

Diseño de un reactor para obtención de azúcares fermentables a partir de cáscara de naranja

PROBLEMA

1

En Ecuador, la industria citrícola genera grandes volúmenes de residuos, ricos en biomasa lignocelulósica y azúcares potencialmente fermentables. Sin embargo, estos son destinados a disposiciones de bajo valor, generando impactos ambientales y costos operativos.



La hidrólisis ácida constituye una alternativa viable para su valorización. No obstante, existe una **limitada disponibilidad de desarrollos técnicos locales** que integren estudios cinéticos y diseños de reactores adaptados a residuos cítricos. Esto dificulta la implementación de procesos sostenibles de aprovechamiento.

OBJETIVO GENERAL

2

Diseñar un reactor batch agitado de hidrólisis ácida, estableciendo los parámetros operacionales ideales para la liberación de azúcares fermentables en el proceso de producción de bioetanol a partir de residuos de cáscara de naranja.

PROPUESTA

3

La propuesta integra:

Caracterización
lignocelulósica

Validación de
modelado cinético

Definición de
condiciones óptimas

Dimensionamiento
de reactor

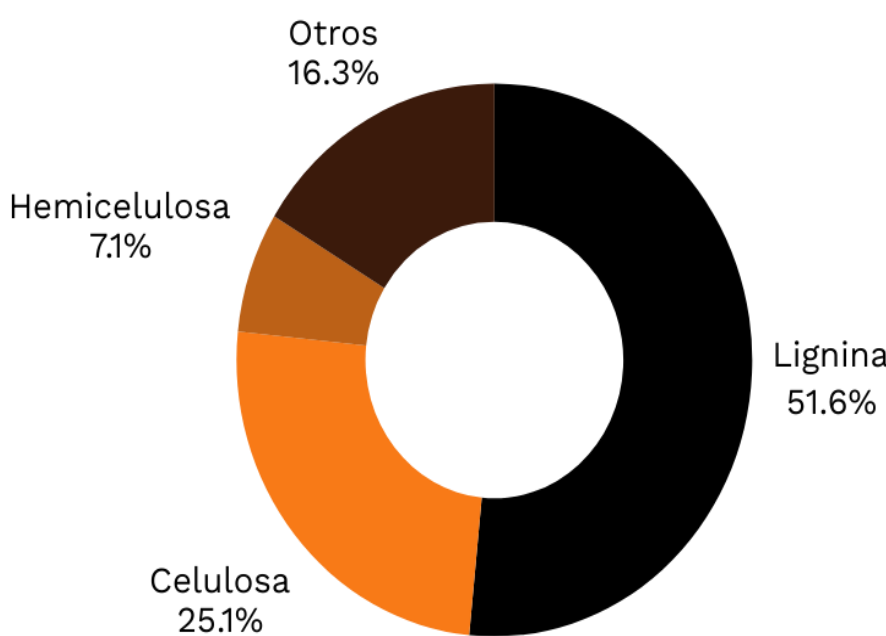
Adaptados a la realidad industrial ecuatoriana

Como valor agregado, el estudio proporciona parámetros técnicos confiables que permiten evaluar la viabilidad de procesos de valorización de residuos agroindustriales, reduciendo costos de disposición, mitigando impactos ambientales y promoviendo la integración de la **bioeconomía circular en la industria citrícola**.

RESULTADOS

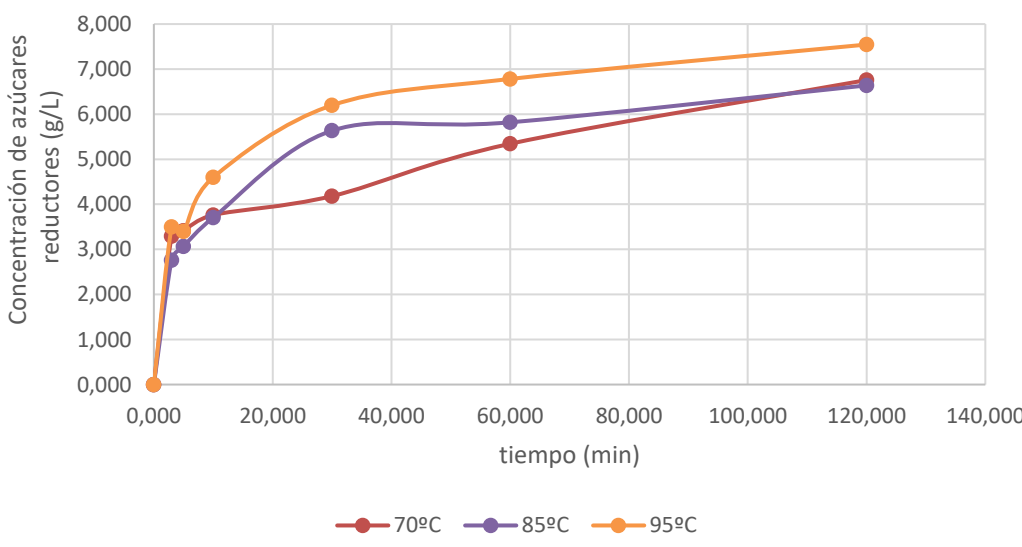
4

Análisis lignocelulósico

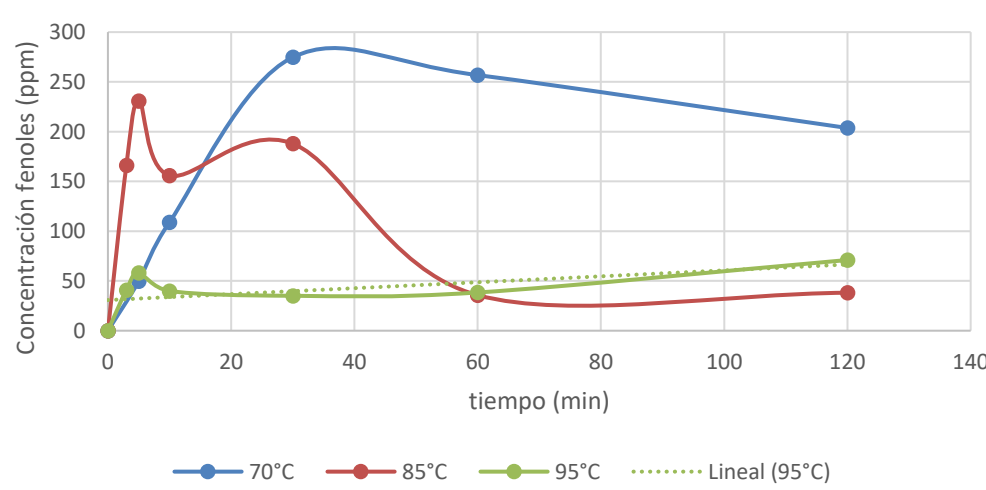


- La cáscara de naranja no es basura: es celulosa, una fuente de glucosa atrapada.
- Hemicelulosa → azúcares reductores.
- Gran presencia de lignina: impedimentos para la hidrólisis si no se trata correctamente.

Azúcares reductores (g/L) vs tiempo (min)



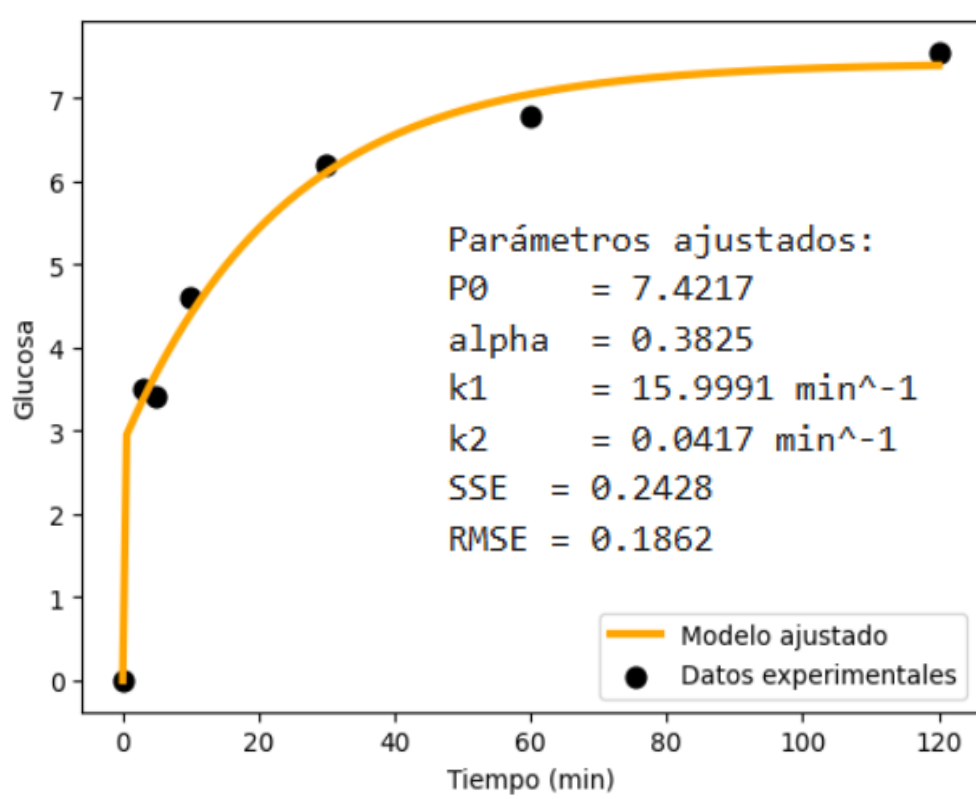
Fenoles totales (ppm) vs tiempo (min)



En la isoterma de 95 °C, se alcanzaron las mayores concentraciones de azúcares reductores en menor tiempo. Los resultados experimentales indican que a 95 °C la generación de fenoles se mantiene en sus niveles más bajo.

Modelo cinético bifraccionado

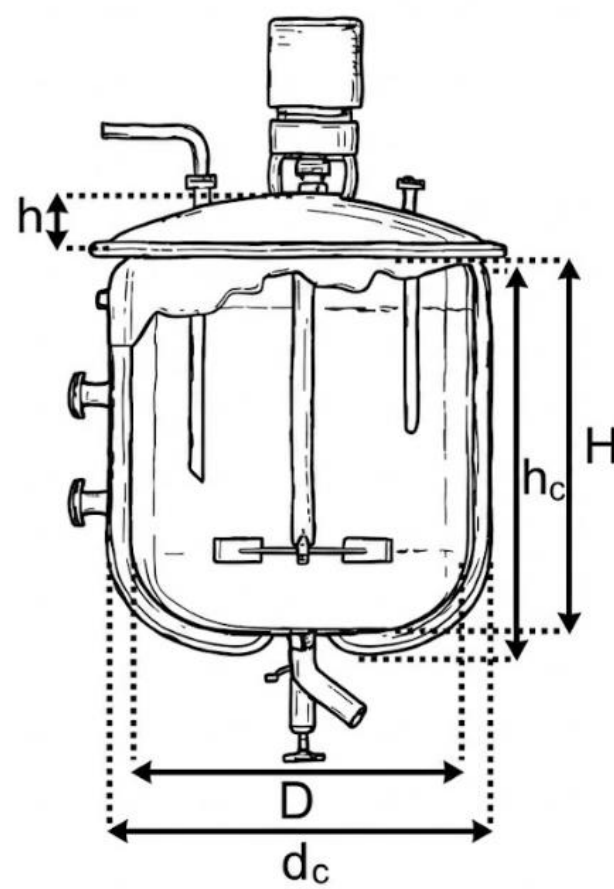
$$P(t) = P_{max} [\alpha(1 - e^{-k_1 t}) + (1 - \alpha)(1 - e^{-k_2 t})]$$



Para determinar con precisión el volumen del reactor, fue necesario caracterizar la velocidad de reacción mediante un ajuste matemático de los datos experimentales obtenidos a 95 °C. A 120 minutos, el modelo predice una concentración de 7.37 g/L. Este tiempo de 120 minutos, fue fijado como el tiempo de residencia de diseño.

Dimensionamiento

Reactor	
Volumen [m³]	4,02
H: Altura[m]	1,72
D: Diámetro[m]	1,72
Espesor paredes [mm]	4,76
h: altura tapa [m]	0,43
espesor tapa[mm]	4,55
Calentador	
hc: Altura[m]	1,38
D_c: diámetro[m]	1,73
Área calentamiento[m²]	7,50



Conversión [g/g] 81,20%

7g/L de azúcares fermentables

CONCLUSIONES

5

- Utilizando un algoritmo de optimización no lineal, se obtuvieron los parámetros cinéticos presentados. El modelo presentó un alto grado de correlación con los datos experimentales (RMSE = 0.186), validando su uso para el escalamiento.
- La temperatura y tiempo calculados para maximizar el rendimiento de azúcares fermentables son 95°C y 120min.
- Se dimensionó el reactor con un volumen 4,02m³, altura y diámetro de 1,72m, para la obtención de un jarabe con 7g/L de azúcares fermentables, aprovechables para generar bioetanol y/o otros productos.

- Referencias:
- Siles López, J. A., Li, Q., & Thompson, I. P. (2010). Biorefinery of waste orange peel. Critical Reviews in Biotechnology, 30(1), 63–69. <https://doi.org/10.3109/07388550903425201>
- Sun, Y., & Cheng, J. (2002). Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: A review. Bioresource Technology, 83(1), 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00212-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00212-7)