

CLARIFICACIÓN A ESCALA BANCO DE JUGO DE MANZANA POR ULTRAFILTRACIÓN

Castro, BN y Xavier AL

Departamento de Operaciones Unitarias en Ingeniería Química e
Ingeniería de Alimentos, Instituto de Ingeniería Química,
Facultad de Ingeniería, Universidad de la República,
Julio Herrera y Reissig 565, tercer piso, CP 11300, Montevideo Uruguay
Tel: 95827114478 int. 104 Fax: 95827107437 E-mail: beatrizc@fing.edu.uy

Resumen:

El objetivo de este trabajo fue la clarificación de jugo de manzana por ultrafiltración y la comparación de los flujos de filtración obtenidos y de la calidad del producto con los correspondientes al filtrar por métodos tradicionales (tierras y filtros a vacío),

Exprimido floculado de manzana fue clarificado por ultrafiltración a una velocidad de filtración adecuada a los estándares industriales.

El producto obtenido por ultrafiltración presentó, a una temperatura de almacenamiento de 8 °C, una vida útil más larga que el producto clarificado por filtración a través de tierras y una aceptación, desde el punto de vista del panel sensorial y durante toda su vida útil, también mayor.

El porcentaje de sólidos del floculado, eliminado por membranas es menor que el eliminado al clarificar por tierras. Sin embargo, los resultados obtenidos indicarían que los sólidos eliminados son los que contribuyen en mayor grado a la formación de turbidez y a la fermentación del producto

1) Introducción

Los productores de jugos de frutas, para poder satisfacer las crecientes exigencias del mercado en lo relativo a disponer de productos saludables, de buen sabor y a precios competitivos, tienden a usar cada vez más principios de procesamiento que aseguren un daño mínimo sobre el alimento de forma de maximizar la preservación de las características sensoriales y nutricionales de la materia prima, así como una rápida producción con un rendimiento óptimo.

La tecnología de membranas presenta ventajas sobre procesos tradicionales de clarificación, concentración y deacidificación de jugos de frutas, en economía de producción, calidad del producto, condiciones de trabajo y residuos a disponer, siendo una tecnología limpia en franco desarrollo y aplicación a nivel mundial.

Esta tecnología en sus variantes más establecidas: ultrafiltración, microfiltración, nanofiltración, y ósmosis inversa se basa en el fraccionamiento que experimentan especies de diferentes tamaños moleculares al atravesar una membrana semipermeable sobre la que se aplica presión (Cheryan, 1998).

La clave para el traslado exitoso de uno de estos procesos a la industria es la optimización del flujo de filtrado y por ende del tamaño del equipo o del tiempo de operación. Consecuentemente cada nueva aplicación de los procesos de membranas requiere ensayos experimentales a escala banco que permitan identificar las resistencias controlantes del proceso y consecuentemente optimizar las condiciones de operación. La característica modular de los equipos de membranas implica la no exigencia de un tamaño mínimo de planta para su aplicación, así como un escalado sencillo de escala banco a escala industrial (Castro y Gerla, 2005).

En el procesamiento de jugos las dos demandas principales son preservar la calidad organoléptica y lograr una clarificación del jugo que se pueda mantener durante su almacenamiento. La filtración de una amplia variedad de jugos de frutas se puede realizar con éxito a través de Tierras Diatomeas o Perlitas. Ambas sustancias tienen excelentes cualidades filtrantes pero originan en el producto sabores secundarios, involucran costos significativos, no pueden ser reusadas y se deben descartar luego de su uso, muchas veces a alto costo. Por otro lado el manejo de estas sustancias filtrantes involucra riesgo de inhalación con riesgo específico de silicosis, una enfermedad de los pulmones causada por la inhalación de partículas de silicio. Hace 30 años las centrífugas eran a nivel mundial una parte integral de la tecnología aplicada a los jugos de frutas, pero su uso resulta en un aumento de requerimientos energéticos y costos.

Las ventajas de usar tecnología de membranas en la industria de la bebida están relacionadas con la economía, las condiciones de trabajo, la calidad del producto y consideraciones ambientales. Usar membranas significa menor requerimiento de energía y costo, evitar el polvo y los barro (formación / descomposición), posibilidad de temperaturas de procesos más bajas con lo que se reduce el daño térmico que pueda sufrir el alimento y un más simple diseño del proceso.

2) Objetivos

El objetivo de este trabajo fue la clarificación de jugo de manzana por ultrafiltración y la comparación:

- de los flujos de filtración que se obtienen al clarificar con membranas con los obtenidos al filtrar por métodos tradicionales (tierras y filtros a vacío)
- de la calidad del producto obtenido al clarificar utilizando membranas semipermeables con la calidad de los jugos de manzana filtrados por los métodos tradicionales

3) Metodología

Para la clarificación del jugo de manzana la materia prima utilizada, proporcionada por un frigorífico de plaza, fue el prensado floculado de manzana al que se agregaron pectinasas para evitar la gelificación ocasionada por las pectinas presentes en la fruta. En el proceso de clarificación que se

realiza en planta, esta corriente se mezcla con tierras filtrantes y luego ingresa a la primera etapa de clarificación donde se filtra a través de un tambor rotatorio dentro del que se efectúa vacío. La clarificación continúa en una segunda etapa que se hace a través de un filtro prensa, donde el jugo pasa a través de nuevas capas de tierras filtrantes. Entre las etapa 1 y 2 el jugo se almacena en un tanque intermedio porque la capacidad del filtro prensa es menor que la del filtro a vacío. La velocidad de filtración de jugo en la segunda etapa es aproximadamente 100 l/h m^2 .

En este trabajo 30 litros de filtrado del prensado floculada de manzana, prefiltrados por 5 micras se clarificaron a través de una membrana de ultrafiltración de polisulfona, configuración espiral y corte 30kDa. La operación de filtración tangencial se esquematiza en la Figura 1.

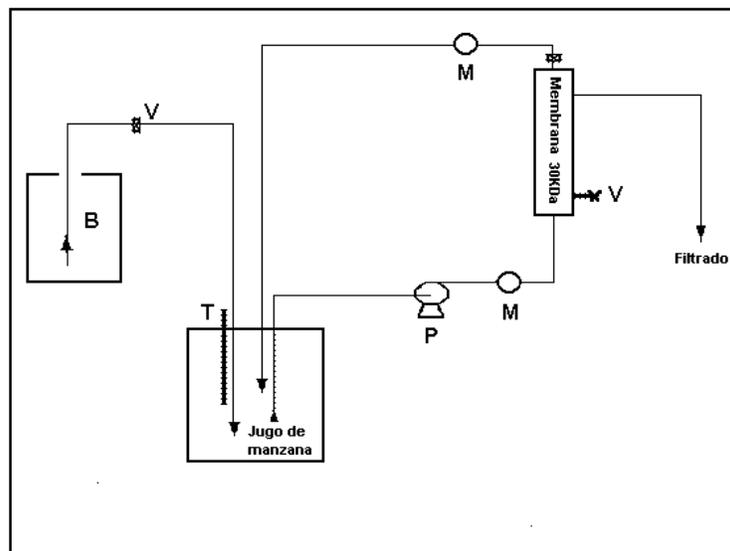


Figura 1: Esquema del equipo utilizado durante las filtraciones: M: manómetro, P: bomba, B: tanque suplementario, V (1, 2,3): válvulas, T: termómetro.

Durante las experiencias de filtración fueron relevados datos de potencial (presión transmembránica) y flujos (de filtrado y de alimentación a la membrana) los cuales permitieron identificar las resistencias controlantes del proceso.

El contenido de sólidos totales en los jugos de manzana y sus concentradas se determinó por secado en un equipo Microwave Moisture/Solid Analyzer, marca CEM (modelo LabWave 9000) que tiene incorporado un sistema de pesada continua con una precisión de décima de miligramo.

Un panel sensorial integrado por 12 docentes del Instituto fueron entrenados para que opinaran sobre propiedades sensoriales de los diferentes jugos de manzanas frescos y a diferentes tiempos de almacenamiento. Los jugos se almacenaron a una temperatura de 8°C en botellas de plástico transparentes de las que se utilizan para comercializar una bebida cola. Las botellas fueron previamente desinfectadas con hipoclorito y enjuagadas adecuadamente.

4) Resultados

La velocidad de filtración controlante fue la del cartucho de ultrafiltración de 30kDa que disminuyó desde 52 l/hm² al inicio de la filtración hasta 44 l/hm² al final de la misma, según se indica en la Figura 2.. La temperatura de operación fue de 20°C y la resistencia de la membrana a la filtración de agua a la misma temperatura fue determinada obteniéndose un valor de 0.34 kPa /(l/hm²). El patrón de flujos de filtrado, presentado en la Figura 2, permite identificar la resistencia que controla la filtración: la resistencia originada por el fenómeno de polarización de la concentración. Esta resistencia es dependiente de la velocidad tangencial de alimentación, por lo que se logró mantenerla esencialmente constante durante la filtración, aumentando la velocidad tangencial con que se alimenta la membrana a medida que aumenta el factor de concentración.

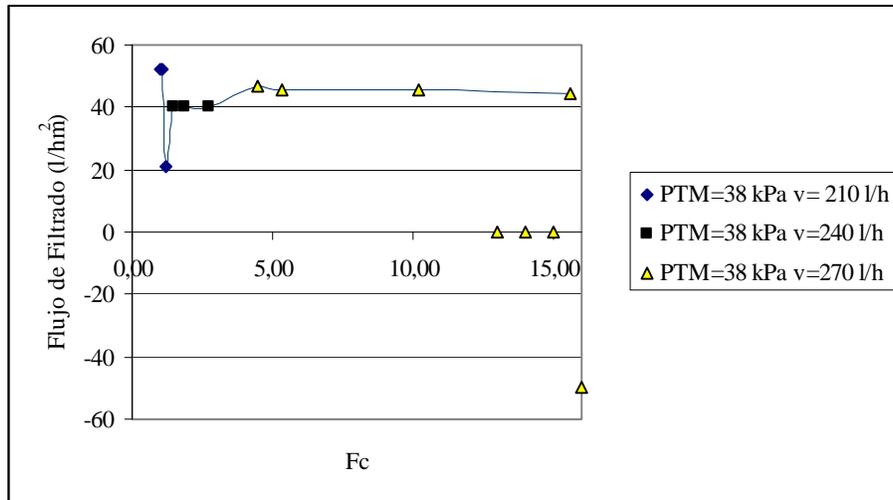


FIGURA 2: Flujo de filtrado en la ultrafiltración de jugo de manzana vs. Factor de concentración a diferentes velocidades tangenciales de la alimentación.

La determinación de sólidos totales mostró que el % (masa/masa) de 13.57 del jugo de manzana a filtrar (Jugo O) bajó a 13.52 cuando se prefiltró por 5 micras (Jugo M) y a 12.81 cuando subsecuentemente se ultrafiltró por 30 kDa (Jugo MU) y que un jugo comercial (Jugo C) listo para consumir y conteniendo conservantes tenía un contenido de sólidos totales del 11.90 %.

El panel sensorial opinó sobre diferentes características de los jugos M, MU y C. Los resultados expresados en % de aprobación para cada una de las características encuestadas y para la calidad global se presentan en la Tabla 1.

TABLA 1: Aprobación (%) del panel sensorial sobre los jugos de manzana

	Jugo M	Jugo MU	Jugo C
Aroma	7.1	35.7	14.3
Sabor	10.9	50	56.3
Palatibilidad	12.5	56.3	37.5
Aspecto	-50	92	25
Color	-12.5	37.5	37.5
Contenido de azúcar	18.8	25	31.3
Acidez	-43.8	0	6.3
Concepto promedio	-8	42	30

*Jugo M: Exprimido filtrado por 5 micras, Jugo MU: Jugo M ultrafiltrado por 30 kDa, Jugo C: Jugo comercial de plaza

Estudio de la estabilidad de los jugos: Luego de 2, 3 y 4 meses de almacenamiento a 8° C los jugos denominados M, MU y C se sometieron a un panel sensorial de 5 personas que opinó sobre el sabor de cada uno. Los jugos que recibían mayoritariamente opinión negativa se descartaban luego de la evaluación. Los resultados se presentan en la Tablas 2

TABLA 2: Evolución en el tiempo del sabor de jugos de manzana

Panelista	Almacenamiento a 8° C					
	Jugo M	1 mes Jugo C	Jugo MU	2 meses Jugo M	Jugo MU	3 meses Jugo MU
1	No ácido pero menos agradable que el jugo 4	muy ácido-fermentado	agradable	ácido, fermentado	agradable	agradable aunque algo ácido
2	agradable	muy ácido-fermentado	muy agradable	Muy fermentado, desagradable	agradable	agradable y fermentado
3	No ácido pero menos agradable que el jugo 4	muy ácido-fermentado	agradable	ácido, fermentado	agradable	fermentado
4	agradable	muy ácido-fermentado	muy agradable	ácido	agradable	agradable
5	agradable	muy ácido-fermentado	agradable	muy ácido, fermentado	agradable	agradable con algo de alcohol

*Jugo M: Exprimido filtrado por 5 micras, Jugo MU: Jugo M ultrafiltrado por 30 kDa, Jugo C: Jugo comercial de plaza

A los dos meses de almacenados el jugo comercial (C) era turbio y marrón, mientras que los jugos microfiltrados y ultrafiltrados (M Y MU presentaban el mismo aspecto límpido y el mismo color verde claro que recién clarificados. A los tres meses el jugo solamente microfiltrado (M) era turbio y de color caramelo claro y el jugo micro y ultrafiltrado (MU) mantenía el mismo aspecto y color que en el día 0 (Figura 3).

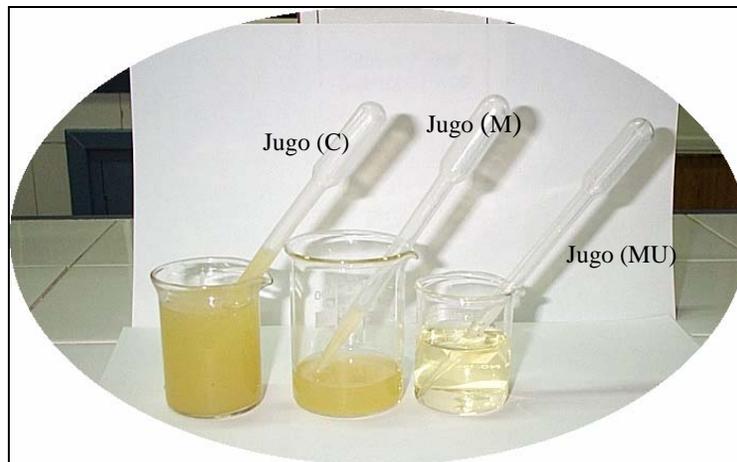


FIGURA 3. Aspecto de los jugos de manzana a los tres meses de almacenamiento a 8°C

*Jugo M: Exprimido filtrado por 5 micras, Jugo MU: Jugo M ultrafiltrado por 30 kDa, Jugo C: Jugo comercial de plaza

5) CONCLUSIONES

El flujo de filtrado promedio obtenido con la membrana de 30 kDa fue del orden de los flujos que se consideran adecuados en aplicaciones industriales similares y de aproximadamente la mitad del valor obtenido en la planta de plaza que suministró el exprimido de manzana y que filtra por tierras y a vacío. El flujo de filtrado aumentó con el incremento de la velocidad tangencial de alimentación, mostrando que la resistencia principal es la debida a la polarización de la concentración y controlándola fue posible alcanzar un factor de concentración de más de 16, sin que el decrecimiento de flujo en toda la operación superara el 10 % del valor inicial. Por limitaciones del equipo banco utilizado no fue posible trabajar a velocidades de alimentación mayores a 270 l/h, lo que hubiera podido lograr flujos de filtrados mayores a los obtenidos. Sin embargo los flujos alcanzados ya indican la viabilidad económica de este proceso industrial que no utiliza tierras filtrantes que se deban disponer y que no requiere la energía necesaria para alimentar un filtro a vacío.

Con respecto al contenido en sólidos totales, en el clarificado obtenido por micro y ultrafiltración están presentes el 94% de los sólidos presentes en el prensado de manzana coagulado. Sin embargo la limpidez de los clarificados

indica que los sólidos retenidos por las membranas semipermeables (6% de cantidad original) son los principales contribuyentes a la turbidez del jugo y a los procesos de acidificación y fermentación que disminuyen su vida útil.

Los jugos de manzana obtenidos por membranas evidenciaron en todos los casos calidad superior a la del jugo comercial, calidad considerada desde el punto de vista de las propiedades sensoriales y de la vida útil del producto. La calidad del producto aumentó con la disminución del poro /corte de la membrana usada.

Los jugos filtrados por membranas fueron evaluados por el panel sensorial como superiores al preparado a partir del concentrado comercial en aroma, palatabilidad y aspecto y esencialmente igual en sabor y color. Su contenido en azúcar y consecuentemente su tenor de acidez tuvieron menor aceptación que el del producto comercial, pero en su calidad general fueron evaluados como superiores. El jugo clarificado sólo por microfiltración tuvo en general menos aceptación que el producto comercial con el que se comparó, fue considerado equivalente en acidez y sólo en el contenido de azúcar y aspecto fue juzgado por los panelistas como superior al comercial.

Con respecto a la vida útil de los productos, el jugo comercial a los dos meses de su almacenamiento a 8°C ya no era apto para el consumo mientras que los jugos clarificados por membranas presentaban aspecto inalterado y sabor aceptable o muy aceptable. Ya se mencionó anteriormente que el pequeño porcentaje de sólidos totales retenidos por las membranas parecen ser los responsables de los fenómenos de turbidez, empardeamiento y descomposición que ocurren luego de la clarificación.

El único de los jugos que luego de tres meses de almacenado a 8° C seguía siendo juzgado por el panel en su sabor mayoritariamente como agradable y que mostraba el mismo aspecto límpido que el del día de su producción fue el jugo que luego de microfiltrado fue sometido a ultrafiltración con la membrana de 30 kDa. Los estudios de vida útil se suspendieron en este punto cuando en su sabor comenzaba a surgir evidencias de fermentación y acidificación en su sabor.

6) Bibliografía

- Castro, B. y Gerla, P. (2005) Hollow fiber and spiral cheese whey ultrafiltration: minimizing controlling resistances. Journal of Food Engineering, v. 69/4, 495-502.
- Cheryan M. (1998). Ultrafiltration and Microfiltration Handbook. Ed. Technomic Publication.