Universidad Simón Bolívar
Departamento de Termodinámica y Fenómenos de Transferencia
Reactores químicos (TF-3341)
Profesores(as): Julia Guerra y Daysi Rojas
Preparador: Carlos Escalona

Asignación final trimestre septiembre –Diciembre 2017: pre-tratamiento de la planta Moringa Oleífera (10%)

En principio, se define la biomasa como todo compuesto orgánico originado en un proceso biológico, de manera espontánea o provocada, que es utilizado como fuente de energía (Española, 2014). La energía térmica potencial que está contenida en la biomasa, proviene potencialmente de su carácter orgánico y los enlaces químicos que la componen, por ende, es energía química almacenada y que se puede liberar en forma de calor (Basu, 2010).

En este sentido, la conversión de la biomasa tiene dos rutas: una ruta bioquímica que se divide en fermentación y digestación, en donde esta última puede llevarse a cabo de manera anaeróbica o aeróbica y una ruta termoquímica que se lleva a cabo a través de procesos de combustión, gasificación, pirólisis y licuefacción.

Particularmente, en Venezuela se invierte alrededor de 72 millones de Bolívares en cultivo de la planta Moringa Oleífera, cuya producción se estima que alcance las 300 hectáreas (Izarra, 2014). Tomando como referencia las cantidades de producción e inversión descritas anteriormente, se llegó a la conclusión de que la producción de energía a través de la degradación a biomasa a partir de esta planta, sería sustentable para el país.

A partir de la información recopilada en la bibliografía, se extrajo la siguiente información:

Tiempo de pre-tratamiento estimado: 65.49 min.
Conversión deseada: 90%.
Flujo a tratar inicialmente: 1,53 L/min.
Densidad de la holocelulosa: 0,527 kg/L
Concentración inicial de holocelulosa: 1 mol/L
Material del reactor: Acero Inoxidable.
Temperatura: 121 °C.
Presión: 1.5 atm.

Debido a que el pretratamiento de la semilla de la Moringa Oleífera se lleva a cabo a través de una hidrólisis ácida, es prudente tener en cuenta que el grado y la velocidad de la misma varían con el pH, la temperatura, la concentración de biomasa y el tamaño de partícula. Para asegurar el avance de la hidrólisis ácida, el sustrato debe estar en fase sólida y el catalizador en fase líquida. No obstante, para efectos de cálculo se puede suponer que toda la reacción se lleva a cabo en fase líquida, según:

$$\text{Holocelulosa} \rightarrow \text{AFT} \rightarrow \text{Descomposición de AFT}$$

Se considera que las reacciones involucradas se pueden aproximar a una de primer orden y que la velocidad de reacción es una función de la concentración del sustrato ácido, tiempo de hidrólisis y temperatura.(Michael Yusniel López Infante, 2012). Para lo cual se obtuvo el valor de las constantes cinéticas para la primera y segunda reacción de:

Constante cinética 1: k_1=0.0204 min^{-1} **Constante cinética 2:** k_2=0.00134 min^{-1}

PARTE I: Diseño de reactores químicos (15%)

Con los datos suministrados previamente, diseñe el reactor químico que mejor se adapte a estos requerimientos. En principio, puede escoger entre TAC, TAD, FPI y TASC y no hace falta que indique arreglos entre los mismos.

Parte II: Arreglo de reactores químicos (20%)

Según los resultados obtenidos previamente, evalúe dos (2) arreglos de reactores que Ud. Considere pertinentes y escoja el más eficiente de los dos.

Parte III: Análisis cinético (20%)

Ahora bien, sabiendo que el compuesto deseado es el AFT (B) y que éste se descompone a razón de k_2 en un compuesto no deseado (C), indique qué estrategias implementaría Ud. para maximizar el valor de la selectividad y el rendimiento, evalúelas y comente al respecto utilizando gráficos, expresiones analíticas, etc. Para este caso, la bibliografía recomienda que estudie dependencia de las concentraciones de las especies respecto al tiempo, según la tabla 1. *¿Existe un tiempo óptimo de reacción?*

Ca(t)	$\mathbf{Ca_0 * e^{-k_1 * t}}$
Cb(t)	$k_1 * \frac{Ca_0}{k_2 - k_1}\left(e^{-k_1 * t} - e^{-k_2 * t}\right)$
Cc(t)	$Ca_0 * (1 - e^{-k_2 * t})$

Tabla #1: Expresiones de concentración en función del tiempo.

Parte IV: reciclo (20%)

Para el arreglo que Ud. seleccionó, implemente el esquema de reciclo, evaluando a diferentes tasas de recirculación (R). Comente para qué valores es beneficioso trabajar y qué valor agregado (de haber alguno) trae este análisis. Puede utilizar gráficos o las comparaciones que Ud. considere pertinentes.

Parte V: Análisis termodinámico (25%)

Según la información suministrada por López et al, el reactor opera inicialmente a 121°C de manera isotérmica e isobárica (a 1.5 atm). Para disminuir los costos de operación por gastos energéticos del mismo, se propone acoplar un intercambiador de calor de tubo y carcaza que opere en contracorriente, por ser éste rentable económicamente, sencillo de utilizar y eficiente.

Se pide que calcule el calor que debe retirar el intercambiador de calor, para mantener una temperatura de 121 °C con el refrigerante que Ud. considere conveniente. *¿qué factores tomará en cuenta a la hora de seleccionar su refrigerante?*

Por otra parte, para el término del calor de reacción se utilizarán los valores de entalpía de formación de la fermentación de glucosa en medio ácido (M. Mathlouthi, 1995) presentados en la tabla #2.

ΔHrxn1 (Kcal/mol)	-1776
ΔHrxn2 (Kcal/mol)	672,59

Tabla #2. Valores de entalpia de reacción

En cuanto a las capacidades caloríficas a presión constante, se tomaron valores para la fermentación de glucosa encontradas en la bibliografía (M. Mathlouthi, 1995), como se muestra a continuación en la tabla #3

Tabla #3. Valores de capacidades caloríficas a presión constante de los compuestos de interés

Cp_a(kJ/kmolK)	1017,70
Cp_b(kJ/kmolK)	1188,50
Cp_c(kJ/kmolK)	1375,77

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Basu, P. (2010). Biomass Gasification & Pyrolysis: practical, design & theory. . *ELSEVIR Inc.* .

Española, R.-R. A. (2014). *Diccionario de la Lengua Española. Edición 22a.* Obtenido de lema.rae.es/drae/?/val=biomasa

Izarra, S. (09 de Julio de 2014). Venezuela impulsa la siembra de moringa con más de 10 mil kilos de semillas. *Correo del Orinoco*, pág. 1.

M. Mathlouthi, P. R. (1995). *Sucrose: Properties and Applications.* París: Blackie Academic & Professional.

Michael Yusniel López Infante, M. A. (2012). *Cinética del pretratamiento ácido diluido de la cáscara residual del fruto del árbol moringa oleífera, para el cálculo de los parámetros de un reactor.* Matanzas: Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".

INSTRUCCIONES

1. Debe entregar esta asignación en un informe vía correo electrónico antes del día **lunes 04 de diciembre (semana 12)** a las 12:00 am.
2. Debe presentar sus resultados junto a todos los balances y suposiciones que realice, además de su respectivo análisis (comentarios, gráficos, etc.) puesto que resultados que carezcan del mismo, no serán tomados en cuenta.
3. Esta asignación es de carácter individual, cuyo propósito es que Ud. pueda implementar todo el contenido de la asignatura y evaluar los casos, arreglos y expresiones que su criterio considere necesarios y eficientes.

Se agradece la notificación de errores y envío de comentarios.

Carlos E. Escalona A. (ceea01@gmail.com)
Ing. Química USB.