

TRATAMIENTO FERMENTATIVO – QUÍMICO – MECÁNICO DEL BAGAZO DE MAGUEY (Agave Tequilana Weber) PARA SU APLICACIÓN EN PAPEL HECHO A MANO

FERMENTATIVE – CHEMICAL AND MECHANICAL TREATMENT OF AGAVE BAGASSE (Agave Tequilana Weber) FOR ITS APPLICATION IN HAND CRAFTED PAPER

T. Escoto-García^{1*}, E. M. Vivanco-Castellanos², M. G. Lomelí-Ramírez¹ y A. Arias-García³

^{1*}Departamento de Madera Celulosa y Papel. CUCEI, Universidad de Guadalajara. Carretera a Nogales km 15.5, Las agujas, Zapopan Jalisco. C.P. 52020, Ap. Po. 52 – 93, México.

²Escuela Politécnica SEMS, Universidad de Guadalajara. Av. Revolución 1500, S. R. Guadalajara Jalisco, México.

³Departamento de Botánica y Zoología. CUCBA Universidad de Guadalajara. Carretera a Nogales km. 15.5, Las agujas, Zapopan Jalisco, México.

Recibido 24 de Mayo 2005; Aceptado 4 de Diciembre 2005

Resumen

El propósito del tratamiento fermentativo (biodeterioración) aplicado durante seis semanas al bagazo de maguey (Agave tequilana Weber), fue con el objeto de promover la flexibilización de la estructura interna del haz fibroso (fibrilación interna), debida principalmente a la actividad de los microorganismos generados en un sustrato con licor de maíz; Posteriormente, con el tratamiento químico favorecer el ablandamiento de la lignina en la pared celular; finalmente con el tratamiento mecánico promover la separación de los haces fibrosos, así como la fibrilación interna y externa de la pared celular de las fibras de agave. Lo anterior permitió consolidar el entrelazamiento de los micro-enlaces fibrilares de la pulpa de bagazo de maguey con los de la pulpa de papel bond reciclado en un pulper, obteniendo a partir de ello un papel hecho a mano con buena textura y apariencia.

Palabras clave: tratamiento fermentativo, tratamiento químico – mecánico, desechos agroindustriales, reciclado de papel, papel hecho a mano.

Abstract

The proposed of fermentative treatment (biodeterioration) applied even six weeks at the bagasse maguey (Agave tequilana Weber), was object of promoting the fibrillation of the internal structure of the packaging fibrous (internal fibrillation), principally due to the activity of the microorganism created in a corn liquor substrate. Posteriori, whit the chemical treatment favored the softening and solubility of the lignin in to the cellular walls. Finality, whit the mechanical treatment promoting the separation of the fibrous packaging (internal and external fibrillation), this allows consolidate the entwined of the fiber micro links of the bagasse pulp of maguey with the pulp of recycled bond paper in a pulper, obtaining a excellent texture an good appearance in the hand make paper.

Keywords: fermentative treatment, chemical treatment, agro industry waste, recycling paper, hand crafted paper.

1. Introducción

Actualmente se conocen diversos métodos para la obtención de pulpa para papel; métodos químicos, mecánicos, químico-mecánicos y biológicos (biopulpeo), sin embargo, estos procedimientos aplicados en el ámbito industrial utilizan preferentemente materias primas convencionales, como las coníferas de fibra larga. De esta manera, el uso de otras materias primas provenientes de plantas anuales y desechos agroindustriales como el bagazo de maguey, es relativamente limitado.

Con base en lo anterior, la tecnología para la obtención de pulpa y fabricación de papel, deberá encaminarse al estudio de métodos alternativos para obtener pulpa a partir de vegetales con fibras cortas y gran contenido parénquimático, como lo es en este caso el bagazo de maguey tequilero. En los últimos 20 años, se han desarrollado diversos procesos (químico-mecánicos, reciclado de papel y biopulpeo) como una respuesta tendiente al aprovechamiento de vegetales no convencionales y desechos agroindustriales.

De acuerdo al Consejo Regulador del Tequila (2003), entre 5 y 20 toneladas diarias de agave de

*Autor para la correspondencia: E-mail: tescoto@dncyp.cucei.udg.mx
Tel: (33) 36 82 0110 ext.129, Fax 36 82 06 43

magüey son procesados en las tequileras del estado de Jalisco; en este sentido, Granados (1993) menciona que a la par, se produce también gran cantidad de bagazo de magüey (de las piñas de agave solo se extrae el 30 % del jugo, el resto es bagazo 70 %).

Sedano (1998) reporta que el bagazo no es un problema grave de contaminación, sin embargo propone buscar nuevas alternativas para el manejo, tratamiento y aplicación del mismo. Gentry (1982) menciona que aún no se han desarrollado las estrategias para el aprovechamiento del bagazo de magüey, sin embargo, considera que este desecho debe tener un uso y aplicación en base a estudios alternativos. En este sentido, los usos y aplicaciones del bagazo de magüey han sido como combustible para calderas, como forraje para aves y ganado, en la fabricación de ladrillos y adobes, como relleno en muebles y colchones, y como composta.

Iniiguez (1998) menciona que aún persisten diversos inconvenientes en el uso del bagazo de magüey; para la nutrición animal presenta poca digestibilidad, y para la elaboración de adobes y ladrillos es muy rígido y no se mezcla homogéneamente con la arcilla. Con base en lo anterior, se propuso un tratamiento fermentativo - químico - mecánico, que posibilite la aplicación del bagazo de magüey en la fabricación de papel hecho a mano.

En cuanto al tratamiento fermentativo aplicado Micales (2001) indica que el uso de microorganismos en el campo de la tecnología de pulpa y papel ha recibido gran atención, ya que conforme a Kirk y col. (1993) e Idárraga (2000) reportan ahorros en el consumo de energía (en desfibradores y refinadores) de hasta un 40 %. Por otro lado, el tratamiento químico aplicado promovió el reblandecimiento de la lignina y el tratamiento mecánico la separación y fraccionación fibrilar.

2. Metodología

El muestreo del bagazo de magüey se realizó en el batey de la fábrica de tequila Miravalle de Amatitán, Jalisco (Fig. 1), se hidrató (70 % humedad) y se separaron 3 muestras (9 kilos c/u) a las cuales se les agregó licor de maíz; muestras M1 (1%) y M2 (10 %), a la muestra M3 no se le agregó licor de maíz, solamente se saturó en agua. Masood (1997) propone la utilización del licor de maíz como sustrato ya que implica un menor gasto. El bagazo se dejó fermentar durante 6 semanas, tomando muestras en cada semana para observar en el microscopio (análizador de imágenes Leica Q5001W) el crecimiento de los microorganismos (esporas o hifas) y realizar en el bagazo de magüey fermentado, los tratamientos químico y mecánico. El tratamiento de reblandecimiento químico (5 % NaOH), consistió en el cocimiento (3 horas a 100° C) de una muestra de 100 g base seca de bagazo de agave fermentado. El

tratamiento mecánico radicó en la desfibración del bagazo de magüey previamente cocido (20 g base seca), en un equipo de desintegración estándar Frank (norma Tappi T-205) bajo las siguientes condiciones: consistencia (relación fibra/agua) 1 %, velocidad de desfibración 2000 rpm y 5 minutos de tratamiento de desfibración.

La pulpa de bagazo de magüey fue mezclada con fibras de papel bond (previamente reciclado) para fabricar hojas de papel hecho a mano de acuerdo al método TeoCart desarrollado en el Laboratorio de refinación de pulpa y formación de hojas, del Departamento de Madera Celulosa y Papel de la Universidad de Guadalajara, presentado en la Fig. 2.



Fig. 1. Almacenamiento del bagazo de agave en la tequilería Miravalle de Amatitán Jalisco.

3. Resultados y discusión

Durante la primera semana de fermentación se observó el crecimiento de esporas de forma irregular; las cuales no fueron caracterizadas fisiológicamente ni morfológicamente, ya que para esto se requiere de un estudio especializado que podría ser tema para otro trabajo de investigación. Durante las seis semanas de fermentación del bagazo, se observó que las muestras con licor de maíz (1% y 10% en concentración) presentaron desarrollo de microorganismos siendo más significativo en la muestra con mayor concentración (Fig. 3), ocasionando que las fibras de magüey se reblandecieran y flexibilizaran en cada semana, lo cual fue corroborado en los posteriores tratamientos; de cocimiento químico y desfibración mecánica.

Por otro lado, la acción de hidratación sobre la fibra de bagazo, fue más significativa en la muestra saturada en agua (sin licor de maíz), y aunque también se ablandó, no logró el mismo nivel de desfibración que las dos muestras fermentadas.

El mecanismo de fermentación se dio en dos etapas, en la primera, los microorganismos consumieron los azúcares presentes en el bagazo de magüey, atacando luego la estructura del haz fibroso, produciendo una pérdida de rigidez y un incremento en el ablandamiento de la fibra; en la segunda etapa, la biodegradación se hizo notable a partir de la quinta semana, observándose un efecto de

putrición, lo cual junto con los otros efectos de fermentación e hidratación, produjeron que el haz fibroso no solamente se ablandara y flexibilizara,

sino que también se desfibrara con mayor facilidad en los tratamientos posteriores (químico-mecánico).



Fig. 2. Método TeoCart para la fabricación de papel hecho a mano en el Departamento de Madera Celulosa y Papel de la U de G.



Fig. 3. Microorganismos generados durante la primera y sexta semana de fermentación.

La respuesta del maguey fermentado frente al tratamiento químico y mecánico presentó los siguientes resultados (tabla número 1); obtenidos a partir de un procedimiento de clasificación y pesado de las fracciones fibrosas retenidas a través de tres tamices con número de malla 1, 5 y 100, a las cuales se les determinó la humedad en %, relacionando el peso base seca con la muestra inicial sometida a clasificación.

Se puede observar también en la Tabla 1, que la muestra M3 (sin licor de maíz) en general presentó los valores más altos en cuanto a fibra retenida (52.95 a 69.84 %), sin embargo no se obtuvieron las características de ablandamiento y fibrilación como fue en el caso de las muestras M1 con 1% y M2 con 10 % de licor de maíz (Fig.4).

En el caso y de acuerdo a la Tabla 1, podemos observar que durante la tercer semana de fermentación se obtuvieron los rendimientos más altos 56.83 y 58.92% en las muestras M1 y M2, por otro lado para la muestra M3 el rendimiento más alto se dio en la cuarta semana 69.84 % de material retenido.

En este sentido, la biodegradación flexibilizó el haz fibroso del bagazo de maguey, permitiendo que con el cocimiento químico y la aplicación del tratamiento de desfibración mecánica, se incremente el entrelazamiento fibrilar y con ello el manejo de la textura y manejabilidad de las hojas de papel hecho a mano (Fig. 5).

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos al aplicar el tratamiento fermentativo químico – mecánico del bagazo de maguey tequilero, podemos concluir lo siguiente: El tratamiento fermentativo con miel de maíz, presentó tres efectos principales; 1. Producción de microorganismos, 2. Hidratación del haz fibroso, y 3. Descomposición del material fibroso. Estos efectos influyeron determinadamente al modificar la estructura interna y externa del haz fibroso lo cual originó un incremento notable en el ablandamiento y flexibilización del bagazo de maguey. (Figs. 4 y 5).

Tabla 1. Aprovechamiento de la fibra de bagazo de maguey tequilero con tratamiento fermentativo (Biodegradación), tratamiento químico (Cocción) y tratamiento mecánico (Desfibración).

Semana	Muestras					
	M1 (1 % licor de maíz)		M2 (10 % licor de maíz)		M3 (saturado en agua)	
	Retenido %	No Retenido %	Retenido %	No Retenido %	Retenido %	No Retenido %
1	56.65	43.35	57.96	42.02	52.95	47.05
2	54.24	45.76	56.38	43.62	60.39	52.95
3	56.83	43.17	58.92	41.08	64.34	45.66
4	53.62	46.38	55.20	44.80	69.84	27.16
5	52.17	47.83	53.74	46.26	65.74	40.26
6	53.87	46.13	51.98	48.02	61.75	38.25

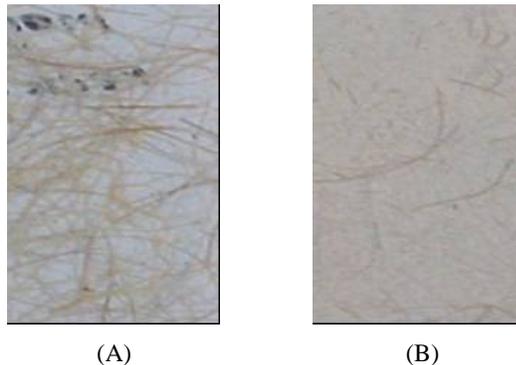


Fig. 4. Muestras de papel hecho a mano con fibras de bagazo de maguey de la muestra M3 sin licor de maíz. (A) Con hidratación y desfibración mecánica y (B) con hidratación, cocimiento químico y desfibración mecánica.

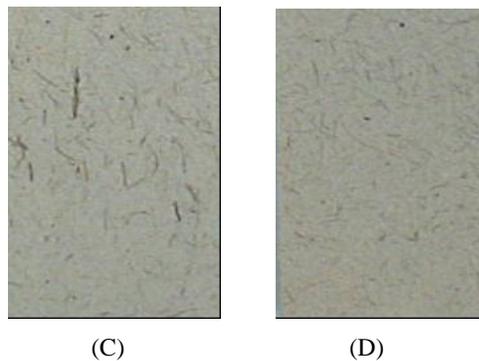


Fig. 5. Muestras de papel hecho a mano con fibras de bagazo de maguey fermentado de las muestras M1 y M2. (C) con 1% licor de maíz y (D) con 10 % licor de maíz, ambas con cocimiento químico y tratamiento mecánico.

Referencias

Akhtar, M., Blancette y Kirk, T. (1997). Corn steep liquor lowers the amount of inoculums for biopulping. *Tappi Journal* 80 (6) 161-164.
 CRT - Consejo Regulador del tequila (2003). Página Web www.crt.org.mx
 Gentry, H.S. (1982). *Agaves of Continental North America* University of Arizona Press; Tucson, Arizona USA. 125-130.
 Granados, S. D. (1993). *Los Agaves en México*, Universidad Autónoma de Chapingo. Editado

por el departamento de publicaciones de difusión cultural de U. de Ch. 91-97.
 Idárraga, Z. G. (1999). *Biopulpeo de henequén con hongos de pudrición blanca y enzimas*. Tesis profesional para obtener el grado de maestría en ciencia de productos forestales del DMCyP – U. de G., Mexico. pp. 82.
 Iñiguez, C. G. (1999). *Experiencias en el estudio de bagazo de agave en casa Cuervo S.A. de C.V* Memorias del Foro de vinculación retos y oportunidades para el aprovechamiento del

- bagazo de maguey. Edita Gilberto Iñiguez Cobarrubias. pp. 17.
- Kirk, T.K., Koning. J. W., Burgess, R.R. y Akhtar, M. (1993). Biopulping a glimpse of the future?, Forest product laboratory, Madison Wisconsin USA. 112-115.
- Micales, A. (2001). Enzymes associates whit wood decay and their potential uses in industry. Fifth annual symposium on industrial and fermentation microbiology. La Crosse. Wi. 1-9.
- Sedano, M. A. (1999); Bagazo de agave en la fabrica de tequila Tres Magueyes. Memorias del Foro de vinculación retos y oportunidades para el aprovechamiento del bagazo de maguey. 12 y 13 de julio Guadalajara Jalisco, México; Edita Gilberto Iñiguez Cobarrubias., pp. 2.