

ETANOL COMBUSTIBLE A PARTIR DE PAJA DE COLZA

Inmaculada Romero*, Juan Carlos López-Linares, Cristóbal Cara, Encarnación Ruiz, Manuel Moya, Eulogio Castro

Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales, Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas, 23071 Jaén (España) *e-mail: iromero@ujaen.es



INTRODUCCIÓN

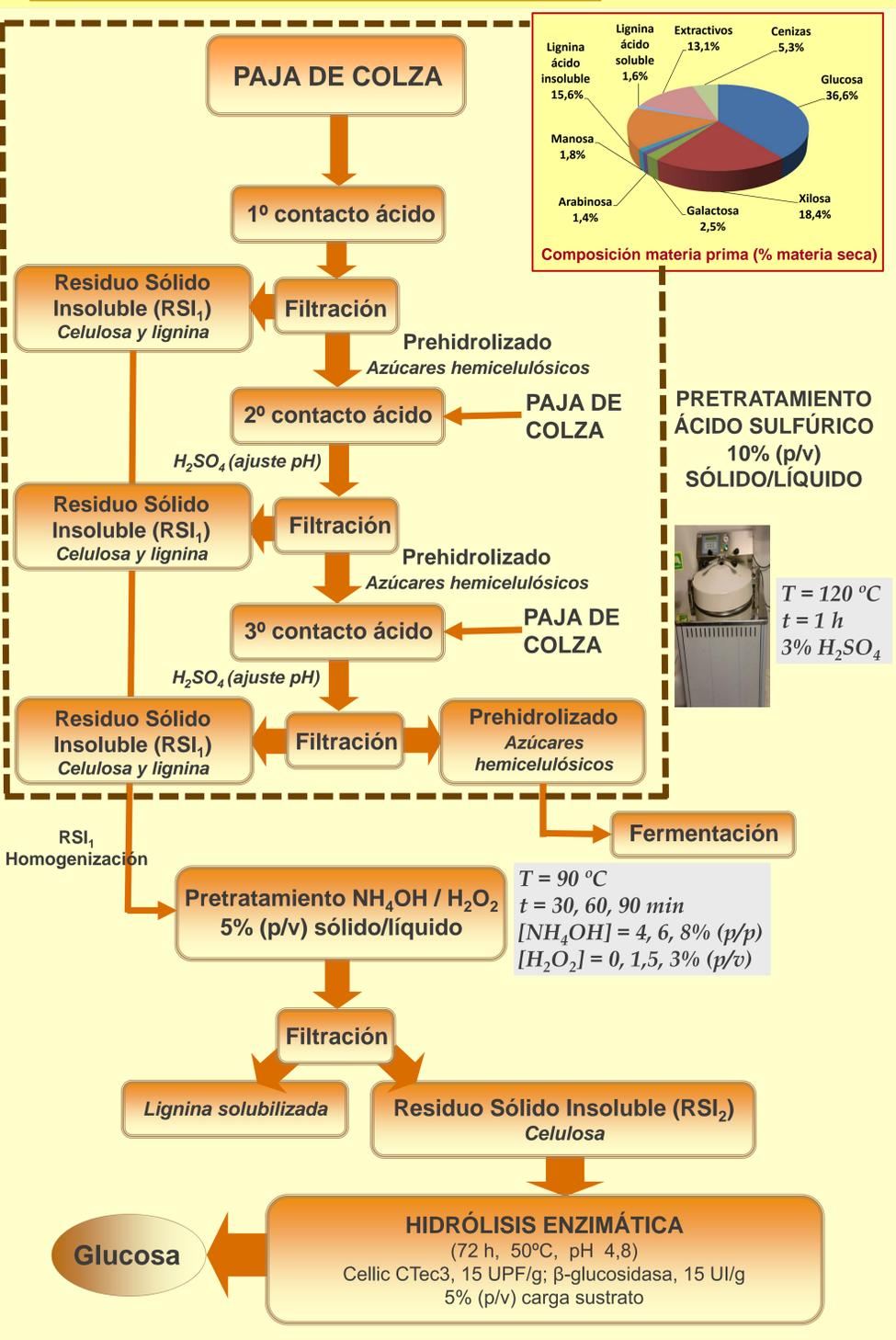
La paja de colza constituye un abundante residuo agrícola, sin uso alternativo, con lo cual podría ser utilizada como materia prima para la producción de bioetanol debido a su rica composición en azúcares celulósicos y hemicelulósicos (más de un 60% de azúcares fermentables), encontrándose cada vez más disponible como consecuencia del aumento en la producción de biodiésel a partir de aceite de colza. Esos azúcares pueden ser convertidos en etanol mediante un proceso bioquímico, siendo el pretratamiento una etapa clave.

El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad del fraccionamiento de paja de colza mediante una configuración de pretratamiento en dos etapas. Esta estrategia de pretratamiento secuencial ácido-alkalino permite hidrolizar la fracción hemicelulósica en una primera etapa de prehidrólisis ácida. Seguidamente, se elimina parcialmente la fracción de lignina, de manera selectiva, lo que favorece el acceso enzimático a la fracción celulósica de los sólidos obtenidos tras la etapa ácida de pretratamiento. En esta segunda etapa oxidativa-alkalina se ha empleado peróxido de hidrógeno e hidróxido de amonio como catalizador.

En la etapa oxidativa-alkalina, se evalúa la influencia del tiempo y de las concentraciones de NH_4OH y H_2O_2 sobre el grado de deslignificación y la digestibilidad de paja de colza.

Palabras claves: Paja de colza, pretratamiento en dos etapas, deslignificación, hidrólisis enzimática

EXPERIMENTAL



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primera etapa: Pretratamiento ácido

120°C, 1 h, 3% H ₂ SO ₄	RS	Celulosa	Hemicelulosa	LAI	LAS	
RSI₁ (%)	50,4	52,0	12,4	27,1	1,0	
	Azúcares			Inhibidores		
	Glucosa	Xilosa	Otros azúcares	Ácido fórmico	Ácido acético	Furfural
Fracción Líquida (g/L)	3,7	21,2	10,3	1,8	8,6	0,5

RS: Recuperación de sólido (g RSI₁/100 g paja de colza) LAI: Lignina Ácido Insoluble
LAS: Lignina Ácido Soluble Otros azúcares: Suma de galactosa, arabinosa y manosa
5-HMF: 5-Hidroximetilfurfural

- Se obtuvo un 70% de recuperación de azúcares hemicelulósicos en el prehidrolizado, siendo la xilosa el azúcar mayoritario (61% del total de azúcares presentes en la fracción líquida).
- La concentración de glucosa representa solo aproximadamente el 10% del total de azúcares presentes en la fracción líquida, lo cual es considerado como un resultado positivo ya que el objetivo de la primera etapa de pretratamiento era la solubilización sólo de la fracción hemicelulósica, manteniéndose un RSI enriquecido en celulosa.
- En general, las concentraciones de compuestos con carácter inhibitorio obtenidas en este estudio fueron bajas, lo cual puede ser beneficioso para la posterior fermentación del prehidrolizado.

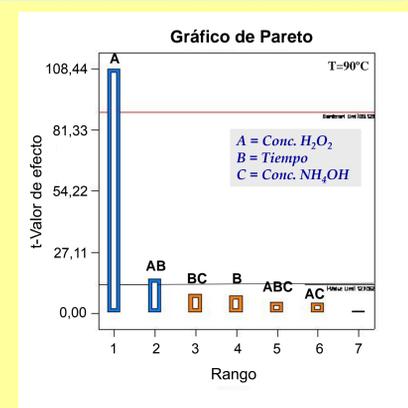
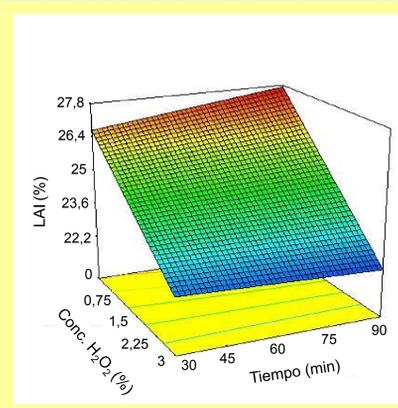
Segunda etapa: Pretratamiento oxidativo-alkalino

T = 90 °C

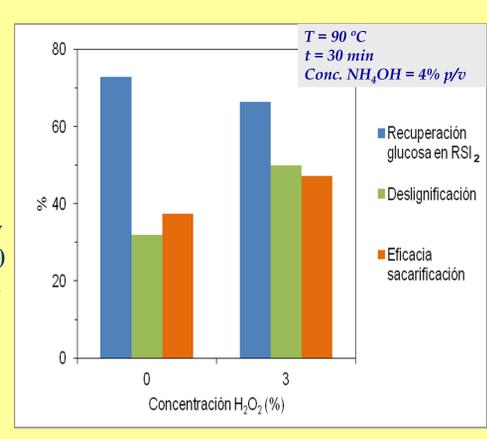
Efecto del pretratamiento alcalino en la composición del sólido y en la hidrólisis enzimática

Exp.	Tiempo (min)	NH ₄ OH conc. (% p/p)	H ₂ O ₂ conc. (% p/v)	RS (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Deslignificación (%)	Eficacia sacarificación (%)
1	90	8	3	70,0	64,2	10,7	50,8	39,1
2	30	4	3	70,7	62,0	10,9	49,9	47,2
3	90	4	0	84,3	56,0	11,1	28,4	32,8
4	30	4	0	82,9	58,0	11,7	32,0	37,4
5	60	6	1,5	72,6	60,2	11,4	46,5	35,3
6	90	4	3	68,7	60,7	10,9	53,3	37,0
7	30	8	0	84,2	56,0	11,1	31,9	36,7
8	60	6	1,5	73,7	60,3	11,1	45,9	41,2
9	30	8	3	72,5	59,4	10,8	49,7	35,6
10	90	8	0	77,7	54,2	11,0	34,2	33,3

RS (Recuperación de sólido): g sólido deslignificado/100 g RSI₁ (sólido obtenido tras etapa ácida)
Deslignificación: porcentaje de reducción con respecto al contenido en lignina en el sólido después de la etapa ácida
Eficacia sacarificación: g glucosa obtenidos por hidrólisis enzimática /100 g de glucosa potencial del sólido deslignificado



- La concentración de H₂O₂ fue el factor más significativo con respecto a la respuesta de deslignificación, dentro de los rangos de ensayo.
- El factor tiempo, aunque no resultó significativo, sí lo fue su interacción con la temperatura.
- El mayor grado de deslignificación (53,3%) y rendimiento de hidrólisis enzimática (47,2%) se obtuvieron para la concentración más alta de H₂O₂ ensayada (3% p/v).
- Tras la etapa oxidativa-alkalina, la paja de colza resultó enriquecida en celulosa, incrementando su contenido desde 52 a 64% en las condiciones más severas ensayadas (90°C, 3% H₂O₂, 8% NH₄OH, 90 min).



2ª Etapa: etapa oxidativa-alkalina T = 90°C

Diseño experimental: factorial 2³ con dos réplicas del punto central

Experiencia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tiempo (min)	90	30	90	30	60	90	30	60	30	90
Conc. NH ₄ OH (% p/p)	8	4	4	4	6	4	8	6	8	8
Conc. H ₂ O ₂ (% p/v)	3	3	0	0	1,5	3	0	1,5	3	0

- La concentración de H₂O₂ fue también el factor de mayor influencia en la eficacia de sacarificación, mientras que el tiempo de pretratamiento y la concentración de NH₄OH no resultaron significativos.
- La utilización de NH₄OH como catalizador en la segunda etapa de pretratamiento (etapa oxidativa-alkalina) aplicada en este estudio no resultó muy efectiva con respecto a la deslignificación. Esto se tradujo en niveles bajos de eficacia de sacarificación.