

Preparación y caracterización de compuestos madera-polímero obtenidos por irradiación gamma

Javier Gago ^a jgago@ipen.gob.pe, Alcides López ^{a,b} alopez@ipen.gob.pe, Julio Santiago ^{a,c} jsantiago@ipen.gob.pe, Moisés Acevedo ^d macevedo@lamolina.edu.pe,
Juan Rodríguez ^{a,b} jrodriguez@ipen.gob.pe

^a Dirección de Investigación y Desarrollo, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Lima 41, Perú
^b Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería Av. Tupac Amaru 210, Lima 25, Perú
^c Facultad de Química e Ing. Química, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima 1, Perú
^d Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

Resumen

Se presenta los resultados del estudio sobre el mejoramiento de las propiedades físicas de compuestos madera-polímero obtenidos mediante infiltración al vacío de mezclas de estireno, resina poliéster y metacrilato, polimerización por radiación gamma y por microondas. Las maderas estudiadas fueron la Capirona, Ojé Blanco y Cumala. La polimerización con microondas muestra que la potencia de trabajo es importante. Una alta potencia produce burbujas, deformación y fractura del polímero obtenido. La dosis mínima para obtener la polimerización por radiación gamma es 14 kGy. Los compuestos madera-polímero muestran una baja absorción de agua en comparación con la madera no tratada.

Abstract

The present work studies the improvement of the physical properties wood-polymer composites obtained by means of infiltration *in vacuum* of styrene-polyester, methyl methacrylate, and their mixtures. The polymerization was done by gamma radiation and microwaves. Capirona, Oje Blanco and Cumala woods, were used in this study. The polymerization by microwaves depends on the working power. High power produces bubbles, deformation and fractures of the obtained polymer. The minimum dose to provoke the polymerization by gamma radiation is 14 kGy. The wood-polymer composites show low water absorption in comparison with the non-treated wood.

1 Introducción

En el Perú la madera es un recurso abundante y renovable pero que necesita una gestión adecuada. Algunas especies, como la caoba o el cedro, sufren una explotación intensa que hacen temer por su agotamiento. Los precios de estas variedades se han elevado considerablemente, por su gran demanda y poca disponibilidad y escasa protección. Sin embargo, existen otras especies que por sus propiedades físicas, mecánicas y/o durabilidad inadecuadas, tienen bajos costos o desinterés por parte de la industria maderera.

Los materiales compuestos polímero-madera son tecnológicamente importantes por sus grandes ventajas: resistencia a la humedad y biodegradación, incremento de su densidad y dureza, mejora de su color y acabado, etc. Estos compuestos se obtienen ya sea aglomerando la madera particulada con

polímeros termoplásticos y extrayéndolos o conservando su estructura íntegramente y embebiéndolos con monómeros que luego son polimerizados [1-7].

Por ejemplo, se ha estudiado las especies *Pinus* y *Eucalyptus* combinados con poliestireno, el cual es copolimerizado *in situ* junto con el metacrilato de metilo [2]. Poplar (*Populus Spp.*) y *Pinnus sylvestri* fueron tratados con una mezcla de trimetilpropano triacrilato (TMPTA), poliéster tetraacrilato (Ebecryl 40) y uretanoacrílico (Ebecryl 8210). Después de una hora de impregnación se irradió con un haz de electrones a 50 kGy durante unos segundos [3]. *Pinus strobus* fue tratado con metacrilato de metilo y polimerizado con radiación gamma [4].

Los monómeros pueden ser introducidos al interior de la madera de tres maneras: por inmersión simple, inmersión en vacío o inmersión en vacío seguida de presión. La

iniciación de la polimerización puede ser inducida por calor, por agentes químicos (iniciadores), por radiación (ultravioleta o rayos γ) o por microondas. Las interacciones posibles entre los constituyentes de la madera y los monómeros y/o polímeros son: a) enlace de hidrógeno entre los grupos funcionales del polímero y los hidroxilos de la celulosa, b) posible establecimiento de enlaces covalentes. Estas interacciones pueden producir variaciones en la distribución del peso molecular promedio inducida por la presencia de superficie, comparada con los parámetros obtenidos cuando la polimerización se realiza solamente con los monómeros [5].

Las principales características del proceso de polimerización por irradiación gamma son las siguientes [5, 6]:

- La iniciación y mantenimiento de la formación de radicales libres puede hacerse a temperatura ambiente.
- La polimerización es homogénea tanto en la superficie como en el interior de la madera gracias al poder penetrante de los rayos gamma a una dosis de irradiación comprendido entre 20 y 40 kGy, dosis que además hace despreciable la degradación del compuesto celulósico de la madera.
- La ausencia de iniciadores químicos dentro del monómero presenta doble ventaja: ausencia de impurezas provenientes de los productos de la descomposición de los iniciadores y la posibilidad de reutilizar el sobrante del monómero después de la impregnación.

Adicionalmente a las propiedades de polimerización, la radiación gamma esteriliza la madera completa, dando como consecuencia un producto con una alta resistencia a la podredumbre, nacimiento de hongos u otras materias orgánicas en su interior, cualidad que supera enormemente cualquier otra técnica de preservación de este material [7].

2 Procedimiento Experimental

2.1 Materiales

El estireno utilizado fue de grado técnico y fue purificado por destilación a presión reducida (110 mmHg) y filtrado sobre una columna corta de silicagel.

El irradiador gamma fue un Gammacell 220 (MSD Nordion) con fuente de Co-60, con actividad de 16.3 kCi (15-07-2006).

Los ensayos de polimerización con horno de microondas se realizaron en un microondas de uso doméstico, Moulinex de 900W.

El espectrofotómetro IR fue un SHIMADZU 8300 con transformada de Fourier.

2.2 Polimerización por radiación gamma

Se prepararon viales de 12 mL con diferentes proporciones estireno-poliéster (Serie A) para ser irradiados en forma gradual entre 2 y 10 kGy. La observación de sus propiedades se hace retirándolos del irradiador luego de 2, 4, 6, 8, 10 y 14 kGy, y devolviéndolos luego para continuar el proceso hasta alcanzar la completa solidificación.

Tabla 1. Detalle de la composición de las muestras de las Series A.

<i>Serie A: Viales de 12mL</i>		
Vial	Estireno (%)	Poliéster (%)
A1	50	50
A2	10	90
A3	32	68
A4	36	64

3. Resultados y Discusión

3.1 Polimerización por radiación gamma

La serie A fue irradiada entre 2 y 10 kGy mientras que la serie B fue irradiada entre 2 y 14 kGy, mostrando diferentes grados de polimerización, Tabla 2.

Tabla 2. Características físicas de las muestras de la Serie A irradiadas.

<i>Vial</i>	<i>Dosis (kGy)</i>				
	2	4	6	8	10
A1	V	V	S	S	S
A2	L	L	L	B	B
A3	L	L	B	S-B	S-B
A4	L	V	B	S-B	S-B

L: Líquido, S: Sólido, B: Blando, V: Viscoso

A bajas dosis de irradiación, los viales de la serie A solo incrementaron su viscosidad. Al incrementar la dosis, las mezclas empiezan a solidificar, especialmente la mezcla A1 (figura 1a). La mezcla A2 presenta, después de la irradiación a 10 kGy, un aspecto blando y frágil, emitiendo olores del estireno sin

polimerizar, pero conforme se va secando se forman algunas grietas (figura 1b). En el caso de la muestra A3 el material es blando y frágil con fuerte emisión de olores a estireno (figura 1c). Aparentemente el estireno y el poliéster han formado dos fases que polimerizan en diferentes grados.

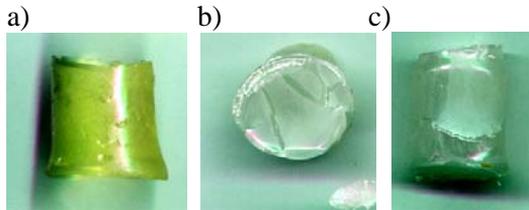


Figura 1. a) Muestra A1 completamente sólida después de ser irradiado a 10 kGy, b) A2 después de la irradiación a 10 kGy y secado, y c) A3.

3.2 Polimerización por microondas

Los resultados de estos ensayos mostraron para el poliéster una solidificación brusca con hinchamientos, generando superficies con burbujas irregulares con zonas delgadas y gruesas, por el contrario el estireno permaneció en estado líquido sin cambios aparentes. En el caso de mezclas iguales de estireno filtrado y poliéster se obtuvo una solidificación parcial, lo que contrasta con el material uniforme obtenido por radiación gamma, figura 2.



Figura 2. Polimerización de una mezcla poliéster-estireno 1:1 por radiación gamma (izquierda) y por microondas (derecha).

3.3 Caracterización de los compuestos madera-polímero por FT-IR

La introducción de las mezclas de monómero y poliéster en las probetas de madera se realizó según lo descrito anteriormente [8]. Estos materiales fueron irradiados a 20 kGy. Los espectros de las maderas estudiadas con los diferentes polímeros (luego de la irradiación) se muestran en las figuras 3-5. Las maderas naturales generan solamente una línea de base (no hay transmitancia). En cambio, los compuestos madera-polímero si

muestran transmitancia a ciertos números de onda que aún no han podido ser asignados, pero que muestran que se encuentran presentes en el material.

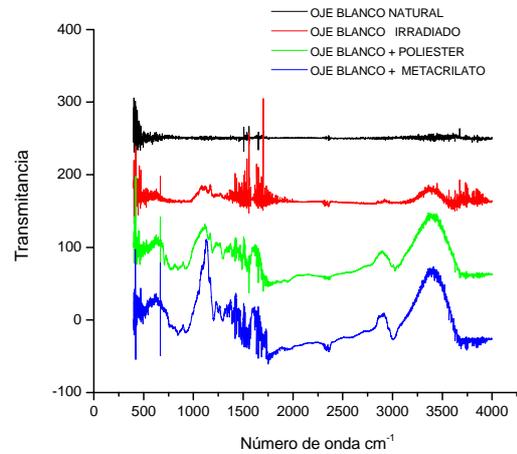


Figura 3. Espectro de FT-IR (en unidades arbitrarias) del compuesto Oje Blanco-polímero.

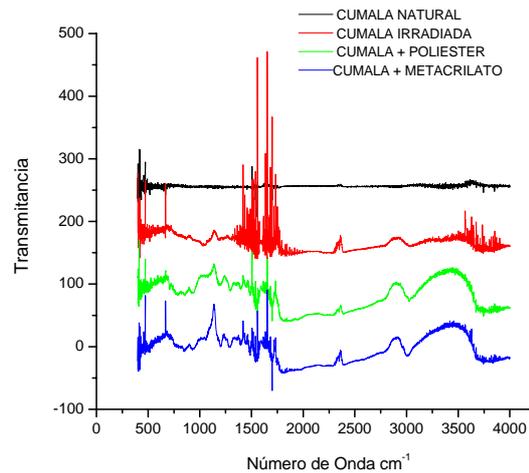


Figura 4. Espectro de FT-IR (en unidades arbitrarias) del compuesto Cumala-polímero.

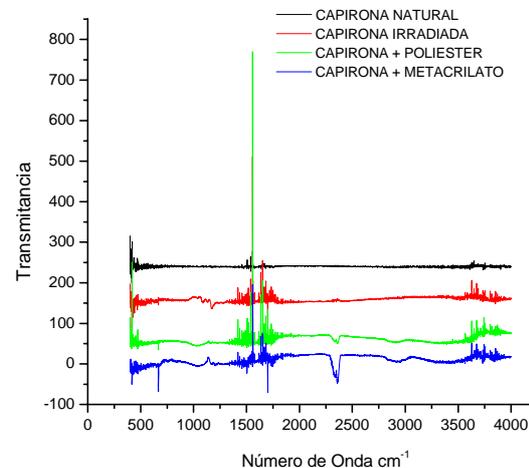


Figura 5. Espectro FT-IR (en unidades arbitrarias) del compuesto Capirona-polímero.

4 Conclusiones

La purificación del estireno ha facilitado la polimerización por rayos gamma bajando la dosis mínima de polimerización a 14 kGy. La polimerización de las mezclas estireno-poliéster por microondas produce materiales irregulares y poroso, duros y muy quebradizos.

La caracterización por la técnica de FT-IR nos permite evidenciar la presencia de un polímero en el compuesto madera-polímero.

El presente estudio, por haberse hecho con maderas típicas de nuestra amazonía, no ha tenido estudios similares previos con los cuales puedan ser comparados, siendo así, un tema aun abierto a la investigación.

5 Agradecimientos

Al Laboratorio de Irradiación de la Dirección de Aplicaciones del IPEN por la irradiación de todos los materiales compuestos. Al Ing. Jhonny Vargas y al Ing. Manuel Chavesta por sus comentarios sobre las maderas. A los MSc. Hugo Alarcón y Maria Quintana, al Químico Edward Carpio de la UNI por la realización de los espectros FT-IR. A los Sres. Wilfredo Pumahuacre y Pablo Sosa del SEGS-IPEN por el acondicionamiento de las maderas.

6 Referencias

- [1] Catalan S, Neira J, Rivas B, Polimerización de injerto de fibra celulósica secundaria con metacrilato de metilo y metacrilato de etilo. Bol. Soc. Chil. Quím. 2000; 45:391-402.
- [2] Ortigosa D, Rocco F. Wood-Polymer Composite: Physical and Mechanical Properties of Some Wood Species Impregnated with Styrene and Methyl Methacrylate. Mater. Res. 2004; 7: 611-617.
- [3] Uyttenhove A, Tilquin B. Wood Xylowall: New process to reduce water exchange by an intra-graft of polymer. Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B. 2005; 36: 137-140.
- [4] Carneiro M, Feraz E, Tomazello M. Obtenção de composto madeira-plástico polimerização de metacrilato de metila em madeira de *Pinus strobus var. Chiapensis* através de radiação gama. Revista IPEF. 1984; 28:41-44.
- [5] Czevikovsky T. Wood-Plastic combination by monomer impregnation and radiation polymerization. Atomic Energy Review. 1968; 6(3):3-99.
- [6] Clegg D, Collyer A. Irradiation effects on polymers. New York: Elsevier Science Publishers Ltd.; 1991.
- [7] Silva E, Dos Santos L. Emprego da radiação gama para síntese de termoplásticos. Anais do I Encontro Nacional de Aplicacoes Nucleares. 1991; 2:305-311.
- [8] Gago J, López A, Rodríguez J, Acevedo M, Santiago J. Compuestos polímero-madera obtenidos por radiación gamma. Rev. Soc. Quím. Perú. 2006; 72:129-139.