

Obtención de papel a partir de la cáscara del maracuyá (*Passiflora edulis*) y la evaluación de algunas propiedades físicas y químicas

Obtaining paper from the shell of passion fruit (*Passiflora edulis*) and the evaluation of some physical and chemical properties

Martha Patricia Aparicio¹

July Perdomo Cerquera²

Beatriz Guevara Guerrero³

Magda Valdés Restrepo⁴

Resumen

La producción de papel está soportada principalmente en la madera debido a su alto contenido de celulosa. Sin embargo, actualmente se buscan fuentes alternativas que desestimulen el uso de este material favoreciendo la protección de los recursos naturales. El papel consiste en un gel de fibra - aire, obtenido a partir de materias primas vegetales que presentan una cantidad considerable de celulosa (más del 40% en peso en base seca). El principal constituyente sólido del papel es la celulosa, cuyas fibras se unen entre sí por medio de puentes de hidrógeno; estas fibras están presentes en las especies vegetales que hacen parte de los residuos orgánicos. En Colombia más del 63% de los residuos que se generan son de carácter orgánico y muy pocos se están aprovechando. Esta investigación se centró en determinar a través de pruebas de laboratorio la caracterización fisicoquímica en la muestra vegetal (contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina), así mismo en el estudio de las condiciones del proceso para la elaboración de papel a partir de las cáscaras del maracuyá, se aplicó el método estadístico Taguchi y con base a los resultados se seleccionó la mejor formulación, se determinó las propiedades fisicoquímicas del papel obtenido (resistencia, humectación, textura, color, facilidad de pliegues y escritura). Como resultado se obtuvo un material a una concentración de 500g, con temperatura de 40°C y un tiempo de secado de 8 horas.

Palabras clave: papel, celulosa, fibra, maracuyá, residuo.

Abstract

Paper production is mainly supported by wood due to its high cellulose content. However, alternative sources are currently being sought to discourage the use of this resource,

¹ Especialista en procesos de alimentos y biomateriales. marthapatriciaaparicio@yahoo.es

² Magister en gerencia de programas sanitarios en inocuidad de alimentos. july.perdomo@unad.edu.co

³ Magister en ingeniería de alimentos. beatriz.guevara@unad.edu.co

⁴ Doctora en fitomejoramiento. magda.valdes@unad.edu.co

favoring the protection of resources. The paper consists of a fiber-air gel, obtained from vegetable raw materials that have a considerable amount of cellulose (more than 40% by weight on a dry basis). The main solid constituent of paper is cellulose, which fibers are joined together by means of hydrogen bonds; these fibers are present in plant species that are part of organic waste. In Colombia, more than 63% of the waste generated is organic and very little is being used. This research focused on determining through laboratory tests the physicochemical characterization in the vegetable sample (cellulose, hemicellulose and lignin content), as well as in the study of the process conditions for the elaboration of paper from the husks of the Passion fruit, the statistical method Taguchi was applied and based on the results the best formulation was selected, the physicochemical properties of the paper obtained were determined (strength, wetting, texture, color, easy to fold and write). As a result, a material was obtained at a concentration of 500g, with a temperature of 40 ° C and a drying time of 8 hours.

Keywords: Paper, cellulose, fiber, passion fruit, residue.

1. Introducción

La industria papelera actualmente realiza diferentes estudios en la búsqueda de fuentes alternativas a la madera y principalmente del constituyente sólido del papel que es la celulosa, cuyas fibras están presentes en las especies vegetales como parte de la estructura celular, conformadas por diferentes polímeros, entre los cuales se encuentran la hemicelulosa y la lignina, componentes que hacen parte significativa de los residuos orgánicos (Acevedo *et al.*, 2011).

La mayoría de los residuos han sido caracterizados por sus altos niveles de celulosa y tienen potencial para ser empleados como sustitutos de la fibra virgen de la madera, siendo esta la principal fuente de materia prima de la industria del papel. Actualmente sólo un 9% de los materiales utilizados para la fabricación de papel a nivel mundial procede de fuentes no madereras como paja de arroz, trigo, bagazo de caña de azúcar, cáñamo, algodón, etc. (Canché *et al.*, 2015). Una de las fuentes donde se generan cantidades de residuos es en la

transformación en el proceso frutícola, en el cual se hace uso de diversos frutos, entre los que se encuentra el maracuyá, del cual se extrae en su mayoría la pulpa, principalmente para la producción de jugo natural o concentrado, separando las semillas y la cáscara, de lo que se estima que los desechos que se generan están alrededor de 63%, donde el 13% son semillas y 50% cáscaras (Beltrán & Piedra, 2017).

Es por ello que el desarrollo del siguiente trabajo se fundamenta en obtener papel a partir del aprovechamiento de las cáscaras del maracuyá como fuente de fibra para la elaboración y obtención de papel.

2. Metodología

2.1 Ubicación

Las pruebas del proyecto se desarrollaron en el laboratorio de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) CEAD Bucaramanga.

2.2 Materia prima

Para el proceso de obtención de papel se tomaron las cáscaras del maracuyá provenientes de diferentes plazas de mercado de la ciudad de Bucaramanga.

2.3 Determinación de fibra en muestra vegetal

Se aplicó inicialmente un procedimiento para liberar las muestras experimentales de componentes solubles en solventes neutros que puedan interferir con algunos análisis químicos posteriores, una vez listas las muestras se procedió a estimar los contenidos de fibra según la AOAC 2002, hemicelulosa mediante el método por (DAD-FND), celulosa por el método (FAD-Lig) y lignina se utilizó el método (ADF).

2.4 Proceso de elaboración y obtención de papel

A continuación, se relacionan las etapas experimentales para la elaboración del papel a partir de fibra de maracuyá: recolección de materia prima, lavado de la misma, picado, remojo, molienda, cocción, escurrido y lavado, obtención de fibra y formación de secado de hoja (Torres, 2000).

2.5 Diseño experimental

Se realizó el planteamiento estadístico del total de tratamientos a realizar en el estudio según el método de Genichi Taguchi, estableciendo tres niveles del factor y tres números de factores en la matriz ortogonal, obteniendo un total de 27 experimentos. Los parámetros establecidos para el estudio fueron determinados a partir de pruebas preliminares y definido así: concentración de pulpa en el tanque (400, 500 y 600 gramos de pulpa), temperatura (35, 40 y 45°C), y tiempo de secado (7, 8 y 9 horas), las variables de respuesta estudiadas en el prototipo de hoja fueron: resistencia, humectación, textura, color, facilidad de pliegues y escritura, con escala de medición (Malo) que no presenta la característica, (Regular) presenta la característica del parámetro pero no en su totalidad y (Bueno) presenta la característica.

3. Discusión

3.1 Análisis de resultado muestra vegetal

La determinación del contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa en las cáscaras del maracuyá se visualizan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de laboratorio muestra vegetal.

Descripción	Resultado(g/kg)
Lignina	126,6
Celulosa	224
Hemicelulosa	114,4

Fuente: Laboratorio Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

De los datos presentados en la anterior tabla, se puede analizar que estas

biomoléculas están presentes en un porcentaje adecuado en la materia prima

que permiten ser transformadas y valorizadas con la etapa de obtención de papel ya que contiene niveles importantes de polímeros que permiten la formación de la microfibrillas, esto definido a partir de

la comparación del contenido de fibras en residuos vegetales como bagazo de plátano, cáscara de naranja, entre otras (Torres, 2000; Canche *et al*, 2015; Acevedo *et al*, 2011).

Tabla 2. Resultados obtenidos *en* parámetros de calidad.

Muestras obtenidas	Concentración en (g)	Temperatura de secado (°C)	tiempo de secado (h)	Resistencia	Humectación	Textura	Color	Facilidad de pliegues	Permite la escritura
9	400	35	7	Malo	Malo	Regular	Bueno	Malo	Regular
9	500	40	8	Bueno	Bueno	Regular	Bueno	Bueno	Regular
9	600	45	9	Regular	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo

Fuente: autoras

3.2 Formulación y condiciones de proceso de la elaboración de papel a partir de las cáscaras del maracuyá

En la Tabla 2 se observan los resultados del comportamiento de las 27 muestras, frente a las variables donde se determinó las condiciones de trabajo en concentraciones de pulpa, temperatura de secado y tiempo de secado para la obtención de las hojas de papel.

En el caso del proceso de 400 gramos a temperatura de secado de 35°C, por 7 horas, no presentó muy buena resistencia, se obtuvo una hoja muy delgada y frágil, difícil de manipular, aunque el color obtenido fue bueno, se considera un producto final no aceptable. Para el producto obtenido a partir de 500 gramos a temperatura de secado de 40°C por 8 horas, la hoja presenta características interesantes en cuanto la resistencia, dobleces y estabilidad, fácil de manipular buen color, impide un poco la escritura debido a los fragmentos que contiene, pero

lo hace un material interesante y aceptable en cuanto un papel obtenido a partir de fibra de residuo vegetal. En el caso del proceso obtenido a partir de 600 gramos a temperatura de secado de 45°C por 9 horas, presenta características no aceptables debido a que la hoja que se obtuvo fue muy gruesa, quebradiza, difícil de manipular para dobleces, impide la escritura debido a los fragmentos grandes, esto se debe sobre todo a que las fibras que se asentaron sobre el bastidor lo hicieron de una manera desordenada, haciéndolo primero las más finas y luego las más gruesas, es por esta razón que las hojas fueron gruesas y quebradizas.

3.3 Análisis de resultado del diseño experimental

Se realizó el arreglo experimental por medio del método Genichi Taguchi, a través de software Minitab 15 para determinar los mejores resultados y condiciones de trabajo de las concentraciones, temperatura de secado y tiempo de secado según los resultados de

la Tabla 2, con los cuales se obtuvo que los mejores resultados obtenidos para trabajar como formulación (producto final) es la concentración de 500g, temperatura de secado 40°C por 8 horas, según sus parámetros de calidad, ver Figura 1.

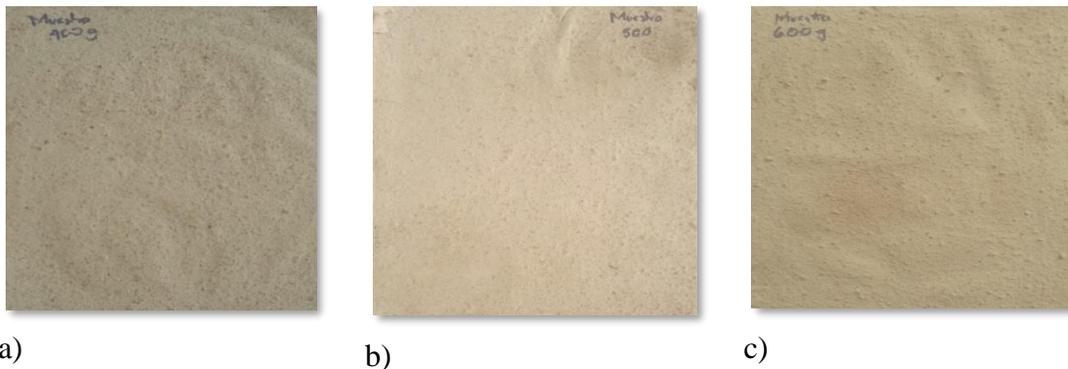


Figura 1. Prototipos de hojas de papel elaborados con diferentes concentraciones de pulpa a) 400g b) 500g c) 600g

4. Conclusión

Del estudio realizado se concluye que la caracterización química, en las cáscaras del maracuyá, reveló resultados de contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa significativos para ser utilizados como materia prima para la elaboración de papel. Por otro lado, el análisis estadístico logró determinar las

condiciones de trabajo, como concentraciones de pulpa, temperatura y tiempo de secado, que influyen directamente en el proceso de elaboración de las hojas, obteniendo finalmente un material con las variables de respuesta óptima a una concentración de 500g, con temperatura de 40°C y un tiempo secado de 8 horas.

Referencias

- Acevedo Berger, V., & Ramírez Díaz, D., (2011). Análisis técnico y económico de la pectina, a partir de la cáscara de la naranja (*Citrus sinensis*) (Tesis posgrado). Universidad de San Buenaventura Cali, Colombia. http://bibliotecadigital.usb.edu.co:8080/bitstream/10819/1336/1/An%C3%A1lisis_Econ%C3%B3mico_Naranja_Acevedo_2011.pdf
- Acevedo, Y. V. N., Quintero, J. F. L. & Clavijo, C. C. G. (2016). Recorrido virtual en tercera dimensión de la sede principal en una universidad de Bogotá. *Publicaciones e Investigación*, 10, 83-93.
- Abello Mendoza, E. N., & Bernal Suárez, W. F. (2017). Prototipo para la orientación automática de paneles

<https://doi.org/10.22490/25394088.2257>

- Cifuentes, A. F. M. & Clavijo, C. C. G. (2015). Marco de referencia para la gestión de TI centrada en la creación de valor compartido, aplicado a una propuesta de formación en maestría. *Publicaciones e Investigación*, 9, 163-176.
- Cruz, A. V., Cordero, L. A. & González, A. P. (2014). Evaluación energética de los generadores de vapor F1-2 y BH-109 de una refinería cubana de petróleo. *Publicaciones e Investigación*, 8, 89-96.
- Delgado, Á. D. G., Ruiz, Y. Y. P., Córdoba, L. S., López, L. M., & Kafarov, V. (2014). Experimentación y optimización conjunta de la disrupción celular de microalgas y extracción soxhletde aceite para alimentación y biocombustibles. *Publicaciones e Investigación*, 8, 127-136.
- Díaz, J. M. G., Díaz, N. G., & Cuellar, A. M. Q. (2010). Comparación entre los índices de agua potable IAP y los índices de riesgo de la calidad de agua para consumo humano IRCA utilizados para la determinación de la calidad del agua para consumo humano. *Publicaciones e Investigación*, 4, 53-59.
- Fernández, M. F. C., Casallas, D. M. D., & Marín, C. E. M. (2015). Análisis de la calidad del agua del río Bogotá durante el periodo 2008–2015 a partir de herramientas de minería de datos. *Publicaciones e Investigación*, 9, 37-50.
- Fisco, J. A., & Sabogal, D. P. (2014). Reconstrucción de atmósferas sonoras tridimensionales. *Publicaciones e Investigación*, 8, 27-33.
- Fuentes, L. F. Q., & Castelblanco, S. G. (2011). Perfil del sabor del clon CCN51 del cacao (*Theobroma cacao* L.) producido en tres fincas del municipio de San Vicente de Chucurí. *Publicaciones e Investigación*, 5, 45-58.
- Fuentes, L. F. Q., Pinilla, M. G., & Mendoza, L. J. (2014). Estandarización de la fase de fermentación “fase i” en la obtención de un licor de mandarina utilizando levadura “*Saccharomyces cerevisiae*”. *Publicaciones e Investigación*, 8, 139-149.
- Garzón, L. J. R., & Jiménez, V. L. L. (2017). Vulnerabilidad hídrica de la cuenca del río Blanco, en el municipio de La Calera, considerando los escenarios de cambio climático propuestos por la corporación autónoma regional de Cundinamarca-Car. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 77-88.
- Giraldo, R., Vargas, T., & Gil, H. (2009). Mejoramiento del proceso de deshidratación de uchuva. *Publicaciones e Investigación*, 3, 37-49.
- Jiménez-García, W. G., & Rentería-Ramos, R. R. (2020). Contributions of complexity for the understanding of the dynamics of violence in cities. Case study: the cities of Bello and Palmira, Colombia (Years 2010-2016). *Revista Criminalidad*, 62(1), 9-43.

- Jiménez, V. L. L., Ramos, J. J. M., & Guio, D. P. A. (2016). Análisis del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano -Irca- y su relación con variables meteorológicas y ubicación Geográfica para el departamento del Tolima en los años 2012–2013. *Publicaciones e Investigación*, 10, 69-81.
- Laverde, W. E. M., & Bernal, O. A. V. (2015). Herramientas de gestión ambiental para las carreteras de cuarta generación (4g) en Colombia. *Publicaciones e Investigación*, 9, 87-98.
- Martínez, J., & Pino, F. J. (2016). Definición de un modelo de calidad de servicios soportado por tecnologías de la información (TI). *Publicaciones e Investigación*, 10, 49-67.
- Masso, J., & Pardo, C. (2015). Hacia una ontología para el gobierno de desarrollo de software en pymes. *Publicaciones e Investigación*, 9, 99-112.
- Mesa Angulo, O. P., Gabriel, F. J., Ostos Ortiz, O. L., & Rentería, R. R. (2020). Modelo de vigilancia tecnológica e inteligencia estratégica: evaluación de nuevos programas académicos de la Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/handle/1634/28934>
- Milquez-Sanabria, H. A. A. (2017). Digestión anaerobia en dos fases, hidrólisis y metanogénesis, de la semilla de mango (*Mangifera indica*). *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 91-100.
- Molina, L. D., & Lozano, L. P. (2016). La desertificación del suelo, aspectos y estrategias de lucha. *Publicaciones e Investigación*, 10, 117-127.
- Montañez Carrillo, L., & Lis Gutiérrez, J. P. (2016). Medición de la madurez de la gestión del conocimiento en la Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería de la UNAD. *Publicaciones e Investigación*, 10, <https://doi.org/10.22490/25394088.1595>
- Ochoa, N. E., Cruz, I. M., Gil, C. E., Chaves, C. C. S., Grajales, S. K., Vargas, L. L. V., & Páez, A. (2015). Estrategias en la construcción de un prototipo como modelo integral en la gestión investigativa orientado hacia el esquema de negocio. *Publicaciones e Investigación*, 9, 113-134.
- Orozco, L. G., & Urrego, A. I. C. (2016). Modelos de ensuciamiento en intercambiadores de calor tubulares en sistemas indirectos en procesos uht en la industria láctea. *Publicaciones e Investigación*, 10, 95-114.
- Ortega, J. A. T., Rubio, O. F. C., & Orozco, I. H. (2017). Análisis de ciclo de vida para una biorefinería derivada de residuos agrícolas de palma aceitera (*Elaeis guineensis*). *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 13-36.
- Ortiz, I. A. L., & Angulo, H. M. (2016). Percepción de los estudiantes sobre la utilización de videojuegos en cursos de la Universidad Nacional Abierta ya Distancia-UNAD. *Publicaciones e Investigación*, 10, 163-175.
- Parra, C. A. C., & Espinal, J. M. M. (2014). Parámetros técnicos de captura en instrumentos musicales percutidos del folclor colombiano para su uso en

- bancos virtuales de sonidos. *Publicaciones e Investigación*, 8, 35-53.
- Pérez, L. A., & Vera, C. A. (2015). Método para medir indirectamente la velocidad de fase en sensores *surface acoustic wave*. *Publicaciones e Investigación*, 9, 65-72.
- Ramírez-del Rio, D., Soto-Mejía, J. A., & Rentería-Ramos, R. R. (2018). Diseño de un modelo bajo el enfoque de dinámica de sistemas para estudiar comportamiento de la dinámica socioeconómica basada en la atención de primera infancia, infancia y adolescencia. *Investigación Operacional*, 39(2), 220-233.
- Reina, C. B., Jiménez, L. N. R., & Pedraza, N. M. (2014). Obtención de biodiesel (etil-éster) mediante catálisis básica a nivel planta piloto derivado de aceites usados de la industria alimenticia. *Publicaciones e Investigación*, 8, 99-116.
- Rentería-Ramos, R. R. & Alfonso, A. V. (2015). Construcción de una red compleja para el estudio de la selectividad de Santiago de Cali por parte de las víctimas desplazadas del conflicto armado en Colombia. *Investigación Operacional*, 36(1), 60-69.
- Rentería-Ramos, R.R., Hurtado-Heredia, R., & Urdinola, B. P. (2019). Morbimortality of the victims of internal conflict and poor population in the Risaralda Province, Colombia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(9), 1644.
- Rentería-Ramos, R. R. & Mejía, J. A. S. (2018). Diseño de una sociedad artificial para estudiar la migración forzada por conflicto armado interno en el suroccidente colombiano. *Investigación Operacional*, 39(2), 206-219.
- Renteria-Ramos, R. R. & Soto Mejía, J. A. (2016). Design agent based model to study the impact of social cohesion and victimization in the criminal behavior. *Ingeniería y Ciencia*, <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/11294>
- Rentería-Ramos, R., Velasco Bonilla, A., María Burbano, J., & M Vitale, A. (2017). Construcción de clústeres empresariales en el sector de la salud en Santiago de Cali a través del algoritmo Multivariate Fuzzy C-Means. *Economía y Desarrollo*, 158(2), 129-140.
- Rodríguez, J. F. G., Ramírez, A. A., Pérez, L. M., Meza, J. R., & Rentería-Ramos, R. R. (2019). Relación entre la innovación y la productividad laboral en la industria manufacturera de México. *Investigación operacional*, 40(2), 249-254. <http://www.invoperacional.uh.cu/index.php/InvOp/article/view/667>
- Rojas, M. O. A., & Arboleda, L. C. T. (2015). Simulación de redes de sensores inalámbricos: un modelo energético a nivel de nodo-sensor bajo las especificaciones Ieee 802.15. 4tm y Zigbee. *Publicaciones e Investigación*, 9, 13-24.
- Rojas, Y. S. V., Ramírez, L. M. V., & Ortega, J. A. T. (2014). Evaluación de la huella hídrica del lirio japonés

- (*Hemerocallis*). *Publicaciones e Investigación*, 8, 79-87.
- Sáenz, L. M. B. (2014). Una Visión del sistema de certificación en inocuidad de alimentos. *Publicaciones e Investigación*, 8, 151-159.
- Samper, J. J. C., & Bolaño, M. R. (2015). Seguridad informática en el siglo XX: una perspectiva jurídica tecnológica enfocada hacia las organizaciones nacionales y mundiales. *Publicaciones e Investigación*, 9, 153-162.
- Sanabria, A. E. R., & Pérez, J. R. R. (2015). Catalizadores organometálicos en la industria química. *Publicaciones e Investigación*, 9, 51-64.
- Sánchez, I. C. N., & Alfonso, J. N. M. (2019). Revisión: estimación de deficiencias en la calidad del huevo. *Publicaciones e Investigación*, 13(1), 103-110.
- Sánchez, N. J. Z. (2014). Simulación de un sistema de desodorización de aceite vegetal por medio de un control industrial automatizado. *Publicaciones e Investigación*, 8, 119-125.
- Sendoya, D. F. (2013). ¿Qué es el control predictivo y hacia dónde se proyecta? *Publicaciones e Investigación*, 7, 53-59.
- Sierra, G. I. L., & Gonzalez, N. V. Y. (2014). Estudio descriptivo mediante análisis multicriterio de la cadena agroalimentaria de la panela. *Publicaciones e Investigación*, 8, 161-183.
- Tangarife, J. H., & Acevedo, Y. V. N. (2015). Video juego interactivo mediante Sdk Kinect 1.6 para apoyar la educación básica primaria de niños entre 5 a 10 años de edad. *Publicaciones e Investigación*, 9, 25-36.
- Torres Uribe, M., (2000). *Normalización del proceso de elaboración de papel artesanal a partir de tallos de maíz (zea mays)* (Tesis pregrado). Universidad de la Sabana,
<https://core.ac.uk/download/pdf/47068958.pdf>
- Toro, R. O. (2017). Biocompuestos a base de almidón termoplástico, ácido poliláctico y cascarilla de arroz: efecto del aceite epoxidado de soya. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 49-55.
- Waltero, H. E. P. (2015). Arquitectura de un laboratorio remoto desde el enfoque de la formación de ingenieros en ead. *Publicaciones e Investigación*, 9, 147-152.