

Effect of milk homogenization in yield and properties on soft ripening cheese

Rosalina Urdaneta, Carmen Borregales*, Johnny Bullón y Antonio Cárdenas

Laboratorio de Mezclado, Separación y Síntesis Industrial, Escuela de Ingeniería Química, Universidad de Los Andes. Mérida 5101. *Lácteos Santa Rosa, Universidad de Los Andes. 5105 Mérida. Telf/fax: 0274-2402955. E-mail: jbullon@ing.ula.ve, antonioc@ing.ula.ve

Abstract

The influence of homogenization on the milk droplet size, distribution, the soft ripening cheese yield and organoleptic properties were studied. Different fat contents of milk were used: 2.5, 2.8 and 3.2%. Cheeses were made with pasteurized and homogenized milk (HM) and pasteurized non homogenized milk (NHM). The milk was homogenized with a needle valve at 0.93 MPa/10 min and 1.2 MPa/15 min. Cheeses were submitted to a ripening process of 16 days. A panel of tasters made the taste analysis. The hardness was tested with a penetrometer. The HM cheeses had the best organoleptic properties with the 3.2% HM cheese considered to be the best of them all. The best yield was obtained with the HM milk, it was a 30 to 40% better than with the NHM. The softest cheeses were those made with HM as shown by the penetration index (highest index 22 mm).

Key words: Homogenization, size distribution, milk, cheese, yield.

Efecto de la homogenización de la leche en el rendimiento y en las propiedades de los quesos madurados de pasta blanda

Resumen

Se estudió la influencia de la homogeneización sobre el tamaño y distribución de los glóbulos grasos de la leche, así como, el efecto de dicha distribución sobre el rendimiento y las propiedades organolépticas de los quesos de pasta blanda obtenidos a partir de leche con 2.5, 2.8 y 3.2% de contenido graso. Se elaboraron quesos de pasta blanda con leche pasteurizada sin homogeneizar (LPSH), y leche pasteurizada y homogeneizada a 0.93 MPa/10 min y 1.2 MPa/15 min (LPH). Dichos quesos fueron sometidos a un proceso de maduración de 16 días. El análisis sensorial fue realizado mediante la evaluación por un panel de degustadores. La dureza de la pasta se determinó con el ensayo del índice de penetración. Los quesos LPH, fueron los que presentaron mejores propiedades organolépticas, y los de 3.2% de grasa fueron los de mayor calidad global entre los quesos de leche pasteurizada y homogeneizada. La textura más lisa y el mejor rendimiento la presentaron los quesos LPH. El índice de penetración más alto (22 mm) fue para los quesos LPH. El rendimiento para los quesos LPH fue mayor que el de los quesos LPSH en un porcentaje entre 30 y 40.

Palabras clave: Homogeneización, granulometría, rendimiento, quesos, leche.

Introducción

El queso, es uno de los productos lácteos más conocidos, y es clasificado según su forma de preparación, región y tipo de leche. Su apariencia final depende de diversas variables que se contro-

lan en su elaboración, así como de las características de la leche utilizada. Una de ellas es su contenido graso, ya que le da al queso un determinado sabor, color y textura. Para hacer un producto con características similares, la leche se somete a un proceso

de disminución y de homogenización del tamaño de las gotas de grasa, proceso conocido con el nombre de homogeneización [1-2].

La materia grasa es el componente de mayor tamaño de la leche, y por esta razón, forma parte del queso. En la leche, la grasa se encuentra en forma de emulsión, y una de sus propiedades más relevantes, es el tamaño de gota, ya que influye en la viscosidad, el color, el sabor y la densidad de la leche, entre otras. Aunque el estudio de la granulometría de la leche no es muy usual, resulta interesante, debido a la influencia que puede tener la distribución y tamaño de gotas en los diferentes productos lácteos. A nuestro conocimiento no hay ningún trabajo reportado en la literatura relacionado con la granulometría de la leche y el efecto de la homogeneización sobre la calidad del queso, aunque si algunas referencias sobre la homogenización de crema y proteínas con aceites para mejorar las propiedades de los quesos [3-8].

El proceso que permite variar el tamaño de gota de la leche, es la homogeneización, cuya finalidad es que todas las gotas de la emulsión, presenten un tamaño similar. Dicha práctica tiene como finalidad estabilizar la emulsión grasa y mantenerla dispersa de forma uniforme en el líquido; esta le da a la leche un sabor más dulce y una textura más suave. Cuanto más estrecha es la distribución de tamaño y cuanto más bajo sea el valor promedio del diámetro de la gota, más estable es la emulsión [9].

En cuanto a sus aspectos físico-químicos, la homogeneización produce una modificación de la estabilidad de las gotas de grasa, y la leche coagula más fácilmente, y el coágulo formado es mucho más blando, poroso y permeable. La homogeneización de la leche o de la nata, reduce el tamaño de los glóbulos grasos pero aumenta su número de forma considerable. El diámetro de gota de la leche ya homogeneizada es alrededor de 1 μm , que sigue reflejando las longitudes de ondas largas, siendo este el motivo que permite un aumento del color blanco de la leche y el poder colorante de la nata luego de la homogeneización [1].

Las variables que más influyen en este proceso son la temperatura, la presión y el tipo de válvula utilizada [2], así como también, las características mecánicas del homogeneizador, la in-

corporación de aire en el circuito y la naturaleza de los productos a tratar. La temperatura, generalmente debe estar entre 50 a 60°C. La presión va a depender del fluido y del equipo utilizado.

Existen pruebas directas que evalúan la eficacia de una homogeneización, como el análisis cuantitativo de la grasa que se separa; o también medir los glóbulos grasos y observar su distribución en función del diámetro. La forma más rápida y precisa que existe para obtener estos datos es la de utilizar aparatos electrónicos como un contador Coulter o Malvern que se utilizan en la caracterización de las emulsiones [10].

Una forma de conocer el efecto de la homogeneización sobre los quesos, es a través, de la evaluación de las propiedades organolépticas, con el uso de un análisis sensorial, que realiza un panel de degustadores no entrenados [11-12]. Para la evaluación de la dureza de la pasta se determina la magnitud del índice de penetración. En este mismo sentido, el rendimiento quesero, es otra forma de conocer, de qué manera, el proceso utilizado para su elaboración, afecta el producto final. Esta es una de las variables determinantes, ya que permite evaluar la calidad del producto y su rentabilidad económica.

En trabajos recientes [4, 7], se indica que la utilización de crema homogeneizada en la elaboración de queso Cheddar incrementa la estabilidad de la leche, así como, el contenido de sal y la humedad en el queso. La aplicación de dos presiones en serie como 6.9/3.5Mpa, mejora el rendimiento y las propiedades organolépticas como textura, cuerpo y sabor del queso Cheddar. Otro estudio [8] revela que la homogeneización de la crema utilizada en la producción de queso Mozzarella baja el contenido de grasas libres a 49% y los quesos que se obtienen con este método son más blandos. En todos estos casos se homogeneiza sólo la crema que se agrega a la leche, por consiguiente el objetivo de este trabajo es el demostrar el efecto de este proceso sobre el rendimiento y las propiedades de los quesos madurados obtenidos a partir de leche con diferentes contenidos grasos, mediante la utilización de un sistema sencillo y económico de homogeneización. También se realiza un análisis granulométrico por difracción de luz láser, para correlacionar la granulometría de la leche con el tratamiento de homogeneización.

Parte experimental

Se elaboraron quesos madurados de pasta blanda, con leche pasteurizada y homogeneizada con tres contenidos grasos y utilizando como blanco, leche pasteurizada sin homogeneizar. Las experiencias se realizaron cuatro veces, para cada una de las condiciones siguientes: pasteurizada sin homogeneizar para contenidos de 3,2%, 2,8% y 2,5% de grasa y pasteurizada y homogeneizada para los mismos contenidos de grasa mencionados. Se calculó la desviación estándar (s) para cada caso.

Materiales

La leche de vaca fue suministrada por la Planta Piloto de la Universidad de Los Andes "Lácteos Santa Rosa". Para cada prueba se utilizaron 10 L de leche, de los que se tomaron 100 mL para realizar el análisis del contenido graso y el análisis granulométrico. La cantidad restante se dividió en tres porciones equivalentes con los cuales se realizaron tres quesos con iguales características.

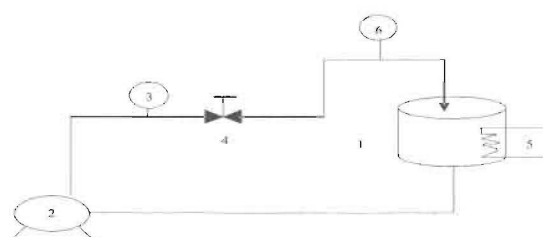
Elaboración de los quesos

El procedimiento seguido para todas las experiencias es el siguiente:

Se estandarizó el contenido graso de la leche en el caso de 2,8 y 2,5% agregando ALAPRO 4560 (concentrado de proteínas de leche en polvo fabricado por ultrafiltración, New Zealand Milk Products), agitando con una batidora durante 5 minutos.

Se pasteurizó la leche en una marmita de acero inoxidable con agitación, sometiéndola a un tratamiento térmico de 65°C durante media hora. Se tomó una muestra de (50-100) mL para realizar el análisis de granulometría de la leche sin homogeneizar.

En el proceso de homogeneización aplicado, la leche entra a la planta piloto (Figura 1) a 55°C y se mantiene a esta temperatura mediante un sistema de calefacción. La leche es alimentada al circuito de homogeneización mediante una bomba de desplazamiento positivo tipo diafragma, marca Hydracell, modelo D-10 (Wanner Engineering). Además, este circuito consta de 1,5 m de tubería de acero inoxidable de diámetro de ½ pulgada, de un manómetro y de una válvula tipo aguja con



1. Tanque de alimentación. 2. Bomba. 3. Manómetro. 4. Válvula de aguja. 5. Serpentín de calefacción. 6. Medidor de temperatura.

Figura 1. Diagrama de la planta piloto de homogeneización utilizado en la investigación.

cuerpo forjado de acero inoxidable de ¼"x ¼", marca Hoke, modelo 381268Y, donde ocurre la homogeneización y un tanque de alimentación.

La homogeneización se realiza en dos etapas: primero se aplica una presión de 0,93 MPa durante 10 min. y luego 1,2 MPa por 15 min. Este procedimiento tiene la finalidad de mejorar el proceso de homogeneización, ya que al aplicar 0,93 MPa es posible la formación de grumos, que se rompen al aplicar 1,2 MPa [2]. Luego de homogeneizada la leche, se toma una muestra de 50 mL para realizar el análisis granulométrico.

La Figura 1 representa el Diagrama de la planta piloto de homogeneización utilizado en la investigación. Se deja enfriar la leche a 45°C. Se elabora a partir del liofilizado de *Streptococcus thermophilus* una solución madre al 1% y se inocula la leche (1,59 g de la madre por cada ½ L de leche). Luego se enfría a 40°C, se le agregan los fermentos lácticos mesófilos (mezcla en partes iguales de *Streptococcus cremoris* y *Streptococcus lactis*). Se deja enfriar a 35°C y se agrega el cuajo (marca Bioven) de origen animal (3 g/100mL de leche). Se agita durante 3 min. y se deja hasta reposo. Se espera de 30 a 40 minutos para que se forme una cuajada firme. Se hace el corte de la cuajada de forma mecánica con una lira, hasta obtener el tamaño de grano de 1 cm de arista. Luego se agita durante 10 minutos en un mismo sentido y se deja reposar durante 3 min. Se desuera en un 30% del volumen de leche inicial, se deja reposar 3 min., se lava la cuajada agregando agua a 40°C en la misma cantidad que se eliminó de suero, se le agrega sal y se agita durante 10 minutos. Finalmente se moldea la cuajada en moldes hechos de tubos de 2 pulgadas en PVC y se voltean los quesos entre 6 y 8 veces, para permitir que continúe el desuero.

A las 24 horas, se desmolda y se introducen en el baño de salmuera durante 1 hora y media. Se sacan del baño de sal y se llevan a un cuarto acondicionado para la maduración de los quesos donde se dejan durante 16 días a 85% de humedad relativa y 18°C.

Análisis realizados a los quesos

Determinación del rendimiento quesero

Para determinar este parámetro se pesó cada una de las muestras el día 16 de la maduración, y se calculó de la siguiente manera

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Volumen de leche utilizada (L)}}{\text{Peso de queso producido (kg)}} \quad (1)$$

Rendimiento

Determinación del índice de penetración

Esta variable fue medida el día 16 de maduración con la utilización de un Penetrómetro (Universal Penetrometer. Material Testing Equipment Forney's Inc.)

Granulometría

Para el análisis de la distribución de tamaños de gota de las diferentes muestras de leche (granulometría) se empleó el equipo de difracción láser Mastersizer/E (Malvern, Reino Unido). El principio de este equipo se basa en un haz paralelo de luz coherente monocromática (Láser) que pasa a través de una pequeña zona que contiene partículas o gotas, formando así un patrón de difracción. Esta técnica está basada en el hecho de que el ángulo de difracción de luz láser aumenta a medida que el tamaño de la gota disminuye. La proporción de gotas incluidas en una clase, es la proporción de volumen de estas gotas con respecto al volumen de la fase interna. No obstante, si la distribución sigue una estadística log-normal (que es la más común) las frecuencias de distribución en volumen pueden traducirse en una distribución equivalente y parámetros promedios. La distribución de tamaños de gotas puede ser expresada en función de la frecuencia vs logaritmo del diámetro de partícula. Algunos de los parámetros estadísticos frecuentemente usados para describir el tamaño de gota son: *La mediana*, que es el tamaño que representa el 50% de la distribución acumulada, y se usa la notación

$D(x, 0.5)$ [13] donde x indica si se trata de distribución en número o volumen. *El Span* (amplitud de la distribución): indica que tan amplia es la distribución, y se calcula según la ecuación (2):

$$\text{Span} = \frac{D(v, 0.9) - D(v, 0.1)}{D(v, 0.5)} \quad (2)$$

donde el $D(v, 0.9)$ y $D(v, 0.1)$ representan las frecuencias para el 90 y 10% de la distribución en volumen.

Evaluación de las propiedades organolépticas

Estas pruebas fueron realizadas con la participación de un panel formado por quince degustadores no entrenados, quienes reflejaron sus opiniones con respecto al sabor, color, textura y calidad total de 90 muestras seleccionadas aleatoriamente de acuerdo a un formato desarrollado para tal fin usando la metodología de Mackey y col. y Watt y col. [11, 12]. La escala de evaluación es del 1 al 8 para el sabor y color y del 1 al 3 para la textura y la calidad total, relacionando los mayores puntajes con la mejor propiedad.

Resultados

En la Figura 2 se presentan diagramas de distribución de tamaño de gotas para la leche cruda con un contenido de grasa de 3,2% sin homogeneizar y sin pasteurizar (a), para la leche sin homogeneizar y pasteurizada (b), para la leche homogeneizada pasteurizada (c) y leche comercial (d). Se observa que entre la leche cruda y la leche pasteurizada hay una leve disminución del diámetro promedio de la gota ($D(v, 0.5)$), que se puede atribuir a que al aumentar la temperatura se facilita la coalescencia de las gotas, entre otras cosas por la disminución de la viscosidad del medio continuo al aumentar la temperatura y por choques entre gotas con mayor energía. Al hacer pasar la leche a través de una válvula de aguja, ésta le produce un cizallamiento a las gotas de grasa que las rompe, como en efecto se observa en la Figura 2c. El proceso somete a la leche a una caída de presión a través de la válvula de 0,93 MPa durante 10 minutos y luego a una caída de 1,2 MPa durante 15 minutos. Estas presiones son mucho menores que las utilizadas por Nair y otros [7] en la homogenización de la crema de le-

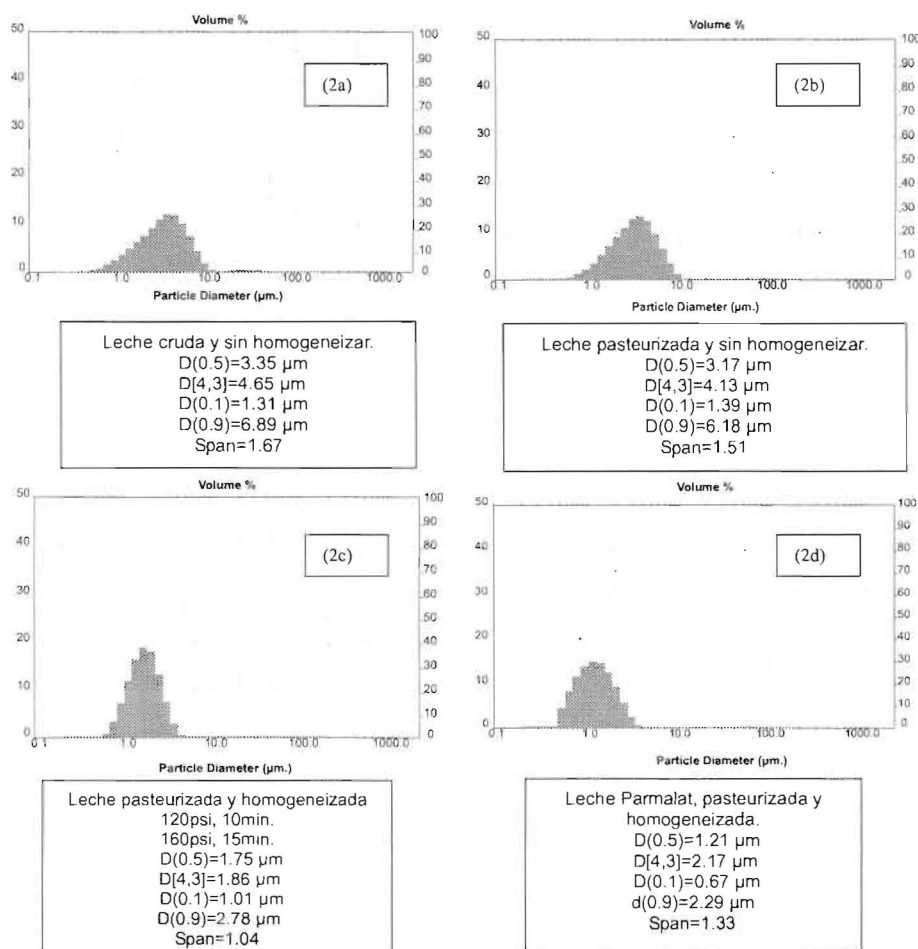


Figura 2. Granulometría de las muestras de leche de 3,2 % de contenido de grasa: (a) sin pasteurizar y sin homogeneizar, (b) pasteurizada sin homogeneizar, (c) pasteurizada y homogeneizada y (d) leche comercial pasteurizada y homogeneizada.

che para producir queso Cheddar. El proceso se realiza a 55°C , con lo que se reduce la viscosidad de la leche, pero no se alteran sus propiedades organolépticas. El diámetro de las gotas de leche se reduce de $3,17 \mu\text{m}$ (desviación estándar, $s=0,17$) a $1,75 \mu\text{m}$ ($s=0,09$), casi a la mitad y la amplitud se reduce de $1,51$ ($s=0,27$) a $1,04$ ($s=0,09$). Es decir, se obtienen gotas más pequeñas y con una diferencia de tamaños entre ellas mucho menor; se homogeneiza la leche.

Es importante comparar la leche homogeneizada en el laboratorio con una leche comercial. Para ello se utilizó leche comercial (2,8% grasa) de la empresa de productos lácteos (Parmalat), con tecnología de punta en esa área. La Figura 2 muestra la distribución de gotas de la leche comercial (2d) y la leche homogeneizada en el labo-

torio (2c). El tamaño promedio de gota de la leche comercial ($D(v, 0,5)$) es de $1,21 \mu\text{m}$ y la amplitud es de $1,33$. El tamaño promedio de gota es algo menor al de la leche homogeneizada en el piloto del laboratorio de $1,75 \mu\text{m}$, pero la amplitud es mayor. Sin embargo, aún con la amplitud mayor, la leche comercial siempre tiene gotas de menor tamaño que la homogeneizada en el laboratorio, como lo indican los valores del tamaño de gota a $D(v, 0,9)$ son de $2,29 \mu\text{m}$ vs $2,78 \mu\text{m}$. Estos resultados muestran que es posible obtener una buena homogeneización de la leche utilizando una válvula de aguja.

El sistema usado en el laboratorio es mucho menos costoso y fácil de implementar que un homogeneizador comercial y podría ser utilizado en plantas de producción a pequeña escala.

Las presiones usadas también son relativamente bajas, por lo que los costos de energía también son menores que con un homogeneizador comercial.

Todos los resultados anteriores son para un contenido de grasa de 3,2%. Para contenidos de grasa de 2,8% y 2,5% los resultados son similares. Esto indica que dentro de los rangos estudiados, el contenido de grasa en la leche no influye en la homogeneización. Para un 2,8% la leche sin homogeneizar tiene un $D(v, 0,5)$ de $3,44 \mu\text{m}$ ($s= 0,37$) vs $1,68 \mu\text{m}$ ($s= 0,08$) para la leche homogeneizada con amplitudes de distribución de 2,01 ($s= 0,75$) y 1,28 ($s= 0,12$) respectivamente. En el caso del 2,5% de contenido de grasa, los diámetros medios, $D(v, 0,5)$ son para la leche sin homogeneizar de $3,80 \mu\text{m}$ ($s= 0,39$) y para la homogeneizada de $1,64 \mu\text{m}$ ($s= 0,02$) con amplitudes de 2,26 ($s= 0,81$) y 1,06 ($s= 0,05$) respectivamente. En general el tamaño final promedio de gota es similar en todos los casos y depende de las condiciones de homogeneización aplicadas, es decir, el mismo cizallamiento. Estas condiciones limitan el corte sobre las gotas y por ende su ruptura. Para gotas de alrededor de $1,70 \mu\text{m}$, el cizallamiento no es efectivo y por lo tanto, una vez obtenida la distribución final, no tiene sentido continuar con el proceso de cizallamiento.

Se observó que en todos los casos el rendimiento de los quesos preparados con la leche homogeneizada es superior al de la leche sin homogeneizar. Esto se debe a que los quesos preparados con leche homogeneizada retienen más suero que los de leche sin homogeneizar, como se muestra en la Figura 3. En el peor de los casos (3,2% de grasa), el rendimiento es de dos litros de leche menos para producir un kilogramo de queso, esto representa un ahorro en leche del 22% si se toma como base la cantidad de leche requerida para producir un kilogramo de queso con leche homogeneizada.

La retención de mayor cantidad de sueros se podría explicar porque al haber gotas de grasa más grandes y con amplitud mayor en la distribución de tamaños, producen una cuajada menos compacta que deja escurrir mayor cantidad de suero (con lo que se pierden mayor cantidad de proteínas y elementos nutritivos).

En general, los quesos fabricados con leche homogeneizada son más blandos, tal como lo indi-

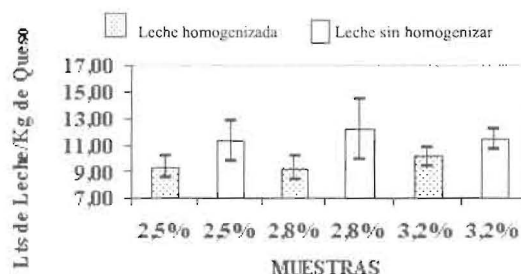


Figura 3. Rendimiento de los quesos a los 16 días de maduración (litros de leche/kg. de queso).

ca el índice de penetración (Figura 4). La mayor penetración es de 22 mm para el queso con mayor contenido de grasa. En el caso de los quesos preparados con leche sin homogeneizar, la mayor penetración fue de 15 mm, menor que la penetración más baja de los quesos fabricados con leche homogeneizada.

El color es más amarillento para los quesos preparados con leche homogeneizada y presentan un mejor aspecto. En cuanto al sabor, los quesos fabricados con leche homogeneizada eran en general menos fuertes que los preparados con leche sin homogeneizar, con la excepción del queso obtenido a partir de leche con 3,2% de grasa. En Venezuela, por lo general, el consumidor prefiere quesos de sabor suave. En cuanto a la textura, siempre fue más lisa la de los quesos preparados con leche homogeneizada, lo que coincide con los resultados de homogeneizar la crema de la leche del queso Cheddar [4, 7]. Los quesos preparados con leche sin homogeneizar tienen una textura que tiende más hacia arenosa. Esta sensación concuerda con la de una estructura menos homogénea que, permite que escurra el suero en mayor cantidad y el rendimiento sea menor.

Finalmente, la Figura 5 muestra el resultado de todas las pruebas de degustación, como calidad total, que se obtiene a partir de los valores obtenidos en textura, color y sabor dado por los panelistas. Los quesos preparados con leche homogeneizada superan en todos los casos a los preparados con leche sin homogeneizar, siendo el mejor el obtenido a partir de leche con un contenido de grasa de 3,2%. Los quesos preparados

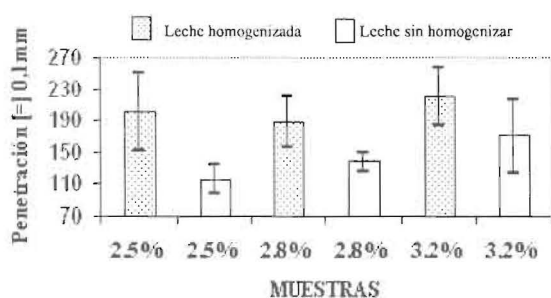


Figura 4. Índice de penetración de los quesos madurados para diferentes contenido graso.

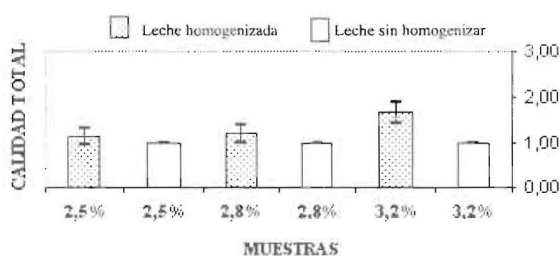


Figura 5. Calidad total según el panel de degustadores.

con leche sin homogeneizar están en el límite inferior de calidad en el nivel de no aceptables.

En general, al homogeneizar la leche se gana en rendimiento y calidad de quesos producidos para la variedad de quesos madurados de pasta blanda.

Conclusiones

Los quesos a partir de leche pasteurizada y homogeneizada, presentaron mejor coloración que los de leche pasteurizada sin homogeneizar. El índice de penetración para los quesos con leche homogeneizada fue más alto que para quesos con leche sin homogeneizar; y entre los obtenidos a partir de leche homogeneizada, la leche con mayor contenido graso (3,2%), produjo el queso más suave, es decir, con el mayor índice de penetración.

En el análisis sensorial, se determinó, que los quesos producidos con leche homogeneizada presentaron textura más lisa que los no homogeneizados, siendo el obtenido con leche homogeneizada con contenido de grasa de 3,2%, el que tuvo la textura más lisa de todos los quesos. El sabor de los quesos no presentó una diferencia no-

table relacionada con el tratamiento dado a la leche utilizada en su elaboración. Según el panel de degustadores no entrenados, los quesos con mejores propiedades organolépticas fueron los de leche homogeneizada, siendo el mejor de ellos el obtenido con leche con 3,2% de grasa.

El rendimiento en el proceso de elaboración de los quesos maduros fue mayor para los elaborados con leche homogeneizada.

El proceso de homogenización puede ser realizado con un sistema bomba-válvula sencillo y económico que tiene un gran efecto sobre el rendimiento y propiedades de los quesos.

Agradecimiento

Agradecemos al CDCHT de la Universidad de Los Andes y al FONACIT, por el financiamiento de este proyecto y a los profesores María Isabel Briceño, Ferenc Szigueti. A los Técnicos del Laboratorio de Suelos de la Escuela de Ingeniería Civil, a Francia Véjar, Nilo Morillo y Venturino Miranda del Laboratorio FIRP de la Universidad de Los Andes, por su ayuda en el manejo de los equipos.

Referencias Bibliográficas

1. Alfa Laval Food Engineering AB. Manual de Industrias Lácteas. AMV Ediciones. 2da Edición. Madrid. 1990.
2. Cobos A.; Díaz O.: "La homogeneización de la leche y productos lácteos". Alimentación, equipos y tecnología. Julio/agosto, N° 6. 31-36, 1996.
3. Buffa, M.; Trujillo, A.; Paiva, M.; Guamis, V.: "Changes in textural, microstructural, and colour characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goats milk". International Dairy Journal, Vol. 11, No 11-12, 927-934, 2001.
4. Oommen B.S., Mistry V.V.; Nair M.G.: "Effect of homogenization of cream on composition, yield, and functionality of Cheddar Cheese made from milk supplemented with ultrafiltered milk". Lait. Vol 80. 77-91, 2000.
5. Rudan M.A., Barbano D.M., Gu M.R., Kindstedt P.S.: "Effect of the modification of fat particle size by homogenization on composition, proteolysis, functionality, and appearance of reduced fat Mozzarella cheese".

- Journal of Dairy Science Vol 81 N° 8. 2065-2076, 1998.
6. Ghosh B.C., Kulkarni S.: "Low cholesterol mozzarella cheese-Technology standardization". Journal of Food Science and Technology. Vol 33 N° 6. 488-492, 1996.
 7. Nair M.G., Mistry V.V.; Oommen B.S.: "Yield and functionality of Cheddar cheese as influenced by homogenization of cream". International Dairy Journal, Vol. 10, No 9. 647-657, 2000.
 8. Poduval V.S., Mistry V.V.: "Manufacture of reduced fat Mozzarella cheese using ultrafiltered sweet buttermilk and homogenized cream". Journal of Dairy Science. Vol. 82, 1-9, 1999.
 9. Wasan, D.T., Shah, S.M., Chan, M., Sampath, K., Shah, R.: "Spontaneous emulsification and the effect of interfacial fluid properties on coalescence and emulsion stability in caustic flooding". Chemistry of oil recovery. Johansen R.F. Ber R. Eds. ACS Symp. Series. 91, 15-140, 1978.
 10. Bullón J., Cárdenas A., Sánchez J.: "Emulsion filtration through surface modified ceramic membranes". J. Dispersión Sci. Technology. Vol. 23, No 1-3. 269-277, 2002.
 11. Watt B., Ylimaki G., Jeffery L.; Elias L.: "Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos". International Development Research Center. Ottawa. 1992.
 12. Mackey A., Flores I.; Sosa M.: "Evaluación sensorial de los alimentos". Ediciones CIEPE. 2ª edición. San Felipe, 1984.
 13. Salager, J.: "Tamaño de gotas de una emulsión". Cuaderno FIRP N° 235. Laboratorio de Formulación, Interfases, Reología y Procesos. Escuela de Ingeniería Química. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 1993.

Recibido el 26 de Mayo de 2003

En forma revisada el 14 de Junio de 2004