

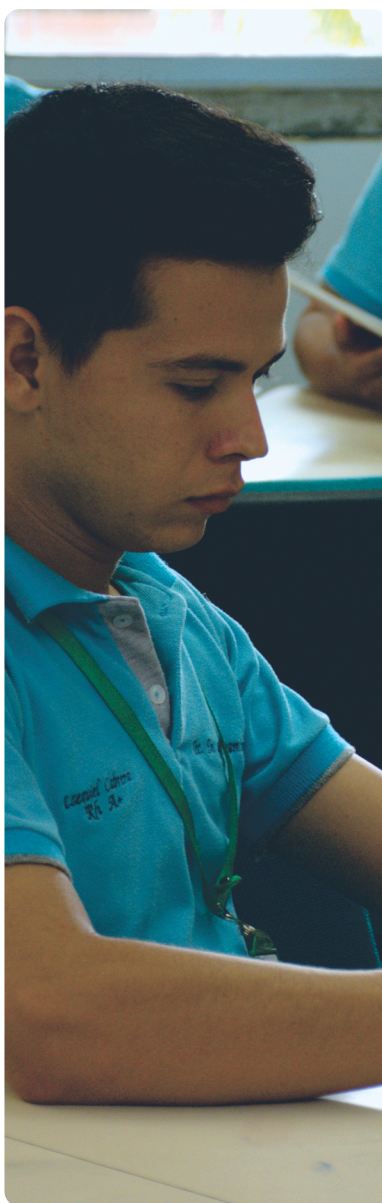
Integra

Investigación Aplicada

Desarrollo tecnológico en Innovación de la regional Santander



SENNOVA



INFLUENCIA DE LA FILTRACIÓN DE LECHE FRESCA CON MEMBRANAS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE QUESOS HILADOS.

INFLUENCE OF FRESH MILK FILTRATION USING MEMBRANES ON THE PRODUCTION OF STRETCHED-CURD CHEESE.

Fecha de recepción del artículo: 18 de Febrero del 2017



SENA Regional Santander
Centro de Formación: Centro de Atención al Sector Agropecuario
Grupo de Investigación: Chocadig

Juan-Carlos González-Téllez
Gustavo Adolfo Molina Malagón
Yessica Tatiana Hernández Ordoñez

Grupo de investigación (CICTA), Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga (Colombia). cjmuvdi@uis.edu.co

Francisco Luis garnica Corrales
Yolanda Mantilla Álvarez
Carlos Jesus Muvdinova

Semillero IDALCA, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA C.A.S.A, Piedecuesta (Colombia).

Resumen

Leche fresca entera y semi-descremada fue filtrada utilizando tecnología con membranas de MF y UF, como estrategia para la concentración de proteínas lácteas encaminadas a la elaboración de quesos hilados. Membranas cerámicas de diferentes tamaños de poro (0,45 µm, 0,2 µm, 300 kDa, 150 kDa, 50 kDa y 8 kDa) fueron utilizadas para evaluar la influencia de este parámetro sobre la productividad y selectividad. Para la filtración de leche semi-descremada (1,1% p/p de grasa), las membranas de 300 kDa y 0,2 µm mostraron las más altas permeabilidades ($167 \pm 69 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ y $71,9 \pm 42 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) y porcentajes de retención de proteína (89,98% y 89,08%), respectivamente. Las pruebas realizadas con leche entera evidenciaron una menor productividad durante la filtración para los diámetros de poro evaluados bajo las mismas condiciones de operación.

Palabras Clave

leche, proteína, queso hilado, filtración, membrana, concentración.

Introducción

La leche y sus derivados han sido una temática muy estudiada en los últimos años. Sus propiedades y características nutricionales la han convertido en un alimento esencial desde la antigüedad. Es por ello que se busca la mejora tecnológica de los procesos en los cuáles interviene, para maximizar su aprovechamiento. Diversos estudios muestran que después del consumo directo, la mayoría de la leche es utilizada en la elaboración de quesos diversos, siendo éstos los derivados lácteos que mayor valor dan a la leche (Cunningham, 2008). En Colombia éstos cuentan con una humedad total del 50%, una consistencia semi-blanda y un alto contenido graso, como el doble crema, el quesillo y el queso pera (Quintana et al., 2011). Una de las importantes problemáticas en la producción quesera son los bajos rendimientos obtenidos, asociados principalmente a las bajas concentraciones de caseína en la leche fresca. Para quesos hilados, estos rendimientos están entre el 8 y el 13%.

Summary

Fresh whole milk and semi-skimmed milk were filtered using MF and UF membrane technology, as a strategy for the concentration of milk proteins aimed at production of stretched-curd cheese. Ceramic membranes of different pore sizes (0,45 µm, 0,2 µm, 300 kDa, 150 kDa, 50 kDa and 8 kDa) were used to evaluate the influence of this parameter over productivity and selectivity. For filtration of semi-skimmed milk (1,1% w/w fat) 300 kDa and 0,2 µm membranes showed the highest permeabilities of $167 \pm 69 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ and $71,9 \pm 42 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ and protein retention percentages of 89,98% and 89,08%, respectively. Tests with whole milk showed lower productivity during filtration for the evaluated pore diameters under the same operating conditions.

Key Words

milk, protein, stretched-curd cheese, filtration, membrane, concentration.

Introduction

Milk and its derivatives have been a subject studied in recent years. Its nutritional properties and characteristics have made it an essential food since antiquity. That is why it seeks technological improvement of the processes in which it intervenes, to maximize its use. Several studies show that after the direct consumption, most of the milk is used in the elaboration of diverse cheeses, being these dairy products that give greater value to the milk (Cunningham, 2008). In Colombia, they have a total humidity of 50%, a semi-soft consistency and a high fat content, such as double cream, cheese and pear cheese (Quintana et al., 2011). One of the important problems in cheese production is the low yields obtained, associated mainly with the low concentrations of casein in fresh milk. For yarn cheeses, these yields are between 8 and 13%.



Los procesos de separación por membranas han venido tomando fuerza en los últimos años en la industria de los alimentos, particularmente en el sector lácteo y de bebidas, debido a que es una tecnología que no afecta la estructura ni las propiedades organolépticas del producto procesado, gracias a sus condiciones moderadas de operación. Para su aplicación en lácteos se han utilizado comúnmente procesos baromembranarios con membranas cerámicas, principalmente en esquemas de micro y ultrafiltración (UF y MF), con el fin de concentrar los componentes presentes en la leche (Chacón, 2006), esencialmente sus proteínas.

El presente trabajo evalúa la utilización de la filtración con membranas en la concentración de proteínas de la leche fresca dirigida hacia la elaboración de quesos hilados.

Membrane separation processes have been gaining strength in recent years in the food industry, particularly in the dairy and beverage sector, because it is a technology that does not affect the structure or organoleptic properties of the processed product, thanks to its moderate operating conditions. For its application in dairy products, baromembranary processes with ceramic membranes have been commonly used, mainly in micro and ultrafiltration schemes (UF and MF), in order to concentrate the components present in the milk (Chacón, 2006), essentially their proteins.

The present work evaluates the use of filtration with membranes in the concentration of proteins of the fresh milk directed towards the elaboration of yarn cheeses.

Materiales y Metodo

Leche fresca sin pasteurizar, entera y semi-descremada fue suministrada por el Centro de Atención al Sector Agropecuario SENA C.A.S.A. de Piedecuesta Santander. Membranas cerámicas tubulares asimétricas mono canal fueron suministradas por TAMI® para realizar las filtraciones.

Sistema de filtración

Las pruebas de filtración se realizaron utilizando el piloto representado en la Fig.1. El piloto está compuesto de un tanque de alimentación de 10 L, una bomba centrífuga, dos módulos membranarios tubulares los cuales albergan membranas cerámicas de 13 cm de largo, con una superficie de filtración de $0,00307 \text{ m}^2$ y una válvula globo de 1" para fijar la presión transmembrana.

Materials and Methods

Unpasteurized, whole and semi-skimmed fresh milk was supplied by the Center of Attention to the Agricultural Sector SENA C.A.S.A. Of Piedecuesta Santander. Asymmetrical monochannel tubular ceramic membranes were supplied by TAMI® to perform the filtrations.

Filtration System

The filtration tests were performed using the pilot shown in Fig. The pilot is composed of a 10 L feed tank, a centrifugal pump, two tubular membrane modules which hold ceramic membranes 13 cm long, with a filtration surface of 0.00307 m^2 and a 1 "globe valve for fix the transmembrane pressure.

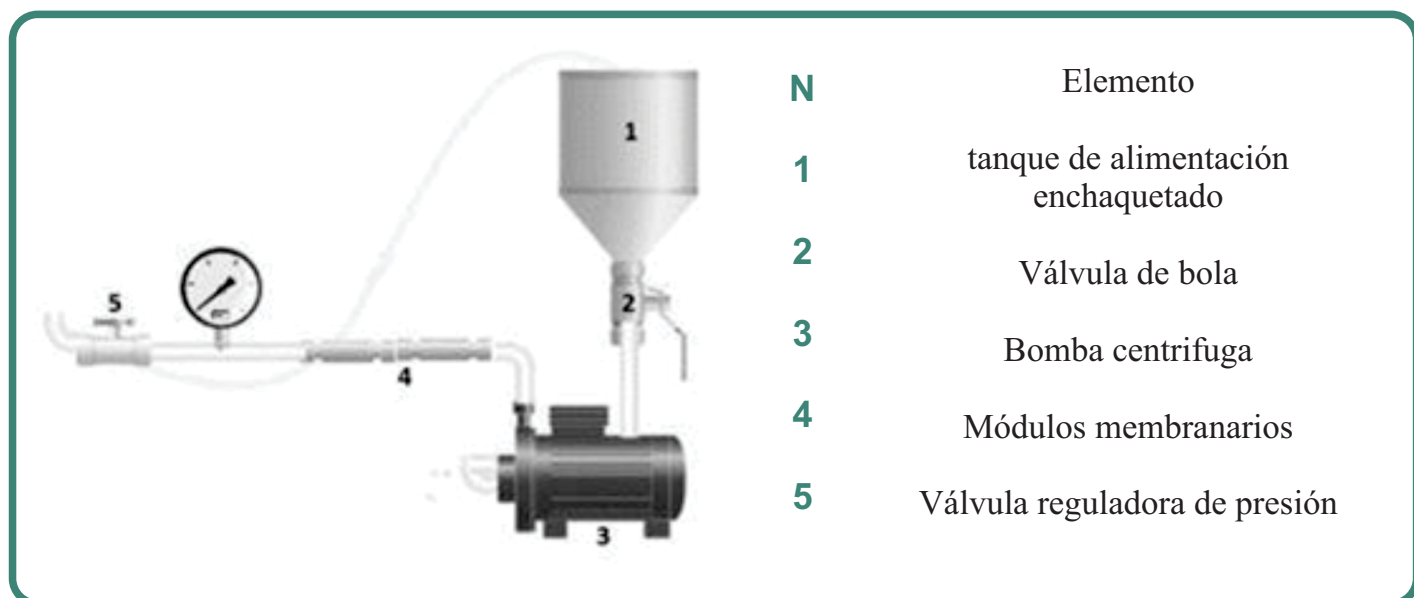


Figura 1. Piloto de filtración para membranas tubulares monocanal.

Figure 1. Filtration pilot for single-channel tubular membranes

La filtración de leche se realizó a 20 °C, una presión transmembrana de 200 kPa y una velocidad de alimentación de 7 m s⁻¹, durante 2 h. Fueron tomadas muestras tanto de retenido como de permeado cada 20 min para su posterior análisis.

Caracterización de retenidos y permeados

Durante la filtración fue determinada la permeabilidad [kg m⁻²h⁻¹] mediante la medición de la masa filtrada durante 20 s, por triplicado. Las muestras tomadas fueron caracterizadas en % materia seca y % ceniza, % proteína y % grasa, según Normas AOAC 990.19, 923.03, 991.20 y 2000, respectivamente.

Milk filtration was performed at 20 °C, a transmembrane pressure of 200 kPa and a feed velocity of 7 m s⁻¹, for 2 h. Both retained and permeate samples were taken every 20 min for further analysis.

Retention and permeate characterization

During permeation the permeability [kg m⁻² h⁻¹] was determined by measuring the mass filtered for 20 s in triplicate. The samples taken were characterized in

% Dry matter and % ash, % protein and % fat, according to AOAC Standards 990.19, 923.03, 991.20 and 2000, respectively.

Resultados y Discusión

Evaluación de la permeabilidad de las membranas UF y MF durante la filtración de leche semi-descremada.

El comportamiento de la permeabilidad registrada durante la filtración con leche semi-descremada en función del tiempo para cada una de las membranas evaluadas se muestra en la Fig.2. De ella se observa que las permeabilidades se estabilizaron en menos de 40 min en todos los casos. La membrana de 300 kDa presentó la mayor permeabilidad (167±69 kg m⁻²h⁻¹) con respecto a las demás membranas (superior al 130% para la membrana de 0,2 µm, segunda en cuanto a permeabilidad). Todas las membranas con tamaño de poro <300 kDa presentaron permeabilidades inferiores,

Results and Discussion

Evaluation of the permeability of UF and MF membranes during filtration of semi-skimmed milk

The behavior of permeability during filtration with semi-skim milk as a function of time for each of the evaluated membranes is shown in Fig. It is observed that the permeabilities stabilized in less than 40 min in all cases. The membrane of 300 kDa had the highest permeability (167 ± 69 kg m⁻² h⁻¹) with respect to the other membranes (higher than 130% for the membrane of 0.2 µm, second in terms of permeability). All membranes with pore size <300 kDa showed lower permeabilities, since as expected, the resistance

ya que como era de esperarse, la resistencia a la filtración aumenta con la disminución del tamaño de poro. De acuerdo a esto, se esperarían permeabilidades superiores con tamaños de poro >300 kDa, sin embargo, esto no se presentó debido al taponamiento parcial de los poros para estas membranas, al permitir el paso de moléculas de tamaños similares a los de los poros de éstas, como glóbulos grasos y caseínas.

En trabajos anteriores se han utilizado membranas cerámicas de $0,2\ \mu\text{m}$ para filtrar leche semi-descremada con permeabilidades de $180 \pm 5\ \text{kg m}^{-2}\text{ h}^{-1}$, sin embargo, fueron realizadas a una presión transmembrana de $241\ \text{kPa}$ y una temperatura de $50\ ^\circ\text{C}$, condiciones que influyen en el aumento de la permeabilidad (Punidades & Rizvi, 1998).

El filtrado con leche fresca presentó una notable reducción en la productividad de las membranas, debido a que la mayor concentración de glóbulos grasos en la leche aumentó los efectos de colmatación. Los porcentajes de pérdida de la permeabilidad fueron en promedio, 67,4%, 64,7%, 35,1%, 74,2%, 80,1% y 62,8% para las membranas de 8 kDa, 50 kDa, 150 kDa, 300kDa, $0,2\ \mu\text{m}$ y $0,45\ \mu\text{m}$, respectivamente.

to filtration increases with decreasing pore size. According to this, higher permeabilities with pore sizes $> 300\ \text{kDa}$ would be expected, however, this did not occur due to partial plugging of the pores for these membranes, allowing the passage of molecules of similar sizes to the pores of Such as fat globules and caseins.

In previous works, $0.2\ \mu\text{m}$ ceramic membranes were used to filter semi-skimmed milk with permeabilities of $180 \pm 5\ \text{kg m}^{-2}\text{ h}^{-1}$, however, they were performed at a transmembrane pressure of $241\ \text{kPa}$ and a temperature of $50\ ^\circ\text{C}$, conditions that influence the increase of permeability (Punidades & Rizvi, 1998).

The filtration with fresh milk presented a remarkable reduction in the productivity of the membranes, because the greater concentration of milk globules in the milk increased the effects of clogging. The percentages of loss of permeability were, on average, 67.4%, 64.7%, 35.1%, 74.2%, 80.1% and 62.8% for the membranes of 8 kDa, 50 kDa, 150 kDa, 300 kDa, $0.2\ \mu\text{m}$ and $0.45\ \mu\text{m}$, respectively.



Con esfuerzo, todo es posible.

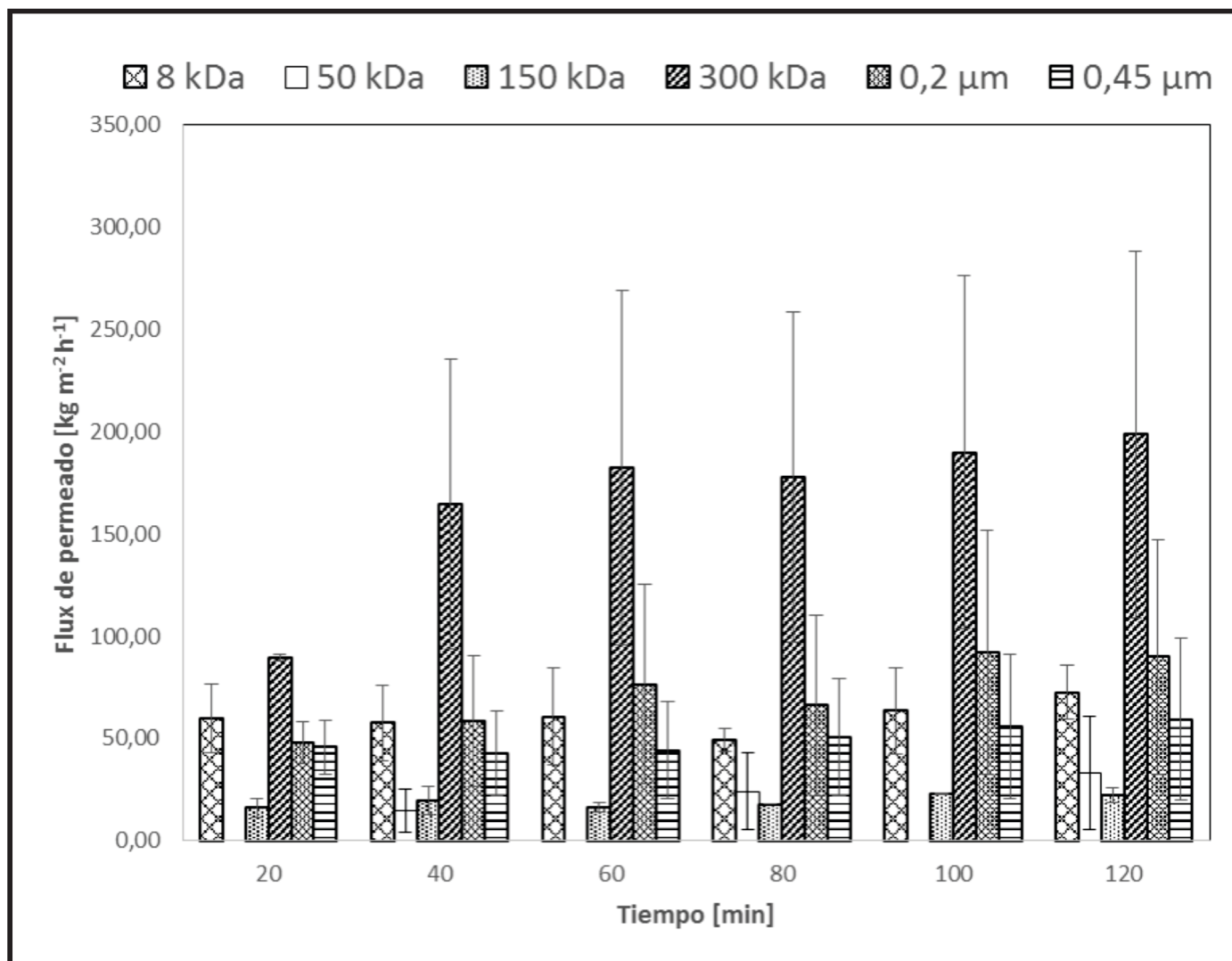


Figura 2. Permeabilidades de las membranas en la filtración de leche semi-descremada a 20°C, 200 kPa y velocidad de alimentación de 7 m s⁻¹.

Figure 2. Permeability of membranes in semi-skim milk filtration at 20°C, 200 kPa and feeding speed of 7 m s⁻¹.

Análisis del contenido de materia seca de retenidos y permeados obtenidos.

El contenido de materia seca en los retenidos presentó un comportamiento similar para los diferentes tamaños de poro (entre 9% y 10%), mientras que para los permeados el comportamiento no fue el mismo. El %materia seca en el permeado permite tener una idea de la capacidad de retención de las membranas. Altos niveles de estos componentes en el filtrado indican una retención baja, mientras que bajos porcentajes sugieren que la membrana está reteniendo mayor cantidad de sólidos. En la Fig.3 se aprecian %materia seca similares para los permeados de todos diámetros de poro evaluados, excepto para el de la membrana de 0,45 μm, el cual presenta los mayores contenidos de materia seca, evidenciando un mayor paso de sólidos a través de ella. Teniendo en cuenta que para este tamaño de poro no habrá retención ni de sales, ni de lactosa, ni de proteínas séricas, este aumento está relacionado con las caseínas de la leche.

Analysis of the dry matter content of retained and permeates obtained.

The dry matter content in the retained showed a similar behavior for the different pore sizes (between 9% and 10%), whereas for the permeates the behavior was not the same. The % dry matter in the permeate allows to have an idea of the retention capacity of the membranes. High levels of these components in the filtrate indicate low retention, while low percentages suggest that the membrane is retaining more solids. Fig. 3 shows similar dry matter for the permeates of all pore diameters evaluated, except for that of the 0.45 μm membrane, which presents the highest dry matter content, evidencing a greater solids flow to Through it. Taking into account that for this pore size there would be no

Retention of salts, lactose, or serum proteins, this increase is related to milk caseins.

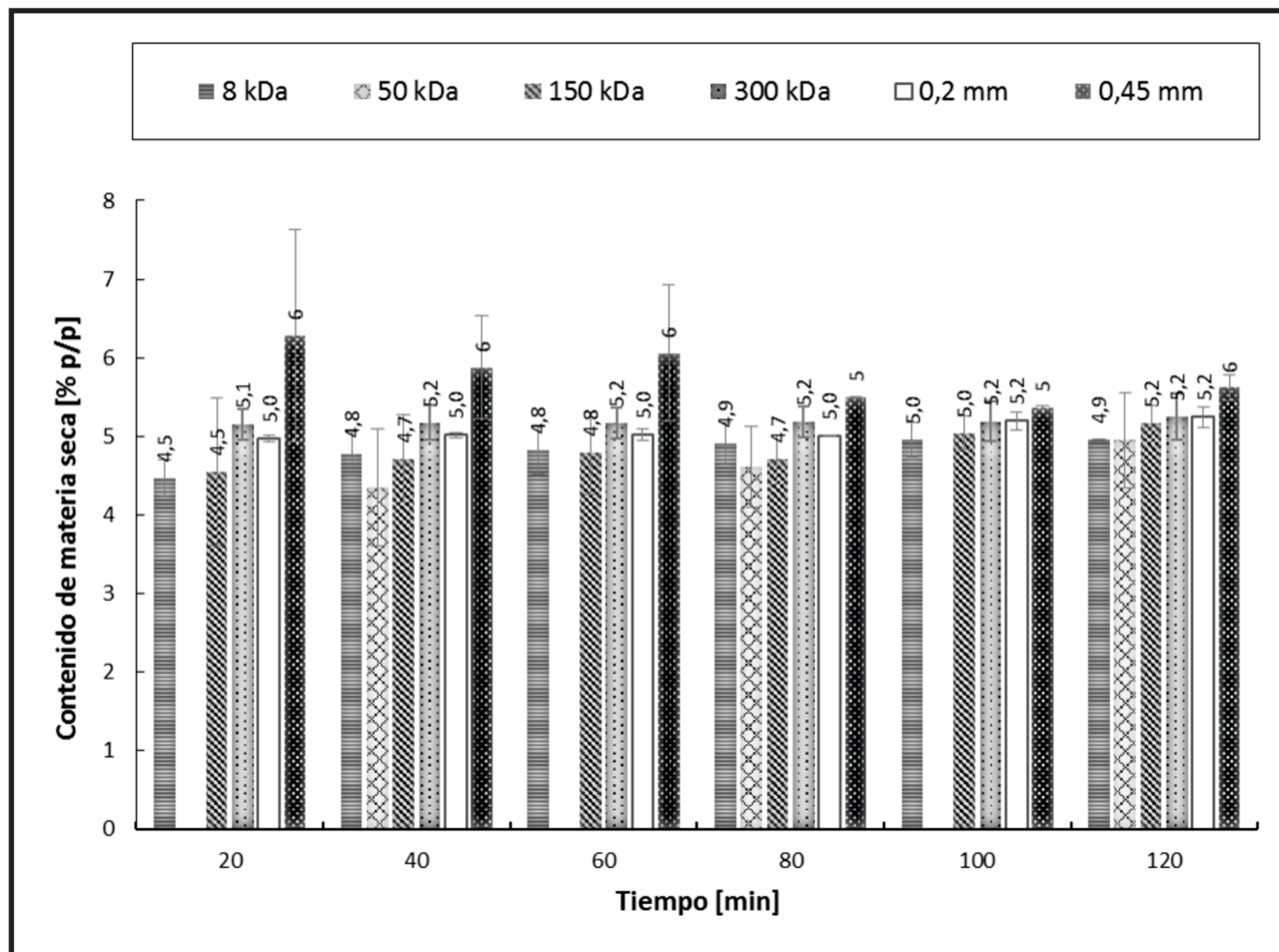


Figura 3. Contenido de materia seca en los permeados obtenidos de la filtración de leche semi-descremada a 20 °C, 200 kPa y velocidad de alimentación de 7 m s⁻¹.

Figure 3. Dry matter content in the permeates obtained Filtration of semi-skimmed milk at 20 °C, 200 kPa and Feed rate of 7 m s⁻¹.

Determinación de %proteína de filtrados y retenidos obtenidos.

La Tab.1. presenta los contenidos en proteína (%) para los permeados y retenidos obtenidos utilizando leche semi-descremada con membranas de 300 kDa y 0,2 µm, las cuales presentaron las mayores permeabilidades. A partir de éstos se determinaron los %retención de proteína (Tab.1.). En la leche se distinguen dos tipos de proteínas: las caseínas (insolubles en agua) con peso molecular de 24 kDa y las proteínas séricas (solubles en agua) con peso molecular de 18 kDa (Tolosa et al., 2006). Con base en lo anterior, se espera que las proteínas retenidas sean principalmente las caseínas tal como lo reportan Vadi et al. (2001), quienes utilizando membranas cerámicas tubulares de 0,2 µm alcanzaron una retención del 100% de caseínas.

Determination of% protein of filtrates and retained obtained.

Tab.1. Presents the protein content (%) for the permeates and retained obtained using semi-skimmed milk with membranes of 300 kDa and 0.2 µm, which presented the highest permeabilities. From these, the percent protein retention (Tab. 1) was determined. In milk, two types of proteins are distinguished: caseins (water insoluble) with molecular weight of 24 kDa and serum proteins (water soluble) with molecular weight of 18 kDa (Tolosa et al., 2006). Based on the above, the retained proteins are expected to be mainly caseins as reported by Vadi et al. (2001), who

Using 0.2 µm tubular ceramic membranes achieved a 100% retention of caseins.

Determinación de %proteína de filtrados y retenidos obtenidos.

La Tab.1. presenta los contenidos en proteína (%) para los permeados y retenidos obtenidos utilizando leche semi-descremada con membranas de 300 kDa y 0,2 μ m, las cuales presentaron las mayores permeabilidades. A partir de éstos se determinaron los %retención de proteína (Tab.1.). En la leche se distinguen dos tipos de proteínas: las caseínas (insolubles en agua) con peso molecular de 24 kDa y las proteínas séricas (solubles en agua) con peso molecular de 18 kDa (Tolosa et al., 2006). Con base en lo anterior, se espera que las proteínas retenidas sean principalmente las caseínas tal como lo reportan Vadi et al. (2001), quienes utilizando membranas cerámicas tubulares de 0,2 μ m alcanzaron una retención del 100% de caseínas.

Es importante señalar que fue analizado el contenido de grasa de todos los permeados mediante el método de Gerber y los resultados estuvieron por debajo del límite de detección de este método (0,18% p/p).

Tabla 1. Contenido de proteína y % retención de leche semi-descremada para filtrados obtenidos con membranas de 300 kDa y 0,2 μ m.

Membrana	Proteína retenido [%p/p]	Proteína permeado [%p/p]	Porcentaje de retención [%]
300 kDa	3,09	0,31	89,98
0,2 μ m	3,09	0,34	89,08

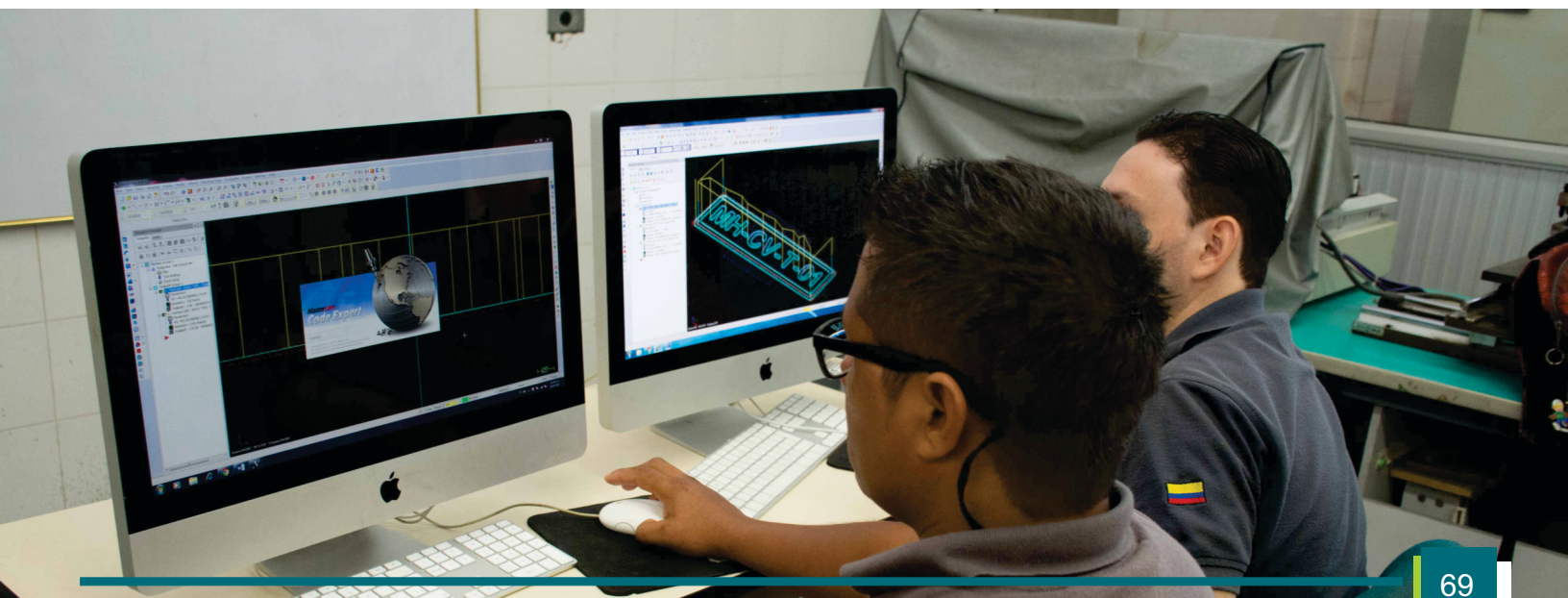
Determination of% protein of filtrates and retained obtained.

Tab.1. Presents the protein content (%) for the permeates and retained obtained using semi-skimmed milk with membranes of 300 kDa and 0.2 μ m, which presented the highest permeabilities. From these, the percent protein retention (Tab. 1) was determined. In milk, two types of proteins are distinguished: caseins (water insoluble) with molecular weight of 24 kDa and serum proteins (water soluble) with molecular weight of 18 kDa (Tolosa et al., 2006). Based on the above, the retained proteins are expected to be mainly caseins as reported by Vadi et al. (2001), who

Using 0.2 μ m tubular ceramic membranes achieved a 100% retention of caseins.

It is important to note that the fat content of all permeates was analyzed by the Gerber method and the results were below the detection limit of this method (0.18% w / w).

Table 1. Protein content and% retention of semi-skimmed milk for filtrates obtained with membranes of 300 kDa and 0.2 μ m.

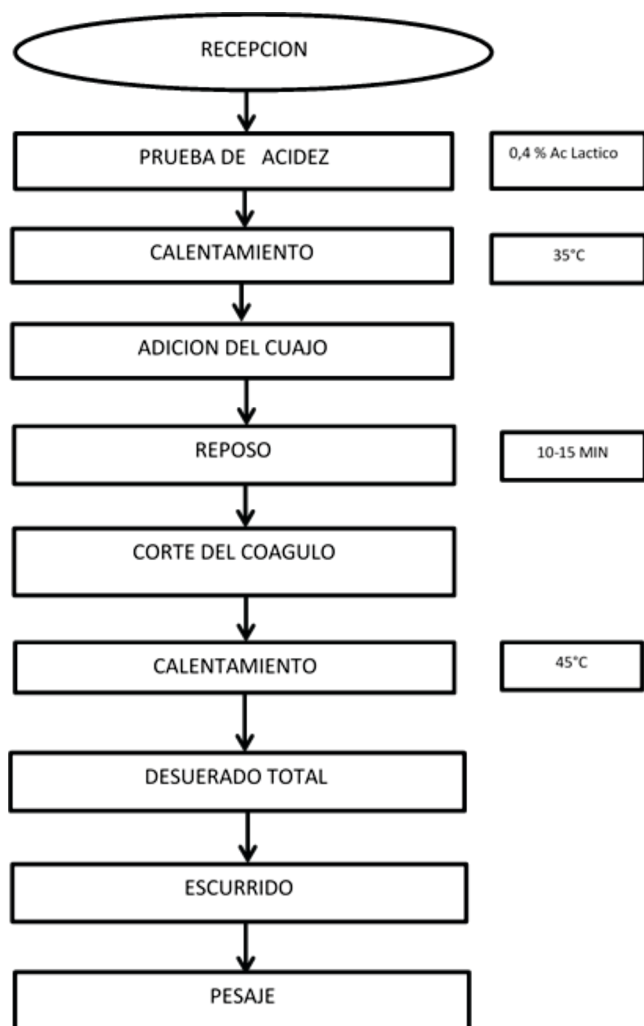


ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE CONTENIDO DE PROTEÍNAS SOBRE EL RENDIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE CUAJADA PARA LA OBTENCIÓN DE QUESOS HILADOS.

DETERMINACION DE RENDIMIENTO

Para determinar el rendimiento en la elaboración de cuajada se realizaron varias pruebas de coagulación en las cuales se empleó un baño Baño María con agitación lenta. Las muestras fueron de 500g de los concentrados obtenidos en la filtración con el FCV's de 2 y 3, previamente a cada una de las muestras se le reintegró la grasa extraída antes de la filtración, las pruebas se realizaron por duplicado, aplicando y ajustando el procedimiento ya establecido en el taller de lácteos del Centro de Atención al Sector Agropecuario SENA C.A.S.A de Piedecuesta. El diagrama de flujo del procedimiento se puede contemplar en la fig.1.

Figura 4. Diagrama de flujo

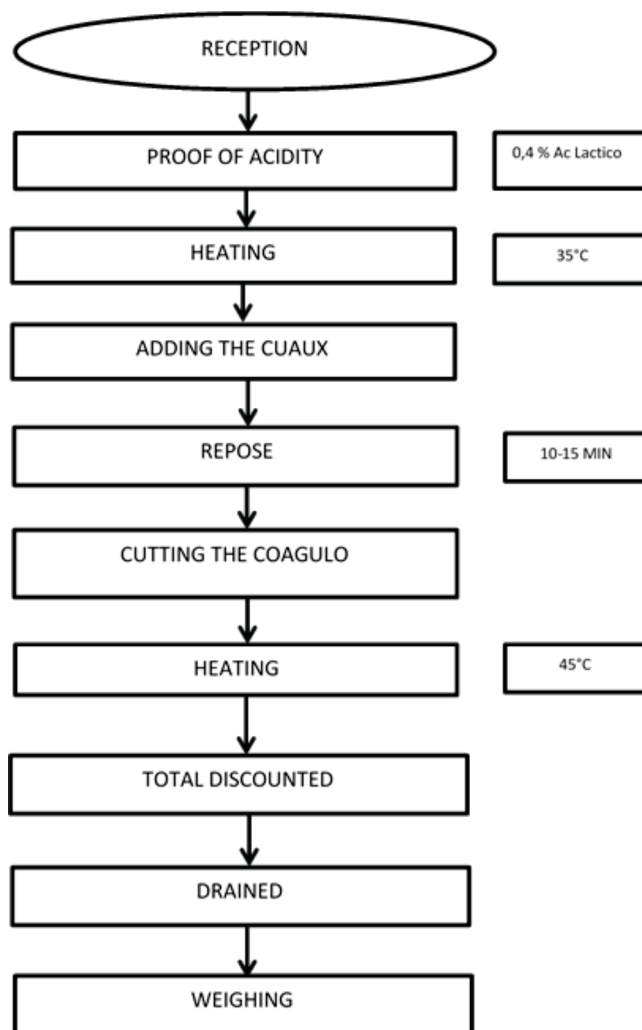


STUDY OF THE INFLUENCE OF PROTEIN CONTENT ON PERFORMANCE IN THE PRODUCTION OF CURD FOR THE OBTAINING OF YARNED CHEESES

DETERMINATION OF PERFORMANCE

To determine the performance in the elaboration of curd, several coagulation tests were carried out in which a bath was used with slow stirring. The samples were 500g of the concentrates obtained in the filtration with the FCV's of 2 and 3, before each of the samples was reintegrated the extracted fat before the filtration, the tests were performed in duplicate, applying and adjusting The procedure already established in the dairy workshop of the Center of Attention to the Agricultural Sector SENA CASA of Piedecuesta. The flow diagram of the procedure can be seen in fig.1.

Figure 4. Flowchart



PROCEDIMIENTO:

1. Recepción: Realizar pruebas de plataforma a la leche, acidez titulable, temperatura, densidad y Solidos solubles
2. Determinar la acidez: mediante el método de acidez titulable la leche debe estar en 40°Dornic y expresado en 0,4% de ácido Láctico para continuar con el proceso de calentamiento a 35°C
3. Adición del cuajo: se agrega cuajo (quimosina) a la muestra, 1 ml por litro de leche
4. Reposo: la muestra se deja en reposo de 30 min, durante esta etapa comienza la quimosina a actuar sobre el complejo caseína, en esta reacción el fosfocaseinato cálcico que se encuentra en forma soluble en la leche, se transforma por acción de la enzima coagulante en fosfoparacaseinato de calcio insoluble. El calcio y el fósforo desempeña un papel fundamental en el mecanismo de coagulación y forman parte del gel de caseína, este gel se contrae lentamente con la ayuda de la leche previamente acidificada e inicia el proceso de sinéresis.
5. Corte del coagulo: el gel formado se procede a cortar teniendo en cuenta el tipo de queso que se va a elaborar en este proceso el gel logra desuerar entre 50 a 90% del contenido inicial del agua de la leche.
6. Calentamiento : proceso que debe realizarse en forma gradual y lenta hasta 45°C, facilita la expulsión del suero de los granos de la cuajada, para obtener una textura en la cuajada más resistente.
7. Desuerado total: este proceso consiste en el drenaje total de la fracción líquida producida durante la coagulación.
8. Escurrido: se coloca la cuajada sobre una superficie inclinada para retirar el exceso de suero.
9. Pesaje: en esta etapa del proceso se procede a pesar cada una de las muestras para determinar el rendimiento obtenido.

PROCESS:

1. Reception: Perform platform tests on milk, titratable acidity, temperature, density and soluble solids
2. Determine the acidity: using the titratable acidity method the milk should be at 40 ° Dornic and expressed in 0.4% of lactic acid to continue the heating process at 35° C.
3. Addition of the rennet: rennet (chymosin) is added to the sample, 1 ml per liter of milk
4. Rest: the sample is allowed to stand for 30 minutes, during which the chymosin begins to act on the casein complex, in this reaction the calcium phospho- caseinate, which is soluble in milk, is transformed by the enzyme Coagulant in insoluble calcium phosphoparacaseinate. Calcium and phosphorus play a key role in the coagulation mechanism and are part of the casein gel, this gel is slowly contracted with the help of the previously acidified milk and begins the process of syneresis.
5. Cutting of the clot: the gel formed is proceeded to cut taking into account the type of cheese to be elaborated in this process the gel manages to dissolve between 50 to 90% of the initial content of the water of the milk.
6. Heating: a process that must be carried out gradually and slowly until 45 ° C, facilitates the expulsion of the serum from the grains of the curd, to obtain a texture in the toughest curd.
7. Total dewatering: this process consists of the total drainage of the liquid fraction produced during coagulation.
8. Drained: place the curd on a sloped surface to remove excess serum.
9. Weighing: at this stage of the process each sample is weighed to determine the yield obtained.

RESULTADOS EVALUACION DE RENDIMIENTO EN LECHE ENTERA

PRUEBA 1

Se evaluó el rendimiento de producción en leche cruda entera, como se muestra en la fig.2. fueron analizadas 3 muestras cada una de 400g con una acidez titulable de 40°Dornic, estas muestras se encontraban a una densidad de 1,030 g/ml y 9,5 % de solidos solubles. Se determinó el porcentaje de grasa de la leche utilizando el método de gerber obteniendo como resultado 2,7% de grasa. A continuación se muestra la fórmula empleada para determinar los porcentajes de rendimientos en la producción.

Fórmula para determinar rendimientos:

$$\% R = (w \text{ cuajada} / w \text{ leche}) \cdot 100\%$$

Muestra 1

$$\begin{aligned}\% R &= (w \text{ cuajada} / w \text{ leche}) \cdot 100\% \\ \% R &= \left(\frac{42,3g}{400} g \right) \cdot 100\% \\ \% R &= 10,57\end{aligned}$$

Muestra 2

$$\begin{aligned}\% R &= (w \text{ cuajada} / w \text{ leche}) \cdot 100\% \\ \% R &= \left(\frac{43g}{400} g \right) \cdot 100\% \\ \% R &= 10,75\end{aligned}$$

Muestra 3

$$\begin{aligned}\% R &= (w \text{ cuajada} / w \text{ leche}) \cdot 100\% \\ \% R &= \left(\frac{41g}{400} g \right) \cdot 100\% \\ \% R &= 10,25\end{aligned}$$

PRUEBA 2

Se realizó duplicado para evaluar rendimiento de producción en leche cruda entera, los cuales se representan en la fig.2. Se analizaron 3 muestras de 500g cada una. La leche presento una acidez de 40°Dornic para iniciar procesos de coagulación; la muestra mostro una densidad de 1,029 g/ml y 9,5% de solidos solubles; mediante el método de gerber se determinó que la leche entera tenía 2,7% de grasa.

RESULTS EVALUATION OF YIELD IN WHOLE MILK

TEST 1

The yield of whole raw milk was evaluated, as shown in Figure 2. Three samples each of 400g with a titratable acidity of 40 ° Dornic were analyzed, these samples were at a density of 1.030 g / ml and 9.5% of soluble solids. The fat content of the milk was determined using the gerber method, resulting in 2.7% fat. The formula used to determine the yield percentages in production is shown below.

Formula to determine yields:

$$\% R = (w \text{ cuajada} / w \text{ leche}) \cdot 100\%$$

Muestra 1

$$\begin{aligned}\% R &= (w \text{ cuajada} / w \text{ leche}) \cdot 100\% \\ \% R &= \left(\frac{42,3g}{400} g \right) \cdot 100\% \\ \% R &= 10,57\end{aligned}$$

Muestra 2

$$\begin{aligned}\% R &= (w \text{ cuajada} / w \text{ leche}) \cdot 100\% \\ \% R &= \left(\frac{43g}{400} g \right) \cdot 100\% \\ \% R &= 10,75\end{aligned}$$

Muestra 3

$$\begin{aligned}\% R &= (w \text{ cuajada} / w \text{ leche}) \cdot 100\% \\ \% R &= \left(\frac{41g}{400} g \right) \cdot 100\% \\ \% R &= 10,25\end{aligned}$$

TEST 2

Duplicate was performed to evaluate production yield in whole raw milk, which are represented in fig.2. Three samples of 500g each were analyzed. The milk had an acidity of 40 ° Dornic to start coagulation processes; The sample showed a density of 1.029 g / ml and 9.5% of soluble solids; Using the gerber method it was determined that the whole milk had 2.7% fat.

Muestra 1

$$\% R = (w_{cuajada} / w_{leche}) \cdot 100\%$$

$$\% R = \left(\frac{54,5g}{500} g \right) \cdot 100\%$$

$$\% R = 10,9$$

Muestra 2

$$\% R = (w_{cuajada} / w_{leche}) \cdot 100\%$$

$$\% R = \left(\frac{57,8g}{500} g \right) \cdot 100\%$$

$$\% R = 11,5$$

Muestra 3

$$\% R = (w_{cuajada} / w_{leche}) \cdot 100\%$$

$$\% R = \left(\frac{53,8g}{500} g \right) \cdot 100\%$$

$$\% R = 10,7$$

Muestra 1

$$\% R = (w_{cuajada} / w_{leche}) \cdot 100\%$$

$$\% R = \left(\frac{54,5g}{500} g \right) \cdot 100\%$$

$$\% R = 10,9$$

Muestra 2

$$\% R = (w_{cuajada} / w_{leche}) \cdot 100\%$$

$$\% R = \left(\frac{57,8g}{500} g \right) \cdot 100\%$$

$$\% R = 11,5$$

Muestra 3

$$\% R = (w_{cuajada} / w_{leche}) \cdot 100\%$$

$$\% R = \left(\frac{53,8g}{500} g \right) \cdot 100\%$$

$$\% R = 10,7$$

LECHE ENTERA	M1	M2	M3
PRUEBA 1 (%)	10,57	10,75	10,25
PRUEBA 2 (%)	10,9	11,5	10,7

EVALUACION DE RENDIMIENTO EN FCV2 PRUEBA 1

Se evaluó el rendimiento del FCV2 con leche cruda a la cual se reintegró la crema en el proceso de producción de cuajada se puede ver en la fig. 3.

Al finalizar el proceso de filtración con membranas el concentrado obtenido presento 14 % de solidos solubles y 0,1% de grasa, esta leche había sido descremada previamente al proceso de filtración. Al concentrado que se obtuvo fue incorporada la grasa que ha sido descremada, arrojando como resultado 2% de grasa, para estos análisis se empleó el método de Gerber. El tamaño de las muestras que se analizaron luego de la incorporación de la grasa fueron 5 de 500g cada una, con 40°Dornic de acidez recomendada para el proceso de obtención de quesos hilados.

Fórmula para determinar rendimientos:

$$\% R = (w_{cuajada} / w_{leche}) \cdot 100\%$$

EVALUATION OF PERFORMANCE IN FCV2 TEST 1

The yield of FCV2 with raw milk to which the cream was reintegrated in the curd production process was evaluated in Fig. 3.

At the end of the membrane filtration process, the concentrate obtained had 14% solids and 0.1% fat. This milk had been skimmed prior to the filtration process. To the concentrate that was obtained was incorporated fat that has been skimmed, resulting in 2% fat, for these analyzes the Gerber method was used. The size of the samples that were analyzed after the incorporation of the fat were 5 of 500g each, with 40 ° Dornic of recommended acidity for the process of obtaining yarn cheeses.

Formula to determine yields:

$$\% R = (w_{cuajada} / w_{leche}) \cdot 100\%$$

PRUEBA 2

Se realizó el duplicado del FCV2 en el cual se evaluó el rendimiento en la producción de cuajada, se puede contemplar en la fig.3. Se empleó leche cruda a la cual se le reintegró previamente la grasa extraída antes del proceso de filtración para realizar las pruebas de coagulación. Se analizaron 5 muestras de 500g cada una, con 40°Dornic de acidez.

La leche concentrada tenía 13% de sólidos solubles y 0,1 % de grasa, al realizar la incorporación de crema de leche a la leche concentrada obteniendo 2,6% de grasa, para estos análisis se empleó el método de Gerber.

Fórmula para determinar rendimientos:

$$\% R = (w_{\text{cuajada}} / w_{\text{leche}}) \cdot 100\%$$

FCV2 RENDIMIENTO	M1	M2	M3	M4	M5
PRUEBA 1 (%)	21	22,4	20,6	25,04	22,06
PRUEBA 2 (%)	22,88	21,52	21,62	20	22,6

EVALUACION DE RENDIMIENTO EN FCV3

PRUEBA 1

Se evaluó el rendimiento del FCV3 en la producción de cuajada. Se puede contemplar en la fig.4. Se empleó leche cruda concentrada y se analizaron 5 muestras de 500g cada una, con 40°Dornic de acidez.

Luego de realizar procesos de filtración el concentrado obtenido tenía 17 % de sólidos solubles y 0,5% en grasa. Para realizar los procesos de coagulación se hizo la incorporación de la grasa previamente extraída antes de la concentración, como resultado 3,1% de grasa, para estos análisis se empleó el método de Gerber.

Fórmula para determinar rendimientos:

$$\% R = (w_{\text{cuajada}} / w_{\text{leche}}) \cdot 100\%$$

PRUEBA 2

Se realizó el duplicado del FCV3 con leche cruda donde se evaluó el rendimiento en la producción de cuajada como se muestra en la fig.4. Se analizaron 4 muestras de 400g cada una, con 40°Dornic de acidez.

TEST 2

The duplication of the FCV2 was performed in which the yield in the production of curd was evaluated, can be seen in fig.3. Crude milk was used to which the extracted fat was reintegrated before the filtration process to perform coagulation tests. Five samples of 500g each were analyzed, with 40 ° Dornic of acidity.

Concentrated milk had 13% soluble solids and 0.1% fat, when the cream was added to concentrated milk, obtaining 2.6% fat, for these analyzes the Gerber method was used.

Formula to determine yields:

$$\% R = (w_{\text{cuajada}} / w_{\text{leche}}) \cdot 100\%$$

EVALUATION OF PERFORMANCE IN FCV3

TEST 1

The performance of FCV3 in the production of curd was evaluated. It can be seen in fig.4. Concentrated raw milk was used and 5 samples of 500g each were analyzed with 40 ° Dornic acidity.

After filtration, the obtained concentrate had 17% soluble solids and 0.5% fat. To perform the coagulation processes, the fat extracted before the concentration was added, resulting in 3.1% fat, for these analyzes the Gerber method was used.

Formula to determine yields:

$$\% R = (w_{\text{cuajada}} / w_{\text{leche}}) \cdot 100\%$$

TEST 2

Duplication of the FCV3 with raw milk was performed where the yield in the production of curd was evaluated as shown in fig.4. Four samples of 400g each were analyzed, with 40 ° Dornic of acidity.

La leche concentrada tenía 17 % de sólidos solubles y 0,2% de grasa, luego de realizar la incorporación de la crema de leche a la leche concentrada se obtuvo 2,9% de grasa, para este análisis se empleó el método de Gerber.

Formula de determinación de rendimiento:

$$\% R = (w_{cuajada} / w_{leche}) \cdot 100\%$$

Concentrated milk had 17% soluble solids and 0.2% fat. After the incorporation of the milk cream into the concentrated milk, 2.9% of fat was obtained. The Gerber method was used for this analysis.

Performance Determination Formula:

$$\% R = (w_{cuajada} / w_{leche}) \cdot 100\%$$

FCV3 RENDIMIENTO	M1	M2	M3	M4	M5
PRUEBA 1 (%)	23,8	24,2	23,8	24,98	23,6
PRUEBA 2 (%)	25,5	24,95	29	26,5	

SOLIDOS SOLUBLES

Se hizo seguimiento a las muestras del FCV'S de 2 y 3 como se muestra en la fig.5. La trazabilidad de sólidos solubles en la leche se realizó desde la leche entera hasta la reintegración de crema de leche a los concentrados obtenidos de la filtración.

SOLUBLE SOLIDS

The FCVS samples of 2 and 3 were monitored as shown in Figure 5. The traceability of soluble solids in milk was made from whole milk to the reintegration of milk cream to the concentrates obtained from the filtration.

	FCV2 (%)	FCV2 DUPLICADO (%)	FCV3 (%)	FCV3 DUPLICADO (%)
LECHE ENTERA	9,5	9,5	9,5	9,5
LECHE DESCREMADA	9,5	9	9	9
LECHE CONCENTRADA	14	13	17	17
LECHE REINTEGRADA	14	13	17	17

SOLIDOS SOLUBLE (%)

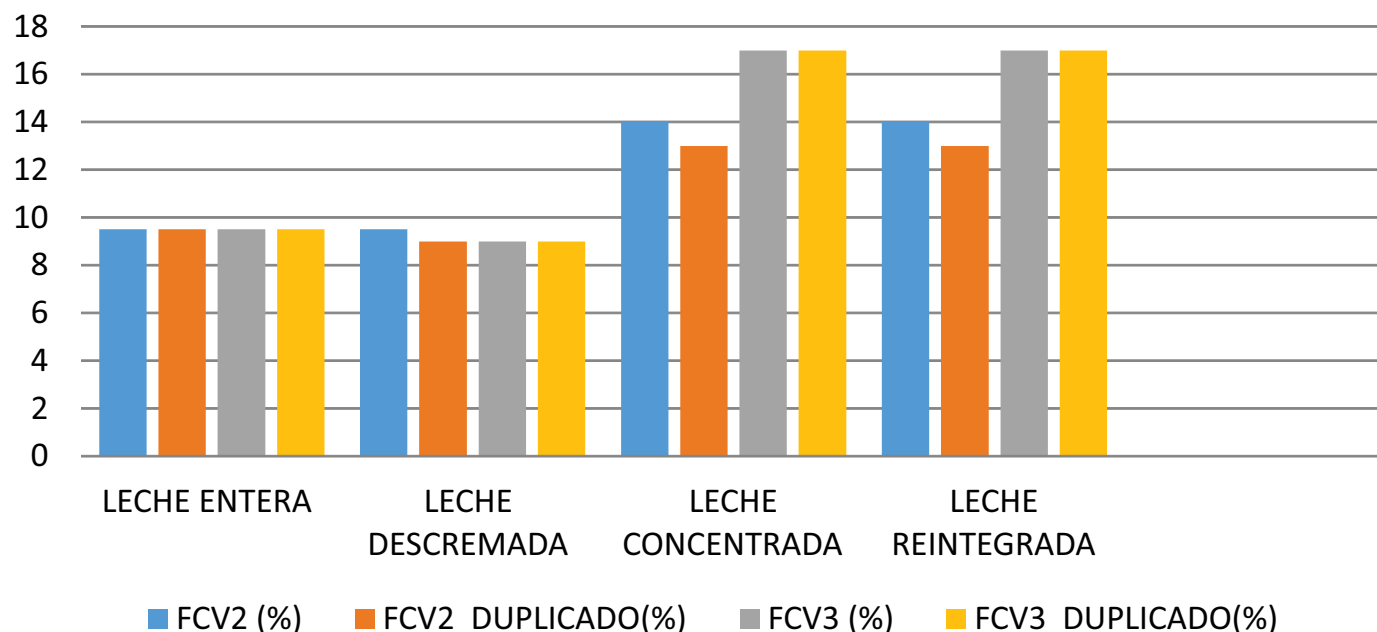


Figura 5. sólidos solubles.

Figure 5. Soluble solids.

DETERMINACIÓN DE GRASA

Se realizó la trazabilidad de grasa del FCV'S 2 y 3 como se muestra en la fig. 6. se empleó el método de gerber para la determinación de grasa en las muestras.

DETERMINATION OF FAT

The grease traceability of FCV'S 2 and 3 was performed as shown in fig. 6. The gerber method was used for the determination of fat in the samples.

	FCV2 (%)	FCV2 DUPLICADO (%)	FCV3 (%)	FCV3 DUPLICADO (%)
LECHE ENTERA	3,4	2,7	2,7	2,4
LECHE DESCREMADA	0,1	0,1	0,2	0,1
LECHE CONCENTRADA	0,1	0,1	0,5	0,2
LECHE con Grasa REINTEGRADA	2	2,6	3,1	2,9

DETERMINACION DE GRASA

■ LECHE ENTERA ■ LECHE DESCREMADA
■ LECHE CONCENTRADA ■ LECHE REINTEGRADA

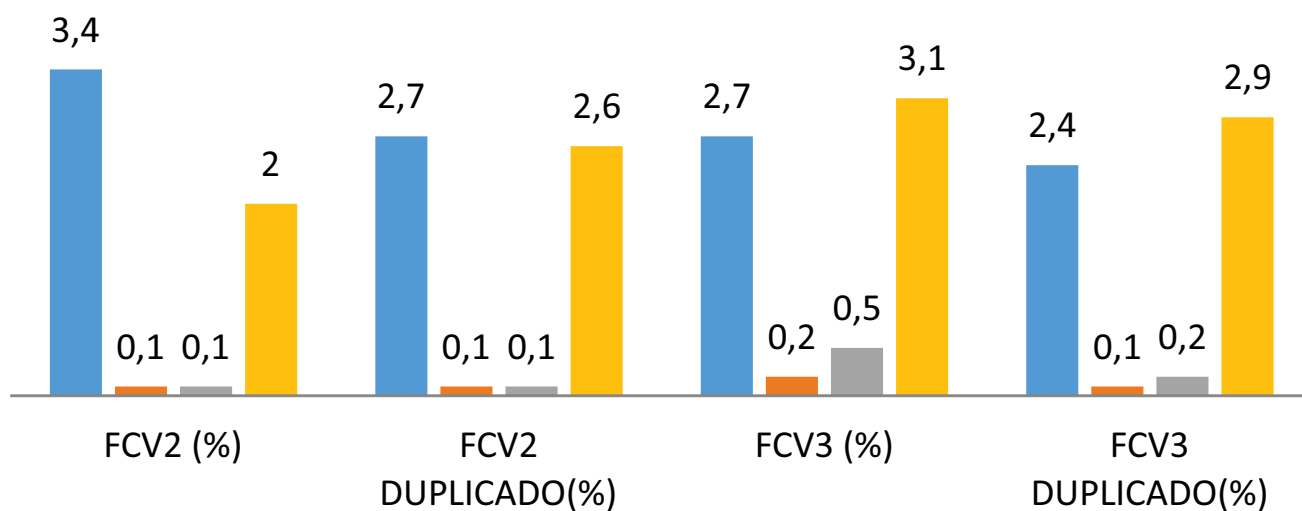


Figura.6. Análisis de grasa

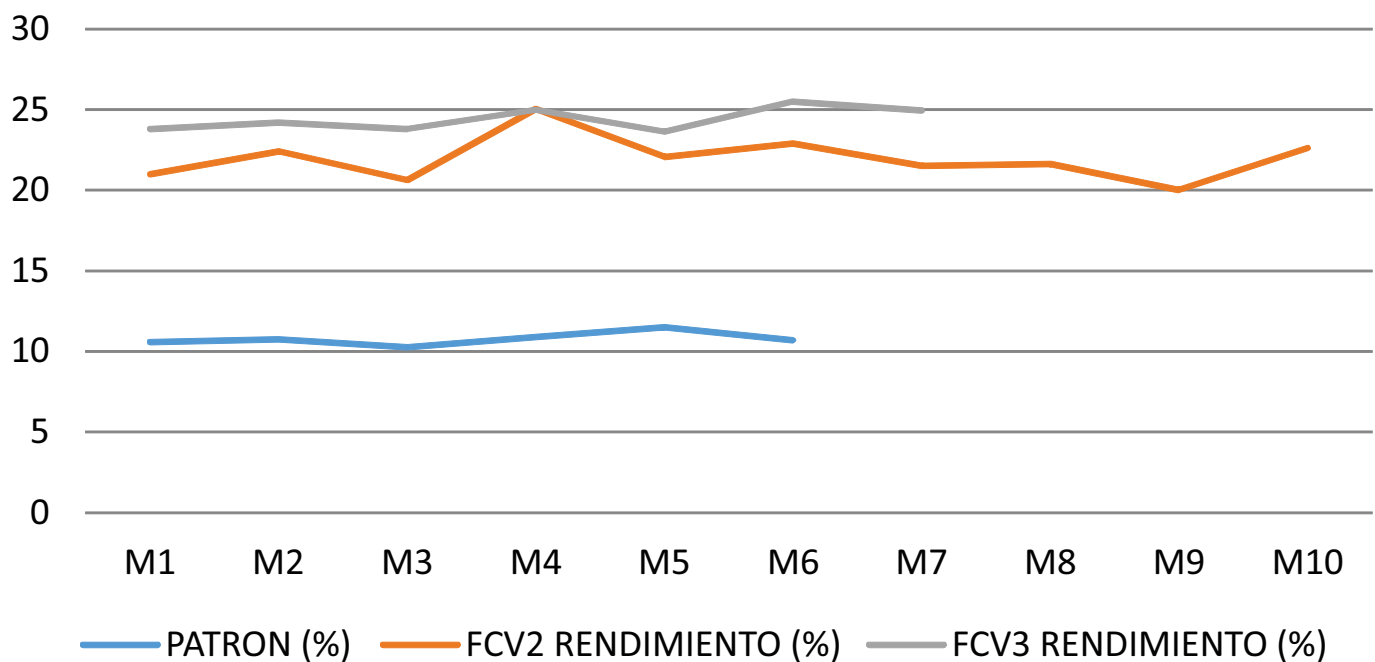
Figure 6. Fat analysis

Rendimiento de cuajada.

Curd yield.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	MEDIA
PATRON (%)	10,57	10,75	10,25	10,9	11,5	10,7					10,78
FCV2 RENDIMIENTO (%)	21	22,4	20,6	25,04	22,06	22,88	21,5	21,62	20	22,6	21,97
FCV3 RENDIMIENTO (%)	23,8	24,2	23,8	24,98	23,6	25,5	25		26,5		24,67

RENDIMIENTO CUAJADA



Análisis de Resultados

Se recomienda en el estudio por productividad, tiempo, calidad, control de acidez utilizar el Factor de Concentración Volumétrica 2 (FVC2), Porque los rendimientos son muy similares, y los cambios no son tan significativos, permitiendo aumentar la producción de cuajada utilizando un tiempo de 2 horas en la concentración de leche.

Results Analysis

It is recommended in the study for productivity, time, quality, acidity control to use Volumetric Concentration Factor 2 (FVC2), because the yields are very similar, and the changes are not so significant, allowing to increase the production of curd using a time Of 2 hours in milk concentration.





Conclusión

Los resultados obtenidos hasta el momento muestran que tamaños de poro menores o iguales a 0,2 μm permiten una retención de proteína superior al 89%. La mayor productividad en la filtración de leche descremada se alcanzó con la membrana de 300 kDa. La filtración con leche entera genera una baja productividad debido a que los glóbulos grasos aumentan en gran medida el ensuciamiento de la membrana.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, C.A.S.A y a la Universidad Industrial de Santander por el financiamiento de este trabajo que hace parte del proyecto titulado "Evaluación de la concentración de leche fresca y lactosuero por filtración con membranas como estrategia para el mejoramiento en el esquema de producción de quesos hilados".

Referencias

Chacón, A. 2004. Perspectivas actuales de la proteína unicelular (SCP) en la agricultura y la industria. *Agronomía mesoamericana* 15, 93-106.

Cunningham, A.E. 2008. Optimización de rendimientos en quesería. 1^{era} ed, México DF.

Punidades, P. y S.S.H. Rizvi. 1998. Separation of milk proteins into fractions rich in casein or whey proteins by cross flow microfiltration. *Food Research Int.*, 31, 265-272. [10.1016/S0963-9969\(98\)00088-X](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00088-X)

Quintana, L. y C. Alava 2011. Procesos lácteos: quesos, leches concentradas y helados. p.p 22-23. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Tolosa, S., J.Bullón, y A.Cárdenas. 2006. Producción de yogur utilizando membranas cerámicas para incrementar el porcentaje de sólidos en la leche. *Ciencia e Ing.* 27, 3-9.

<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/cienciaeingenieria/article/view/294>

Vadi,P.K y S.S.H.Rizvi. 2001. Experimental evaluation of a uniform transmembrane pressure crossflow microfiltration unit for the concentration of micellar casein from skim milk. *J. of membrane science*, 189, 69-82. [10.1016/S0376-7388\(01\)00396-9](https://doi.org/10.1016/S0376-7388(01)00396-9).

Conclusiones

The results obtained so far show that pore sizes less than or equal to 0.2 μm allow a protein retention of more than 89%. The highest productivity in the filtration of skim milk was reached with the 300 kDa membrane. The filtration with whole milk generates a low productivity because the fatty globules greatly increase the fouling of the membrane.

Gratitude

The authors thank the National Learning Service SENA, CASA and the Industrial University of Santander for the financing of this work, which is part of the project titled "Evaluation of the concentration of fresh milk and whey by membrane filtration as a strategy for the improvement in the Scheme of production of yarn cheeses".

References

Chacón, A. 2004. Perspectivas actuales de la proteína unicelular (SCP) en la agricultura y la industria. *Agronomía mesoamericana* 15, 93-106.

Cunningham, A.E. 2008. Optimización de rendimientos en quesería. 1^{era} ed, México DF.

Punidades, P. y S.S.H. Rizvi. 1998. Separation of milk proteins into fractions rich in casein or whey proteins by cross flow microfiltration. *Food Research Int.*, 31, 265-272. [10.1016/S0963-9969\(98\)00088-X](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00088-X)

Quintana, L. y C. Alava 2011. Procesos lácteos: quesos, leches concentradas y helados. p.p 22-23. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Tolosa, S., J.Bullón, y A.Cárdenas. 2006. Producción de yogur utilizando membranas cerámicas para incrementar el porcentaje de sólidos en la leche. *Ciencia e Ing.* 27, 3-9.

<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/cienciaeingenieria/article/view/294>

Vadi,P.K y S.S.H.Rizvi. 2001. Experimental evaluation of a uniform transmembrane pressure crossflow microfiltration unit for the concentration of micellar casein from skim milk. *J. of membrane science*, 189, 69-82. [10.1016/S0376-7388\(01\)00396-9](https://doi.org/10.1016/S0376-7388(01)00396-9).