



III Jornadas sobre Tecnología de Recubrimientos

Nuevas tendencias en materiales, superficies e interfaces

La Plata, 24 y 25 de abril de 2025.

RESUMEN

Tableros sostenibles de bagazo cervecero recubiertos con colofonia

L. Rossi^{(a)*}, E. M. Ciannamea^(a), P. M. Stefani^(a)

^(a)*Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA), CIC-CONICET- Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ingeniería-UNMdP, Argentina*

*Autor de correspondencia: luciarossig@fi.mdp.edu.ar

Introducción

El bagazo cervecero (BSG) representa al menos el 85% de los residuos sólidos en la producción de cerveza, y se ha utilizado principalmente en la alimentación animal y nutrición humana. Su composición lo convierte en un material interesante para fabricar tableros de partículas (Rossi et al., 2024). Actualmente, la industria de aglomerados busca reemplazar adhesivos sintéticos, considerados carcinógenos, por opciones biogénicas libres de componentes volátiles tóxicos. La combinación de residuos agroindustriales con adhesivos basados en concentrado de proteína de soja (SPC) ha demostrado ser viable para desarrollar tableros sostenibles con características similares a los comerciales (Chalapud et al., 2020). Estudios previos, indican que los tableros aglomerados elaborados con BSG presentan buena estabilidad, aunque con baja resistencia a la humedad (Rossi et al., 2024). El uso de recubrimientos naturales, como la colofonia, que poseen propiedades hidrofóbicas, podría mejorar su desempeño en ambientes húmedos (Nakanishi et al., 2019). Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de recubrimientos de colofonia en las propiedades mecánicas y físicas de tableros aglomerados de alta densidad a base de BSG y SPC.

Materiales

Concentrado de proteína de soja (SPC, Solcon S, Argentina). BSG proveniente de la industria local (Rossi et al., 2024). Colofonia (CL). Ácido bórico (AB) de grado analítico. Etanol (EtOH, 96%). Resina fenol-formaldehído (FF) (Industria Química Ltda., Brasil).



Preparación de adhesivos y tableros

Se preparó adhesivo dispersando el SPC en una solución acuosa con 3% AB (1:10 p/p) (Chalapud et al., 2020). Se mezcló el BSG con el adhesivo basado en SPC, se dispuso en un molde y mediante prensado a 140°C, $2,1 \pm 0,1$ MPa se obtuvieron tableros BSPC con densidad objetivo 1000 kg/m^3 con un contenido de adhesivo del 20% (Chalapud et al., 2020). Algunas de las placas BSPC obtenidas fueron cortadas (20 cm x 5 cm) y recubiertas con una solución alcohólica de CL en una proporción 1:3 (CL:EtOH) ($2,2 \pm 0,5 \text{ mg/cm}^2$ placa) utilizando un pincel, secando posteriormente a temperatura ambiente, sin otros agregados. Estas placas se denominaron como BSPC-CL. Como referencia se prepararon tableros de BSG con contenido del 10% de FF (Rossi et al., 2024), nombrados como BFF.

Caracterización de los tableros fabricados

Se determinaron los módulos de rotura (MOR) y elástico (MOE) a la flexión, y la resistencia a la tracción perpendicular a la superficie (RT), y la absorción de agua (WA) e hinchamiento (TS) por inmersión durante 2 y 24 h, según ASTM D1037. Se evaluó la difusividad y absorción del agua determinando el coeficiente de difusión aparente (Da) y coeficiente de difusión real (D) de muestras de tableros de partículas, en tres condiciones de humedades relativas (HR) de 50, 65 y 80% a 20 °C.

La evaluación estadística se estimó mediante el análisis de varianza (ANOVA) junto con las pruebas de Tukey con un intervalo de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan los valores de MOR y MOE de los tableros BSPC. El valor de RT de BSPC es de $0,24 \pm 0,04$ MPa. Se puede observar una mejora en las propiedades para el tablero recubierto con colofonia, en particular, se presentan diferencias significativas en valores de MOR y en ensayo de absorción de agua a las 2 y 24 h. Estos resultados se relacionan con la buena interacción del recubrimiento con el sustrato, y la naturaleza hidrofóbica de la colofonia.

Tabla 1. Propiedades mecánicas y físicas de los tableros preparados.

Muestra	MOR (MPa)	MOE (GPa)	WA-2h (%)	TS-2h (%)	WA-24h (%)	TS-24h (%)
BSPC	$2,8 \pm 0,5a$	$1,0 \pm 0,1a$	$112,5 \pm 9,6a$	$50,9 \pm 13,3a$	$134,9 \pm 9,5a$	$75,8 \pm 12,4a$
BSPC-CL	$4,2 \pm 0,9b$	$1,5 \pm 0,2a$	$63,5 \pm 10,4b$	$43,3 \pm 7,7a$	$105,8 \pm 9,6b$	$70,2 \pm 8,5a$
BFF	$9,1 \pm 0,7c$	$1,1 \pm 0,1a$				

Los valores medios en la misma columna seguidos de letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey.

En la Tabla 2 se presentan los resultados del ensayo de difusividad y absorción de agua para los tableros preparados. Para un 50% HR, se pueden observar diferencias significativas en caso del tablero recubierto BSPC-CL.

Tabla 2. Contenido de humedad de equilibrio (CHE), tiempo de humedad de equilibrio (THE), coeficiente de difusión aparente (Da) y coeficiente de difusión real (D) 80% HR a 20 °C, de los tableros preparados.

Muestra	HR (%)	CHE (%)	THE (h ^{1/2})	Da x 10 ⁵ (mm ² /s)	D x 10 ⁵ (mm ² /s)
BSPC	50	5,42 ± 0,03	15,7	2,38 ± 0,22a	1,85 ± 0,29a
BSPC-CL	50	5,32 ± 0,02	15,7	1,98 ± 0,06b	1,53 ± 0,05b
BSPC	65	6,07 ± 0,03	21,8	1,42 ± 0,08c	0,99 ± 0,59c
BSPC-CL	65	5,61 ± 0,02	21,8	1,09 ± 0,07c	0,80 ± 0,11c
BSPC	80	15,32 ± 0,05	13,8	1,68 ± 0,08d	1,31 ± 0,06d
BSPC-CL	80	15,39 ± 0,07	13,8	1,62 ± 0,17d	1,25 ± 0,13d

Los valores medios en la misma columna seguidos de letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey.

Conclusiones

Estos resultados preliminares confirman que se podrían obtener tableros ambientalmente sostenibles de BSG con el uso de SPC como adhesivo y, que la aplicación de recubrimientos naturales promovería a mejoras en sus condiciones de estabilidad en ambientes húmedos y a su resistencia mecánica.

Palabras clave: residuo de cerveza, economía circular, tableros de partículas, adhesivos biobasados, proteína de soja.

Modalidad: PÓSTER

Referencias

- Rossi, L., Weschler, L., Peltzer, M., Ciannamea, E., Ruseckaite R. y Stefani, P. (2024). Sustainable particleboards based on brewer's spent grains. *Polymers*, 16(1), 59. <https://doi.org/10.3390/polym16010059>
- Chalapud, M., Herdt, M., Nicolao, E., Ciannamea, E., Ruseckaite, R. y Stefani, P. (2020). Biobased particleboards based on rice husk and soy proteins: Effect of the impregnation with tung oil on the physical and mechanical behavior. *Construction and Building Materials*. 239(116996). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116996>
- Nakanishi, E. Y., Cabral, M. R., Fiorelli, J., Christoforo, A. L., de Souza Gonçalves, P. y Savastano, H.J. (2019). Latex and rosin films as alternative waterproofing coatings for 3-layer sugarcane-bamboo-based particleboards. *Polymer Testing* (75), 284-290. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2019.02.026>