

# MODELAJE DE LAS REACCIONES DE HIDRÓLISIS DE LACTOSA Y SACAROSA POR RUTA ENZIMÁTICA Y SUS POTENCIALES VARIANTES INDUSTRIALES

AUTORES: CELESTE URZÚA (19246), GASPAS SANTIAGO (19126), MICHELLE ALDANA (19844)  
ESTUDIANTES DE INGENIERIA QUÍMICA INDUSTRIAL, CURSO BIOINGENIERÍA

Palabras Clave: Hidrólisis enzimática, lactosa, sacarosa, invertasa, lactasa, degradación, inmovilización enzimática.

## General:

Modelar las reacciones de hidrólisis de lactosa y sacarosa por ruta enzimática y sus potenciales variantes industriales.

## Específicos:

- Modelar la reacción de hidrólisis de lactosa en suero de leche por la ruta enzimática de la lactasa.
- Modelar la reacción de hidrólisis de sacarosa por ruta enzimática de la invertasa.
- Dimensionar los biorreactores de las hidrólisis de lactosa en suero de leche y sacarosa por rutas enzimáticas de la lactasa e invertasa, para definir su esquema operacional.
- Comparar las operaciones unitarias de los procesos industriales de las hidrólisis de lactosa en suero de leche y sacarosa por rutas enzimáticas de la lactasa e invertasa libres con respecto a su proceso como enzimas inmovilizadas.

## OBJETIVOS

## Hidrólisis lactosa:



## Hidrólisis sacarosa:



## METODOLOGÍA

## RESULTADOS

### Ecuaciones de modelos:

#### Hidrólisis lactosa

$$\frac{dP}{dt} = \frac{0.04613 \frac{M}{min} ([S] - 0.0351)}{0.95513 + ([S] - 0.0351) + \frac{([S] - 0.0351)^2}{0.998011}}$$

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{0.04613 \frac{M}{min} ([S] - 0.0351)}{0.95513 + ([S] - 0.0351) + \frac{([S] - 0.0351)^2}{0.998011}}$$

#### Hidrólisis sacarosa

$$\frac{dP}{dt} = \frac{0.01070 \frac{M}{min} ([S] - 0.0425)}{0.08329 + ([S] - 0.0425)}$$

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{0.01070 \frac{M}{min} ([S] - 0.0425)}{0.08329 + ([S] - 0.0425)}$$

### Degradabilidad de perlas:

$$-Ln([C] - 72g) = -0.1211 * t$$

Cuadro 1: Parámetros de las reacciones de hidrólisis de suero de leche y sacarosa con lactasa e invertasa, respectivamente

Proceso evaluado	Enzima empleada	Vmax (mol/L*min)	Km (mol/L*min)	R <sup>2</sup>	Error (%)	Diseño Bioreactor		
						Tipo de reactor	Tiempo de Rm τ (min)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Hidrólisis Sacarosa	Invertasa	0.01070	0.08329	0.942	0.09	CSTR	5.068	0.1014
Hidrólisis enzimática Suero de leche	Lactasa	0.04613	0.95513	0.975	0.06	CSTR	74.261	1.4900

Cuadro 2: Parámetros de la reacción de degradabilidad de las perlas de enzima inmovilizada

Proceso evaluado	Parámetros cinéticos		Varianza		Reactor			
	Tiempo (min)	% Hidrólisis	Constante de degradación K	Error %	Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	Tipo	Masa de perlas de alginato-invertasa (g)	Masa de perlas de alginato-Lactasa (g)
Degradación de enzima inmovilizada	63	4.73	-0.1211	3.11	0.974	CSTR	2000	5000

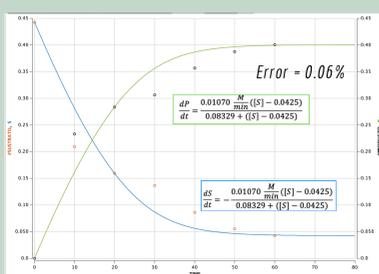


Figura 1: Modelo cinético de hidrólisis de sacarosa con invertasa

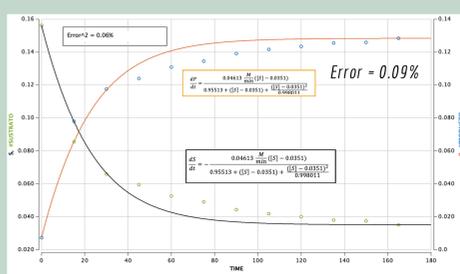


Figura 2: Modelo cinético de hidrólisis de lactosa en suero de leche con lactasa

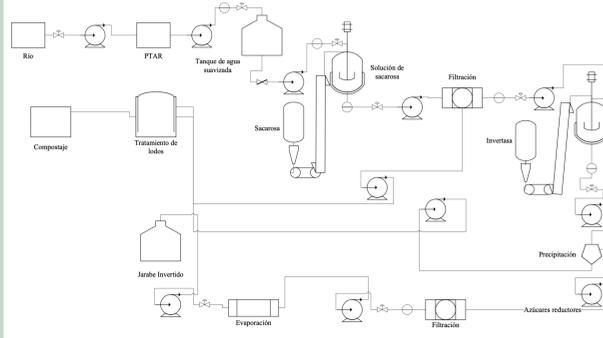


Figura 3: Esquema de Proceso industrial de hidrólisis de sacarosa con invertasa

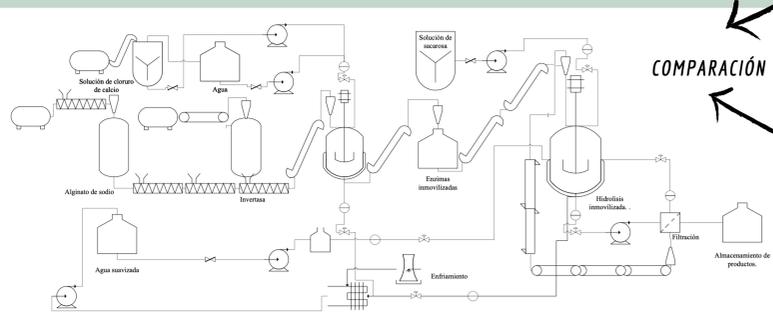


Figura 4: Esquema de proceso industrial de implementación de enzima inmovilizada

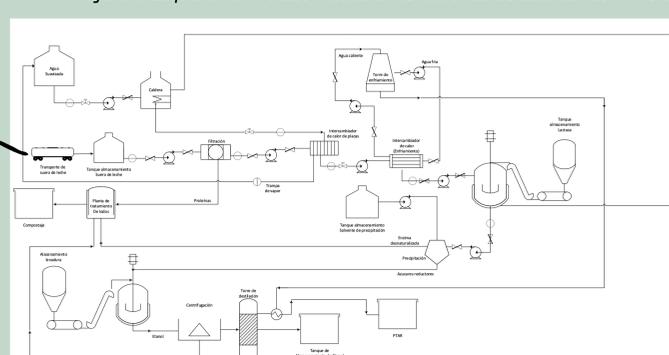


Figura 5: Esquema de Proceso industrial de hidrólisis de suero de leche con lactasa

## ABSTRACT

Con el fin de predecir el comportamiento de las reacciones de hidrólisis de lactosa y sacarosa mediante rutas enzimáticas, se desarrollaron modelos matemáticos y simulaciones empleando invertasa y lactasa como catalizadores de reacción. El estudio evaluó variantes industriales potenciales, como la producción de jarabe invertido y de bioetanol, así como el uso de enzimas inmovilizadas en perlas, analizando su degradabilidad a lo largo del tiempo para mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos. Además fueron diseñados y seleccionados los reactores y propuestas las operaciones unitarias pertinentes. De igual forma, se realizaron esquemas de operación industriales para contemplar las operaciones unitarias de cada uno de los procesos antes mencionados.

## INTRODUCCIÓN

La hidrólisis enzimática de carbohidratos es un proceso fundamental en la industria alimentaria y biotecnológica, enfrentando desafíos persistentes en eficiencia y costos. Este estudio aborda la modelación y el estudio de variantes de las reacciones de hidrólisis de suero de leche y solución de sacarosa, utilizando lactasa e invertasa.

La inmovilización de enzimas en perlas puede mejorar la estabilidad y reutilización, pero su degradabilidad y eficiencia a largo plazo requieren una evaluación detallada.

La selección del bioreactor adecuado es crucial para maximizar la conversión y reducir costos. De esta manera, este estudio se realiza con el fin de modelar las reacciones de hidrólisis de lactosa y sacarosa con las enzimas lactasa e invertasa, para dimensionar el reactor adecuado y establecer el esquema de proceso requerido para los productos finales.

## CONCLUSIONES

Se obtuvo un Vmax de 0.0107 mol/L\*min con una Km de 0.08329 mol/L\*min como parámetros cinéticos de la hidrólisis de sacarosa con invertasa.

Se obtuvo un Vmax de 0.04613 mol/L\*min con una Km de 0.9551 mol/L\*min como parámetros cinéticos de la hidrólisis de lactosa en suero de leche con lactasa.

El reactor seleccionado fue un CSTR con un volumen de diseño de 0.1014 m<sup>3</sup> y 1.4900 m<sup>3</sup> para la hidrólisis de sacarosa y lactosa en suero de leche, respectivamente.

Las operaciones unitarias de la hidrólisis de sacarosa con respecto a la lactosa, difieren en los procesos a los que van dirigidos, sin embargo siguen operaciones como filtración y centrifugación después de la reacción enzimática, aunque cabe aclarar que son procesos que puede reducir la eficiencia de los procesos.

El estudio de la degradación mecánica de perlas de alginato que inmovilizan las enzimas, evita ciertas operaciones unitarias y mejora el uso de las enzimas de eliminarlas por completo.

## ESQUEMAS DE PROCESO



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

