



Composición química de la madera de *Morus celtidifolia* Kunth

Ávila Calderón Luz Elena Alfonsina*, Hernández Servín Alondra de Jesús, Sedano Mendoza Miriam

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Francisco J. Mújica s/n, Morelia, Michoacán. C.P. 58030. México.

*Autor para correspondencia: lavila@umich.mx

Recibido:

5/junio/2016

Aceptado:

9/agosto/2016

Palabras clave

Cenizas, extraíbles, lignina

Keywords

Ash, extractives, lignin

RESUMEN

Se realizó un análisis químico para determinar cuatro componentes presentes en la madera (albura y duramen) de *Morus celtidifolia* Kunth (mora). Se determinó el contenido de las sustancias inorgánicas (cenizas) y se hizo el análisis de las mismas, las sustancias extraíbles, la holocelulosa y la lignina. Las cenizas se calcularon en apego a la norma TAPPI y los extraíbles se determinaron por extracción sucesiva con solventes polares. La lignina se determinó por el método Runkel. Se encontró que los componentes químicos variaron como sigue: cenizas de 0,06% a 0,69%, extraíbles totales de 7,24% a 13,47%, holocelulosa de 75,86% a 80,00% y lignina de 20,0% a 24,14%. El ANOVA indicó que la cantidad de componentes químicos es igual entre los materiales, excepto en extraíbles totales y cenizas ($P < 0,01$). Los valores de componentes químicos determinados fueron consistentes con lo reportado para otras especies mexicanas.

ABSTRACT

A chemical analysis was performed on the sapwood and heartwood of *Morus celtidifolia* Kunth (mora) to identify its four chemical components. Ash, ash analysis, extractives, holocellulose and lignin content were determined. Mineral content was calculated in accordance with the TAPPI standard. To determine the total content of extractives, sequential extractions were performed. The results ranged of 0,06% to 0,69% for ash, 7,24% to 13,47% total extractives, 75,86% to 80,00% for holocellulose and 20,0 % to 24,14 % for lignin. The variance analysis of the results indicated that the number of chemical components is statistically equal between types of wood and bark except total extractives and ash ($P < 0.01$). The chemical composition of wood from the specie studied here are consistent with literature data for Mexican wood.



Introducción

Morus es un género de las plantas angiospermas de la familia de Moraceae, generalmente conocido como moras. Son nativas de regiones templadas y subtropicales de Asia, África, Europa y América (Singhal et al. 2010). Los frutos de la especie *Morus celtidifolia* son utilizados para la obtención de tintes (Trueba-Sánchez, 2009) y las hojas han sido ampliamente empleadas en la medicina tradicional desde la antigüedad; recientemente se ha encontrado actividad antibacteriana, citotóxica y antioxidante en los extractos de las hojas de *Morus* (Viveros-Valdez et al., 2015).

La corteza de esta especie ha sido tradicionalmente empleada para elaborar papel amate, cuyas cualidades son mejores que papeles elaborados con corteza de otras especies, debido a la estructura poco lignificada, abundancia de almidones, pectinas y carbohidratos solubles en agua hacia la periferia que pueden estar relacionados con la manufactura, propiedades de adherencia y aglutinamiento (Quintanar et al., 2004).

Maiti et al., (2016) reportan la descripción anatómica de la madera de *Morus celtidifolia*. No se contó con información de los componentes químicos de esta especie, sin embargo, Venkataraman (1972) identifica algunos flavonoides y realiza un análisis del uso de componentes fenólicos en quimiotaxonomía de la familia Moraceae a la que pertenece la especie en estudio

Dada la poca información que se tiene de los componentes químicos de las maderas mexicanas, son necesarios estudios que, además de aportar elementos para su mejor aprovechamiento, permitan establecer interrelaciones con propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas de este valioso recurso

El objetivo de este trabajo es determinar el contenido y tipo de sustancias inorgánicas, el contenido de extraíbles, de holocelulosa y de lignina en la albura y el duramen de *Morus celtidifolia* Kunth, procedente del municipio de Morelia, Michoacán.

Metodología

Colección y preparación del material

Para el estudio se seleccionó un árbol de *Morus celtidifolia* Kunth, éste fue colectado en el municipio de Morelia, Michoacán, México.

Del ejemplar se tomó, a la altura de 1,3 m del tocón, una muestra de 30 cm de espesor, de la cual se obtuvieron

muestras representativas de la zona del duramen y de la albura. El material obtenido fue astillado, secado al aire y molido en un equipo Wiley. La harina obtenida se clasificó con tamices, para el análisis químico se empleó la fracción que pasó por la malla 40 (425 μm) y que fue retenida en la malla 60 (250 μm). Posteriormente se determinó el porcentaje de humedad por el método de deshidratación a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ de acuerdo con T 264 cm-97 (TAPPI, 2000). Las determinaciones se realizaron por duplicado.

Análisis químico

Sustancias inorgánicas

El contenido de las sustancias inorgánicas se calculó gravimétricamente, después de quemar cuidadosamente la harina de madera sin extraer, para posteriormente calcinar en una mufla a 525°C , utilizando crisoles de níquel, en apego a la norma T 211 om-93 (TAPPI, 2000).

Para la identificación de los elementos presentes en las sustancias inorgánicas se realizó su microanálisis en un espectrómetro de Rayos X, acoplado a un Microscopio Electrónico de Barrido marca Jeol modelo JSM-6400. Las condiciones de operación para los análisis fueron 20 kV y 8,5 segundos (Téllez et al., 2010), obteniéndose los espectros respectivos en puntos aleatorios eliminándose el carbono y oxígeno que pudieran haber quedado como residuo de los componentes orgánicos.

Sustancias extraíbles

Para determinar la cantidad total de sustancias extraíbles en 4 g de harina de madera se aplicó una extracción sucesiva sólido-líquido en equipo Soxhlet con 200 ml de los siguientes disolventes: ciclohexano, acetona y metanol, finalmente agua caliente bajo reflujo. Los periodos de extracción fueron de cuatro horas. Los disolventes se recuperaron en un rotavapor aplicando vacío y el extracto respectivo se colocó en un desecador, con gel de sílice como agente desecante, hasta peso constante. El contenido de extraíbles para cada disolvente se calculó dividiendo el peso del extracto anhidro entre el peso de la harina anhidra referido porcentualmente. Los extraíbles totales se calcularon con la suma de los porcentajes de los extraíbles de cada disolvente.

La harina de madera, después de la extracción sucesiva, se designó como harina libre de extraíbles y se empleó para determinar lignina y holocelulosa.

Lignina

El contenido de lignina en la harina de madera libre de extraíbles se determinó de conformidad con la técnica Runkel y Wilke (1951). A un 1 g de muestra de harina de madera libre de extraíbles se le adicionaron 50 ml de ácido sulfúrico al 72% y 5 ml de ácido bromhídrico al 40%, agitándola y dejándola reposar por 2 horas. Posteriormente, se le agregaron 200 mL de agua destilada y se llevó a ebullición por 5 minutos. Finalmente, se filtró en embudos Büchner empleando papel filtro Whatman No. 40 y las muestras se lavaron en repetidas ocasiones hasta eliminar los residuos de ácido. Para finalizar se llevaron a peso constante en un horno a 103°C. El contenido de lignina se calculó dividiendo el peso de la muestra anhidra entre el peso de la harina libre de extraíbles anhidra referido porcentualmente.

Holocelulosa

La holocelulosa se calculó por diferencia entre el peso de la muestra anhidra libre de extraíbles y el contenido de lignina.

Análisis estadísticos

Los valores de los componentes químicos se procesaron mediante un análisis de varianza con un factor y dos niveles (albura y duramen) con el programa Statistica ver. 7.0. El valor de probabilidad (α) establecido para calificar como significativas a las diferencias encontradas en la fuente de variación fue de 0,01.

Resultados y discusión

Los resultados promedio y la desviación estándar de los componentes químicos para cada uno de los materiales se presentan en la tabla 1. Junto a estos valores se incluyen letras minúsculas, éstas representan la comparación entre el tipo de madera; los valores con la misma letra indican que no existe diferencia significativa ($P < 0,01$).

Tabla 1. Composición química de la madera de *Morus celtidifolia*. (Elaboración propia, 2016).

Determinación	Albura	Duramen	P
Sustancias inorgánicas ¹	0,69(±0,01)a	0,06(±0,01)b	**
Extraíbles totales ¹	7,24(±0,26)a	13,61(±0,19)b	**
Ciclohexano ¹	0,29(±0,02)a	0,20(±0,05)a	ns
Acetona ¹	1,79(±0,20)a	1,66(±1,87)a	ns
Metanol ¹	2,87(±0,47)a	9,95(±3,46)a	ns
Agua caliente ¹	2,28(±0,02)a	1,8(±1,33)a	ns
Lignina ²	24,14(±0,41)a	20,00(±1,94)a	ns
Holocelulosa	75,86(±0,41)a	80,00(±1,94)a	ns

¹Contenido con base en madera libre de humedad

²Contenido con base en madera libre de humedad y extraíbles

P: probabilidades límites en ANOVA con un factor. **: $P < 0,01$; ns: $P > 0,05$

El resultado del microanálisis de las cenizas mediante Rayos X se presenta en la tabla 2 y la figura 1.

Tabla 2. Sustancias inorgánicas (en porcentaje) en la madera de *Morus celtidifolia*. (Elaboración propia, 2016).

Elemento	Albura	Duramen
Magnesio	3,47	11,90
Fósforo	6,97	7,68
Potasio	34,48	7,53
Calcio	21,48	32,20
Flúor	33,56	nd
Silicio	0,01	1,42
Azufre	0,03	0,27
Níquel	nd	39,00

nd: no detectado

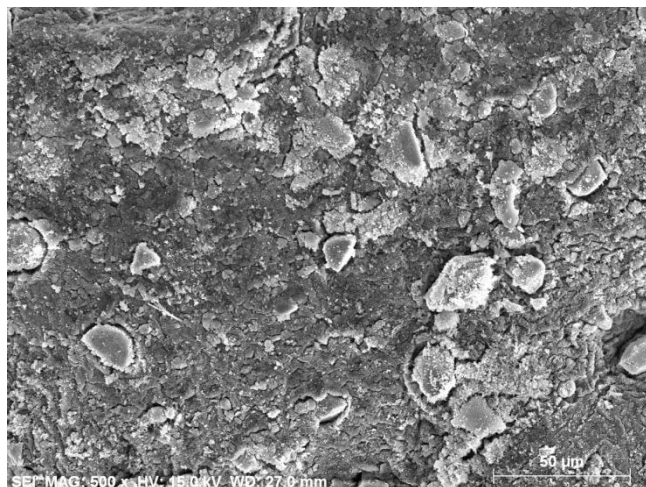


Figura 1. Microfotografía de las sustancias inorgánicas de duramen de *Morus celtidifolia* 500X.

Los resultados de las sustancias inorgánicas se encuentran dentro del rango reportado para especies de clima templado (0,1 – 0,5%) (Fengel y Wegener, 1989).

Se sabe que el calcio, el potasio y el magnesio son los principales elementos presentes en la madera (Fengel y Wegener, 1989) lo que coincide con lo determinado para la especie en estudio.

Algunos autores consideran que el silicio, en una concentración de entre 1,0 y 3,0%, representa problemas para la transformación de la madera, principalmente en el desafilado de las herramientas de corte (Honorato y Hernández, 1998), siendo la rapidez de desafilado en la sierra banda en función del contenido de silicio en la madera (Kirlov, 1980). Sin embargo, la cantidad de este elemento químico detectada en las maderas señaladas puede considerarse de bajo impacto en el desafilado de herramientas de corte al procesar este material.

La menor cantidad de extraíbles se obtuvo con ciclohexano en un intervalo de 0,20% a 0,29%, seguido de los obtenidos con acetona, agua caliente y metanol. Este patrón de menor solubilidad con los disolventes no polares, seguida de mayor solubilidad con disolventes de polaridad media y disminuyendo nuevamente en la extracción acuosa fue observado también en los resultados de la extracción sucesiva en el duramen de *Andira inermis* (Télez-Sánchez et al., 2010) y en el duramen de *Enterolobium cyclocarpum* (Ramos-Pantaleón et al., 2011).

De manera general, el duramen contiene una mayor cantidad de extraíbles que la albura (Fengel y Wegener, 1989) lo que coincide con los datos obtenidos para la especie en estudio. Altos contenidos de extraíbles solubles en metanol respecto al resto de los solventes también fueron reportados para el duramen de *Prunus hintonii* y *Pseudobombax ellipticum* (Ávila y Rutuaga, 2015).

Los contenidos de holocelulosa determinados en madera se encuentran en el intervalo publicado para las especies de climas templados (49,2% a 85,8%) (Rowell, 1984) al igual que los contenidos de lignina (21,3% a 39,2%) (Fengel y Wegener, 1989).

Conclusiones

Los valores de los componentes químicos determinados fueron consistentes con lo reportado en la literatura para otras especies mexicanas.

El análisis de varianza de los resultados, indicó que la cantidad de componentes químicos es igual estadísticamente entre los dos tipos de material, a excepción de los extraíbles totales y las sustancias inorgánicas ($P < 0,01$).

Se considera que la baja cantidad de silicio presente, tanto en albura como duramen, no afecta el corte y maquinado de la madera.

Mediante la extracción sucesiva aplicada, la mayor solubilidad de la madera fue en metanol y la menor en ciclohexano. El alto contenido del extracto metanólico puede ser analizado con la intención de aislar los polifenoles presentes; por un lado, usar los componentes fenólicos en la taxonomía de *Morus celtidifolia* como lo sugiere Venkataraman (1972). Por otro lado, probar el empleo de los extractos de residuos de duramen de la especie en estudio para su uso como tinte con la intención de dar mayor valor agregado a los productos obtenidos de la especie en estudio.

Agradecimientos

Se agradece a la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana el apoyo al Proyecto CIC, dentro de la cual se desarrolló este estudio. Al maestro en ciencias Xavier Madrigal Sánchez y a la bióloga Lydia I. Guridi Gómez la donación del material de estudio del proyecto “Los árboles del municipio de Morelia, Michoacán, México” CONACYT-UMSNH.



Referencias

- Ávila-Calderón L.E.A., Rutiaga-Quiñones J.G. (2015). Wood chemical components of three species from a medium deciduous forest. *Wood research* 60 (3): 479-486.
- Fengel D., Wegener. G. (1989). *Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter de Gruyter. Berlín. 415 p.
- Honorato-Salazar A., Hernández-Pérez, J. (1998). Determinación de componentes químicos de la madera de cinco especies de encino del estado de Puebla. *Madera y Bosques*, 4(2): 79-93.
- Kirlov A. (1980). Toward the re-appraisal of the influence of basic wood characteristics on sawblade potential. *Holz Roh Werkst*, 38: 145-149.
- Maiti R., Rodriguez H.G., Kumari, A. (2016). Qualitative and Quantitative Characterization of Wood Fibers of Shrubs and Tree Species of the Tamaulipan Thorn Scrub, Northeastern Mexico and Its Possible Relation to Wood Quality and Utilization. *American Journal of Plant Sciences*, 7: 1046-1057.
- Quintarar A., Zárate Castrejón J. L., López C., Salgado-Ugarte I. H. (2004). Anatomía e histoquímica de la corteza de cinco especies de Moraceae. *Polibotánica*, 17: 15-31.
- Ramos-Pantaleón D., Ávila-Calderón L., Ochoa-Ruíz H., Rutiaga-Quiñones J.G., (2011). Extractives content in *Enterolobium cyclocarpum* Wood (Jacq.) Griseb. (Leguminosae). *Ciencia Nicolaita*, 53: 7-19.
- Rowell R., ed. (1984). *The chemistry of solid wood*. American. Chemical Society. *Advances in chemistry*. Washington. D. C. 614 p.
- Runkel R., Wilke, Y.K.D. (1951). Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. *Holz Roh Werkstoff*, 9:260-270.
- TAPPI (Technical Association for Pulp and Paper Industry). (2000). *TAPPI Test Methods (1994-1995)*. TAPPI Press. Atlanta, GA.
- Téllez-Sánchez C., Ochoa-Ruíz H.G., Sanjuan-Dueñas H.G., Rutiaga-Quiñones J. G. (2010). Componentes químicos del duramen de *Andira inermis* (W. Wright) DC. (Leguminosae). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 16(1): 87-93.
- Trueba-Sánchez S. (2009). Plantas tintóreas utilizadas en artesanías textiles de lana de Soledad Atzompa, Veracruz. Consejo Veracruzano de Arte Popular (COVAP). Xalapa, Veracruz. 37 p.
- Venkataraman, K. (1972). Wood phenolics in the chemotaxonomy of the Moraceae. *Phytochemistry*, 11(5): 1571-1586.
- Viveros-Valdez E., Oranday-Cárdenas A, Rivas-Morales C., Verde-Star M. J., Carranza-Rosales P. (2015). Biological activities of *Morus celtidifolia* leaf extracts Pak. *J. Pharm. Sci.* 28(4): 1177-1180.