

Transformación de pañales desechables en termoplásticos para la manufactura de recipientes plásticos

TEÓFILO DIECK ABULARACH* Y MAGDALENA MARTÍNEZ MARTÍNEZ

Transformation of disposable diapers in thermoplastics for plastic container manufacturing

Abstract. *This work aims at developing the appropriate experimental technology to allow the recovery of the most important commercial raw materials present in disposable diapers, and their later conversion into thermoplastics. The experimental technique involves an initial partial hydrolysis of the diaper to facilitate the separation of celluloid, which is one of the absorbing components from the rest of the diaper, constituted exclusively of plastic materials. The plastic components are then treated with toluene under reflux to allow their conversion into powdered polymers, which yield thermoplastics by melting intimately with low-density polyethylene.*

Introducción

La basura producida en una comunidad se constituye de diversos componentes; la mayoría son comercialmente importantes e incluyen vidrio, plástico, metales y papel. Todos estos materiales son industrialmente reciclables, y en la actualidad

una proporción importante del hierro, cobre, aluminio, plomo, antimonio, níquel, papel, cartón, vidrio, y plásticos como polietileno, polipropileno y policloruro de vinilo utilizados en la industria de la transformación, son recuperados. El porcentaje de plásticos presentes en la basura es de alrededor de 7%. Aunque esta cifra parezca pequeña, es innegable que los plásticos imponen un problema serio de contaminación ambiental debido a que no son fácilmente biodegradables. Los pañales desechables incorporan en su estructura una porción importante de plásticos no biodegradables,¹ y a diferencia de otras formas de plástico comercialmente importantes (tubería, productos de inyección y soplado), no existe reportada ninguna metodología que permita su recuperación y reciclaje.²

Aunque la proporción de plásticos provenientes de los pañales desechables entre el total de plásticos recuperables de la basura es pequeña, su recuperación implicaría ventajas económicas muy importantes. Tan solo en el estado de Nuevo León, México, se desperdician alrededor de 2,000 toneladas anuales de plástico en forma de pañales desechables.

* Director de la carrera de Licenciado en Ciencias Químicas y del Programa de Graduados en Química del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey. Teléfono: (8) 358-20-00 ext. 4511, 4513. Fax: (8) 358-89-31. Email: tdieck@mtcv2.itesm.mx.

1. Al respecto, puede revisarse los trabajos de Bresse, 1982; Ito y Mizutani, 1984; Kluraflex, 1983; Mitsubishi Chemical Industries Co., 1983; Susuki, 1984 y Yamasaki, *et. al.*, 1985.
2. Existe un estudio indirecto, el de Pulliainen, *et. al.*, 1990.

El objetivo de este trabajo es el de obtener la metodología experimental adecuada para permitir la recuperación de los componentes de los pañales desechables y su transformación en productos de importancia industrial, como termoplásticos para la manufactura de envases y productos de inyección.

I. Metodología

Este trabajo fue realizado enteramente con pañales nuevos y se utilizaron las marcas comerciales Kleen Bebé, Pampers y Chicolastic;³ los resultados fueron similares en las tres marcas.

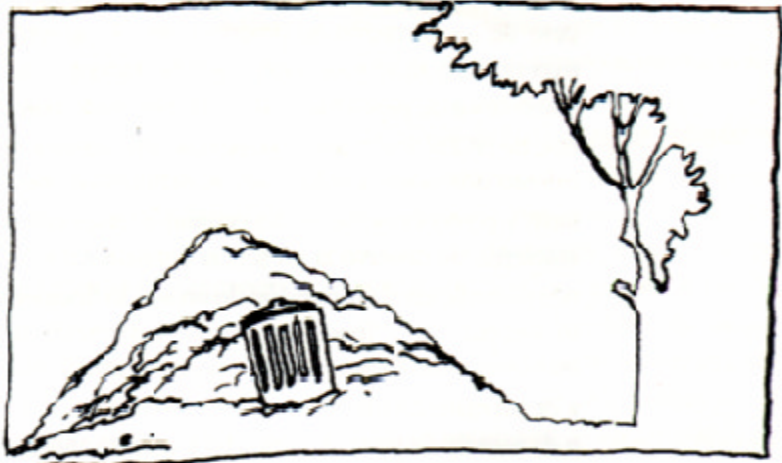
Un pañal común está constituido por varios componentes, algunos son plásticos y otros no, el componente que se encuentra en mayor proporción es el material absorbente del pañal, formado por una mezcla íntima de celulosa y poliácrlato; en menor proporción se encuentran los recubrimientos plásticos, principalmente polietileno, polipropileno y poliuretano. Las proporciones son las siguientes, y fueron determinadas separando manualmente los componentes:

CELULOSA Y POLIACRILATO:	98-70 %
POLIETILENO:	12 %
POLIPROPILENO:	11 %
POLIURETANO:	2 %

La composición química de estos materiales fue confirmada mediante espectroscopia infrarroja por transformada de fourier (FTIR). Esta técnica se seleccionó porque permite distinguir los componentes del pañal en base a sus grupos funcionales. En este contexto, la mezcla inseparable de celulosa y poliácrlato mostró las señales esperadas a 3429 y 1002 cm-1 para los grupos hidroxilo de la celulosa, junto con la señal a 1638 cm-1 del carbonilo del poliácrlato. El polietileno mostró las señales esperadas a 2927, 2845, 1465, 730 y 720 cm-1, mientras que el polipropileno mostró en forma adicional la señal esperada a 1377 cm-1 para el grupo metilo. El espectro del poliuretano, al igual que los otros polímeros, fue idéntico al reportado en la literatura (Pouchert, 1975).

Los intentos preliminares de separación de los componentes del pañal incluyeron dos avenidas principales; la primera consistió en separar el material absorbente de los recubrimientos plásticos mediante un proceso de la celulosa; el segundo pretendía iniciar el proceso a través de la disolución de los recubrimientos plásticos para separarlos del material absorbente. El tratamiento de un pañal entero y molido con NaOH acuoso, en un intento por disolver la celulosa, presentó enormes dificultades de separación debido a que el material absorbente se hinchaba bajo esas condiciones. Esta situación no cambió al modificar el solvente de la reacción (se probó etilenglicol) ni la temperatura (se intentó a varias, hasta 170 °C).

Dados los nulos resultados obtenidos, se ensayó la disolución de los recubrimientos plásticos con solventes orgánicos; sin embargo, el calentamiento a reflujo de los pañales molidos con acetona, acetato de etilo y tolueno (en forma individual) no produjo un cambio aparente en la constitución del pañal y prácticamente no hubo pérdida de masa debida a la disolución de los plásticos. En vista de que el tratamiento del pañal con una solución acuosa alcalina conducía al hinchamiento del pañal, se decidió intentar un tratamiento en medio ácido acuoso. Para nuestra sorpresa, este procedimiento condujo a la separación de los materiales deseados. El calentamiento a reflujo de un pañal triturado con HCl acuoso al 5% produjo una pulverización del material celulósico; el cambio físico resultante permitió la separación cuantitativa de la celulosa y poliácrlato de los demás plásticos, y su espectro FTIR resultó superponible con el de una muestra estándar.



El residuo plástico obtenido de la separación de la celulosa y poliácrlato recibió posteriormente un tratamiento con tolueno o xileno a reflujo; el propósito de este tratamiento fue el de suavizar la mezcla de polímeros y permitir un mezclado eficiente que produjera una pasta homogénea; sin embargo, el producto de este tratamiento fue un material pulverizado, que se filtró y secó; el espectro FTIR de este material indicó que se trataba de una mezcla equimolar de polietileno y polipropileno, la cual, al combinarse en iguales proporciones con polietileno de baja densidad en caliente, condujo a la formación de una resina termoplástica con punto de ablandamiento de 155 °C. Esta resina

se puede moldear al gusto al ser calentada y por lo tanto resulta útil como plástico recuperado para inyección y soplado. Por otra parte, el material celulósico recuperado pudo ser exitosamente transformado en láminas para empaque al mezclarlo con los siguientes ingredientes:

1. **Almidón.** Para establecer un número elevado de puentes de hidrógeno y por lo tanto incrementar la dureza de la mezcla.

2. Acetato de **polivinilo.** Como pegamento.

3. **Tereftalato de dioctilo.** Como plastificante para evitar la fractura prematura de la lámina al ejercer presión sobre ella.

La masa resultante se moldea en forma de láminas (1 cm de grueso) y se deja secar 15 días; el producto obtenido posee una dureza excepcional, similar a un ladrillo, y se puede atornillar sin fracturarse.

II. Parte experimental

Los espectros infrarrojos fueron obtenidos en un espectrofotómetro Perkin-Elmer Modelo 1710 FTIR. El tolueno, xileno, acetona, acetato de etilo y el ácido clorhídrico utilizados fueron de calidad analítica y no se purificaron antes de usarlos. Los detalles del proceso de recuperación se describen en el siguiente experimento típico: un pañal entero tamaño mediano (65 g de peso) fue triturado y mezclado con 1 litro de HC1 al 5% en agua; la mezcla heterogénea se calentó dos horas a reflujo en un matraz bola de 2 litros y posteriormente se dejó enfriar a temperatura ambiente. Se observó la presencia del material plástico flotando en la suspensión de un sólido floculento asentado en el fondo del matraz; la filtración de este sólido floculento condujo a la obtención de 41.5 g de un material aproximadamente fibroso y de 11.0 g de mezcla de plásticos. Los 41.5 g corresponden a la mezcla de celulosa y poliacrilato. Los 11.0 g de plásticos fueron posteriormente suspendidos en 200 ml de tolueno y calentados a reflujo (110 ºC) durante cuatro horas. Después del calentamiento se observó la presencia de un sólido floculento en la solución, que se filtró y secó; su composición resultó ser una mezcla equimolar de polietileno y polipropileno; el filtrado (tolueno) se concentró por destilación dando 1.5 g de plásticos disueltos. El sólido floculento y el plástico disuelto se recombinaron y mezclaron con una película de polietileno de baja densidad en partes iguales. La mezcla se rindió por calentamiento, se mezcló íntimamente y se dejó enfriar, dando un material termoplástico con punto de ablandamiento de 155 ºC.

La conversión del material celulósico en láminas de empaque requiere el mezclado de celulosa y

poliacrilato (1 parte en peso), almidón (1 parte), acetato de polivinilio (2 partes) y tereftalato de dioctilo (1 parte). La masa que resulta se moldea en forma de láminas y se deja secar 15 días para que adquiriera su máxima dureza.

III. Discusión de resultados

Los materiales recuperados a partir de un pañal de 65 g de peso son:

CELULOSA Y POLIACRILATO	41.5 G
POLIETILENO Y POLIPROPILENO	11.0 G
PLASTICOS DISUELTOS	1.5 G
TOTAL	54.0 G

Que corresponden a 83% del peso original del pañal.

La diferencia en peso se debió probablemente a:

a) La pérdida de una parte de la celulosa en forma de glucosa libre durante la hidrólisis acida.

Es comúnmente aceptado que los enlaces B-glicosídicos son altamente susceptibles a presentar escisión hidrolítica en medio ácido.

b) A la hidrólisis acida del poliuretano que cubre el pañal. El enlace uretano (HNCOO) posee un comportamiento químico similar a los éteres y las amidas; ambos grupos funcionales son hidrolizables en medio ácido.

No obstante, dado que la materia prima es un producto de desecho, se cree que 83% de rendimiento en la recuperación es bastante satisfactorio. •

BIBLIOGRAFÍA

Bresse, J. A. *Pulp containing a hydrophilic debonding agent*. Brazil.
 Ito, O. y Mizutani, H. (1984). *Disposable diapers*.
 Kluraflex K. K. (1983). *Non-woven facings for sanitary products*.
 Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 59, 200, 653. 28 Apr.
 Mitsubishi Chemical Industries Co., Ltd. (1983). *Emulsion resin compositions for coatings*. Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 59, 179, 512. 30 Mar. 1983.
 Nippon, Shokubai Kagaki Kogyo Co. Ltd. (1981). *Water absorbent composition*. Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 81,133, 028.17 Oct.
 Pedido PI BR 81 03, 103. 09 Feb. (1982).
 Pouchert, Ch, J. (1975). *The Aldrich library of infrared spectra*. Segunda edición. Aldrich Chemical Company, Inc.
 Pulliainen, M.; Ainali, M.; Savisalo, H. (1990). *Method and apparatus for separating plastic particles from dispersions, especially cellulose and paper fiber dispersions*. Finn. FI 81, 393. 29Jun.
 Suzuki, T. (1984). *Continuous manufacture of hygroscopic fabrics and papers*.Jpn. Kokai Tokkyo KohoJP 60,151, 381.17 Jan.
 Yamasaki, H., Kobayashi, T.; Ito, O.; Sakurai, A. y Sumida, Y. (1985). *Absorbent material and its preparation and use*. Ger. Offen. de 3,507,775. 12 Sept.
 Ger. Offen. DE 3,511,805.04 Apr. 1984.