



POLITÉCNICA

Contents lists available at POLI-RED

IngeniaMateriales

Journal homepage: http://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales



Papel a partir de excrementos bovinos

R. Rojas, P. Muñoz, C. González, G. Izquierdo

E.T.S.I. de Caminos, Canales y puertos, Universidad Politécnica de Madrid, C/ Profesor Aranguren 3, E28040, Madrid, Spain

INFORMACIÓN

Información del Proyecto:

Entrega anteproyecto 24 Febrero 2020

Entrega Proyecto 15 Mayo 2020

Disponible online 27 Mayo 2020

Keywords:

Alkyl

Celulosa

Fibra

ABSTRACT

En este artículo se trata el procesamiento de los excrementos bovinos para la producción de papel, este procesamiento consta de varios procesos físico-químicos. En estos procesos el objetivo principal es separar la lignina de la celulosa (la celulosa es el componente principal del papel), para posteriormente procesarla para la obtención de papel. El material que hemos fabricado se relaciona con lo dado en esta asignatura en el aspecto de que se puede considerar un material compuesto formado por una matriz de *Alkyl*[®] (amorfo), con un refuerzo de celulosa (amorfa), en forma de fibras cortas ordenadas de forma aleatoria.

© 2020 ESTRUMAT 2.0. All rights reserved.

1. Introducción

En este proyecto producimos papel a partir de excrementos de vaca mediante varios procesos físico-químicos. Al final estudiamos si puede ser de calidad similar a un papel convencional.

De la materia prima (válida de cualquier mamífero herbívoro, en este caso de vaca), extraemos la celulosa, el componente principal del papel, que separamos de la lignina. A continuación, empleamos hipoclorito sódico para formar una "pasta" y blanquearla.

Por último, obtenemos el papel a partir de procesos físicos tradicionales para la fabricación del papel (secado, prensado, etc.).

2. Materiales y métodos

2.1. Materiales y medidas de seguridad

Los materiales necesarios para realizar este proyecto son fáciles de conseguir y con un precio asequible.

La materia prima principal que se necesita son excrementos de vaca, la cual utilizaremos como fuente para obtener la celulosa para hacer el papel.

Para los procesos químicos que hemos realizado, hemos necesitado hipoclorito de sodio. El hipoclorito es más comúnmente conocido como lejía, pero optamos por comprar una disolución en mayor concentración para luego poder diluir aún más manualmente para encontrar la concentración adecuada, así no tuvimos que comprar tanta lejía en el supermercado ahorrando dinero y tiempo.

También hemos utilizado hidróxido de sodio, que es más conocido como sosa cáustica. La sosa la compramos en el supermercado.

A la hora de hacer el material propiamente dicho hemos utilizado un tipo concreto de pegamento, *Alkyl*, que se puede encontrar en tiendas especializadas.

Además de los materiales en sí tuvimos que asegurarnos de comprar los elementos de seguridad e higiénicos necesarios para no correr ningún riesgo haciendo el experimento. Mascarillas, gafas de protección, guantes...

- Cianocrilato
- Bicarbonato
- Probetas de madera
- Mobiliario casero

2.2. Procedimiento para la fabricación

Para hacer el papel, primero de todo hubo que recoger la materia prima del campo, a continuación, hubo que triturar el excremento para poder separar los trozos que no eran excremento (hojas de encina, palos, tierra...). Después le dimos un lavado con agua para que quedase más compacto y fuese fácilmente manejable.



Fig. 1. Excremento recién cogido

Una vez tenemos esto vertemos el excremento en una disolución de sosa cáustica pasándolo a través de un colador para que no pasasen trozos que fuesen más grandes de lo necesario.

Al verterlo en la disolución de sosa cáustica se separa casi inmediatamente la celulosa (que queda flotando) de la lignina (que se hunde al fondo del recipiente). Una vez han pasado un par de minutos y ha sido removido un par de veces para aprovechar al máximo la materia prima se extrae de nuevo usando un colador (esta vez con agujeros más pequeños que el usado anteriormente) y se vierte en la disolución de hipoclorito.



Fig. 2. Celulosa tras añadirla a la sosa caustica (izquierda) y tras el tratamiento con hipoclorito (derecha)

La función del hipoclorito de sodio es la desinfección (algo importante teniendo en cuenta de dónde hemos extraído la celulosa) y además lo blanquea. En este paso hubo que tener cuidado de no dejarlo demasiado tiempo porque se calienta mucho y puede llegar a quemarse. Tras un par de pruebas averiguamos que el tiempo idóneo para tenerlo en hipoclorito eran unos 5 minutos.

Una vez sacado del hipoclorito (usando una herramienta de plástico, ya que los metales reaccionan con el hipoclorito), dimos un lavado en agua para eliminar los posibles restos de hipoclorito que pudiesen haber quedado. Se cambia el agua y se disuelve el pegamento (*Alkyl*, de ahora en adelante). Para hacer fibras más cortas y asegurarnos de que está recubierto correctamente en pegamento utilizamos una batidora para removerlo.

Cuando ya está bien cortado se sacan las fibras con el pegamento usando un colador, después hicimos una forma cilíndrica para pasarlo por una plancha para que quede lo más compacto y seco posible. Una vez pasado y al tamaño que consideramos óptimo se deja secar durante unas 12 horas para asegurarnos de que no hay ningún tipo de humedad en el papel.



Fig. 3. Muestras del papel fabricado con diferentes cantidades de *Alkyl*

2.3. Resultados de la fabricación del material

Al fabricar el material se obtiene una masa de grosor uniforme de un color marrón-blancuecino. Podemos observar algunas irregularidades debido a pequeñas roturas producidas durante el procesamiento del material.



Fig. 4. Fibras de celulosa. Micrografía de papel tomada con 5 aumentos

Se pueden apreciar a simple vista fibras de diferente tamaño que dan una irregularidad a la superficie que hace difícil escribir en ellas. Esto puede deberse a la imperfección del fabricación del material, no creemos que sean inevitables.

3. Ensayos y análisis de resultados

Para poder comprobar la calidad de las cinco muestras de papel obtenido con respecto a las que podemos encontrar en el mercado, optamos por someterlo a un total de cinco ensayos diferentes.

Estos ensayos nos ayudan a determinar diversas propiedades de nuestro material, como su resistencia a cizalladura, al agua o a la combustión, además de su conductividad térmica y su tensión máxima hasta rotura.

También hemos realizado dichos experimentos a un folio, a papel continuo, al papel fumar (marca *Abadie*) y al *Super Alfa* (papel relativamente grueso y denso), con la finalidad de conseguir la mejor comparación del papel industrial con el nuestro.

Para conseguir los resultados más justos hemos normalizado (siempre que se pueda) o modificado del grosor del resto de papeles para tener tamaños similares y que no haya diferencia por ese factor a la hora de ensayar.

Tabla 1. Datos previos a las pruebas a realizar

	Error +-1 g	Error +-0,01 mm	Error +-0,1 mm	Error +-3.4 g/m ²
Probeta	Cantidad de <i>Alkyl</i> (g)	Grosor (mm)	Ancho (mm)	Masa (g/m ²)
1	100	2,08	20	240
2	125	2,08	20	260
3	75	2,56	20	210
4	25	2,06	20	170
5	50	2,64	20	200
Controles				
Folio	NO APLICA	0,11	20	80
Súper Alfa	NO APLICA	0,46	20	250
Papel continuo	NO APLICA	0,22	20	70
Papel de fumar (Abadie)	NO APLICA	0,05	20	25

3.1. Absorción de agua

Usando un cuentagotas hemos echado una gota de agua en cada tipo de lámina y con un cronómetro hemos medido el tiempo que tarda cada folio en absorber el agua. Algunas de nuestras muestras han tardado más tiempo en absorber el agua; creemos que es debido a que contaban con una concentración mayor de pegamento.

Tabla 2. Resultados del ensayo de absorción de agua

	Error +-1s
Muestra	Absorción de Agua (hora:min:sec)
1	0:01:10
2	0:00:58
3	0:00:35
4	0:00:12
5	0:00:55
Controles	
Folio	>1:45:00
Súper Alfa	0:00:21
Papel continuo	0:00:32
Papel de fumar (Abadie)	0:08:00

En este test pudimos comprobar que, aunque nuestro papel es absorbente, no es destacable con respecto a los resultados que obtuvimos con respecto al resto de tipos de papeles del mercado. No pareciese que haya gran influencia en cuanto a la cantidad de *Alky* aplicado.

3.2. Resistencia a combustión

Con ayuda de un mechero hemos prendido fuego a cada muestra y hemos comprobado el tiempo que tarda cada una en arder por sí misma y el tiempo que tardaba en autoextinguirse.

Tabla 3. Resultados del ensayo de resistencia a la combustión

Muestra	Error +0,1s	Error +0,1s
	Tiempo hasta arder (s)	Tiempo hasta autoextinción (s)
1	2,1	32,1
2	2,3	19,1
3	1	14
4	2,2	10
5	1,2	23,7
Controles		
Folio	0,1	NO
Súper Alfa	2,6	NO
Papel continuo	2,1	NO
Papel de fumar (Abadie)	0,5	NO

La característica más sorprendente de este ensayo es que nuestras probetas de papel por lo general tardan más en comenzar a arder y se terminaban por apagar por sí solas, sufriendo pocos daños comparado con cómo quedaron el resto de papeles.

3.3. Resistencia máxima a cizalladura

Utilizando unas tijeras y una báscula de cocina pudimos ver cuál es la carga (en gramos) máxima que puede soportar el papel antes de comenzar a ser cortado. Usando una simple operación matemática pudimos conseguir, en N, la fuerza que hubo que aplicar al papel.

Tabla 4. Datos extra para la realización del ensayo de resistencia a cizalladura

	Error +-1mm
Dimensiones tijeras	Medida (mm)
Distancia punto de apoyo al eje	70
Distancia eje punto de corte	27

Tabla 5. Resultados del ensayo de resistencia máxima a cizalladura

Muestra	Error +-10g	Error +-0.098 N
	Masa hasta rotura (Kg)	Fuerza hasta rotura (N)
1	0,91	8,9271
2	1,6	15,696
3	1,2	11,772
4	0,5	4,905
5	0,82	8,0442
Controles		
Folio	40	392,4
Súper Alfa	450	4414,5
Papel continuo	400	3924
Papel de fumar (Abadie)	20	196,2

Como conclusión a este ensayo se puede obtener que nuestro papel no es tan resistente a cizalladura como pueden ser los papeles convencionales. Estas diferencias se deben a que las fibras de celulosa que componen nuestro papel son considerablemente más grandes que las utilizadas en papel comercial, haciendo que la hoja de la tijera deslice más fácilmente.

3.4. Tensión máxima hasta rotura

Este ensayo lo hicimos usando dos pinzas unidas a la probeta, la superior se mantenía fija. A la pinza inferior se le colgó una bolsa de plástico donde se iba poniendo peso. Cuando la probeta se rompía se pesaba cuando había aguantado. Después mediante una serie de cálculos matemáticos obtuvimos los resultados.

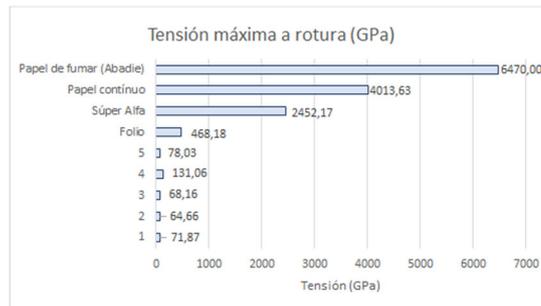


Fig. 5. Resultados del ensayo de tensión máxima a rotura

En este caso también obtuvimos decepcionantes resultados con respecto a los papeles comerciales, pero creemos que una diferencia tan grande se puede deber al proceso de fabricación imperfecto que hemos utilizado.

3.5. Conductividad térmica

Hemos obtenido los datos gracias a una cámara térmica. Poniendo las probetas a la vez en una placa vitrocerámica y midiendo la temperatura a diferentes periodos de tiempo.

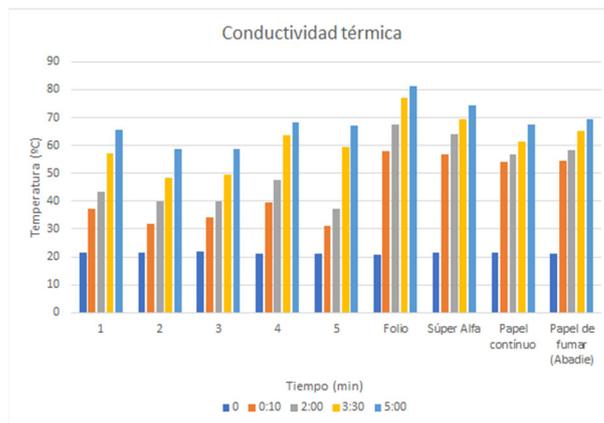


Fig. 6. Resultados del ensayo de conductividad térmica

Este ensayo si fue un éxito para nuestras probetas. Resultó que tardaban más en calentarse, lo hacían de una forma más lineal y se calentaban algo menos que los papeles comerciales.

Esto puede deberse a varios factores, pero creemos que el que tiene mayor influencia en el caso de este ensayo es que al ser una producción imperfecta se quedan pequeñas bolsas de aire, que actúa como aislante térmico.

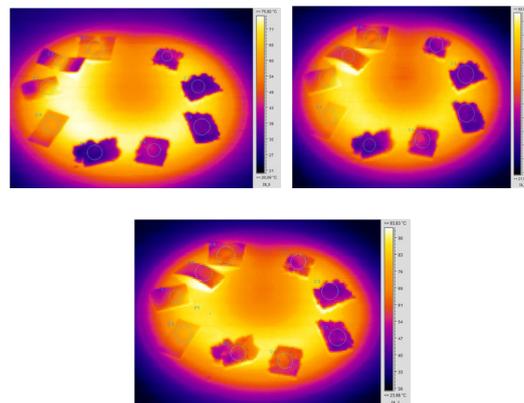


Fig. 7. Superior izquierda: imagen del ensayo de conductividad térmica pasados 10 segundos; Superior derecha: imagen del ensayo de conductividad térmica pasados 3 minutos y medio; Inferior: imagen del ensayo de conductividad térmica pasados 5 minutos

3.6. Degradación del material

A día de escritura de este artículo el material se mantiene en las mismas condiciones que cuando terminó de secar por primera vez.

Varias probetas han sido sometidas a diferentes ambientes que podría encontrar un papel en su vida útil. Esto se hizo con la intención de comprobar que, bajo condiciones de humedad cambiante, de frío extremo continuado, incidencia de la luz solar, etc, no cambian las propiedades del material.

Las probetas testadas, tanto las comerciales como las nuestras, pasaron este ensayo con éxito, sin mostrar una degradación considerable.

4. Conclusiones

Respecto a la idea que teníamos, los resultados no han cumplido totalmente con nuestras expectativas. Aunque en algunos aspectos hemos conseguido nuestro objetivo, a pesar de haber tenido ciertas complicaciones para realizar el proyecto (tanto por no poder obtener algunos de los materiales necesarios, como el pegamento más óptimo para realizar los procesos, como por ciertas dificultades respecto al ámbito social, nuestros resultados no están a la altura de papeles convencionales).

Consideramos que, con la ausencia de estas dificultades, el proyecto es perfectamente viable y se podría obtener un papel con cierta calidad apta para el uso cotidiano. Sobre todas las características que tiene nuestro papel destacamos sus habilidades como aislante térmico.

5. Agradecimientos

Queríamos aprovechar la situación para agradecer a Alberto Izquierdo su apoyo en cuanto a los materiales y a las ideas.

Mención especial también a nuestros compañeros de clase, por el apoyo y la ayuda que nos hemos tenido que dar entre nosotros en tiempos tan difíciles

6. Bibliografía

- [1] <https://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=49754.php>
- [2] <https://es.wikipedia.org/wiki/Papel>
- [3] <https://es.wikipedia.org/wiki/Lignina>
- [4] <https://es.wikipedia.org/wiki/Celulosa>
- [5] <https://moodle.upm.es/>
- [6] CES Edupack 2019
- [7] Gardner D. Hiscox y Albert A. Hopkins (1994). *Recetario industrial*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A.