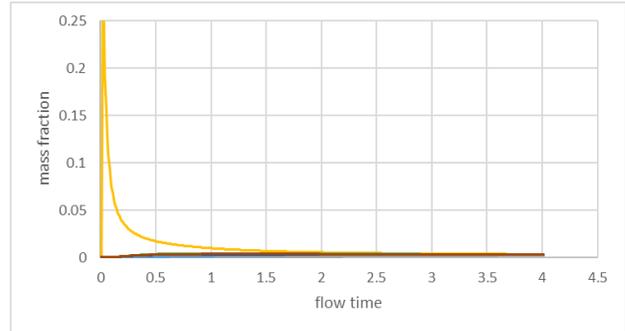


IMAGEN 8: tiempo de mezclado del aceite de oliva utilizando la turbina Rushton.

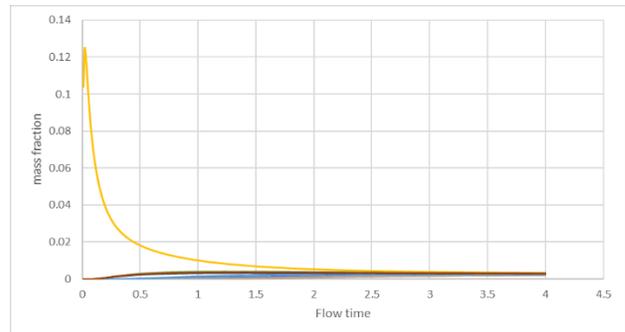


IMAGEN 9: tiempo de mezclado del aceite de oliva utilizando el impulsor PBT.

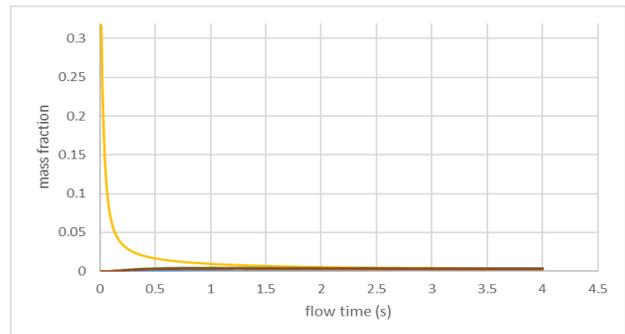


IMAGEN 10: tiempo de mezclado de la manteca utilizando la turbina Rushton.

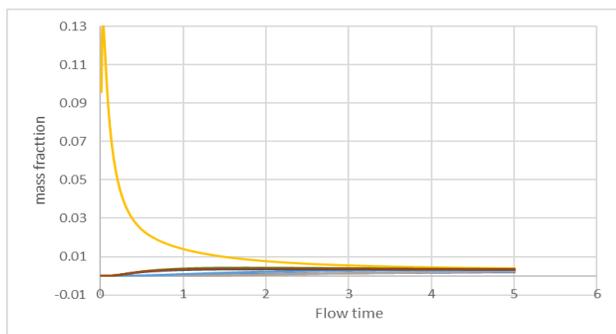


IMAGEN 10: tiempo de mezclado de la manteca utilizando el impulsor PBT.

Impulsor	material	Tiempo de mezclado (s)
Rushton	Oliva	3.58
PBT	Oliva	3.17
Rushton	Manteca	3.35
PBT	Manteca	4.4

Tabla 2: Comparación de los tiempos de mezclado.

- *Discusión de resultados*

No se logró observar el comportamiento pseudoplástico de los aceites grasos analizados, debido a que éstos, en teoría, presentan este comportamiento a altas velocidades de rotación. La recomendación es buscar una aguja para el viscosímetro que se adapte de mejor manera a los fluidos utilizados y se pueda mostrar el comportamiento esperado.

Al comparar los tiempos de mezclado, se puede observar que la turbina Rushton es más efectiva con sustancias con viscosidades bajas. Por el contrario, el PBT es más efectivo con sustancias de viscosidades altas.

CONCLUSIONES

Como se estableció en el inicio del proyecto, a menores tiempos de mezclado, las especies fluidas entran en contacto de manera más rápida y, por consiguiente, el inicio de la reacción sería más rápida también.

En este análisis, el proceso de mezclado con menor tiempo fue el del aceite de oliva utilizando el impulsor PBT. Esto quiere decir que sería el más ideal para utilizar en la curtiduría, además de

poseer enlaces dobles en su estructura facilitando la reacción de sulfatación para el engrasado de las pieles.

Desafortunadamente esto no ocurre así, debido a que en la industria del curtido se utilizan más ácidos grasos de menores costos

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Uribe por haberme brindado la oportunidad de conocer y acercarme un poco a la bonita experiencia de ser un investigador y ser un gran apoyo/asesor durante el proyecto.

A mi familia, en especial a mis padres por su apoyo incondicional y comprensión en estos días de verano, en los cuales estuve lejos de casa.

Al M.C. Alberto Tenorio, por toda la ayuda brindada en la realización de este proyecto, así como a la M.I.Q. Araceli Romero.

A Blanca Álvarez, por todo su apoyo y la motivación que me brindó día a día.

A Fernando Uribe por haberme orientado en estos proyectos, ya que me ayudarían para mi desarrollo académico.

REFERENCIAS

- [1] Mott, R. L., (2006), Mecánica de fluidos, (6ta edición), Ciudad de México, Prentice-hall inc..
- [2] Gutiérrez Ríos, E. (1985), Química, Barcelona, Reverté, S. A.,
- [3] Bailey, A. E., (1984), Aceites y grasas industriales, Barcelona, Reverté, S. A.