

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA PARED CELULAR DE LA PULPA DE MANGO BOCADO

(Chemical characterization of the cellular wall of mango bocado pulp)

Mauricio Balza¹, Elba Garrido², Mariano García¹, José Martínez³ y Alberto García³

¹ UNELLEZ. VPDS Barinas, Programa Ciencias del Agro y del Mar. Subprograma Ingeniería agroindustrial
mauriciobalza@gmail.com

² Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Departamento de Ecología y Control de Calidad, Decanato de Agronomía, UCLA, Lara - Venezuela, Teléfono: (0251) 2591630, egarrido@ucla.edu.ve

³ UNELLEZ-San Carlos, estado Cojedes, Programa ciencias del agro y del Mar. Subprograma Ingeniería Agroindustrial

Recibido: 15/02/17 -Aceptado: 31/05/17

RESUMEN

Una nueva manera de producir jugos de alta calidad es separando los sólidos suspendidos del jugo, dando como producto final un jugo clarificado con características sensoriales, nutricionales y funcionales. El principal objetivo de la agroindustria de jugos clarificados se convierte en la eliminación de los sólidos insolubles como las pectinas, ligninas, celulosa y hemicelulosa, la cuales se encuentran en la pared celular del fruto, para esto la industria aplica tratamientos enzimáticos comerciales con diferente mezclas que busca obtener jugos clarificados que son utilizados en la elaboración de bebidas translúcidas, edulcorantes naturales de frutas, conservas de fruta 100% naturales. El estudio se fundamentó en caracterizar la pared celular de la pulpa de mango (*Mangifera indica* L). El diseño metodológico de la investigación se estableció en función de la caracterización de los materiales insolubles en alcohol (MIA) en un jugo de mango con dilución 1:1, donde se realizó la extracción y cuantificación de pectina, lignina, celulosa y hemicelulosa presente en la pulpa diluida de mango. Los resultados relevantes fue la predominancia en la pared celular de las pectinas solubles e insolubles, celulosa y hemicelulosa, se debe utilizar las enzimas exógenas, para incrementar el rendimiento de filtrado y la disminución de los sólidos insolubles en el jugo centrifugado.

Palabras clave: hemicelulosa, pectinas, celulosa

ABSTRACT

A new way to produce high quality juices is by separating the suspended solids from the juice, giving as final product a clarified juice with sensory, nutritional and functional characteristics. The main objective of the agroindustry of clarified juices becomes the elimination of insoluble solids such as pectins, lignins, cellulose and hemicellulose, which are found in the cellular wall of the fruit, for which the industry applies commercial enzymatic treatments with different mixtures Which seeks to obtain clarified juices that are used in the manufacture of translucent beverages, natural fruit sweeteners, preserved fruit 100% natural. The study was based on characterizing the cell wall of mango pulp (*Mangifera indica* L). The methodological design of the research was based on the characterization of alcohol insoluble materials (MIA) in a 1: 1 dilution mango juice, where the extraction and quantification of pectin, lignin, cellulose and hemicellulose present in the diluted mango pulp. The relevant results were the predominance in the cell wall of soluble and insoluble pectins, cellulose and hemicellulose, the exogenous enzymes must be used, to increase the filtration efficiency and the decrease of the insoluble solids in the centrifuged juice.

Keywords: hemicellulose, pectins, cellulose

INTRODUCCIÓN

El mango es consumido tanto en estado fresco como en su forma procesada. La necesidad de desarrollar esquemas de procesamiento de frutas, que permitan obtener productos con características sensoriales similares a la materia prima de origen y al mismo tiempo obtener una vida comercial razonable, es una meta pendiente de la industria procesadora de frutas y hortalizas. Desde el punto de vista tecnológico la importancia del consumo masivo de jugos de frutas se basa en el nivel de aporte de nutrientes necesarios para el correcto funcionamiento del organismo, estos son alimentos libres de colesterol y presentan antioxidantes de la fruta. Rivera et al. (2008) afirman que los jugos de frutas proveen la mayor parte de los nutrientes de su fuente natural, además contienen un alto valor energético y con frecuencia alteran el contenido de fibra, vitaminas y otros beneficios no nutritivos presentes en la fruta entera antes de licuarla.

En este sentido, Moreno (2016) estudió las características químicas de la pared celular de jugo pulposo de mango bocado y demostró que este fruto posee altos porcentajes de material fibroso. Esto implica una serie de problemas tecnológicos a la hora de realizar las operaciones de extracción de la pulpa-jugo y microfiltración. Entre más intactas estén las paredes celulares, éstas retienen el jugo y por consiguiente pueden disminuir drásticamente los rendimientos de extracción (Cozzano, 2007; 2009). También, la

pectina soluble, que es el principal componente responsable de la alta viscosidad del jugo, interfiere en los procesos siguientes de filtración y eventualmente concentración.

Bejarano et al. (2011) afirman que para lograr la degradación de las paredes celulares, las enzimas más usadas son las pectinasas, hemicelulasas y celulasas, aunque García et al. (2014) indicaron que los mejores resultados para variables de clarificación se logran con complejos enzimáticos comerciales como: Pectinex Ultra SP-L. Sreenath et al., (1995) recomiendan que para el uso de enzimas comerciales se debe tomar en cuenta la facilidad del proceso y el tiempo, midiéndose como resultado el rendimiento y calidad del producto final.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la pared celular de la pulpa de mango (*Mangifera indica* L). Para recomendar su uso en procesos no térmicos como la microfiltración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos del estudio fueron los mangos bocado (*Mangifera indica* L), en condición de sabana, recolectados en las plantaciones por los productores de Genareño municipio Ricaurte estado Cojedes. Los cuales fueron transportados en cesta plásticas de 20 kilogramo hasta el laboratorio de ingeniería y tecnología de alimentos (LITA) de la UNELLEZ San Carlos. Luego en el LITA, los frutos fueron seleccionados con base al estado de madurez de consumo, apariencia regular y pocos daños mecánicos y fúngicos, luego se lavaron con

agua corriente a fin de eliminar sucios e impurezas y posteriormente con agua clorada (2 ppm de cloro) durante 5 minutos a una temperatura cercana a los 30 °C. La muestra estuvo representada por aproximadamente 100 mangos, previa selección aleatoria.

Con el fin de caracterizar y cuantificar los componentes constituyentes de la pared celular de la pulpa de mango bocado, se procedió a extraer el material insoluble en alcohol (MIA) y en agua (MIAA), y se evaluó el contenido de pectina, almidón, proteína, lignina, hemicelulosa, celulosa y cenizas, tal como se muestra en el esquema secuencial de determinaciones de la Figura 1.

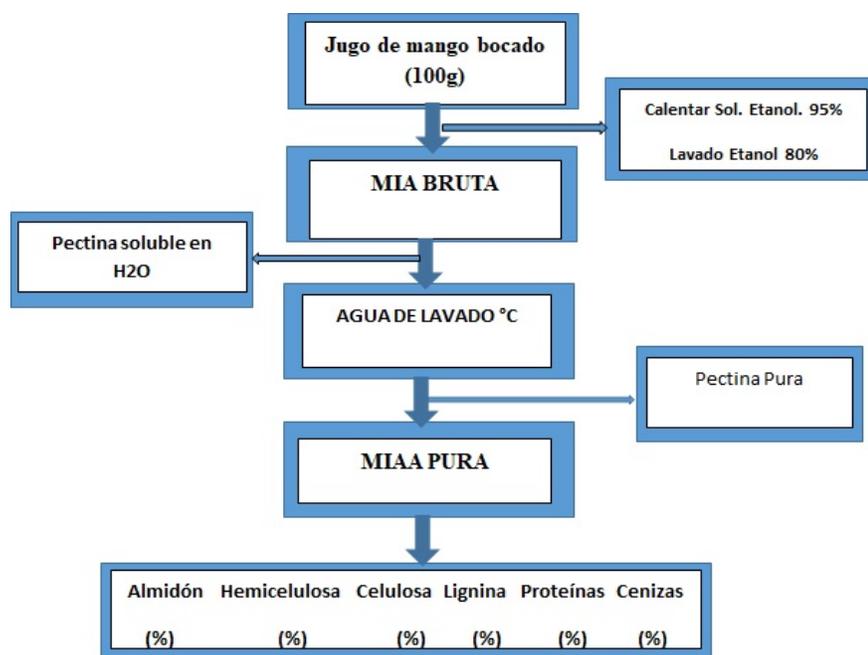


Figura 1. Secuencia de determinaciones de las fracciones de la pared celular de jugo de mango bocado

Determinación del material insoluble en alcohol (MIA) del mango bocado

La cuantificación de la MIA se realizó según el método propuesto por Brillouet *et al.* (1988)

siguiendo el protocolo que se detalla a continuación:

Se pesaron 100 g de pulpa de mango bocado y se colocó en un Erlenmeyer de 1L. Se adicionaron 400 mL de etanol absoluto (95%) y se calentó hasta ebullición, se dejó transcurrir 30 minutos desde de iniciado el burbujeo, manteniendo la mezcla con agitación magnética. Luego se filtró utilizando tela filtrante en un embudo Büchner. El precipitado se lavó con dos volúmenes de etanol al 80% (un volumen equivale a los gramos de fruta pesados) sin encender el vacío, revolviendo, para permitir que el solvente entre en contacto con el producto. Se encendió el vacío con el fin

de permitir que el solvente escurriera. Luego se lavó con dos volúmenes de etanol absoluto (95%) exactamente igual que en el paso anterior. Nuevamente se adicionaron dos volúmenes de acetona (igual que en los casos anteriores, se apagó el vacío durante el lavado y encendió al final). Se adicionó un volumen de éter y se llevó el precipitado a la campana a temperatura ambiente y se dejó secar al menos por 3 horas.

Se colocó el precipitado (MIA) en cápsulas de Petri (previamente taradas). Se llevó a estufa al vacío a una temperatura de 55°C durante toda la noche, hasta desecación completa. Se pesó el material insoluble en alcohol, se pulverizó con molinillo para muestras y se almacenó a -20°C.

Por último, los resultados se expresaron como g de MIA por cada 100 g de pulpa de mango bocado.

Material insoluble en alcohol y agua (MIAA)

La obtención del MIAA se efectuó siguiendo el protocolo que se detalla a continuación:

- Se pesó el MIA obtenida (material insoluble en alcohol)
- Se colocó sobre tela dracon en un filtro Büchner.
- La MIA se lavó con agua destilada a 4°C.
- Se realizó la prueba cualitativa de Antrona, con el fin de detectar los azúcares presentes en la MIA. Los lavados con agua se detuvieron cuando la prueba arrojó resultados negativos.
- Se recuperó la MIAA que quedó sobre la tela dracon en una bolsa plástica de alta densidad.
- La muestra fue congelada, liofilizada y finalmente reducido su tamaño de partícula.
- El MIAA fue pesado, luego de liofilizada y se expresa como: g por cada 100 g de MIA.

La prueba cualitativa de Antrona se realizó de acuerdo a la siguiente metodología. Se colocó en un tubo de ensayo 1,15 mL de agua destilada y se agregó 2,5 mL de reactivo de Antrona, se esperó un minuto y luego se comparó con un “blanco” de agua destilada

(100µl). Los lavados en la MIA se detuvieron cuando se alcanzó la misma coloración en los tubos, lo cual indicó la ausencia de azúcares intervinientes.

Pectina soluble

Para la cuantificación del contenido de pectinas solubles, se extrajo la pectina contenida en una determinada cantidad de material insoluble en alcohol (MIA). Para eso se empleó el método reportado por Voragen et al. (1983) que consistió en los siguientes pasos:

- Se recuperó el agua de lavado de la MIA a 4°C.
- Se filtró con papel cualitativo número 4.
- El filtrado se concentró en un rotavapor a 50°C.
- Se recuperó el concentrado del rotavapor (concentró un volumen de fácil

Recuperación) en una bolsa plástica de alta densidad.

- Se liofilizó y por último se pesó la pectina soluble liofilizada. Se expresó

Como g de pectina por cada 100 g de de MIA.

Determinación de lignina en la MIAA

El contenido de lignina presente en la muestra del MIAA de mango se determinó por el método propuesto por Effland, (1977). El principio se basa en que la lignina es insoluble

en medio ácido concentrado, por tanto, en presencia de H₂SO₄ al 72 %, se disuelven todas las sustancias glucosídicas quedando solamente la lignina bruta.

El procedimiento seguido fue:

- Se pesó 200 mg de MIA proteolizada (MIAA) o 50 mg para el caso de la fracción de MIA con pectinas solubles en agua, en erlenmeyer de 250 mL, por triplicado (PM).
- Se agregó a cada uno 4 mL de H₂SO₄ al 72% v/v.
- Se colocó en baño a 30 °C por una hora en agitación con magnetos
- Se lavó con 56 mL de H₂O destilada y coloque en una botella de vidrio.
- Se colocó en autoclave a 121 °C y 16 hPa (1,1 bar) por una hora.
- Se filtró en un papel Whatman GF/A (24 mm de diámetro) previamente pesado e identificado. Se realizaron lavados sucesivos con un volumen de 300 mL de H₂O destilada (esto se hace para eliminar la solución ácida).
- Se tomó el papel filtro, se colocó en un crisol y se dejó a 100 °C durante 5 horas en estufa. Se pesó el crisol (P1)
- Se incineraron los crisoles con los filtros en mufla a 550 °C por 4 horas y se dejó en un desecador hasta

alcanzar la temperatura ambiente, se pesó hasta peso constante (P2).

Los resultados se encontraron aplicando la ecuación siguiente:

$$\% \text{ Lignina} = \left[\frac{P1 - P2}{PM} \right] \times 100 \quad (1)$$

P1: es el peso después de secar a 100°C

P2: peso después de incinerar en mufla (4 horas 550 °C)

PM: peso inicial de la MIAA

Determinación de fibras insolubles: hemicelulosa y celulosa de la MIAA

Para la determinación del contenido de fibra insoluble de la MIAA de mango se utilizó el método reportado por Van Soest *et al.* (1981). La asociación de los detergentes neutros y ácidos solubiliza los polisacáridos no celulósicos, las proteínas y los ácidos nucleótidos. Los componentes que quedan son las celulosas y hemicelulosas que se pueden cuantificar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la pulpa de mango bocado se obtuvo un 2,27% de material insoluble en alcohol (MIA), que tras sucesivos lavados con agua, permitió la obtención de un 1,15% de material insoluble en alcohol y agua (MIAA) donde se encuentran los componentes de interés que afectan variables del proceso de filtración (celulosas, hemicelulosa entre otras). La MIAA representa el 50,09% de la MIA. El rendimiento en MIA es comparable con el reportado (2,9%) por Cozzano (2009) en mora.

En la Tabla 1 se observan los porcentajes de

Tabla 1. Principales componentes de la pared celular de la pulpa de mango bocado, expresados como % (p/p) de MIAA (Material Insoluble en Alcohol y agua, purificada).

Fracción	Porcentaje
Almidón	0,001 ± 0,00
Hemicelulosa	31,75 ± 2,12
Celulosa	38,01 ± 2,15
Lignina	1,20 ± 0,20
Proteínas	5,10 ± 0,50
Cenizas	3,21 ± 0,63
Pectina insoluble	20,74 ± 4,25

los principales componente de la pared celular en la pulpa de mango bocado, obtenidos en la MIAA. Reportando valores de hemicelulosa y celulosa en porcentajes de 31,75% y 38,01%, respectivamente, siendo estas concentraciones extremadamente altas, debido a la variedad de estudiada (mango bocado), si se compara con los valores publicados por Brito (2003; 2006), quien declaró un rango entre 7 y 8 % para mangos cv Tommy Atking. El contenido de pectina insoluble en la pulpa se puede considerar elevado con porcentaje cercanos de 20,74%, aunque estas proporciones son similares a la variedad Tommy Atking (20,18%) reportada por Brito (2003) y FONTAGRO (2008). Estos resultados de altas concentraciones de celulosa, hemicelulosa y de pectina insoluble (Tabla 1), obliga a buscar un mezcla enzimática que pueda satisfacer estas condiciones y debe tener una elevada actividad pectinolítica, para actuar sobre la pectina insoluble y favorecer variables de proceso como viscosidad dinámica, solubilidad, SIS, rendimiento, entre otras; factores críticos para la industria de clarificación de jugos de frutas tropicales.

La cantidad de lignina en la pulpa de mango bocado fue de 1,20%, siendo similares a las publicadas por Brito (2003). Aunque, Lund y Smoot (1982) manifestaron para frutas tropicales un rango de 0,025 a 0,17% peso fresco, el autor indicó que puede variar dependiendo del método de obtención o extracción de la pulpa. Al transformar el dato lignina en % p/p de peso fresco, se demostró que se encuentra cerca del valor mínimo del rango establecido por Lund y Smoot (1982) de 0,03 % peso fresco.

No se detectó almidón en el análisis de la MIAA, lo cual era de esperar ya que, varios autores han concluido que la concentración de lignina y almidones en la pulpa de mango en plena madurez, son nulas o pocas existente, debido a que los almidones son convertidos en su totalidad a azúcares simples y oligosacáridos, Cárdenas-Coronel et al. (2012) reportaron concentraciones de 0,01 g/100 g de peso fresco. Prassana et al. (2005) no detectaron almidones en plena madurez, y manifestaron que el 99% de ellos se convertían en azúcares simples, antes de empezar el climaterio.

CONCLUSIONES

La caracterización química de la pared celular de jugo pulposo de mango bocado demuestra que este fruto es rica en paredes celulares si se compara con otras frutas. Esto implica una serie de problemas tecnológicos a la hora de realizar las operaciones de extracción de la pulpa-jugo y microfiltración.

Entre más intactas sean las paredes celulares, estas retienen el jugo y por consiguiente pueden disminuir drásticamente los rendimientos de extracción. También, la pectina soluble, que es el principal componente responsable de la alta viscosidad del jugo, interfiere en los procesos siguientes de filtración y eventualmente concentración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brillouet J., Rouau, X., Hoebler, C., Barry, J., Carré, B. y Lorta, E. 1988. A New Method for Determination of Insoluble Cell Wall and Soluble Nonstarchy Polyaccharides from Plant Materials. *J. Agric. Food Chem.* 36 (5): 969-979.
- <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00083a018>
- Brito, B. 2003. Aplicación de nuevas tecnologías agroindustriales para el tratamiento de frutas tropicales y andinas de exportación. Informe final proyecto INIAP- PROMSA IQ-CV O77. Quito- Ecuador. 21 – 24 pp.
- Brito, B. 2006. Fortalecimiento del manejo poscosecha de frutales exóticos exportables de interés para los países andinos. Informe del primer año proyecto binacional INIAP-Ecuador, CORPOICA-Colombia. Quito, Ecuador. 19, 20 pp.
- Brito, B., Picho, L., Vera, E., Vaillant, F. 2010. Estudio de las condiciones óptimas de operación para la obtención de granadilla (*Passiflora Ligularis L.*) a través de la microfiltración tangencial. *ESPOL – RTE.* 23 (2): 49 -55.
- Cárdenas-Coronel, W., Vélez-de la Rocha, R., Siller-Cepeda, J., Osuna-Enciso, T., Muy-Rangel, M., Sañudo-Barajas, A. 2012. Cambios en la composición de almidón, pectinas y hemicelulosas durante la maduración de mango (*Mangifera indica* cv KENT). *Revista Chapingo. Serie Horticultura.* 18 (1): 5 – 19.
- Cozzano, S. 2007. Impacto del proceso de microfiltración tangencial sobre el valor de la mora (*Rubus spp*). Tesis de maestría en ciencias de alimentos. Sin publicar. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica. 141 pág.
- Cozzano, S. 2009. Impacto del proceso de microfiltración tangencial sobre los compuestos antioxidantes en jugos de frutas. Seminario INNOVA 2009. Universidad Católica de Uruguay. 41pág.
- Effland, M. 1977. Modified Procedure to Determine acid-Insoluble Lignin. In *Wood and Pulp.* TAPPI. 60: (10):143-144.
- FONTAGRO. 2008. Fortalecimiento del manejo poscosecha de frutales exóticos exportables de interés para los países andinos. Informe final del proyecto binacional INIAP- Ecuador, CORPOICA-Colombia, FTG 14-03. Quito, Ecuador. 60 - 67pp.
- Lund, E. y Smoot, J. 1982. Dietary Fiber Content of Some Tropical Fruits and Vegetables. *J. Agric. Food. Chem.* 30: 1123-1127.
- Prasanna, V., Prabha, T., Tharanathan, R. 2005. Multiple forms of β -galactosidase from mango (*Mangifera indica* L. ‘Alphonso’) fruit pulp. *J. Sci. Food. Agric.* 85: 797-803.
- Rivera, J., Muños, O., Rosas, Martín R., Aguilar, C., Popkine, B., y Willettf, W. 2008. “Consumo de bebidas para una vida saludable: recomendaciones para la población mexicana”. *Salud Pública Mex.* 50 (2):173-195.
- Sreenath, H., Sudarchana, K., Santhanam, K. 1995. “Enzymatic Licuefaction of Some Varieties of Mango Pulp”. *Journal Technology* 28:196-200
- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643895914242>
- Van Soest, P., Robertson, J. y Lewis, B. 1981. The detergent system of analysis and its application to human foods. In *The Analysis of dietary fiber in food.* James and Otheander (Eds). 123-158.
- Voragen, A., Timmers, J., Linssen, J., Schols, H. y Pilnik, W. 1983. Methods of analysis for cell wall polysaccharides of fruit and vegetables. *Z: Lebensm. Unters Forsh.* 177: 251-256.