

Cinética de la reacción de hidrólisis continua ácida del almidón de yuca

HUGO A. VALENCIA JULIO

Ingeniero Químico, M.Sc.
Universidad Industrial de Santander
M.Sc. Universidad Industrial de Santander

RESUMEN

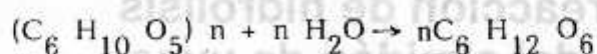
Se examina la influencia de las variables en la hidrólisis ácida continua del almidón de yuca, presentándose el proceso seguido para efectuarla y los resultados obtenidos con respecto a la velocidad de reacción y la energía de activación de esa hidrólisis.

INTRODUCCION

La hidrólisis de almidones para producir dextrosa, jarabes y otros productos, ha venido siendo practicada desde hace varios años, siendo actualmente la producción de jarabe de maíz una industria de considerable importancia. Hasta hace poco tiempo, esa conversión química se realizaba en operaciones discontinuas, tipo batch, pero actualmente la atención está dirigida hacia procesos contínuos, teniendo hoy en día, por lo menos, dos procesos contínuos de conversión (1), (2).

Cuando una suspensión acidificada de almidón en agua se somete a temperaturas del

orden de 135°C se produce la hidrólisis, convirtiéndose el almidón en azúcares. Un examen de los productos finales de la reacción de hidrólisis revela la presencia de glucosa como producto principal; en adición, dependiendo de las condiciones impuestas se encuentran cantidades variables de gentibiosa, derivados de furfural, ácido levulínico y otros productos de degradación, los cuales resultan del tratamiento de carbohidratos con ácido a altas temperaturas. La reacción principal sigue la ecuación:



Este trabajo encaminado al estudio de las variables de proceso para el diseño de un reactor tubular para la hidrólisis ácida continua de almidones, presenta aquí los resultados obtenidos en el estudio cinético del proceso de hidrólisis.

PROCESO

La Figura 1 es un diagrama de proceso de la instalación escogida para efectuar la hidrólisis del almidón. El equipo consta principalmente de las siguientes partes:

- **Tanque de alimentación.** Para efectuar la carga de reactantes, se dispuso de un tanque de acero inoxidable con capacidad de 12 litros y resistencia a la presión de 120 psig. La carga consistió en una lechada de almidón y agua, previamente acidulada, la cual se precalentó hasta lograr cierto grado de hinchamiento en los gránulos de almidón. El contenido del tanque se presionó hasta alcanzar un valor de 70 psig.
- **Línea de vapor de 60 psig,** con el fin de llevar vapor hasta el calentador instantáneo.
- **Calentador instantáneo.** Es un dispositivo en forma de boquilla, el cual permite el contacto íntimo entre el vapor vivo y la lechada del tanque de alimentación. El calentamiento se produce por la condensación del vapor, hasta lograr la temperatura requerida en el reactor.

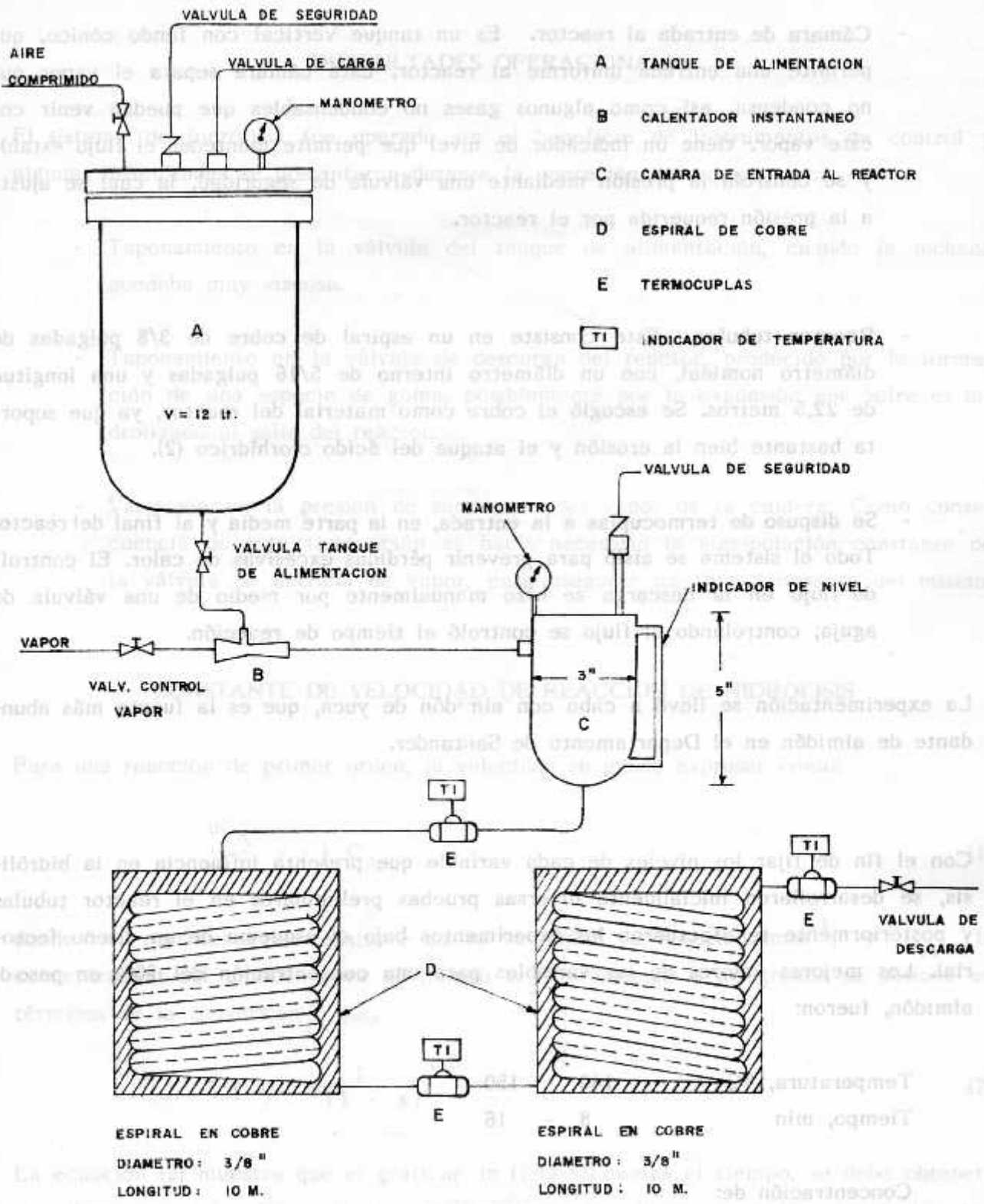


FIGURA 1. DIAGRAMA DEL EQUIPO UTILIZADO PARA LA HIDROLISIS ACIDA DE ALMIDONES

- **Cámara de entrada al reactor.** Es un tanque vertical con fondo cónico, que permite una entrada uniforme al reactor. Esta cámara separa el vapor que no condensa, así como algunos gases no condensables que puedan venir con este vapor. tiene un indicador de nivel que permite mantener el flujo estable y se controla la presión mediante una válvula de seguridad, la cual se ajusta a la presión requerida por el reactor.
- **Reactor tubular.** Este consiste en un espiral de cobre de 3/8 pulgadas de diámetro nominal, con un diámetro interno de 5/16 pulgadas y una longitud de 22,5 metros. Se escogió el cobre como material del reactor, ya que soporta bastante bien la erosión y el ataque del ácido clorhídrico (2).
- Se dispuso de termocuplas a la entrada, en la parte media y al final del reactor. Todo el sistema se aisló para prevenir pérdidas excesivas de calor. El control de flujo en la descarga se hizo manualmente por medio de una válvula de aguja; controlando el flujo se controló el tiempo de reacción.

La experimentación se llevó a cabo con almidón de yuca, que es la fuente más abundante de almidón en el Departamento de Santander.

Con el fin de fijar los niveles de cada variable que presenta influencia en la hidrólisis, se desarrollaron inicialmente diversas pruebas preliminares en el reactor tubular y posteriormente se efectuaron los experimentos bajo el esquema de un diseño factorial. Los mejores valores de las variables para una concentración del 20% en peso de almidón, fueron:

Temperatura, °C 140 - 150

Tiempo, min 8 - 16

Concentración de:

HCl, N 0,05 - 0,1

DIFICULTADES OPERACIONALES

El sistema de hidrólisis fue operado sin el beneficio de instrumentos de control y algunas dificultades se presentaron durante la operación del equipo, así:

- Taponamiento en la válvula del tanque de alimentación, cuando la lechada quedaba muy viscosa.
- Taponamiento en la válvula de descarga del reactor, producido por la formación de una especie de goma, posiblemente por la expansión que sufre el hidrolizado al salir del reactor.
- Variación en la presión de suministro del vapor de la caldera. Como consecuencia de esta fluctuación se hacía necesario la manipulación constante de la válvula de entrada de vapor, para asegurar un flujo constante del mismo.

CONSTANTE DE VELOCIDAD DE REACCION DE HIDROLISIS

Para una reacción de primer orden, la velocidad se puede expresar como:

$$\frac{dC_A}{dt} = -k C_A \quad (1)$$

donde k representa la constante de la velocidad de reacción (min^{-1}) y C_A , la concentración del almidón para el tiempo t . Reordenando e integrando se obtiene en términos de la conversión x que,

$$\bar{k} t = \ln \frac{1}{(1-x)} \quad (2)$$

La ecuación (2) muestra que el graficar $\ln (1/(1-x))$ contra el tiempo, se debe obtener una línea recta. La figura 2, es una representación de esa ecuación, construida con los datos experimentales obtenidos para una temperatura media dentro del reactor de 137°C y una concentración de ácido en la lechada de $0,1 \text{ eg/l}$ (Tabla 1).

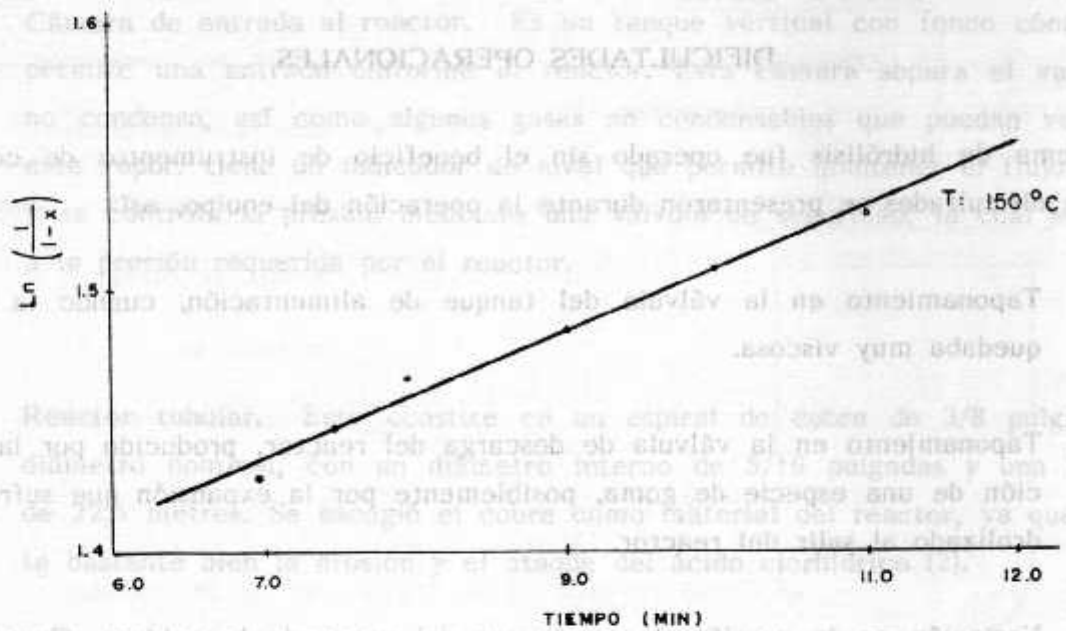


FIGURA 2. COMPROBACION DE LA EXPRESION DE LA VELOCIDAD DE REACCION

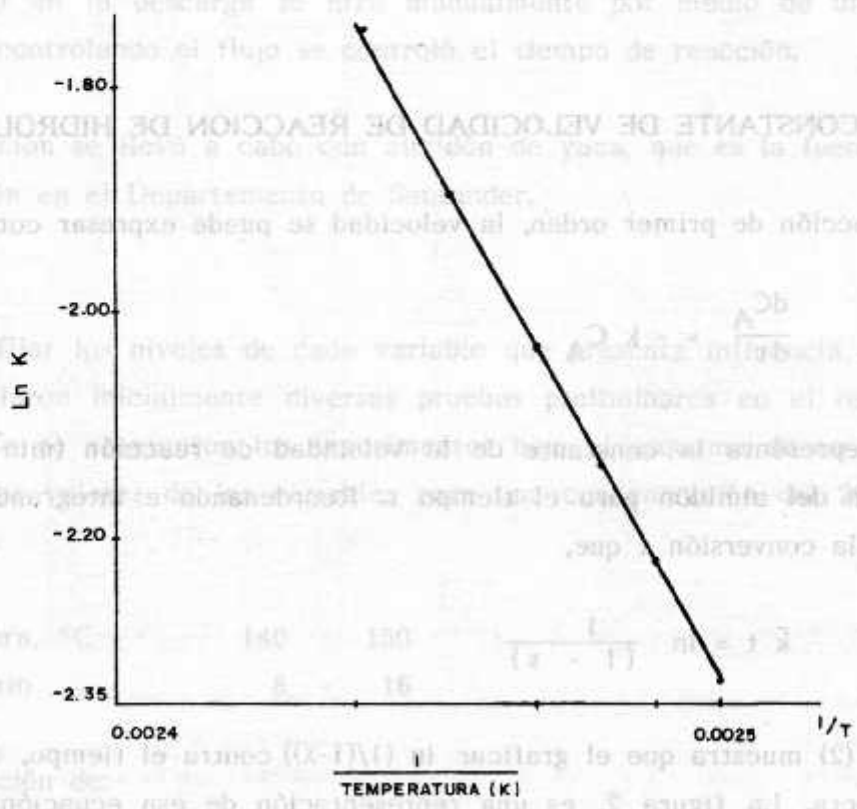


FIGURA 3. COMPROBACION DE LA LEY DE ARRHENIUS PARA HIDROLISIS

ACIDA DE ALMIDON DE YUCA

Las temperaturas medias dentro del reactor se determinaron a partir de la distribución de temperatura para diferentes valores medidos a la entrada del reactor, evaluando el área bajo la curva de cada perfil y dividiéndola por la longitud del reactor.

Se comprueba así que la velocidad de reacción de hidrólisis es de primer orden, encontrándose un valor para la constante de velocidad de reacción de $0,1723 \text{ min}^{-1}$ para una temperatura media en el reactor de 137°C y una concentración de HCl en la lechada de carga de $0,1 \text{ N}$.

ENERGIA DE ACTIVACION DE LA REACCION

La variación de la constante de reacción con la temperatura, sigue la ley de Arrhenius, expresada como:

$$\ln k = A - E_a/RT \quad (3)$$

La Figura 3 es una representación gráfica de la ley de Arrhenius, para los datos dados en la Tabla 2. Ajustando estos datos a una recta mediante el método de mínimos cuadrados, la ecuación (3) toma la forma,

$$\ln k = 21,65 - 9600/T \quad (4)$$

de donde, la energía de activación para la reacción de hidrólisis del almidón de yuca es de 19075 cal/g mol (3).

ABSTRACT

The influence of variables in the continuous acid hydrolysis of yuca starch, method and procedure are presented in this paper. Also is showed the calculation about velocity of reaction and activation energy of this hydrolysis.

TABLA 1.- Constantes de velocidad de reacción de hidrólisis ácida

Temperatura de entrada al reactor °C	Normalidad HCl	Temperatura media dentro del reactor °C	Tiempo (min)	D.E (%)	x	\bar{k} (min)
150	0,1	137	7	74,7	0,757	0,202
			8	75,9	0,770	0,1837
			9	76,2	0,773	0,1649
			11	77,0	0,782	0,1385
145	0,1	132	8	67,5	0,679	0,1419
			11	69,6	0,701	0,1099
140	0,1	129	8	61,6	0,615	0,1194
			11	63,4	0,635	0,0915

TABLA 2.- Datos para la estimación de la Ecuación de Arrhenius

Temperatura media dentro del reactor (K)	k, (min) ⁻¹	1/T media (K) ⁻¹	ln k
409	0,1723	0,00244	- 1,7585
405	0,1259	0,00247	- 2,0723
402	0,1055	0,00249	- 2,2490

ABSTRACT

The influence of variables in the continuous acid hydrolisis of yuca starch, method and procedure are presented in this paper. also is showed the calculation about velocity of reaction and activation energy of this hydrolisis.

BIBLIOGRAFIA

- 1) DEPARTAMENTO TECNICO DE TAYLOR ARGENTINA. Sistema de Control para la producción de jarabe de maíz. La alimentación moderna, 7 (76), 1973.
- 2) DLOUHY, J., KOTT, A. Continuous hydrolysis of Corn Starch. Chem. Eng. Progress, 44(5), 1948.
- 3) ORDUZ P., J. VERGEL H., C.A. Estudio de las variables de proceso de diseño de un reactor tubular para hidrólisis ácida continua de almidones. Tesis de Grado, UIS, 1987.
- 4) VALENCIA J., H.A., ORDUZ P., J. y VERGEL, C. Estudio de las variables de proceso en la hidrólisis ácida continua de almidones. Memorias XIV Congreso Ingeniería Química, 1987.

HUMBERTO ESCALANTE H.

Graduado en Ingeniería

GRACIELA CHALECA A.

Graduada en Ingeniería

RESUMEN

Este trabajo tiene por objeto el estudio de un nuevo método de hidrólisis ácida continua para la producción de jarabe de maíz, actual y la producción de almidones en un reactor tubular.

En el momento de redacción y publicación de este artículo, para estos efectos, se establecieron las siguientes etapas: redacción mecánica de un modelo de hidrólisis ácida continua, producción y caracterización de almidones, hidrólisis ácida continua y estudio de la cinética de hidrólisis ácida continua. Se realizaron los siguientes experimentos: hidrólisis ácida continua de almidones de maíz en un reactor tubular, hidrólisis ácida continua de almidones de maíz en un reactor tubular, hidrólisis ácida continua de almidones de maíz en un reactor tubular, hidrólisis ácida continua de almidones de maíz en un reactor tubular, hidrólisis ácida continua de almidones de maíz en un reactor tubular, hidrólisis ácida continua de almidones de maíz en un reactor tubular, hidrólisis ácida continua de almidones de maíz en un reactor tubular, hidrólisis ácida continua de almidones de maíz en un reactor tubular, hidrólisis ácida continua de almidones de maíz en un reactor tubular, hidrólisis ácida continua de almidones de maíz en un reactor tubular.

INTRODUCCION

Actualmente en nuestro país existe un marcado interés por encontrar nuevas fuentes, entre ellas las recursos renovables, para la obtención de alimentos o de combustibles líquidos. Esto se consigue utilizando una materia prima rica en hidratos de carbono, fácilmente transformables en azúcares fermentables, por medio del proceso de hidrólisis.

Los amilazos, (catalizadores orgánicos) que juegan un papel muy importante en la industria cervecera, en la panadera, en la pastelería, en la de helados, etc., se obtienen a partir