

# UTILIZACIÓN DE PODAS DE OLIVO PARA LA FABRICACIÓN DE PAPEL MEDIANTE PROCESO ORGANOSOLV Y SECUENCIAS DE BLANQUEO TCF



Ildelfonso Perez<sup>1\*</sup>, Ana Moral<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Jesús de la Torre<sup>1</sup>, Ana Marín<sup>1</sup>, Antonio Tijero<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniería Química. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla. España.

\*email: iperot@upo.es

<sup>2</sup> Ingeniería Química. Universidad Complutense de Madrid. España.



## OBJETIVOS

- Uso de podas de olivo para la obtención de pastas para papel mediante procesos de pasteado que emplean disolventes orgánicos de alto punto de ebullición (Organosolv),
- Reducción de la contaminación frente a los procesos clásicos (kraft, sulfito) debido a la utilización de reactivos sin S.
- Estudio de procesos combinados de blanqueo con enzimas y agentes libres de cloro "TCF" (xilanasa + perborato sódico) para minimizar el impacto medioambiental.

## EXPERIMENTAL

Podas de olivo



Etanolamina

Pasta de color oscuro



Etapa 1:  
Blanqueo con xilanasa.  
Diseño factorial de composición central

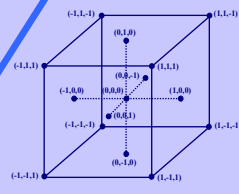


Tabla 1. Valores de las variables de operación utilizadas en el diseño de experimentos.

E	Te (°C)	ti (min)	X (AXU/kg)	X <sub>Te</sub>	X <sub>ti</sub>	X <sub>X</sub>
1	80	90	1000	1	1	1
2	80	90	500	1	1	-1
3	80	30	1000	1	-1	1
4	80	30	500	1	-1	-1
5	40	90	1000	-1	1	1
6	40	90	500	-1	1	-1
7	40	30	1000	-1	-1	1
8	40	30	500	-1	-1	-1
9	60	60	1000	0	0	1
10	60	60	500	0	0	-1
11	60	90	750	0	1	0
12	60	30	750	0	-1	0
13	80	60	750	1	0	0
14	40	60	750	-1	0	0
15	60	60	750	0	0	0

E: número de ensayo; Te, ti y X: valores absolutos de tiempo (min.), de temperatura (°C) y de concentración de enzima (AXU/kg p.s.); X<sub>Te</sub>, X<sub>ti</sub> y X<sub>X</sub>: valores normalizados de tiempo, de temperatura y de concentración de enzima.

Etapa 2:  
Te=70° C  
ti=60 min.  
[Perborato Sódico]= 70%

Pasta blanqueada  
IK, VI, BL, VK



Ecuaciones que relacionan las variables dependientes con las independientes

$$Z = a_0 + \sum_{i=1}^s b_i X_{ni} + \sum_{i=1}^s c_i X_{ni}^2 + \sum_{i=1, j=1}^s d_{ij} X_{ni} X_{nj}$$

## RESULTADOS

Se usa un diseño factorial de composición central para determinar la relación entre las características de la pasta (tabla 2) con las variables del proceso.

Tabla 2. Valores experimentales de las propiedades de las pastas blanqueadas.

E	Primera Etapa				Segunda Etapa		
	IK1	VI1 (g/mL)	BL1 (%)	VK1	IK2	BL2 (%)	VK2
1	27,13	851,9	50,91	31,39	19,08	61,21	48,30
2	25,48	845,8	50,88	33,19	18,84	61,14	48,14
3	25,81	742,0	50,82	28,75	18,75	61,19	47,77
4	25,04	878,0	50,95	35,07	18,63	61,33	48,54
5	24,34	864,6	51,06	35,53	19,75	58,25	44,69
6	24,43	815,5	51,85	33,37	19,81	59,51	45,21
7	24,46	849,0	51,05	34,72	19,78	58,71	45,45
8	24,32	854,0	50,91	35,12	20,14	57,38	44,70
9	24,57	861,2	50,62	35,05	20,80	59,50	42,50
10	24,78	849,8	50,92	34,30	20,81	58,20	42,72
11	24,72	887,1	51,35	35,89	19,73	59,52	45,92
12	24,76	831,8	51,56	33,60	19,89	58,08	43,40
13	24,40	860,2	51,35	35,25	21,28	57,24	42,08
14	24,65	871,7	51,41	35,36	21,13	57,72	42,58
15	25,71	847,9	51,60	32,99	21,14	58,43	43,13

Primera etapa: IK1= índice kappa; VK1= relación viscosidad-kappa  
Segunda etapa: RE2: rendimiento (%); IK2: índice kappa; VI2: viscosidad (g/mL); BL2: blancura (%); VK2: relación viscosidad-kappa

Las ecuaciones encontradas para las distintas variables dependientes, relacionadas con las características de las pastas, son las siguientes:

$$IK1 = 24.9723 + 0.5666 \cdot X_{Te}$$

$$VI1 = 847.365 - 217653 \cdot X_{Te} \cdot X_X + 24.5340 \cdot X_{ti} \cdot X_X$$

$$BL1 = 51.4539 - 0.4582 \cdot X_X^2$$

$$VK1 = 33.9719 - 1.0442 \cdot X_{Te} - 1.2335 \cdot X_{Te} \cdot X_X$$

$$IK2 = 21.2041 - 0.4032 \cdot X_{Te} - 1.4208 \cdot X_{ti}^2 - 0.4279 \cdot X_{ti}^2$$

$$BL2 = 58.1958 + 1.0531 \cdot X_{Te} + 1.4481 \cdot X_X^2$$

$$K2 = 42.1563 + 1.2202 \cdot X_{Te} + 3.1621 \cdot X_{ti}^2 + 1.1153 \cdot X_{Te}^2$$

Los valores estimados mediante las ecuaciones reproducen los resultados de las variables dependientes con errores menores del 6%, 10%, 2% y 11% para el IK, VI, BL y VK de la primera etapa y del 3%, 4% y 5% para el IK, BL y VK de la segunda etapa respectivamente.

Para determinar que valores de las variables independientes proporcionan resultados óptimos de las dependientes, se ha aplicado la programación no lineal múltiple (More y Toraldo)

Tabla 3. Valores de las variables de operación en el blanqueo, para obtener valores óptimos para las variables dependientes relacionadas con las pastas blanqueadas.

Variable dependiente	Valor óptimo de la variable dependiente	Valores normalizados de las variables independientes para obtener valores óptimos de las variables dependientes			
			X <sub>Te</sub>	X <sub>ti</sub>	X <sub>X</sub>
IK1	24,41	Min.	-1	-	-
VI1	893,7	Máx.	-1	1	1
BL1	51,45	Máx.	-	-	0
VK1	36,25	Máx.	-1	-	1
IK2	18,95	Máx.	1	1	1
BL2	60,70	Máx.	1	-	-1
VK2	47,65	Máx.	1	1	1

## CONCLUSIONES

Los resultados muestran que el proceso Organosolv junto con el blanqueo secuencial con compuestos libres de cloro es un buen método para obtener pasta con propiedades adecuadas para utilizarlas en diversas aplicaciones, minimizando el impacto medioambiental en comparación con otras técnicas, a la vez que se consigue la reutilización de residuos agrícolas.