



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS HIDROSOLUBLES EN JUGO DE MANZANA CLARIFICADO UTILIZANDO HIDROCILONES

Autor Ponente

Enrique Ortega-Rivas

Doctor en Filosofía

Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua

Circuito 1, Nuevo Campus Universitario, CP 31125

Chihuahua, Chih.

Teléfono: (614) 236 6000 Ext. 4240

Correo electrónico: eortegar@uach.mx

Noviembre del 2013

CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS HIDROSOLUBLES EN JUGO DE MANZANA CLARIFICADO UTILIZANDO HIDROCILONES

Suárez-Martínez H., Ballinas-Casarrubias M.L., Pérez-Vega, S.B. y Ortega-Rivas E.

Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua

Circuito 1, Nuevo Campus Universitario, Chihuahua, Chih., México



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

RESUMEN

Se estudió la combinación de métodos de clarificación por hidrociclones y ultrafiltración, con la finalidad de concentrar elementos hidrosolubles en jugo de manzana. Varios estudios han evaluado la desacidificación de jugos clarificados, pero no existen datos sobre los tratamientos de jugos pulposos o concentrados, tratamientos que pueden ser interesantes económicamente. En este trabajo se evaluaron estos procesos utilizando un montaje de hidrociclones equipado con una unidad de 2.54 cm de diámetro y un equipo de ultrafiltración con membranas de 50 y 100 kDa. Los resultados muestran que la combinación de estas tecnologías da como resultado un jugo de manzana clarificado con un incremento de elementos hidrosolubles, un decremento en su acidez, y estéril microbiológicamente.

ABSTRACT

The combination of hydrocyclone treatment and ultrafiltration to concentrate water-soluble elements in apple juice was investigated. Several studies have evaluated the deacidification of clarified juices but, apparently, there are no data reported on treatments for pulpy juice or concentrates, and such treatments may result economically feasible. A hydrocyclone test rig equipped with a 2.54 cm diameter unit, as well as an ultrafiltration equipment with 50 kDa and 100 kDa membranes, were used for the experiments. The results showed that the combination of these



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

technologies results in clarified apple juice with an increase of water-soluble elements, a decrease in its acidity and microbiologically sterile.

Palabras clave: Hidrociclón, ultrafiltración, clarificación de jugo de manzana.

INTRODUCCIÓN

El estado de Chihuahua aporta el 74% de la producción nacional de manzana con un 25% de este porcentaje destinado a la producción de jugo. El procesamiento convencional de jugo incluye técnicas de clarificación con reactivos precipitantes o por centrifugación, con la finalidad de separar pectinasas, remoción necesaria para obtener un jugo clarificado. Esto implica la pérdida de compuestos hidrosolubles y nutrientes importantes. La sedimentación centrífuga ejercida por la acción de hidrociclones produce un jugo de manzana clarificado enriquecido con la concentración de componentes hidrosolubles como la vitamina C y azúcares reductores, sin la necesidad de agentes precipitante suplementarios. Las pectinasas desempeñan un importante papel en la industria de alimentos, y se utilizan en la extracción y clarificación de jugos de frutas, vegetales y vinos, producto de su maceración.

La clarificación con hidrociclones es una separación sólido-líquido a partir del principio de sedimentación centrífuga. El rendimiento de los hidrociclones es significativamente influenciado por la naturaleza de las partículas suspendidas (Viera *et al.*, 2007). El comportamiento del flujo en el hidrociclón es bastante complejo. Su rendimiento teórico se basa en la formulación de ecuaciones empíricas para predecir su rendimiento. La forma de las partículas suspendidas, tienen influencia directa sobre la separación de las partículas en el flujo



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

(Narasimha *et al.*, 2005). Son destacables sus bajos costo de operación y mantenimiento, ya que no hay partes móviles (Gumpa *et al.*, 2008).

La acidez de un jugo de fruta es un factor muy importante de calidad. Algunos autores reportan resultados satisfactorios para la desadificación de jugos, y de la trasmisión y disolución de las macromoléculas de jugos clarificados con el uso de membranas. Entre tales macromoléculas se pueden mencionar algunas proteínas, hidratos de carbono, y compuestos relacionados con el color y el sabor (Gan, 2000).

La tecnología de membranas para el tratamiento de los jugos de frutas y bebidas se ha aplicado principalmente a la clarificación mediante ultrafiltración y microfiltración, y a la concentración de solutos por medio de ósmosis inversa. Los efectos de la preparación de productos, selección de la membrana, y los parámetros de funcionamiento son importantes factores que influyen en la tasa de filtración y la calidad del producto. Los avances tecnológicos relacionados con el desarrollo de nuevas membranas, la mejora en la ingeniería de procesos, y una mejor comprensión de las frutas de bebidas han ampliado la gama de procesos de separación de membrana (Girard *et al.*, 2000).

Aparentemente, un proceso combinado de pre-clarificación con un hidrociclón, seguido de un tratamiento por ultrafiltración, con la finalidad de obtener jugo de manzana clarificado y pasteurizado, no se ha reportado. El objetivo del proyecto relatado consistió en poner a prueba tal tecnología novedosa, para poder ofrecer una alternativa de clarificación y pasteurización de jugo de manzana, que tienda a optimizar la calidad de este producto.

METODOLOGÍA



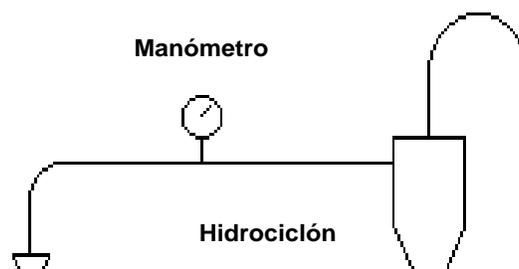
“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

Para la elaboración de jugo de manzana se utilizaron dos variedades de manzana (Golden delicious y Red delicious) en una proporción 1:1. El jugo se obtuvo de frutas frescas y maduras.

Para la obtención de las muestras, se siguieron los procedimientos descritos en la norma oficial mexicana NOM-120-SSA1-1994 (Bienes y servicios: Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas). Se utilizó un refrigerante para mantener constante la temperatura del jugo. Las manzanas se cortaron incluyendo su cáscara, evitando la parte del corazón y pedúnculo, después de su corte se procedió a extraer su jugo, para lo cual se utilizó un extractor para jugos Moulinex Tipo A753 (Moulinex, México, D.F., México). Una vez obtenido el jugo se filtró utilizando una manta y un colador plástico. Después del proceso de filtrado se almacenó por 24 horas en un cuarto frío a 4°C.

Se sometió al jugo de manzana a una combinación de los dos procesos anteriormente descritos, utilizando primero un hidrociclón con dos distintas presiones como proceso de pre-clarificación, y luego una pasteurización por ultrafiltración con membranas tipo fibra hueca de poliestersulfona utilizando dos distintos tipos de poros.

Se empleó un montaje de hidrociclones de fabricación local cuyo diagrama se presenta en la Figura 1 con un ciclón de 2.54 cm de diámetro. Se sometió al jugo de manzana a dos presiones manométricas estabilizadas a 0.6894 bar y 1.3792 bar. Posteriormente se utilizó una Unidad Armfield RO/UF FT18 (Armfield, Ltd., Ringwood, Hampshire, UK), para ultrafiltrar el jugo con membranas de tipo fibra hueca de poliestersulfona utilizando poros de 50 kDa y 100 kDa y presiones experimentales de 2 bar y 4 bar.





“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

Figura 1. Diagrama esquemático del montaje de hidrociclón.

Todas las mediciones fisicoquímicas se realizaron a una temperatura de 25°C, con muestras homogéneas tomadas de cada lote experimental. La medición del *índice de refracción* se hizo directamente de un Refractómetro ABBE-3L (Milton Roy Inc., Rochester NY, USA), los valores se expresaron como grados Brix. Los cambios en el *pH* se evaluaron con el uso de un Potenciómetro Orion Benchtop pH/ISE Meter 420A (Orion Research Inc., Boston MA, USA). Se calculó la *acidez* como miliequivalentes de ácido málico por mililitro titulado con hidróxido de sodio con una concentración 0.1N. También fue calculado la concentración de *vitamina C* presente en el jugo como miliequivalentes de ácido ascórbico por mililitro titulado con solución de indofenol al 10%. Por titulación se calcularon los gramos



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

de glucosa en 100 ml de jugo como respuesta para azúcares reductores. Se determinó la cantidad de *sólidos totales* como la cantidad de materia que queda como residuo después de una evaporación entre los 103°C a 105°C. También fue evaluada la concentración de *sólidos suspendidos* presentes como la cantidad de material retenido después de filtrar un determinado volumen de muestra (50 ml) a través de filtros de fibra de vidrio que se utilizan como medio filtrante.

La actividad microbiológica se evaluó con técnicas básicas de microbiología usando equipo convencional, efectuándose análisis de cuenta total de hongos y levaduras con la técnica de extensión en placa en agar acidificado de papa dextrosa. Para la cuenta total de mesófilos se empleó la técnica de extensión en placa en agar de cuenta total, mientras que para la cuenta total de acidófilos se empleó la técnica de extensión en placa en agar de suero de manzana.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición del jugo previo a los tratamientos aparece en la Tabla 1.

Tabla 1. Características del jugo de manzana antes de los procesos

Índice de refracción (°Brix)	13 ± 1.1
pH	3.85 ± 0.25
Acidez (meq. ac. málico/ml)	0.3432 ± 0.01
Vitamina C (meq. ac. ascórbico/ml)	1.163 ± 0.25
Sólidos totales (g/kg)	107.71 ± 0.07
Sólidos suspendidos (g/kg)	0.06 ± 0.001
Azúcares reductores (g/kg)	102.1 ± 0.08

Los jugos clarificados por los hidrociclones mostraron una separación eficiente de sólidos totales y suspendidos, un incremento en el índice de refracción y de la concentración de elementos hidrosolubles (concentración de vitamina C y azúcares reductores), así como la desacidificación de los mismos. Esta separación



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

resultó ser mayor a la presión de 4 bar con excepción de la acidez y los azúcares reductores que fue mayor a 2 bar.

Los jugos sometidos a los procesos de clarificación y ultrafiltración fueron evaluados llevando a cabo todas las mediciones experimentales previamente descritas. Las variaciones de algunas de las determinaciones, con respecto al control representado por el jugo sin clarificar se muestran en las Figuras 2–4.

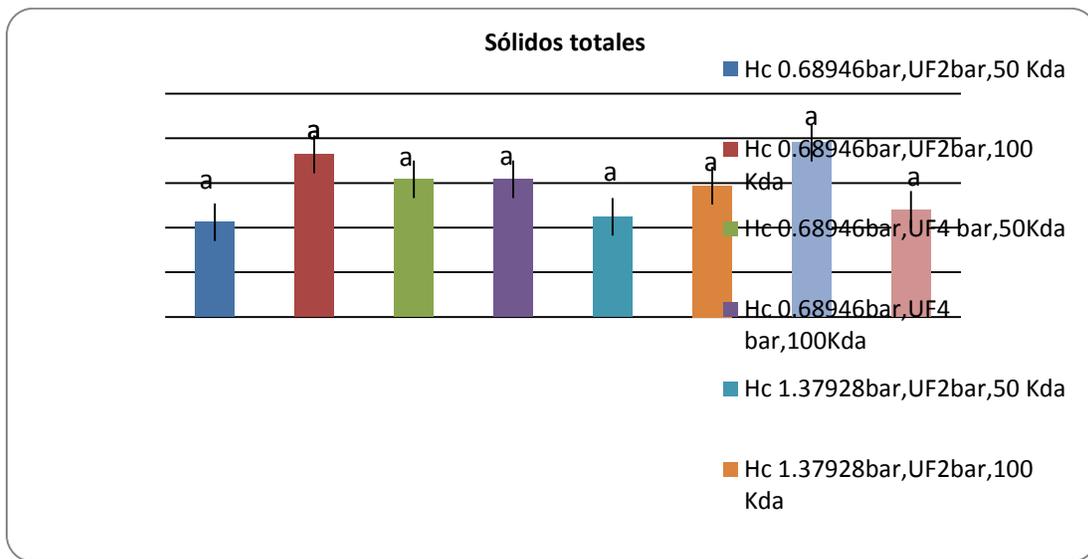


Figura 2. Diferencia de medias en sólidos totales.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

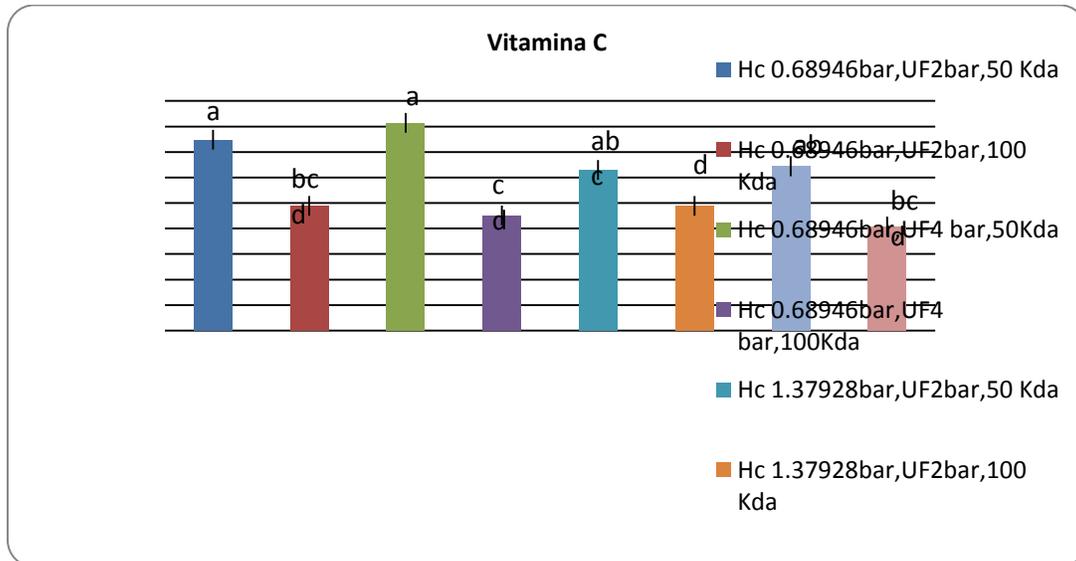


Figura 3. Diferencia de medias en contenido de vitamina C.

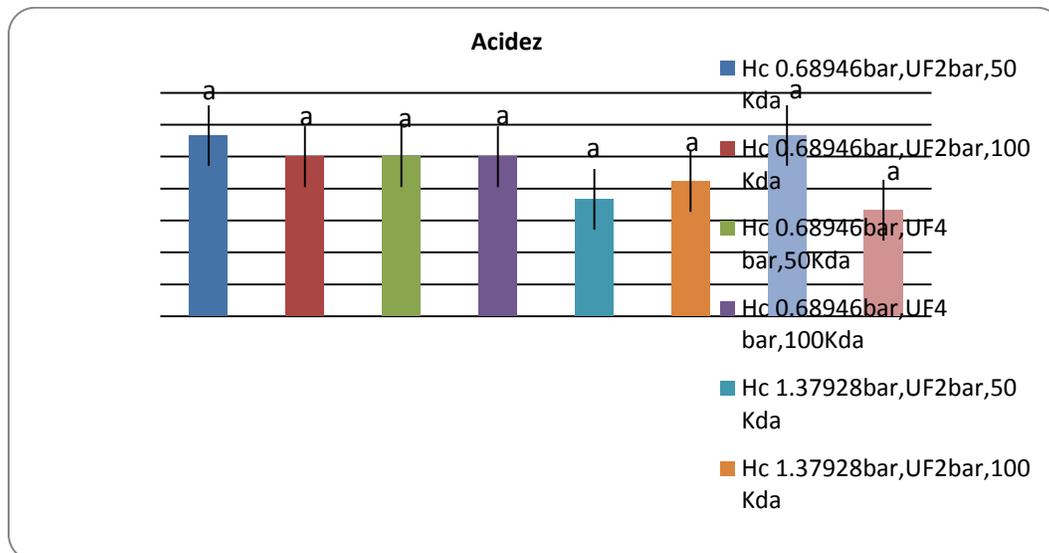


Figura 4. Diferencia de medias en contenido de acidez.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

La técnica utilizada en el proyecto como una especie de clarificación-pasteurización a temperatura ambiente, parece no estar documentada en la literatura. Sin embargo, resultó en la obtención de un jugo prácticamente estéril (datos no mostrados) por lo que podría considerarse un método de pasteurización para jugo de manzana. En lo concerniente a la calidad nutritiva y sensorial del jugo procesado, una serie de elementos de análisis pueden ser sometidos a consideración. Como puede observarse, las características fisicoquímicas de sólidos totales, sólidos disueltos y acidez no mostraron diferencias significativas entre todos los tratamientos por el método combinado de clarificación-pasteurización y la muestra control.

Por otro lado, los sólidos suspendidos mostraron diferencia significativa para todos los tratamientos (excepto el de presiones bajas, tanto de hidrociclón como transmembránica, y con poro grande de membrana) y la muestra control. Tal comportamiento sería esperado, ya que ambos métodos representan técnicas de separación sólido-líquido, siendo más eficientes para este tipo de sólidos no disueltos. El tratamiento más eficientemente balanceado pareciera ser el quinto (HC 1.3792 bar, UF 4 bar 50 kDa), que representa una combinación óptima de factores de eficiencia de ambos métodos. En otras palabras, se conjuntan la mayor presión del hidrociclón junto con la mayor presión transmembránica y el poro más reducido de membrana. Aparentemente, las presiones altas en ambas técnicas de separación favorecen la eliminación de cualquier factor que pudiese alterar las principales características fisicoquímicas del jugo procesado. Por otro lado, ni el poro más pequeño de la membrana, retiene significativamente compuestos volátiles responsables de atributos sensoriales y nutritivos del jugo procesado.

CONCLUSIONES



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

La clarificación industrial toma como parámetro de densidad la concentración de sólidos suspendidos, estos junto con la vitamina C, se encuentran alojados en la estructura polimérica porosa proporcionada por la pectina. La tecnología del hidrociclón, muestra una variación significativa en la concentración de estos elementos, favorecida por el incremento de la presión centrifuga. Como consecuencia de todas las pruebas efectuadas resulta evidente que es factible la variación de las condiciones estándar en el proceso de clarificación y pasteurización convencional de jugo de manzana, logrando obtener un producto con óptimos atributos funcionales. El uso de la tecnología combinada de separación por un hidrociclón, seguida de una ultrafiltración con membranas, puede tener potenciales aplicaciones futuras para producir jugo de manzana de alta calidad nutritiva y sensorial.

REFERENCIAS

- Gan Q. 2001. Beer clarification by cross-flow microfiltration-effect of surface hydrodynamics and reversed membrane morphology. *Chemical Engineering and Processing*, 40: 413-419.
- Girard L., Fukumoto R. 2000. Membrane processing of fruit juices and beverages. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40: 109-175.
- Gupta R., Kaulaskar M., Kumar V., Sripriya R., Meikap B., Chakraborty S.. Studies on the understanding mechanism of air core and vortex formation in a hydrocyclone. *Chemical Engineering Journal*. 144:153-166.
- Narasimha M., Sripriya R., Banerjee P. K.. 2005. CFD modelling of hydrocyclone-prediction of cut size. *International Journal of Mineral Processing*, 75: 53-68



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

Vieira L., Silva C, Damasceno J., Barrozo M. 2007. A study of the fluid dynamic behaviour of filtering hydrocyclones. *Separation and Purification Technology*, 58: 282-287.