

FORMACIÓN DE CRISTALES DE AZÚCAR EN EL PROCESO DE LICORES ESCARCHADOS

SUGAR CRYSTALS FORMATION DURING FROSTED LIQUORS PRODUCTION

DEYANIRA MUÑOZ MUÑOZ¹, ALEXANDRA LABIA²

PALABRAS CLAVE:

Cremas escarchadas, cristalización, solubilidad, licores

KEY WORDS:

Frosted cream, crystallization, solubility, liquors

RESUMEN

Se evaluó la formación de cristales de azúcar en la elaboración de cremas escarchadas. Los ensayos de cristalización mostraron que mezclas con reducción del 5 % de azúcar respecto a la mezcla patrón mejoran la solubilidad del soluto y favorecen las condiciones de sobresaturación de la solución en la formación y estabilidad de cristales. Se encontró que la estabilidad de los cristales en la rama de cristalización en el licor es afectada por el comportamiento del contenido de azúcar a diferentes temperaturas a través del tiempo. Este mejoramiento en la estabilidad del soluto se da por la acción del calor suministrado, el cual actúa en la red tridimensional que forma el cristal de azúcar fortaleciendo los enlaces entre los átomos, generando nuevos enlaces para formar una estructura más ordenada, fuerte y estable. Además se favorecen los procesos difusionales del soluto en la mezcla hacia la rama de cristalización. Así el tipo de cristal formado y la adherencia en la rama de nucleación mantiene su estabilidad en el producto durante la comercialización, es decir en el almacenamiento, transporte y exportación disminuyendo las devoluciones.

ABSTRACT

The formation of sugar crystals during frosted liquors production was evaluate. The crystallization tests showed that the mix with reduction of 5 % of sugar regarding the mixture pattern improved the solubility of the solute and favored the conditions of saturation high of the solution in the formation and

Recibido para evaluación: Diciembre 18 de 2007. Aprobado para publicación: Febrero 14 de 2008

1 Msc., Proesor, Universidad del Cauca

2 Ing., Universidad del Cauca

stability of crystals. It was found that the stability of crystals in the crystallization of branch in the liquor is affected by the behavior of sugar content to different temperatures through of time. This improvement in the stability of the solute is given by the action of the given heat, which acts on the three-dimensional network that forms the crystal sugar strengthening the bonds between atoms, generating new connections to form a more orderly, strong and stable. Diffusional processes of the solute are also favored in the mixture toward the crystallization branch. This way the type of formed crystal and the adherence on the nucleation branch maintain their stability in the product during the commercialization that is to say in the storage, transport and export diminishing the refunds.

INTRODUCCIÓN

La cristalización es un proceso donde se forman partículas sólidas a partir de una fase homogénea. En la cristalización la solución se concentra y se enfría hasta que la concentración del soluto es superior a su solubilidad a esta temperatura, el soluto de la solución forma cristales y el equilibrio se alcanza cuando la solución o licor madre está saturado. La solubilidad depende principalmente de la temperatura, mientras que la presión tiene un efecto despreciable sobre ella. La mayor parte de los materiales presentan curvas similares de solubilidad en función de la temperatura, pero puede aumentar o disminuir con la temperatura [1, 2, 3].

La formación de un cristal requiere el nacimiento de una nueva partícula, o sea la nucleación y su crecimiento hasta tamaño macroscópico. El potencial impulsor para ambas velocidades es la sobresaturación y en una disolución no saturada o saturada pueden formarse cristales muy pequeños que actúan como núcleos para un posterior crecimiento si la disolución está sobresaturada [2,4]. La sobresaturación puede generarse de una disolución saturada por simple enfriamiento y reducción de la temperatura. Si la solubilidad es relativamente independiente de la temperatura, por evaporación de una parte del disolvente. Si no es deseable ni enfriamiento ni evaporación, como cuando la solubilidad es muy elevada, la sobresaturación se puede generar mediante la adición de un tercer componente, proceso denominado precipitación [3, 4].

Este proyecto de investigación analiza la formación de cristales durante el proceso de fabricación de cremas escarchadas, a partir de mezclas con contenidos de azúcar menores a 5 y 10% respecto a una mezcla patrón. El propósito es establecer la concentración donde ocurre la formación de cristales y para ello se realizaron las curvas que permitan la interpretación del comportamiento del contenido de azúcar de las cremas

escarchadas elaboradas con diferentes porcentajes de azúcar y tratadas a temperaturas de jarabe de 80, 85, 90, 95 y 100°C.

MATERIALES Y MÉTODOS

El procedimiento experimental desarrollado fue:

Obtención de la mezcla

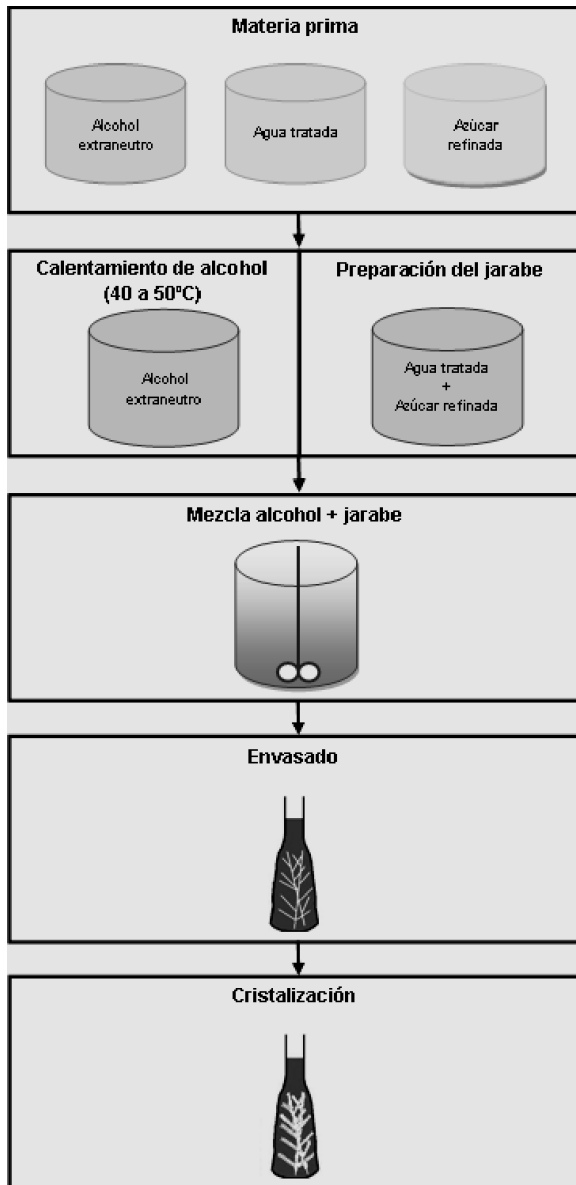
Las materias primas de cada mezcla fueron: agua tratada, alcohol extraneuro y azúcar refinada. El porcentaje de alcohol se mantuvo constante en todas las mezclas mientras que las proporciones de agua y azúcar se modificaron (Cuadro1) para cada mezcla respecto a la patrón. La velocidad de agitación se trabajó alrededor 900 rpm [5, 6, 7]. Se obtuvieron las densidades específicas de 0.8 g/cm³ y 1.0 g/cm³ para el alcohol y agua respectivamente con el fin de calcular el volumen requerido ($V = m/\rho$) en cada una de las mezclas.

El procedimiento realizado para obtener la mezcla para cremas escarchadas (Figura 1) fue: calentamiento del alcohol una temperatura de 40 a 50°C, preparación del jarabe compuesto de agua y azúcar, por lo cual se calentó el agua a una temperatura de 80°C, en este punto se empezó adicionar el azúcar

Cuadro 1. Proporciones de materias primas en las mezclas

MATERIA PRIMA	COMPOSICIÓN DE MEZCLAS		
	Mezcla patrón	Mezcla patrón -10%	Mezcla patrón -5%
Alcohol (cm ³)	276	276	276
Agua (cm ³)	160	207.2	186,4
Azúcar (g)	413,6	372	392,8

Figura 1. Procedimiento experimental



de manera progresiva, es decir, primero se agregó 1/3, luego 2/3 y finalmente el último tercio [7]; se aplicó agitación para disolver rápidamente la mezcla. En esta etapa se hicieron mediciones cada cinco minutos de dos variables de interés, la temperatura y del contenido de azúcar [8, 9].

Luego el alcohol y el jarabe se mezclaron en caliente, con agitación mecánica hasta obtener un licor homogéneo. Este producto a una temperatura de 65°C se envasó y se almacenó durante tres días, durante los cuales ocurrió el proceso de cristalización.

Desde el día de elaboración hasta el día 30 se realizó seguimiento al contenido de azúcar con el fin de determinar el inicio y final de la cristalización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

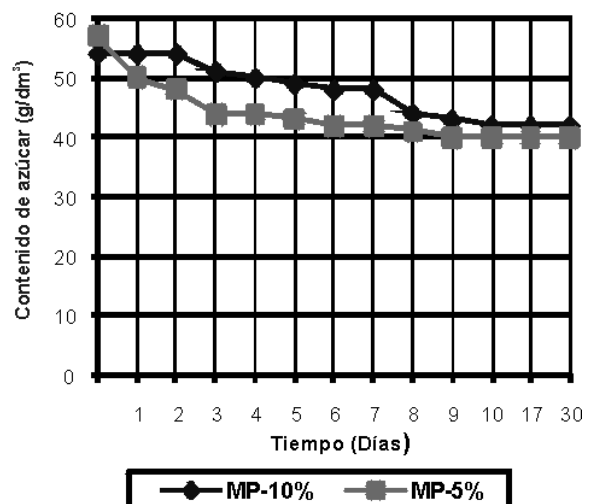
Las mediciones de las variables contenido de azúcar y temperatura, involucradas en la elaboración de licores escarchados se representaron mediante gráficos para observar y analizar el comportamiento de ellas en las mezclas de estudio, la formación y la estabilidad de los cristales en el tiempo.

Evaluación de la formación de cristales a temperatura de jarabe de 80°C

La formación de cristales en cremas escarchadas tratadas a temperatura de jarabe de 80°C y con reducción del 5 al 10% de azúcar respecto al patrón (Figura 2), se da lentamente cuando la concentración de soluto en la solución madre empieza a disminuir y se forman núcleos de cristal que difunden hacia la rama de cristalización [3, 4].

El comportamiento del contenido de azúcar en el tiempo muestra cremas elaboradas con reducción del 5% de azúcar empieza a descender desde el primer día de seguimiento mientras que en cremas con reducción del 10% de azúcar permanece estable hasta dos días después de la preparación y a partir del tercer día se empieza a observar que la disminución es lenta. Aun-

Figura 2. Comportamiento del contenido de azúcar de las mezclas en el tiempo a temperatura de 80°C



que el comportamiento del contenido de azúcar en las cremas es diferente al inicio, este se estabiliza casi al mismo tiempo en los dos productos. Las cremas con reducción del 10% azúcar son más estables, alcanzan el equilibrio dinámico, no presentan difusión de soluto del licor madre hacia la rama, la resistencia a la transferencia de masa es mayor y el soluto no cruza la curva de solubilidad, ni aun al disminuir la temperatura retrasando los procesos de nucleación y crecimiento de cristales ya que se inician cuatro días después de la elaboración de las cremas.

Las cremas con reducción del 5% cruzan con mayor rapidez la curva de solubilidad durante el enfriamiento, indicando que existe una fuerza motriz a la transferencia de masa para mezclas con concentraciones más altas de azúcar. Estas mezclas también presentaron estabilidad (saturación) confirmando que los procesos de nucleación y crecimiento de cristales se dan lentamente.

El proceso de cristalización fue muy similar en las cremas elaboradas con MP-10% y MP-5 % debido al tamaño y forma de los cristales depositados (Figura 3), es decir cristales de tamaño grande ubicados principalmente en los extremos de las ramas. Las cremas con reducción del 5%, mostraron mayor cantidad de cristales generando un alto grado de sobresaturación con buena posibilidad de formación de núcleos.

Evaluación de la formación de cristales a temperatura de jarabe de 85°C

Al incrementar la temperatura en 5°C la variación del contenido de azúcar de las mezclas con reducción del 5% y 10% de azúcar respecto a la mezcla patrón, las cuales fueron tratadas a una temperatura de 85°C (Figura 4), se observa similar tendencia a las mezclas tratadas a 80°C.

La mezcla con reducción del 5% de azúcar mantiene su contenido el primer día y después de este, se observa una disminución considerable hasta el tercer día a partir del cual el descenso se hace lento hasta que se logra la estabilidad. Mientras mezclas con reducción del 10%, el contenido de azúcar en suspensión se mantiene hasta el día tres a partir del cual se presentan reducciones que se prolongan hasta el día ocho, indicando el final de la cristalización.

Lo anterior indica que en la mezcla con reducción del 10% hasta los primeros siete días no se presenta precipitación del soluto y la formación de núcleos podría deberse a la forma irregular de las paredes del recipiente, que acorde a la teoría son puntos de nucleación. Resultados coherentes se encuentran al comparar el comportamiento de las curvas con la formación de cristales. La no similaridad entre ellas se refleja en la formación de cristales, que para la mezcla con reducción del 10% son grandes, en la mezcla con reducción del 5% son de menor tamaño presentando mayor cubrimiento de las ramas (Figura 5), considerando el mayor contenido de azúcar.

Figura 3. Formación de cristales a temperatura de 80°C

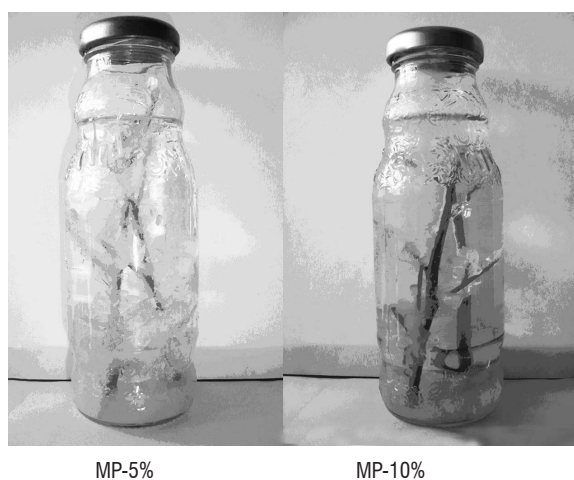
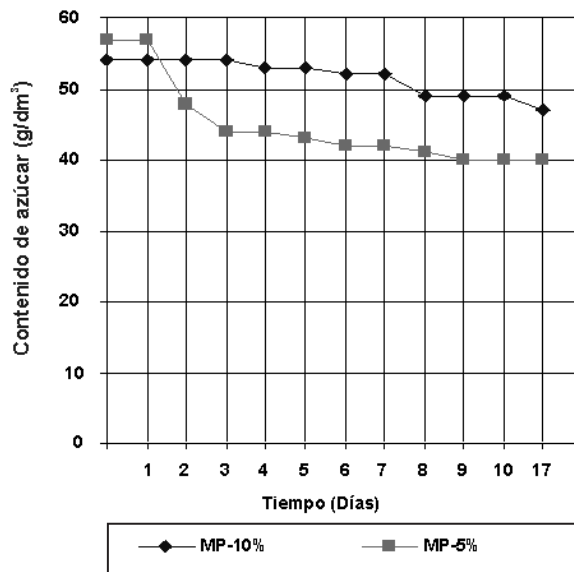


Figura 4. Comportamiento del contenido de azúcar de las mezclas en el tiempo a temperatura de 85°C



Evaluación de la formación de cristales a temperatura de jarabe de 90°C

En ambas mezclas se presenta igual tendencia, la formación de núcleos de pequeños tamaños, se da en los primeros días y durante los siguiente siete días permanecen para luego formar los cristales mas estables adheridos en la rama en medio de una solución turbia.

La variación del contenido de azúcar de las dos mezclas tratadas a una temperatura de 90°C (Figura 6), indica que el contenido de azúcar con el que inician es diferente, pero el comportamiento de las curvas en el tiempo es muy similar.

La mezcla con reducción del 5% mantiene el contenido de azúcar en el primer día y después de este empieza a disminuir lentamente hasta que se mantiene constante, mientras la de reducción del 10% no varía hasta después del segundo día a partir del cual se observa un descenso lento.

Así como hay similitud en el comportamiento del contenido de azúcar de estas mezclas, debido a que las curvas se alcanzan a sobreponer una sobre otra, también hay similitud en la forma de los cristales formados los cuales son de igual forma y tamaño (mediano) con mayor formación en la mezcla con reducción del 5% de azúcar (Figura 7).

Evaluación de la formación de cristales a temperatura de jarabe de 95°C

Al calentar mezclas a temperaturas de 95°C (Figura 8), con bajas concentraciones de soluto, no se formaron cristales [9], esto hecho, se observó durante la experimentación, a pesar de ser una fuerza motriz a la transferencia de masa, la pequeña cantidad de soluto no es suficiente para formar un gradiente de concentraciones que pueda ser afectada por la temperatura.

Sin embargo soluciones de mayor concentración con altos grados de sobrecalentamiento presentan formación de núcleos y crecimiento para generar los cristales [2, 3, 4]. La mezcla con reducción del 10% de azúcar indica que no se presentó el proceso de cristalización, tampoco variación ni formación de cristales. Mientras al trabajar con una reducción del

5% de azúcar se observa que el contenido de azúcar permanece invariante el primer día y a partir de este empieza a descender hasta el día nueve en el cual comienza la estabilidad de la mezcla, los cristales formados para esta mezcla son de tamaño mediano (Figura 9).

Figura 5. Formación de cristales a temperatura de 85°C

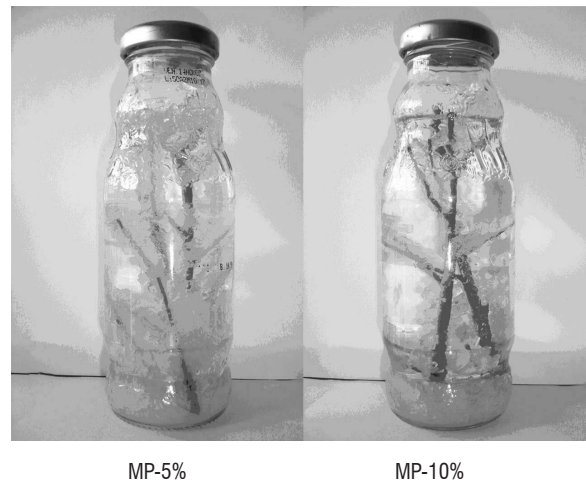


Figura 6. Comportamiento del contenido de azúcar en la mezcla en el tiempo a temperatura de 90°C

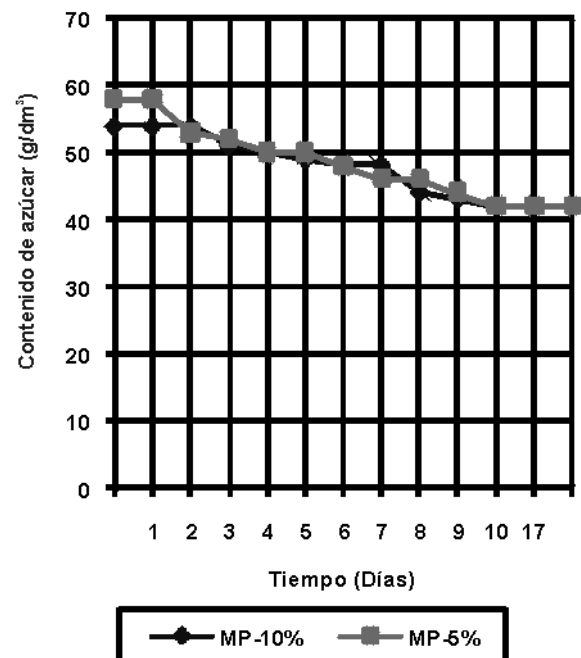


Figura 7. Formación de cristales a temperatura de 90°C



Figura 9. Formación de cristales a temperatura de 95°C

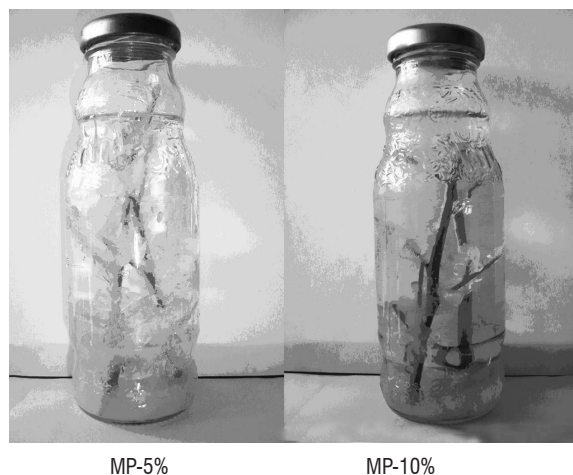


Figura 8. Comportamiento del contenido de azúcar en la mezcla en el tiempo a temperatura de 95°C

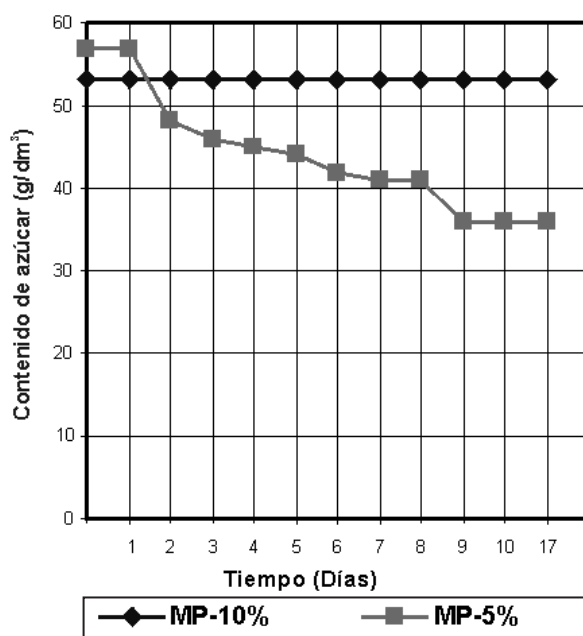
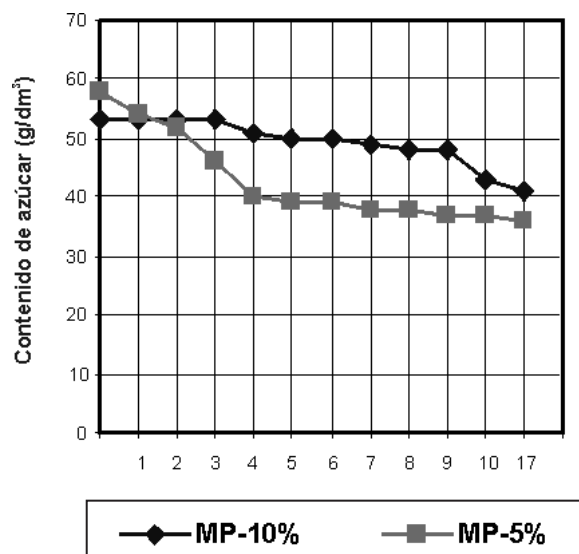


Figura 10. Comportamiento del contenido de azúcar en la mezcla en el tiempo a temperatura de 100°C



Evaluación de la formación de cristales a temperatura de jarabe de 100°C

Mezclas con bajas concentraciones de soluto y temperaturas de **100°C** (Figura 10) no cristalizan, pero en la experimentación al utilizar la reducción del 10% de azúcar se observa que la concentración permanece constante durante los primeros tres días y después de los nueve días se produce una variación en la concentración con una reducción lenta hasta el día 17, indicando que el proceso de formación de cristales no se estabiliza y continua hasta alcanza el equilibrio termodinámico.

Debido a que el proceso de difusión en el tiempo se hace más lento, se presenta enfriamiento de la solución y los gradientes de concentración del soluto a través del tiempo tienden a cero. La formación de cristales durante este tiempo puede ser debido a impurezas en el sistema, es decir en las paredes del recipiente o en el equipo de agitación durante la cristalización.

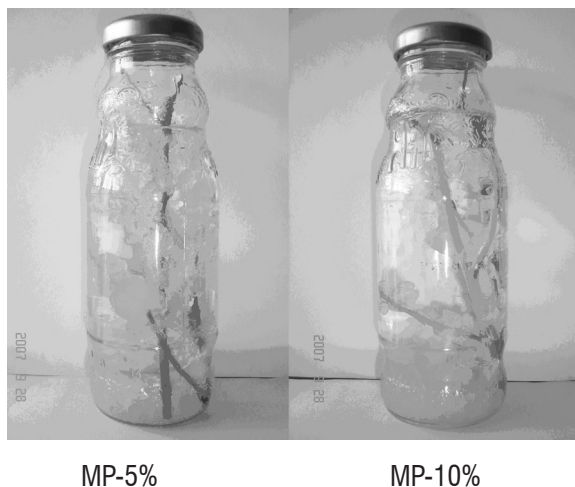
La mezcla con reducción del 5% muestra disminución del contenido de azúcar desde el primer día hasta el cuarto día a partir del cual la mezcla empieza a estabilizarse lentamente. Los cristales formados para la mezcla con reducción del 5% de azúcar son de tamaño mediano y se han formado alrededor de las ramas, para mezcla con reducción del 10% se formaron cristales grandes ubicados principalmente en los extremos de las ramas (Figura 11).

CONCLUSIONES

Se evaluó el comportamiento del contenido de azúcar en el proceso de cristalización desde una mezcla o jarabe para formar cristales estables en una rama de cristalización durante la elaboración de cremas escarchadas.

Las mezclas de altas concentraciones de soluto y tratadas a mayor temperatura forman fácilmente núcleos que crecen para formar cristales más estables en el tiempo. La mezcla con reducción del 5% de soluto respecto al patrón a los cuatro días después de formar los cristales presenta mayor estabilidad.

Figura 11. Formación de cristales a temperatura de 100°C



Las mezclas de bajas concentraciones de soluto y tratadas a altas o bajas temperaturas tienden a no cristalizar, la formación de cristales es inestable y se solubilizan de nuevo en la solución al transcurrir el tiempo. La mezcla con reducción del 10% de soluto respecto al patrón en la mayoría de los casos de estudio no cristaliza.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Licorera del Cauca, por el suministro de insumos, materiales equipos para el desarrollo de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS

- [1] Cristales y Cristalización [en línea]. Lugar de publicación desconocido: Textos Científicos, s.f. [citado 28 de feb, 2007]. Disponible en Internet: <http://-www.textoscientificos.com/quimica/cristales>.
- [2] TREYBALL, R., Operaciones con transferencia de masa, 2001.
- [3] GEANKOPLIS, C.; J., Procesos de Transporte y operaciones Unitarias, CE-CSA, 1982.
- [4] McCABE, SMITH, HARRIOT. Operaciones Unitarias En Ingeniería química. Cuarta edición. McGraw-Hill. 19-91.
- [5] XIMENEZ, Pedro. Licores: origen, definición y tipos [en línea]. Versión 14 para PDF. [México] : Alfa Editores Técnicos, diciembre 2005 – enero 2006 [citado 24 de feb, 2007]. Adobe Acrobat 32 KB.
- [6] Licores, su fabricación [en línea]. "lugar de publicación desconocido": Re-cetas, secretos y sabores, s.f. [citado 04 de mar, 2007]. Disponible en Inter-net:
- [7] CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO. Bebidas espirituosas, alcoholes, bebidas alcohólicas destiladas y licores. Capítulo 14 : Licores. Argentina : C.A.A, 2001.
- [8] HERMIDA BUN, José. Fundamentos de Ingeniería de Procesos Agroalimentarios : Los procesos Industriales, agrarios y alimentarios. España: Mundiprensa, 2000. ISBN 84-7114-913-3
- [9] MAFART, Pierre. Ingeniería Industrial Alimentaria : Técnicas de separación. Zaragoza (España) : Acribia, 199-4. v. 2, p. 245-260. ISBN 84-200-07-68-4.