

# **EFFECTO DEL PROCESO DE MICROFILTRACIÓN TANGENCIAL SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL JUGO DE MANGO CLARIFICADO**

## **Effect of process tangential microfiltration on physical and chemical characteristics clarified mango juice**

Tonny García Rujano<sup>(1)</sup>, Alexia Torres<sup>(2)</sup>, Ismil Escobar<sup>(1)</sup> y Reina Betancourt<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Departamento de Ecología y Control de Calidad, Decanato de Agronomía, UCLA, Lara - Venezuela, Teléfono: (0251) 2591630, [tonnygarcia@ucla.edu.ve](mailto:tonnygarcia@ucla.edu.ve).

<sup>(2)</sup>Universidad Simón Bolívar. Departamento de Procesos Biológicos y Bioquímicos, Doctorado en Ciencias de Alimentos USB. Caracas – Venezuela. [atorres@usb.ve](mailto:atorres@usb.ve).

Recibido: 19-02-14 / Aceptado: 31-03-14

### **RESUMEN**

La aplicación de procesos convencionales (tratamientos térmicos) a los jugos de frutas tropicales, ha afectado la calidad sensorial y nutricional del producto final. La industria de frutas ha abordado este reto aplicando nuevas tecnologías de procesamientos no térmicos, como la microfiltración tangencial (MFT), entre otros. Se ha comprobado que existen oportunidades de mercado para jugos clarificados de alta calidad, los cuales deben cumplir con características similares al fruto de origen. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del proceso de MFT sobre las características físicas y químicas del jugo de mango clarificado. Para tal se fijaron condiciones de presión transmembrana (0,5 bar), velocidad de microfiltrado (4 m/s) en un equipo de microfiltración piloto, con membranas PDVF de 0,22  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro. Para luego evaluar los cambios en los sólidos solubles totales, pH, acidez total titulable, ácido ascórbico, polifenoles totales, capacidad antioxidante (ORAC) y turbidez, en el jugo mango hidrolizado, el permeado y el retenido del microfiltrado. Se encontró que el proceso de microfiltración no modificó los valores de: pH, acidez titulable total, sólidos solubles, ácido ascórbico, capacidad antioxidante y polifenoles totales. Los NTU obtenidos en el jugo clarificado (permeado), disminuyeron significativamente con respecto al jugo tratado con enzima - centrifugado, utilizado como alimentación del equipo. El valor de 0,24 NTU obtenido en esta investigación es relevante, ya que demuestra que hubo un proceso eficiente de microfiltración.

**Palabras clave:** permeado, retenido, polifenoles, jugo hidrolizado

## SUMMARY

The application of conventional processes (heat treatments) to tropical fruit juices, has affected the nutritional and sensory quality of the final product. The fruit industry has addressed this challenge by applying new non thermal technologies processing, such as tangential microfiltration (TMF) among others. It has been proved that there is existence of marketing opportunities for high quality clarified juices, which must comply with similar characteristics of fruit source. The aim of this research was to determine the effect of TMF over the physical and chemical characteristics of mango clarified juice. For this condition transmembrane pressure (0.5bar), microfiltration speed (4 m/s) on a pilot microfiltration were fixed with 0.22 µm PVDF membrane pore diameter. To then assess changes in total soluble solids, pH, titratable acidity, ascorbic acid, total polyphenols, antioxidant capacity (ORAC) and turbidity in the hydrolyzed mango juice, the permeate and retentate from microfiltration. It was found that non modified microfiltration process values: pH, total acidity soluble solids, ascorbic acid and antioxidant polyphenols. The NTU obtained in the clarified juice (permeate), significantly decreased the enzyme-treated juice-spin, used as feed power. The NTU value of 0.24 obtained in this research is important because it shows that there was an efficient microfiltration process.

**Keywords:** permeate, retentate, polyphenols, hydrolyzed juice.

## INTRODUCCIÓN

El mango es una de las frutas sub-utilizadas a escala industrial. García y Torres (2011), manifestaron que el bajo consumo e industrialización del mango en Venezuela se debe en parte a factores como: las altas pérdidas postcosecha, que se acercan al 30% y el atraso tecnológico del sector agroindustrial para la transformación. Además existe poca diversificación de productos a base de este importante rubro. Su aprovechamiento agroindustrial se ha limitado al desarrollo de productos artesanales, como jaleas, mermeladas, licores, encurtidos de mango verde y pulpa concentrada (Ávila *et al.*, 2010).

Una forma novedosa de obtener jugos de alta calidad es mediante la utilización de la técnica de microfiltración o las llamadas tecnologías de membranas, que en comparación con los métodos tradicionales, son menos costosas (menor uso de personal, menos operaciones unitarias y menor consumo de energía), no involucra procesos térmicos, cambios de fase o adición de agentes químicos. Todos estos factores son importantes en un

mercado donde se busca producir jugos de sabor fresco, natural y, sobre todo, con la mínima o nula adición de aditivos (Cassano *et al.*,2010).

Se ha evidenciado que existen muchas oportunidades de mercado para jugos clarificados de alta calidad hechos a base de pulpas de frutas tropicales (Vaillant *et al.*, 2004). Para este tipo de alimentos la transparencia y la homogeneidad del producto son dos características esenciales que sólo se pueden obtener mediante la eliminación de los sólidos suspendidos.

El proceso de elaboración de un jugo clarificado de mango mediante microfiltración tangencial (MFT) fue estudiado anteriormente, para determinar el factor de reducción volumétrico (FVR) y el flujo de permeado ( $J_p$ ) al utilizar jugo con enzima y sin enzima (Vaillant *et al.*, 2005). Sin embargo, en dicho estudio no se logró obtener valores satisfactorios de ambos parámetros (FVR y flujos de permeados bajos), ya que se llevó a cabo el proceso MFT sin diluir la pulpa y sin optimizar parámetros como: la concentración del preparado enzimático, el tiempo de incubación, la PTM y la velocidad tangencial del proceso. Además no se empleó un tratamiento de centrifugado que podría mejorar los parámetros mencionados Brito *et al.* (2010), como fue el utilizado en esta investigación. Brito *et al.* (2010) alertaron que al utilizar jugos con enzima centrifugados, el comportamiento de las variables del proceso y respuestas podría ser inusual. Por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo general evaluar el efecto del proceso de microfiltración tangencial sobre las características físicas y químicas del jugo de mango clarificado.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Preparación del jugo**

El jugo de mango se elaboró adicionando agua en una relación (p/p) 2:1 (Agua: Pulpa de mango) de acuerdo a lo sugerido por Watanabe *et al.* (2006) y Ushikubo *et al.* (2007), para frutas pulposas. Una vez hecha la dilución se incorporó enzima Pectinex<sup>®</sup>

Ultra SP-L (marca NOVOZYMES), manteniendo el tiempo de incubación en una hora, la concentración de enzima a  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  y la temperatura constante de  $30^\circ\text{C}$ . Luego el jugo se centrifugó a 2000 RPM por 5 min y la corriente del permeado o sobrenadante fue recolectada.

### **Procedimiento de microfiltración**

Se cargó al sistema, bombeando un volumen cercano a 10 L de jugo centrifugado, luego se pasó por el microfiltrador a presión constante (0,5 Bar), velocidad tangencial de 4 m/s. La configuración del medio filtrante fue: membranas de Polifluoruro de vinilideno PDFV (MILIPORE, USA) de tamaño de poros ( $0,22 \mu\text{m}$ ), un área efectiva de filtrado de  $0,1 \text{ m}^2$ , y se trabajó a modo recirculación.

### **Variables físico y químicas medidas**

Se evaluaron los cambios en la concentración de sólidos solubles totales COVENIN (1988) norma número, 924-88, pH COVENIN (1979) método 1315-79, Acidez titulable por la AOAC (1990) método 942.15., ácido ascórbico según AOAC (1990) método 967.21., polifenoles totales aplicando la metodología planteada por Singleton y Rossi (1965), capacidad antioxidante (ORAC) método descrito por Ou *et al.* (2001) y la turbidez fue determinada usando un turbidímetro modelo 2100P USA, y los resultados fueron las Nephelometric Turbidity Units (NTU). Los puntos donde se tomaron las muestras fueron: en el jugo mango hidrolizado, el permeado y el retenido del microfiltrado.

El análisis estadístico fue análisis de la varianza de una vía y prueba de medias de Tuckey al 5%, para detectar diferencia estadística, de cada etapa del proceso. Es decir, en el jugo de mango hidrolizado; jugo microfiltrado (permeado) y retenido.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la Tabla 1, se puede observar los valores de pH, ATT y  $^\circ\text{Brix}$ , del jugo mango hidrolizado-centrifugado durante el transcurso del proceso de MFT, no se modificaron

significativamente ( $p > 0,05$ ), tanto en el clarificado (permeado) y en el retenido obtenido. Estos resultados coinciden con los valores publicados por Carneiro *et al.* (2002), quienes microfiltraron a escala piloto jugo de piña (membrana tubular de polieterosulfona, 0,3  $\mu\text{m}$  de tamaño promedio de poro) manifestando que la membrana no retuvo los azúcares, ni los ácidos orgánicos, ya que no hubo diferencias en los valores de pH, ATT y los °Brix del jugo hidrolizado, tanto en el retenido como en el permeado. Similares resultados son aportados por Ventorini *et al.* (2003), durante la microfiltración de jugo de naranja; Ushikubo *et al.* (2007) al aplicar MFT en *Spondias tuberosa Arr. Cam*; Esquivel (2009) en Noni (*Morinda citrifolia*) y por Chauhan *et al.* (2010) en Yaca (*Artocarpus heterophyllus Lam*).

Se puede establecer que los valores de pH, ATT y SST no son afectados por el proceso de MFT, cuando se utilizan membranas con tamaño de poro 0,2  $\mu\text{m}$ , no selectiva. Vaillant *et al.* (2004) mencionan que en el caso de membranas cerámicas con 0,2  $\mu\text{m}$  de diámetro de poro, los azúcares, ácidos, vitamina C y aromas oxigenados (aldehídos, esterres, alcoholes alifáticos y terpenoles) logran atravesar la membrana, por lo tanto el contenido de estas sustancias tanto en el jugo fresco, como en el retenido y el permeado van a tener concentraciones similares.

La concentración del AA, no presentó diferencia durante el proceso de MFT del jugo de mango bocado. Este resultado concuerda con los presentados por Cáceres (2003) en melón y mora; Ushikubo *et al.* (2007) en *Spondias tuberosa Arr. Cam* y los de Chauhan *et al.* (2010) en Yaca (*Artocarpus heterophyllus Lam*).

**Tabla 1.** Efecto del proceso de microfiltración tangencial sobre las características físicas y químicas del jugo de mango clarificado.

Variables	Jugo hidrolizado	Permeado	Retenido
pH <sup>1</sup>	3,98 <sup>a</sup> ± 0,05	3,96 <sup>a</sup> ± 0,03	3,96 <sup>a</sup> ± 0,02
SST (°Brix) <sup>1</sup>	5,16 <sup>a</sup> ± 0,20	5,14 <sup>a</sup> ± 0,13	5,13 <sup>a</sup> ± 0,15
ATT (%) <sup>1</sup>	0,20 <sup>a</sup> ± 0,03	0,19 <sup>a</sup> ± 0,01	0,18 <sup>a</sup> ± 0,04

AA <sup>4</sup>	19,20 <sup>a</sup> ± 2,20	18,88 <sup>a</sup> ± 1,48	18,93 <sup>a</sup> ± 1,25
Turbidez (NTU) <sup>1</sup>	11,43 <sup>b</sup> ± 2,44	0,24 <sup>a</sup> ± 0,04	ND
Polifenoles totales <sup>2</sup>	24,98 <sup>a</sup> ± 3,69	23,03 <sup>a</sup> ± 1,05	22,98 <sup>a</sup> ± 4,12
Capacidad antioxidante <sup>3</sup>	6,12 <sup>a</sup> ± 0,96	6,06 <sup>b</sup> ± 0,34	6,11 <sup>a</sup> ± 0,67

<sup>1</sup>Datos expresados como promedio ± desviación estándar (n=6). Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativas ( $P \leq 0,05$ ) prueba Tuckey al 95%. <sup>2</sup>Total de polifenoles expresados como mg equivalentes de ácido gálico (GAE) cada 100mL de muestra. <sup>3</sup>Datos expresados como micromoles de Trolox equivalentes (TE)/mL de jugo. <sup>4</sup>mg de ácido ascórbico por 100 mL de muestra.

En la Tabla 1 se muestran los niveles de turbidez promedio ( $\pm$  desviación estándar) hallados en el proceso de MFT. Evidenciando diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ , prueba t Student) en la turbidez (NTU) entre ambos jugos. Al visualizar los NTU obtenidos en el jugo clarificado (permeado), se observó una reducción significativa en la turbidez (NTU) respecto al jugo tratado con enzima - centrifugado, utilizado como alimentación del equipo. El valor de 0,24 NTU reportado en esta investigación es relevante, ya que de acuerdo a Pérez et al. (2006), un proceso eficiente de microfiltración debe poseer valores inferiores a 1 NTU en el permeado final.

En cuanto al contenido total de polifenoles, no se encontraron cambios significativos ( $p > 0,05$ ) es decir, no evidenciaron pérdidas relevantes por el paso del fluido (jugo de mango hidrolizado-centrifugado) por la membrana de microfiltración (Tabla 1). En el jugo microfiltrado se recuperó el 93,19% (BS) de los polifenoles presentes en la alimentación. Cozzano (2007; 2009) presentaron efectos similares al trabajar con Mora (*Rubus spp*) no encontrando diferencia alguna del contenido de polifenoles totales (mg equivalentes de ácido gálico (GAE) cada 100mL de muestra) entre el jugo licuado (378,8 BS; 2795±216 BH) y el permeado (350,4 BS; 2657±361 BH), respectivamente. Esquivel (2009) detectó igual concentración de polifenoles en el jugo crudo ( $62,8 \pm 2,1$ ) y el retenido del microfiltrado ( $66,1 \pm 6,7$ ), al ensayar con jugo de Noni (*Morinda citrifolia*).

En la Tabla 1, se observó que la capacidad antioxidante, del jugo de mango hidrolizado-centrifugado durante el transcurso del proceso de MFT, no se modificó significativamente ( $p > 0,05$ ), tanto en el clarificado (permeado) y en el retenido obtenido. Estos resultados en el comportamiento de la capacidad antioxidante por efecto de la operación de MFT, coinciden con lo observado por Esquivel (2009), cuando trabajó con jugo de Noni, al encontrar igual capacidad antioxidante en el jugo de alimentación ( $8,8 \pm 0,5 \mu\text{mol trolox/g jugo}$ ) y el permeado ( $9,7 \pm 1,1 \mu\text{mol trolox/g jugo}$ ). Resultados diferentes fueron señalados por Cozzano (2007) en jugo de mora el cual manifestó una reducción alrededor del 22% de la capacidad antioxidante en el jugo clarificado con respecto al jugo de alimentación.

Este resultado encontrado por Cassano (2007), podría atribuirse entre otras cosas a la PTM usada en el ensayo, la cual estaba en el orden de 1,5 – 2,5 bares, la elevada PTM incorporó al sistema mayor concentración de oxígeno, lo cual se traduce en una reducción de la capacidad de neutralizar los radicales libres presentes en el medio, debido posiblemente a oxidación química. Caso contrario ocurrió en este montaje con jugo de mango bocado y el reportado por Esquivel (2009), donde no se encontraron el mencionado efecto de disminución de la capacidad antioxidante ya que la PTM usada fue de 0,5 bares, esto disminuyó la incorporación del oxígeno al sistema y la cantidad de compuestos con actividad antioxidante no se degradó al atravesar la membrana, lo cual coincide con las concentraciones de polifenoles encontradas en la Tabla 1.

## **CONCLUSIONES**

El proceso de MFT bajo las condiciones de trabajo establecidas, no modificó de forma significativa los valores de: pH, acidez titulable total, sólidos solubles, ácido ascórbico, capacidad antioxidante y polifenoles totales. Aparentemente la membrana utilizada permite la obtención de concentraciones similares de ácidos y azúcares en el permeado, retenido y el jugo de mango de alimentación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC.(1990). Official methods of analysis.15th edition. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Ávila, D., Esté, O. y García, T. (2010). Microfiltración para mejorar la calidad de jugos tropicales. Trabajo especial de grado “Ingeniero Agroindustrial. Sin publicar. UNELLEZ-Cojedes, Venezuela. 58 pág.
- 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.
- Cáceres, H (2003). Estudio preliminar del efecto de la microfiltración tangencial sobre la capacidad antioxidante en jugos de fruta clarificados. Trabajo final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos. Sin publicar. Universidad Zamorana, Honduras. 105 pág.
- Carneiro, L., Dos Santos, I., Dos Santos, F., Matta, V. y Correa, L. (2002). Cold sterilization and clarification pineapple juice by tangential microfiltration. *Distillation*, 148:93-98.
- Cassano, A., Coindi, C., y Drioli, E. (2010). Physico-chemical parameters of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice clarified by microfiltration and ultrafiltration processes. *Desalination*. 250: 1101-1104.
- Chauhan, A., Iboyaima, N., Jaganmohan, L., Rekha, M y Ramteke, R. (2010). Physicochemical changes during microfiltration (MF) of jackfruit (*Artocarpus heterophyllous lamk*) juice. *EJEAFChe*. 9 (4): 720- 734.
- COVENIN. (1979). Comisión Venezolana de Normas Industriales. Determinación del pH. (Acidez iónica). Venezuela: Ministerio de Fomento, Norma número 1315-79.
- COVENIN. (1988). Comisión Venezolana de Normas Industriales. Determinación de sólidos solubles en frutas y derivados. Venezuela: Ministerio de Fomento. Norma número 924-88.
- 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.



- Esquivel, Y. (2009). Evaluación del efecto de la microfiltración tangencial sobre las propiedades antioxidantes y el perfil aromático del jugo de noni clarificado pretratado enzimáticamente. Trabajo final de graduación para optar al título de Lic. en Tecnología de Alimentos. Sin publicar. Universidad de Costa Rica, San José. 89 pág.
- García, T y Torres A. (2011). Caracterización fisicoquímica de la pulpa de mango bocado del sur de Cojedes. XIX Jornadas técnicas de investigación y III de Postgrado del Vicerrectorado de Infraestructura y procesos Industriales San Carlos - Cojedes. 29 – 30 de Noviembre de 2011. Memorias 2: 85- 88.
- Ou, B., Hampsch, M. y Prior, R. (2001). Development and Validation of an Improved Absorbance Capacity Assay Using Fluorescein as the Fluorescent. J. Agric. Food Chem. 49(10): 4619-4626.
- Pérez, A., Acosta, O., Chan, Y. y Vaillant, F. (2006). Impact of cross-flow microfiltration on antioxidant compounds of tropical fruit juices. World Congress IUFOST, (13th.). Nantes, Francia.
- Singleton, V., Rossi, J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Amer. J. Enol. Vitic. 16: 144 – 158.
- Ushikubo, F., Watanabe, A. y Viotto, L. (2007). Microfiltration of Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) juice. J. Memb. Sci. 288: 61–66.
- Vaillant, F., Pérez, A. y Víquez, F. (2004). Microfiltración tangencial: una alternativa innovadora para la transformación de frutas tropicales. La alimentación Latinoamericana 252: 38-46.
- Vaillant, F., Cisse, M., Chaverri, M., Pérez, A., Dornier, M., Víquez, F., Dhuique-Mayer, C. (2005). Clarification and concentration of lemon juice using membrane processes. Innovative Food Sci. Emerging Tech. 6: 213–220.
- Venturini, W., Dornier, M. y Belleville, M. (2003). Tangential microfiltration of orange juice in bench pilot. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 23(3): 330-336.
- Watanabe, A., Ushikubo, F. y Viotto, L. (2006). Evaluation of permeate flux in microfiltration of Tamarind (*Tamarindus indica* L) juice using polypropylene membrane. Desalination 200: 337 – 338.