

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**EFFECTO DE LA CONGELACIÓN DE LECHE CAPRINA SOBRE LA CALIDAD  
HIGIENICO-SANITARIA Y DE COMPOSICIÓN**

**“por”**

**Georgina COUSILLAS BOAM<sup>1</sup>  
Ana Carolina FROS PICUN<sup>2</sup>  
Florencia LAZZARINI BELLACCI<sup>3</sup>**



**TESIS DE GRADO presentada como uno  
de los requisitos para obtener el título de  
Doctor en Ciencias Veterinarias  
Orientación: Higiene, Inspección-  
Control y Tecnología de los Alimentos  
de Origen Animal**

**MODALIDAD: Ensayo Experimental**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2012**



**FV-29485**

**PÁGINA DE APROBACIÓN**

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:



Dra. Elena De Torres

Segundo miembro (Tutor):



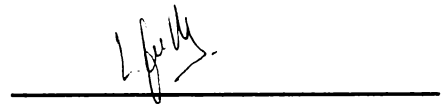
Dra. Silvana Carro

Tercer miembro:



Lic. Inés Delucchi

Co-Tutor:

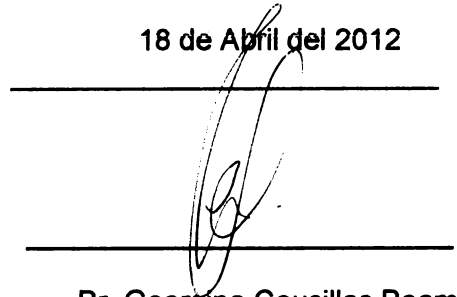


Dra. Lucia Grille

Fecha:

18 de Abril del 2012

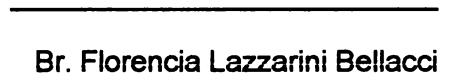
Autores:




Br. Georgina Cousillas Boam



Br. Ana Carolina Fros Picun



Br. Florencia Lazzarini Bellacci

APROBADA  
Aprobada por: 12 (doce) 

## AGRADECIMIENTOS

Los agradecimientos están dirigidos a todas las personas y entidades que hicieron posible la realización exitosa de esta investigación, en primer lugar queremos agradecer al Departamento de Ciencia y Tecnología de la Leche de la Facultad de Veterinaria, Lic. Sheila Giacaman, Lic. Karina Cal y Br. Álvaro González por el apoyo recibido durante los largos y cruciales períodos en los cuales hemos realizado nuestra labor investigadora.

Un sincero agradecimiento a nuestra Tutora Dra. Silvana Carro y a nuestra Co-Tutora Dra. Lucía Grille por todo el tiempo dedicado, por sus sugerencias e ideas que tanto provecho hemos sacado y por el respaldo brindado.

Se agradece al Parque de Actividades Agropecuarias de la Intendencia Municipal de Montevideo (PAGRO): Dra. Silvana González, Dr. Carlos Pintos, Ing. Agr. Isabel Andreoni, Ing. Agr. Román Gadea y a Julio por su paciencia, colaboración y por facilitarnos las instalaciones para llevar a cabo este estudio.

Agradecemos también al LATU: Ing. Quím. Daniela Escobar y a la Br. Alejandra Borges por toda la ayuda brindada.

En especial se agradece a los docentes de Facultad de Veterinaria (UdelaR) por los conocimientos compartidos y enseñados para nuestro desarrollo profesional.

No podemos olvidar a nuestros compañeros y amigos con los cuales hemos compartido salidas e incontables horas de estudio y trabajo. Gracias por los buenos y malos momentos.

Todo esto no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional de nuestras familias, nuestros padres, hermanos y esposo. Este también es su premio.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>PÁGINA DE APROBACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>2</b>
<b>LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>4</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
PRINCIPALES RAZAS CAPRINAS A NIVEL MUNDIAL .....	6
MERCADO Y PRODUCCIÓN CAPRINA A NIVEL MUNDIAL .....	7
PRODUCCIÓN DE LECHE CAPRINA Y DERIVADOS .....	7
PRODUCCIÓN DE LECHE CAPRINA EN LA REGIÓN .....	8
PRODUCCIÓN DE LECHE CAPRINA EN URUGUAY .....	9
CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE CAPRINA.....	9
CALIDAD DE LA LECHE .....	12
CALIDAD HIGIÉNICA .....	13
CONSERVACIÓN DE LECHE CAPRINA.....	13
<b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>16</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>16</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
ANIMALES .....	17
DISEÑO EXPERIMENTAL .....	17
ANÁLISIS DE MUESTRAS .....	17
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS SEGÚN APHA, 2001:.....	17
METODOLOGÍA DE MUESTREO.....	17
TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS .....	17
<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>19</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>28</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>35</b>
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	35

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Tabla 1. Medias porcentuales de los valores de Composición .....	20
Tabla 2. Valores medios de parámetros físico-químicos .....	20
Tabla 3. Valores medios en log10 para los parámetros microbiológicos y RCS .....	20
Tabla 4. Valores medios porcentuales de composición para los distintos tiempos de congelación .....	20
Tabla 5. Valores medios de parámetros físico-químicos para los distintos tiempos de congelación .....	21
Tabla 6. Valor medio en log10 de los parámetros microbiológicos y de RCS en los distintos tiempos de congelación .....	21
Cuadro 1. Muestras de leche con los distintos tratamientos del ensayo para el análisis en los diferentes tiempos .....	35
Cuadro 2. Cronograma de Ensayos (Enero 2011 - Setiembre 2011) .....	35
Cuadro 3. Cronograma Congelación (Enero 2011 - Setiembre 2011) .....	36

## RESUMEN



La explotación de ganado caprino se practica en cuatro producciones principales: leche, carne, pelo y cuero. La raza Saanen, es la más extendida a nivel mundial para la producción láctea. La leche de cabra es consumida principalmente como un producto fluido, el cual posee características muy importantes a nivel nutricional además de propiedades nutraceuticas y antialérgicas. En Uruguay, la explotación caprina se centraliza en la producción de leche. La mayoría de los productores poseen tambos de pequeña extensión, los cuales emplean en su mayoría mano de obra familiar para la fabricación de yogures y varios tipos de quesos. La leche debe ser de calidad óptima, tanto desde el punto de vista de su composición, como nutritivo y sanitario. La conservación de la misma se puede realizar, entre otros métodos, por medio de la congelación. Existen países donde la congelación de la leche caprina está permitida y se realiza a una temperatura igual o inferior a  $-18^{\circ}\text{C}$ , alcanzado ese valor en el menor tiempo posible. En Uruguay no existe legislación para la utilización de este método de conservación y a su vez, la información publicada con respecto a los parámetros de calidad de la leche posterior a su congelación es escasa. El principal objetivo de este trabajo fue evaluar la congelación a  $-18^{\circ}\text{C}$  como método de conservación de la leche caprina. Para ello se evaluó y comparó el efecto que tuvo el tratamiento térmico (pasteurización), sobre los parámetros de calidad de la leche caprina previo a la congelación con respecto a la leche cruda. En este estudio los parámetros de calidad analizados fueron físico-químicos, de composición y microbiológicos. Se determinó acidez: Dörnic, pH con potenciómetro y materia grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, sales y densidad se efectuaron en un equipo denominado Lactomilk®. Los análisis microbiológicos fueron: Recuento de Mesófilos Aerobios Totales (RTMA), Coliformes totales y *Staphylococcus* coagulasa positiva. A su vez se realizó recuento de Células Somáticas (RSC) mediante la técnica de Breed.

Los resultados mostraron que no existieron diferencias entre leche cruda (LC) y pasteurizada (LP) por efecto de la congelación en relación a los parámetros de composición, físico-químicos y de recuento de células somáticas. Sin embargo, sería más adecuado someter a la leche caprina a un proceso de pasteurización previo a la congelación ya que se observaron diferencias en cuanto a los parámetros microbiológicos. A su vez se evaluaron dos métodos de descongelación resultando que ambos son válidos, ya que no se evidenciaron diferencias entre los mismos en cuanto a los parámetros de calidad de la leche caprina. Así mismo, se evaluó como afectó el tiempo de congelación en la leche cruda y pasteurizada. Estos resultados indicaron que el período evaluado (180 días de congelación) fue adecuado para la conservación de la leche caprina, ya que la calidad se mantuvo en cuanto a sus aptitudes de comercialización e industrialización. La congelación a  $-18^{\circ}\text{C}$  de la leche caprina se avala como método de conservación de la misma ya que no se vieron afectados los parámetros de calidad desde el punto de vista físico-químico, microbiológico ni composicional.

## SUMMARY

The exploitation of goats is divided in four productions: milk, meat, hair and leather. The Saanen race is the most extended worldwide for milk production. Goat milk is mostly consumed as a fluid product, which has very important nutritional qualities, as well as nutraceutical and unallergenic properties. In Uruguay, the goat exploitation is centralized in milk production. The majority of producers have small sized farms which mainly employ family labor for the elaboration of yoghurt and various types of cheese. From the point of view of nutrition and sanity, the milk has to be of the highest quality. Conservation of same can be done by freezing. There are countries where freezing of goat milk is allowed and is done at a temperature equal or lower than  $-18^{\circ}\text{C}$ , reaching this value in the shortest time possible. In Uruguay there is no legislation for the use of this method of conservation and at the same time the published information of milk quality parameters after freezing is scarce. The main objective of this study was to evaluate freezing at  $-18^{\circ}\text{C}$  as a method of goat milk conservation. For this we evaluated and compared the effect that the pasteurization had on the quality parameters of goat milk previous freezing with respect to raw milk. In this case the analyzed quality parameters were physical-chemical, compositional and microbiological. It was determined Dörnic acidity, pH with a potentiometer. Fat, protein, lactose, non fatty solids, salts and density were measured with an instrumental method called Lactomilk®. Microbiological analysis were: Total mesophilic aerobics count, Total coliform and positive coagulase *Staphylococcus*. Moreover, somatic cell count was done by the Breed method. The results showed that there were no differences between raw and pasteurized milk after freezing in relation to the composition, physical-chemical parameters and somatic cell count, however, it was found that it would be best to pasteurize previous to freezing as microbiological counts showed differences. Evaluation was also done for two thawing methods and no differences were found between them with regard to goat milk quality parameters. An evaluation was also made on how the length of freezing time affected raw and pasteurized milk. Results indicated that the evaluated period (180 days frozen) was adequate for the conservation of goat milk, as it maintained its quality and commercial and industrialization suitability. The freezing of goat milk at  $-18^{\circ}\text{C}$  is suitable as a conservation method as physical-chemical, microbiological or compositional quality parameters were not affected.

# INTRODUCCIÓN

## Principales razas caprinas a nivel mundial

La cabra es considerada por Hoffmann (1988), como consumidor intermedio en la clasificación de herbívoros ya que es capaz de actuar como selector de concentrados o de forrajes de baja calidad. Morand y Sauvart (1984), lo definen como consumidor adaptativo con selectividad media a alta relacionado en parte a las características anatómicas de su boca que muestra una amplia movilidad de sus labios y lengua prehensil permitiendo que esta especie presente una alta capacidad de selección.

La formación de razas, variedades o sub razas ha progresado en los últimos 100 años, principalmente en Gran Bretaña y otros países de Europa como resultado de una planeación genética, selección más intensiva y control de la reproducción y producción. En la actualidad se reconoce un gran número de razas y tipos de cabras que se adaptan a las más adversas condiciones climáticas y geográficas (Agraz, 1989).

La raza Alpina como su nombre lo dice es originaria de los Alpes Europeos. Presenta cabeza triangular, perfil semi-cóncavo o rectilíneo, orejas erectas, cortas y es de porte medio. La raza Toggenburg es originaria de Suiza, del valle del mismo nombre, mediante cruzamiento inicial de la cabra de Saint-Gall con la blanca Saanen. Es una de las más predominantes en Suiza y está difundida en Inglaterra, Estados Unidos y otros países gracias a su aptitud productiva. Presenta pelos largos, siendo a veces medianos y las orejas erectas y cortas. El pelaje es de color castaño pudiendo variar de claro a gris, marcadamente tiene dos franjas blancas en la cabeza, en general, marcado por manchas blancas en el interior de los bordes de las orejas. La raza Anglo-Nubian pertenece a razas de cabras Asiáticas-Africanas, siendo originada, por animales tipo Nubian del Valle del Alto Nilo, de la región de Nubita, actual Sudán. Fue obtenida por medio de cruzamientos con cabras comunes de Inglaterra, con un intenso proceso de selección, con base en doble propósito (leche y carne). La raza es bien aceptada por los productores y difundida en virtud de su adaptación a las condiciones climáticas. Son animales de pelos cortos y finos pudiendo variar de negro a blanco, en todas sus tonalidades. Los colores castaño-oscuro y rojo también son comunes. Son animales robustos de gran porte. La raza en general presenta un período de lactación más corto en comparación con el resto de las razas Alpinas. La leche de la cabra Anglo-Nubian es, aproximadamente, 1% mayor en grasa en comparación con las razas Alpinas (Braga Lóbo y Facó, 2009).

La raza Saanen, utilizada a nivel mundial para la producción láctea, también conocida como Gessenay, es originaria de Suiza, del Valle de Saanen, de los cantones de Berna y Appenzell. Se encuentra muy extendida a nivel mundial (Le Jaouen, 1991). Según Rodrigues Carvalho y Cicarini Hott (2009), es muy explotada en Europa y Estados Unidos por su alta producción lechera y persistencia de lactación. Con respecto a las características corporales son animales de color blanco y pelo corto, posee un gran porte (gran desarrollo corporal), estructura ósea fuerte, orejas erectas y cortas (Rodrigues Carvalho y Cicarini Hott, 2009). Según Le Jaouen (1991), a diferencia de la raza Alpina, la Saanen presenta la glándula mamaria con forma de globo redondeado por detrás con pezones bien separados y con un desarrollo medio. El volumen de producción ha demostrado que las cualidades lecheras de esta raza son superiores a las de la Alpina. Esta diferencia se explica en parte por una mayor duración de la lactación (13 días más) y también debido a que se ha observado que los rebaños formados por cabras de la raza



Saanen presentan tamaño más reducido con mayor producción de leche y por ende, mejores resultados generales. Por el contrario el contenido de proteína y de materia grasa de la leche de cabra Saanen es significativamente más bajo que el de la Alpina y las razas cruzas (Le Jaouen, 1991).

### **Mercado y producción caprina a nivel mundial**

A nivel mundial existen 693 millones de cabezas de caprinos, que producen 12,34 millones de toneladas métricas de leche. La explotación de ganado caprino se practica en cuatro producciones principales: leche, carne, pelo y cuero (Barberis y col., 2002).

Las existencias se han estabilizado en los últimos años entorno a los 694 millones de cabezas, con una leve tendencia de crecimiento de la producción de leche de alrededor de 0,97% anual (Le Jaouen, 1991).

La mayor parte de las cabras censadas, se sitúa en países en vías de desarrollo y se aprovechan, especialmente para carne. En los países occidentales, donde el nivel de vida es más elevado, las explotaciones se orientan hacia producción de leche y quesos. Así ocurre hace mucho tiempo en Europa y recientemente, en América del Norte (Barberis y col., 2002).

Según INRA (1995), a nivel mundial la población de caprinos ha crecido (período 1980/1994) en un 33,6%, en un escenario donde la masa bovina ha crecido 0,6%, la porcina 12,4% y la ovina no ha registrado variación. Los países en desarrollo han aumentado la población caprina en un 26% en comparación con los países desarrollados, que ha crecido un 22,9%.

Asia es el continente con mayor número de cabezas de caprinos (67% del total) y también con la mayor producción de leche (56,2%) e India es el principal productor de esta región. Le sigue en importancia África con un 25,2%. En estas dos regiones, sin embargo los rendimientos promedios son inferiores a los de Europa, donde con un número de cabezas que representa el 2,6% del total mundial se genera el 18,8% del volumen total de leche caprina (Gobierno de Chile, 2002). China e India totalizan por sí solos cerca de la tercera parte de la población caprina. La mayoría de los países en vías de desarrollo están situados en zonas áridas y semiáridas, es decir, contextos, poco favorables para la producción lechera, lo que explica que la cabaña caprina mundial sea mayoritariamente explotada para la producción de carne (Le Jaouen, 1991).

En términos comparativos con otras especies, la leche de los pequeños rumiantes representa cerca del 3,5% del total mundial. La oferta mundial de estas especies viene representando un crecimiento, sobretodo en leche de cabra, la que ha aumentado junto con la creciente concentración de la oferta. El crecimiento de la producción superó al de la población mundial, resultando en una mayor disponibilidad de leche *per cápita*. En los países en desarrollo la disponibilidad de leche *per cápita* aumentó, mientras que, la oferta ha registrado un crecimiento más acentuado en los países desarrollados. En Europa el costo de mano de obra es relativamente más caro y los productos más comercializados son quesos y leche en polvo (Rodrigues Carvalho y Cicarini Hott, 2009).

### **Producción de leche caprina y derivados**

La gran aptitud de la cabra para la producción láctea, su facilidad de conversión alimenticia y altos índices de fertilidad y reproducción, hacen que su explotación sea rentable bajo un manejo adecuado. Constituye una máquina transformadora de la flora silvestre y de los productos y subproductos agrícolas, en un alimento que es básico para la nutrición humana. A su vez contribuye positivamente a satisfacer la gran demanda de

productos lácteos. Esta producción se destina mayoritariamente (70%) a la elaboración de quesos y el resto a consumo directo y alimentación de cabritos (Barberis y col., 2002). La eficiencia productiva de la cabra puede ser medida a través de la producción de leche o por el número de crías por año. Una familia de bajos recursos puede criar de 3 a 10 cabras, las mismas condiciones no serían suficientes para una vaca de producción lechera. Además es de destacar de las cabras que por su temperamento dócil son fáciles de manejar (De Quadros, 2008).

A nivel mundial la leche de cabra (*capra hircus*) es consumida principalmente como un producto fluido sin que medie una transformación de la misma en otros derivados lácteos, razón por la cual sus características son muy importantes a nivel nutricional.

Económicamente es importante en muchas regiones, representando el 2% de toda la leche comercializada mundialmente (Haenlein, 2002). Actualmente se presenta un nivel creciente en la producción y demanda de los derivados lácteos caprinos como resultado del aumento del consumo *per cápita* tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo (Gobierno de Chile, 2002). En el comercio de derivados lácteos de leche de cabra, las exportaciones de queso y leche en polvo en el 2005 fueron de U\$S 32 millones. De ese total el 49%, fue proveniente de Asia y el 26% de Europa. En 1995, Europa era el principal exportador con el 49% del mercado seguido por África 26% y Asia 18%. Es decir, que durante esa década se produjo un fuerte descenso en la participación de África y Europa en el comercio mundial de derivados de cabra y de mayor inserción de países asiáticos (Rodrigues Carvalho y Cicarini Hott, 2009).

En cuanto a la producción de subproductos se destacan Francia y España con el mayor desarrollo en producción de quesos, desarrollo tecnológico, calidad de productos, así como su valor agregado. América concentra 36,7 millones de cabezas y produce 2,8% del total (Gobierno de Chile, 2002).

### **Producción de leche caprina en la región**

La crianza de cabras en América, en general, es marginal. Los animales están circunscritos en áreas de menor importancia agrícola, en sistemas extensivos de producción y/o de subsistencia, en donde el producto principal suele ser la carne, y secundariamente, la producción de leche para la elaboración de quesos (Gobierno de Chile, 2001).

En la región, los principales productores son Brasil y México, con aproximadamente 135.000 toneladas de leche cada uno. Otros como Chile y Argentina representan valores menores (Gobierno de Chile, 2002).

Brasil tiene una participación incipiente en la producción y mercado de productos lácteos de pequeños rumiantes, con bajos costos de suplementación y posibilidades de incorporación de tecnologías para el incremento de la productividad, así como importantes ventajas competitivas, como la disponibilidad de tierra y agua para la expansión de la agricultura y el pastoreo. Por lo tanto, las posibilidades para la expansión de la producción de leche de pequeños rumiantes en Brasil son favorables (Rodrigues Carvalho y Cicarini Hott, 2009). En este país la leche de cabra es comercializada como leche pasteurizada, leche en polvo, leche larga vida (UHT), y también yogures y quesos. La venta de hembras y reproductores especializados para la producción de leche constituye una de las principales fuentes de ingresos. La piel es también un producto explotado en el nordeste, teniendo reconocimiento internacional (Gobierno de Chile, 2001).

En Argentina, la producción de leche de cabra (años 1995-1996) fue de 460.000 litros, equivalente a 438 toneladas; sobre una superficie de 21.430 hectáreas donde se

desarrollan 22 establecimientos individuales y 4 cuencas lecheras (que involucran a cerca de 100 pequeños productores), totalizando más de 120 tambos caprinos (Barberis y col., 2002). La producción de carne es la función más importante de la cría caprina argentina. En la zona norte y centro se elabora quesos (quesillo). En los últimos años, en las áreas cercanas a Buenos Aires ha evolucionado notablemente la producción lechera. Actualmente en esta región se procesan más de 90.000 litros al mes en leche en polvo (74%), quesos (22%) y leche fluida UTH (3%). Los quesos cubren cerca del 90% de la demanda del área metropolitana bonaerense (Gobierno de Chile, 2001).

México se destaca como productor de queso de cabra, teniendo presencia en el mercado internacional. Ha producido en forma constante alrededor de 13.000 toneladas al año (desde 1992 a 1996). Otros países que producen quesos de cabra, a niveles inferiores, son Chile, Bolivia y Perú, con producciones de 1700, 1200 y 900 toneladas al año respectivamente (INRA, 1995). La producción del resto de los países sudamericanos no es significativa (FAO, 1996).

### **Producción de leche caprina en Uruguay**

Históricamente Uruguay, desde el siglo XIX se ha caracterizado por su producción ganadera en especial de bovinos y ovinos. Sin embargo, los productores han buscado nuevas alternativas entre ellas la producción de leche caprina. Desde 1987, se han comenzado a importar razas lecheras especializadas, tanto para criarlas puras como para realizar cruces de absorción con cabras criollas (chivas) que se encontraban en algunas regiones del país en estado semisalvaje. Las principales razas importadas fueron: Anglo Nubian, Pardo Alpina o Alpina Francesa, Saanen y Toggenburg. Los productores de leche de cabra se concentran en la región suroeste del país (aproximadamente 16.000 km<sup>2</sup>), esta región tiene una larga tradición lechera (Ciappesoni, 2006). Se localizan en Montevideo, San José, Colonia, Maldonado, Canelones y Lavalleja, encontrándose actualmente más de 100 tamberos de cabras (Scuarcia, 2009). Mayormente se emplea un sistema de cría semiextensivo, con pastoreo de praderas implantadas y una estabulación nocturna donde los animales reciben una suplementación de ración al igual que durante los ordeños (en total entre 200 y 300 g/día/animal). Generalmente, estos tambos de pequeña extensión emplean mano de obra familiar. La leche habitualmente se transporta congelada a otros establecimientos que elaboran quesos de tipo artesanal (Ciappesoni, 2006).

La explotación caprina se centraliza en la producción de leche, la que se emplea en su mayoría para la fabricación de yogures (natural, con frutas y descremados) y varios tipos de quesos (puros o mezclados con leche de vaca, ahumados, duros para rallar, en aceite de oliva, madurados en vino, crema de untar, etc.). La carne es un producto secundario. Es también de importancia la venta de animales para ser empleados en rituales de la religión Umbanda (de origen africano) extendida en Uruguay y Brasil (Ciappesoni, 2006).

### **Características de la leche caprina**

El Ministerio de Agricultura, Pecuaria e Abastecimiento (MAPA, 2009) de Brasil, define especialmente la leche de cabra como un producto oriundo del ordeño completo, ininterrumpido, en condiciones de higiene, de cabras saludables, bien alimentadas y descansadas. Presentando un alto valor nutritivo y calidad dietética, es un alimento que presenta los elementos necesarios para la nutrición humana, como: azúcares, proteínas, grasas, vitaminas y minerales.

La leche caprina se destaca por su mayor concentración de nutrientes en relación con la leche de vaca y la misma se ve afectada por varios factores, entre los cuales se destacan la raza, etapa de lactancia, nivel de producción, manejo, ambiente y alimentación (Haenlein, 2006).

Además de sus posibilidades económicas y de su uso en cuanto a satisfacer ciertas necesidades nutricionales diarias, posee cualidades que la hacen apropiada para niños, adultos y madres que amamantan, entre las que se puede citar sus propiedades nutracéuticas y antialérgicas. Ha resultado de gran utilidad en la nutrición de convalecientes y ancianos, dada la elevada digestibilidad de su proteína y grasa (French, 1970; Dostaloya, 1994). En niños que presentan subnutrición, ya sea por mala alimentación o lactancia deficiente, la leche de cabra ha demostrado ser un sustituto superior a la leche de vaca (*Bos Taurus*) (Capra, 2004). No obstante, no se recomienda como sustituto total de la leche materna en infantes menores de un año dado su alto nivel proteico y mineral, y por su bajo contenido en carbohidratos, ácido fólico y vitaminas C, D, E, B6 y B12 (Darnton y col., 1987). Sin embargo Maree (1978), afirma que la leche caprina en comparación con la leche materna, contiene prácticamente la misma cantidad de ácido fólico y un poco menos de vitaminas del complejo B.

En relación a los niveles de aminoácidos, no existen grandes diferencias en los tres tipos de leche (caprina, bovina y humana), siendo la leche de cabra la que más se aproxima a la humana, principalmente en términos de aminoácidos sulfurados como la metionina y la cistina (De Quadros, 2008).

Park y col. (2007), citando a varios autores, indican que la leche de cabra posee un contenido de sólidos totales y de nutrientes en una posición intermedia entre la leche de vaca y oveja.

La grasa de la leche de cabra es una fuente concentrada de energía, lo que se evidencia al observar que una unidad de esta grasa tiene 2,5 veces más energía que los carbohidratos comunes (Richardson, 2004). Los triglicéridos representan casi el 95% de los lípidos totales, mientras que los fosfolípidos rondan en los 3-4% y el colesterol 1%. La composición básica de la grasa de leche de cabra también difiere de la de vaca (Haggag y col., 1987). Una de las características es el pequeño tamaño de los glóbulos grasos comparados con los de la leche de vaca (2  $\mu\text{m}$  en leche de cabra en comparación con un promedio de 3-5  $\mu\text{m}$  en los de leche de vaca), lo cual se ha asociado con una mejor digestibilidad (Alais, 1988; University of Maryland, 1992).

La leche de cabra es superior a la de vaca en la mayoría de los ácidos grasos esenciales de cadena corta, media y larga, así como en las cantidades de ácidos poliinsaturados y monoinsaturados, los cuales son muy valiosos en términos de la aceptación de la leche de cabra. A su vez, la materia grasa caprina tiene como característica su fácil digestibilidad (Maree, 1978). Es sin embargo, bajo su contenido en el ácido linolénico (Grandpierre y col., 1988; Dostaloya, 1994). Tiene un alto contenido en ácidos grasos de cadena mediana (35%), en comparación con la leche de vaca (17%), de los cuales sólo el 5% corresponden a caproico, caprílico y cáprico en esta última, mientras que en leche caprina llegan a un 15%. Los contenidos de ácidos grasos esenciales y de cadena corta hacen de la leche de cabra un alimento saludable desde un punto de vista de la salud cardiovascular (Capra, 2004) e importante en la nutrición de infantes que presenten eczemas atípicos atribuidos a leches maternas con un perfil anormal de ácidos grasos, especialmente el linolénico (Haenlein, 2002).

Posee características únicas para elaborar quesos, ya que su grasa contiene mayor número de ácidos grasos que intervienen en el sabor del queso, con niveles más elevados de ácidos: butírico (C4), caproico (C6) caprílico (C8) y cáprico (C10) que la leche de vaca (Oliszewski y col., 2002). Además, esta particularidad constituye una excelente oportunidad de mercado para la transformación en productos como la manteca. Los ácidos grasos de cadena mediana poseen propiedades diferentes a los de cadena

larga cuando son metabolizados por el ser humano, especialmente los ácidos caprílico y cáprico. Lo anterior, se da principalmente por la tendencia de estos ácidos a proporcionar energía y no a contribuir a la formación de tejido adiposo, así como por su habilidad para limitar y disolver los depósitos de colesterol sérico, lo que se relaciona con una disminución de las enfermedades coronarias, la fibrosis quística y los cálculos biliares (Haenlein, 2002).

Esta leche no debería presentar problemas de rechazo en el consumidor debido a su olor, usualmente atribuido a los ácidos grasos de cadena mediana. Bajo condiciones normales, estos ácidos se encuentran encapsulados dentro del glóbulo graso, por lo cual la leche de cabra adecuadamente manipulada es difícil de distinguir de la leche de vaca en cuanto a su olor. Los problemas se dan cuando la membrana del glóbulo graso se rompe y libera estos ácidos. Además, una vez alterada la integridad de los glóbulos, la leche es más propensa a la rancidez (Nasanovsky y col., 2002). Puede presentarse olor en la leche también cuando el macho cabrío se encuentra cerca de las hembras en lactancia, impregnándose de ellos el olor directamente a la leche (De Quadros, 2008).

Esta leche no contiene aglutinina que es una proteína cuya función es agrupar los glóbulos grasos para formar estructuras de mayor tamaño. Esta es la razón por la que sus glóbulos, al estar dispersos, son atacados más fácilmente por las enzimas digestivas (especialmente las lipasas que hidrolizan los enlaces éster), incrementándose por lo tanto la velocidad de digestión y por lo que es mejor tolerada en el ser humano.

Algunos estudios han afirmado que la proteína caprina puede tener un mayor valor biológico que la bovina, aunque existe cierta controversia en este sentido (Rodden, 2004). El tamaño de las micelas de caseína es más pequeño en la leche de cabra (50 nm) en comparación con la leche de vaca (75nm) (Alais, 1988). Estas caseínas en la leche de cabra se caracterizan por contener más lisina, así como menos arginina y aminoácidos sulfurados, especialmente la metionina (Capra, 2004). Por su parte, Maree (1978) reporta que la fracción total de caseína está compuesta en la leche de cabra por 19% alfa-s-1-caseína y 21% alfa-s-2-caseína y 60% beta-caseína. El-Hagrawy y col. (1990), señalan que para las tres caseínas caprinas las fracciones mayoritarias de aminoácidos las constituyen la tirosina, la lisina y la serina para las caseínas alfa; el ácido glutámico, la leucina y la cisteína para las caseínas beta; y la prolina y la cisteína para la kappa-caseína.

La mayor fracción de proteína en la leche de vaca es la alfa-s-1-caseína pero en el caso de la leche de cabra esto no es así, siendo la beta-caseína y la alfa-s-2-caseína las fracciones mayoritarias (El-Shibiny, 1978). Alrededor del 40% de los niños alérgicos presentan alergia a las caseínas alfa-s-1 y a algún tipo de caseína beta, por lo cual se ven beneficiados por la leche de cabra (Maree, 1978; Capra, 2004).

El contenido de lactosa es bajo en la leche de cabra en comparación con la leche de otras especies animales (aproximadamente de 1 a 13% menos que la de vaca y 41% menos que la humana), lo cual está directamente relacionado con que ésta leche presente probablemente menos problemas asociados con la intolerancia (Richardson, 2004). Además, el contenido de amino azúcares asociados a la lactoferrina en algunas razas de cabras muy difundidas como la Saanen puede alcanzar hasta un 2,1% (Shimazaki y col., 1991).

La leche es la principal fuente de calcio en la dieta para el ser humano sin importar si es de cabra, vaca u otra especie. Comparativamente, la leche de cabra aporta 13% más calcio que la leche de vaca (Rodden, 2004).

En cuanto al fósforo (en forma de fosfatos) que contiene la leche de cabra es mayor al que contiene la leche de vaca y no sólo ayuda nutricionalmente a las personas que tienen dietas basadas exclusivamente en raíces de plantas, frutas y vegetales verdes; sino que además contribuye junto con las proteínas a la alta capacidad buffer (Rodden, 2004).

Por otra parte, no es una adecuada fuente de otros nutrientes como hierro, cobre, cobalto y magnesio (Grandpierre y col., 1988; Dostaloya, 1994). Contiene menos sodio pero más potasio (134% más) y cloro (0,151% total) que la leche de vaca, siendo los demás constituyentes muy similares entre ambas (Maree, 1978). Este contenido alto de cloro tiende asociarse con las propiedades laxantes de la leche de cabra (Richardson, 2004).

Con respecto al selenio, el cual actúa como antioxidante (USDA y col., 2004) se vincula más con la parte acuosa que con la fracción grasa de la leche, pues en la leche descremada queda el 94% del selenio total, del cual un 69% se asocia con la fracción de caseína. Se considera muy importante no sólo porque suele ser deficiente en el cuerpo humano, sino porque ayuda a controlar el sistema inmunológico (Dael y col., 1992).

El contenido de vitamina E suele considerarse bajo, razón por la cual la suplementación puede ser necesaria (Grandpierre y col., 1988; Dostaloya, 1994).

En cambio posee el doble de vitamina A que la leche de vaca y este alto contenido explica la ausencia de carotenoides, pues éstos se encuentran ya convertidos en vitamina A. Además la leche de cabra es muy rica en riboflavina importante como factor del crecimiento (Richardson, 2004).

## **Calidad de la leche**

La calidad se define como la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa, que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su especie (Real Academia Española, 1994).

La leche es el único alimento producido por las hembras mamíferas para su descendencia en las primeras etapas de su vida extrauterina, la que debe ser de calidad óptima, tanto desde el punto de vista nutritivo como sanitario. La calidad de la leche para el consumidor, consiste en la composición invariable en el sabor y su conservación. Para este autor, se entiende por calidad no sólo un contenido normal de sustancias (grasa, proteínas, lactosa, minerales o vitaminas), sino también un bajo contenido en gérmenes y glóbulos blancos, la ausencia de cuerpos extraños y de agentes patógenos, y también la existencia de un sabor y olor normales (García Viejo y Salinas, 1998).

Cuando la cantidad de sólidos totales (grasa, proteína, lactosa y minerales) disminuye, la calidad se altera y esto ocurre principalmente por mastitis y/o adulteración.

Producir leche de buena calidad, significa que tanto a nivel de composición como microbiológicamente la leche que llega al consumidor debe estar en condiciones tales que sea apta para su consumo. En tal sentido, desde el año 1990, en Uruguay se inició el Sistema Nacional de Calidad de la Leche, y hoy en día se ha logrado que el 90% de la leche bovina esté en la mejor categoría con respecto al nivel de calidad. Para lograrlo se fomentaron actividades específicas en aspectos relacionados al mejoramiento genético del ganado, alimentación y la incidencia de la misma sobre la calidad de la leche. También se implementaron laboratorios de análisis de calidad de leche con los objetivos de apoyar la investigación y experimentación en cuanto al contenido de componentes específicos y presencia de sustancias contaminantes entre otros (Uruguay XXI, 2011).

## Calidad higiénica

Según Saltijeral y col., (2003), la expresión concreta de la prevención de enfermedades y el bienestar animal es la producción de leche de calidad e implica tres aspectos: la cantidad, sus componentes y los factores contaminantes (contaminación bacteriológica, número de células somáticas y presencia de residuos).

La leche puede ser afectada, ya sea en el interior o en el exterior del animal como, en la glándula mamaria, en el medio ambiente, o incluso durante los procesos de la cadena de comercialización y procesamiento (Ávila, 2000).

Spreer (1991), establece que el concepto de calidad higiénica se limita a la calidad de la leche cruda abarcando sólo los aspectos higiénicos, sin considerar el contenido de nutrientes y principios activos, ni su naturaleza químico-física.

La calidad higiénico sanitaria puede ser avalada en base a dos indicadores, recuento de células somáticas que indica la frecuencia de animales con mastitis en el rebaño, y el recuento total de bacterias que indica las condiciones de higiene y almacenamiento de la leche desde su obtención hasta el envío a la industria. Esta también se relaciona a la ausencia de agentes químicos (antibióticos, pesticidas, herbicidas, aditivos, drogas) resultantes, generalmente del manejo inadecuado del uso de agentes químicos en el rebaño (Nunes de Sousa y col. 2009).

Con respecto a la calidad higiénica de la leche existen microorganismos indicadores. En alimentos los más utilizados en cuanto a indicadores de calidad higiénico-sanitaria son los coliformes y *Staphylococcus coagulasa positiva*.

Según Cardoso (1985) los coliformes termotolerantes son indicadores de contaminación fecal y de riesgo de presencia de microorganismos patógenos, que pueden causar toxiinfecciones en el consumidor. Los estafilococos son de gran importancia, principalmente los coagulasa-positiva, pues pueden producir enterotoxinas termoestables, que pueden llegar al consumidor mismo después de la pasteurización.

## Conservación de leche caprina

La preservación de la leche mediante la congelación ha sido objeto de estudio desde 1930 (Muir, 1984).

La conservación de la leche se puede realizar, entre otros métodos, por medio de la refrigeración o incluso la congelación. En cuanto a la refrigeración se realiza colocando la leche en tanques de frío, logrando una temperatura igual o inferior a 4°C en un período máximo de 2hs. Este método permite conservar la leche por 48hs. Con respecto a la congelación existen países, que aceptan en su legislación realizarla en recipientes metálicos con capacidad variable de hasta 50 litros manteniendo la materia prima a una temperatura igual o inferior a -18° C, logrando alcanzar esta temperatura en el menor tiempo posible (MAPA, 2000).

La congelación de la leche puede tener efectos adversos en la calidad, así como también en sus propiedades fisicoquímicas, de composición y sensoriales, tales como, separación de la grasa, floculación de las proteínas y desarrollo de sabor desagradable (Muir, 1984; Needs, 1992).

Uno de los grandes problemas de la congelación de la leche es la inestabilidad proteica que se caracteriza por la floculación o sea la agregación física de las micelas de caseína. Esa precipitación es dependiente de la temperatura (Muir, 1984), pero también está relacionada al tratamiento térmico al cual fue sometida la leche antes de la congelación (Walstra y Jenness, 1984). La estabilidad proteica de la leche congelada, según Guimarães (1993), depende principalmente de la que presenta la leche original. La

congelación puede traer alteraciones en el sistema coloidal y la mayoría de éstas se deben a la inestabilidad físico-química de la leche, que cuando se congela, puede presentar separación de grasa y coagulación proteica. La inestabilidad proteica evidenciada por la descongelación y formación de un coágulo puede dispersarse con agitación mecánica y calor (Winder, 1962).

Tratamientos como la homogenización y el almacenamiento en frío aumentan los niveles de lipólisis, mientras que la pasteurización los disminuye así como el *flavor* característico de la leche caprina (Morgan y Gaborit, 2001). La congelación puede romper la emulsión de grasa debido a la presión durante el proceso. En tanto, la homogenización previa a la congelación puede prevenir esta separación.

La inestabilidad en general, no ocurre por la congelación en sí, sino que está directamente relacionada con el tiempo y temperatura a la que se realiza la misma. Cuanto menor es la temperatura, menor es la desestabilización (Bell y Mucha, 1952; Winder, 1962).

Según De la Fuente y col. (1997), Gomes y col. (1998) y Haenlein (2002), durante el almacenamiento en frío o la congelación se puede dar una oxidación de la leche de modo que se incrementa el contenido de ácidos grasos libres y por lo tanto la acidez de la leche, especialmente si la lipasa no fue inactivada previamente por tratamiento térmico.

Guimarães (1993) y Gomes y col. (1997), reportan que la congelación y almacenamiento de la leche durante una semana no alteró la acidez de la leche de cabra, encontrándose dentro de los valores normales, además estudios anteriores demostraron que el almacenamiento de leche por medio de la congelación con un máximo de 60 días no alteraba la acidez de la leche.

Los ácidos grasos de la leche congelada se oxidan y degradan fácilmente causando mal sabor a la misma (Fennema y col., 1973; Needs, 1992). Estos cambios no sólo afectan la vida útil del producto, sino también el rendimiento y la calidad de los productos lácteos como queso y yogur (Wendoff, 2001). Por el contrario Benedet y Carvalho (1996), expresan que este procesamiento no provoca grandes modificaciones en el sabor ni en el olor de la leche, sin embargo puede ocurrir una floculación de las proteínas, perjudicando la apariencia y aceptación del producto (Vilhena y col., 2008).

Las razones de la reducción del porcentaje de la grasa láctea durante el almacenamiento en congelación no están totalmente comprendidas, es posible que los cristales que se forman durante la congelación puedan destruir los glóbulos de grasa (Muir, 1984; Keenan, 2003), por otro lado la ruptura enzimática de los triacilglicéridos, junto con la actividad microbiana pueden ser las causas de la reducción de la grasa durante el tiempo de almacenamiento congelado (González-Rodríguez, 1995).

En cuanto a las proteínas, la congelación puede alterar la estructura de ellas en la leche y el queso destruyendo los puentes de hidrógeno de los polipéptidos y por ende, reduciendo su capacidad de retención de agua (Fontecha y col., 1993).

La congelación como método de conservación no altera las características microbiológicas de la leche y el producto, inmediatamente después del descongelado, tiene una calidad similar a la leche de la que se originó (Benedet y Schwinden, 1991; Gomes y col., 1998). Sin embargo, la congelación puede tener efectos negativos sobre las células bacterianas que han demostrado ser sensibles a este proceso (Haines, 1938) debido a las lesiones que las bajas temperaturas producen en la membrana y en el ADN bacteriano (Alur y col., 1975). Los procesos de congelación y descongelación afectan más a las células fagocitarias que a las células procariontas, por lo que ocasionarían la lisis celular con la consecuente liberación de las bacterias intactas que seguirían manteniendo su capacidad de crecimiento en los cultivos sucesivos (Pankey y col., 1987).



Vilhena y col. (2008) exponen que la congelación de la leche puede alterar la pared celular de las bacterias, perjudicando su capacidad de multiplicación, sin embargo puede haber aumentos aparentes en los recuentos provocados por la separación de los aglomerados de bacterias durante el almacenamiento. Benedet y Schwinden (1991) y Gomes y col. (1997), demostraron que la congelación hasta por 90 días de la leche de cabra pasteurizada no altera significativamente sus características microbiológicas.



## **OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar la congelación a  $-18^{\circ}\text{C}$  como método de conservación de la leche caprina.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar y comparar con respecto a la leche caprina cruda, como afecta el tratamiento térmico (pasteurización) previo a la congelación en los diferentes parámetros de calidad.
- Evaluar el efecto de dos métodos de descongelado sobre los parámetros de calidad de la leche caprina.
- Evaluar cómo afecta el tiempo de congelación en los parámetros de calidad de leche caprina cruda y pasteurizada.

# MATERIALES Y MÉTODOS

## Animales

Se utilizaron 35 cabras de la raza Saanen, las cuales se encuentran en el Parque de Actividades Agropecuarias (PAGRO), perteneciente a la Intendencia Municipal de Montevideo, localizado en la zona de Colón, Montevideo, Uruguay.

## Diseño Experimental

Para cumplir con los objetivos planteados, se realizaron muestreos para análisis físico-químicos y microbiológicos, según la metodología descrita por la Federación Internacional de Lechería (FIL-IDF 50C:1995, citado por Pinto y col., 1998).

## Análisis de Muestras

A cada muestra de leche, se le realizaron los análisis de composición: materia grasa, proteína, lactosa, sales y densidad utilizando un equipo denominado Lactomilk® marca Lactoscan, modelo SLP, origen Bulgaria. Para los sólidos no grasos (SNG), el equipo no los determina directamente sino que este valor es calculado mediante la sumatoria del resto de los constituyentes sin incluir la materia grasa.

Se realizó recuento de Células Somáticas (RSC) mediante la técnica de Breed (Internacional Dairy Federation, 1995), determinación de acidez Dörnic (Pinto y col., 1998) y pH mediante método de evaluación potenciométrico, utilizando un modelo de electrodos denominado Oakton®.

## Análisis microbiológicos según APHA, 2001:

Recuento de mesófilos aerobios totales (RTMA), coliformes totales y *Staphylococcus* coagulasa positiva.

## Metodología de Muestreo

Se realizaron 6 muestreos con un intervalo de 7 días cada uno, del total del volumen producido en el ordeño matutino, en el momento en que los animales se encontraban en el pico de lactación.

Los recipientes en que se envasó la leche para su posterior congelación fueron botellas cilíndricas, con capacidad de 1 litro, material: PET (Polietileno Tereftalato) con tapa rosca, (de dimensiones estándar: 80mm de diámetro x 230mm de altura).

Previo al llenado de los envases se sometió a cada uno de ellos a un proceso de limpieza y desinfección. Para este último procedimiento se utilizó ácido peracético 0,2% por 30 minutos asegurándose que el ácido tome contacto con toda la superficie del recipiente. Finalizado este tiempo se descartó el contenido de dicho ácido.

## Tratamiento de las Muestras

En cada muestreo y previa homogeneización se extrajeron 14 litros de leche del tanque, de los cuales 7 litros se envasaron como tal (leche cruda - LC) y los 7 litros restantes fueron sometidos a un tratamiento térmico, a 63°C durante 30 minutos (pasteurización

lenta: LTLT). Estos se fraccionaron como leche pasteurizada (LP). Luego del tratamiento térmico se utilizó la prueba de detección de la Fosfatasa Alcalina, para verificar la efectividad del mismo.

Antes de proceder a la congelación a  $-18^{\circ}\text{C}$ , se extrajo una muestra de cada tipo de leche (LC y LP) y se le realizaron los análisis correspondientes al control de calidad. Estas muestras fueron consideradas como muestras control ( $t_0$ ). Posteriormente se procedió a la congelación del resto de las muestras (Cuadro 1).

La descongelación se llevó a cabo por medio de dos métodos, baño maría (BM) y heladera (H). La descongelación en H se realizó durante 60 hs a  $4^{\circ}\text{C}$  y la de BM durante 2,5 hs a  $27^{\circ}\text{C}$ . Estos tiempos fueron determinados previamente para asegurar la completa descongelación, así como para no favorecer el crecimiento de microorganismos mesófilos durante el tiempo que duraba la descongelación por éste último método.

A los 2, 4 y 6 meses de congelación ( $t_1$ ,  $t_2$  y  $t_3$  respectivamente), se procedió a realizar la descongelación de las muestras por los métodos anteriormente nombrados (H y BM) de dos muestras de cada tipo de leche (LC y LP). Obteniendo las siguientes muestras: leche cruda baño maría (LCBM), leche cruda heladera (LCH), leche pasteurizada baño maría (LPBM) y leche pasteurizada heladera (LPH).

El procedimiento descrito anteriormente se repitió para cada muestreo semanal durante 6 semanas.

\*Ver Anexo (Cuadro 1, 2 y 3)

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las diferencias en los parámetros de calidad (composicional, físico-químicas y microbiológicas) obtenidas en los sucesivos muestreos para cada variable fueron analizadas estadísticamente mediante la prueba de análisis de varianza factorial en bloque por parcelas divididas. Cuando el análisis de la varianza no es aplicable debido al incumplimiento de las suposiciones (homocedasticidad, independencia y normalidad) se transforman las variables, de no poder normalizarse se aplica la Prueba No Paramétrica Kruskal-Wallis. Se expresaron los resultados de ufc/ml y cél/ml en log en base 10 para normalizar su distribución.

Para determinar la diferencia entre los tiempos de congelado se realizó el Test de Tukey. Se consideran cambios significativos en cada variable cuando  $\alpha$  sea  $< 0,05$ .

## RESULTADOS

En las tablas 1, 2 y 3 se pueden observar las diferencias encontradas entre LC y LP (diferentes tratamientos térmicos) para los parámetros estudiados de composición, físicos-químicos y microbiológicos, pudiéndose observar lo mismo para los métodos de descongelado (BM y H).



**Tabla 1. Medias porcentuales de los valores de Composición**

	MG	Proteína	Lactosa	SNG	Sales
LP H	3,56 <sup>a</sup>	2,69 <sup>a</sup>	3,90 <sup>a</sup>	7,36 <sup>a</sup>	0,68 <sup>a</sup>
LP BM	3,61 <sup>ab</sup>	2,70 <sup>a</sup>	3,91 <sup>a</sup>	7,38 <sup>a</sup>	0,68 <sup>a</sup>
LC H	3,64 <sup>ab</sup>	2,69 <sup>a</sup>	3,90 <sup>a</sup>	7,36 <sup>a</sup>	0,68 <sup>a</sup>
LC BM	3,65 <sup>b</sup>	2,69 <sup>a</sup>	3,89 <sup>a</sup>	7,36 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>

\*Medias con letra igual no muestran diferencia significativa ( $p < 0,05$ )

\*MG: materia grasa, SNG: sólidos no grasos.

**Tabla 2. Valores medios de parámetros físico-químicos**

	pH	Acidez (°D)	Densidad
LP H	6,63 <sup>a</sup>	14,25 <sup>a</sup>	1028 <sup>a</sup>
LP BM	6,63 <sup>a</sup>	14,21 <sup>a</sup>	1028 <sup>a</sup>
LC H	6,63 <sup>a</sup>	14,25 <sup>a</sup>	1028 <sup>a</sup>
LC BM	6,63 <sup>a</sup>	14,42 <sup>a</sup>	1028 <sup>a</sup>

\* Medias con letra igual no muestran diferencia significativa ( $p < 0,05$ )

**Tabla 3. Valores medios en log<sub>10</sub> para los parámetros microbiológicos y RCS**

	RM	CT	St	RCS
LP H	0,62 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	6,24 <sup>a</sup>
LP BM	0,85 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	6,24 <sup>a</sup>
LC H	3,95 <sup>b</sup>	1,83 <sup>b</sup>	1,58 <sup>b</sup>	6,15 <sup>a</sup>
LC BM	4,22 <sup>b</sup>	1,86 <sup>b</sup>	1,38 <sup>b</sup>	6,18 <sup>a</sup>

\* Medias con letra igual no muestran diferencia significativa ( $p < 0,05$ )

\* RM: recuento de mesófilos aerobios totales; CT: coliformes totales; ST: *Staphylococcus coagulasa positiva*; RCS: recuento de células somáticas

En las tablas 4, 5 y 6 se observa la variación de los parámetros estudiados durante el tiempo de congelación (t<sub>0</sub>, t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub> y t<sub>3</sub>) para LC y LP.

**Tabla 4. Valores medios porcentuales de composición para los distintos tiempos de congelación**

	MG		Proteína		Lactosa		SNG		Sales	
	LC	LP	LC	LP	LC	LP	LC	LP	LC	LP
t <sub>0</sub>	3,77 <sup>b</sup>	3,79 <sup>b</sup>	2,74 <sup>b</sup>	2,76 <sup>c</sup>	3,94 <sup>a</sup>	3,96 <sup>b</sup>	7,43 <sup>a</sup>	7,49 <sup>b</sup>	0,68 <sup>a</sup>	0,69 <sup>a</sup>
t <sub>1</sub>	3,61 <sup>a</sup>	3,49 <sup>a</sup>	2,69 <sup>ab</sup>	2,72 <sup>bc</sup>	3,92 <sup>a</sup>	3,96 <sup>b</sup>	7,37 <sup>a</sup>	7,46 <sup>b</sup>	0,68 <sup>a</sup>	0,68 <sup>a</sup>
t <sub>2</sub>	3,59 <sup>a</sup>	3,50 <sup>a</sup>	2,67 <sup>a</sup>	2,64 <sup>a</sup>	3,87 <sup>a</sup>	3,83 <sup>a</sup>	7,33 <sup>a</sup>	7,23 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>
t <sub>3</sub>	3,63 <sup>a</sup>	3,56 <sup>a</sup>	2,67 <sup>a</sup>	2,67 <sup>ab</sup>	3,87 <sup>a</sup>	3,87 <sup>ab</sup>	7,30 <sup>a</sup>	7,31 <sup>ab</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>

\* Medias con letra igual no muestran diferencia significativa ( $p < 0,05$ )

\*MG: materia grasa, SNG: sólidos no grasos.

**Tabla 5. Valores medios de parámetros físico-químicos para los distintos tiempos de congelación**

	pH		Acidez		Densidad	
	LC	LP	LC	LP	LC	LP
<b>t0</b>	6,65 <sup>b</sup>	6,62 <sup>b</sup>	14,17 <sup>a</sup>	14,50 <sup>a</sup>	1028 <sup>a</sup>	1028 <sup>a</sup>
<b>t1</b>	6,64 <sup>b</sup>	6,66 <sup>bc</sup>	14,50 <sup>a</sup>	14,42 <sup>a</sup>	1028 <sup>a</sup>	1028 <sup>a</sup>
<b>t2</b>	6,70 <sup>c</sup>	6,71 <sup>c</sup>	14,25 <sup>a</sup>	13,92 <sup>a</sup>	1028 <sup>a</sup>	1028 <sup>a</sup>
<b>t3</b>	6,53 <sup>a</sup>	6,54 <sup>a</sup>	14,42 <sup>a</sup>	14,08 <sup>a</sup>	1028 <sup>a</sup>	1028 <sup>a</sup>

\* Medias con letra igual no muestran diferencia significativa ( $p < 0,05$ )

**Tabla 6. Valor medio en log10 de los parámetros microbiológicos y de RCS en los distintos tiempos de congelación**

	RM		CT		St		RCS	
	LC	LP	LC	LP	LC	LP	LC	LP
<b>t0</b>	4,78 <sup>c</sup>	0,43 <sup>a</sup>	3,71 <sup>c</sup>	0,10 <sup>a</sup>	1,51 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>a</sup>	6,33 <sup>b</sup>	6,24 <sup>a</sup>
<b>t1</b>	4,15 <sup>b</sup>	0,69 <sup>a</sup>	2,04 <sup>b</sup>	0,08 <sup>a</sup>	1,53 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>a</sup>	6,16 <sup>ab</sup>	6,32 <sup>a</sup>
<b>t2</b>	3,74 <sup>a</sup>	0,80 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	1,79 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	6,21 <sup>ab</sup>	6,16 <sup>a</sup>
<b>t3</b>	3,69 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	1,03 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>	1,08 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	5,97 <sup>a</sup>	6,24 <sup>a</sup>

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

\* RM: recuento de mesófilos aerobios totales; CT: coliformes totales; ST: *Staphylococcus coagulasa* positiva; RCS: recuento de células somáticas

## DISCUSIÓN

En este estudio se evaluó y comparó como afectó el tratamiento térmico (pasteurización) previo a la congelación, con respecto a la leche cruda, en los diferentes parámetros de calidad.

El objetivo principal de la pasteurización de la leche es la destrucción de bacterias patógenas, pero también la eliminación de los microorganismos saprófitos y la inactivación de ciertas enzimas que perjudican la calidad del producto. La microbiota de la leche pasteurizada depende de la carga microbiana de la leche cruda, de la eficiencia de la pasteurización, de la recontaminación luego del tratamiento y de la temperatura de almacenamiento (Egito y col., 1989).

La pasteurización de la leche debe realizarse inmediatamente después del ordeño o, como máximo, en un período no superior a los 30 minutos después de su obtención. Cuando no se realiza este tratamiento la leche debe ser inmediatamente refrigerada hasta llegar a una temperatura de 4°C en un período de tiempo no superior a 2 horas. La leche pasteurizada debe ser destinada al consumo en estado fluido, debidamente envasada y rotulada respetando la cadena de frío alcanzando en el punto de venta una temperatura máxima de 7°C. La legislación brasilera permite para la leche de cabra el uso de pasteurización rápida (72-75°C por 15-20 seg.) o lenta (62-65°C por 30 min.). Puede comercializarse también en forma congelada (MAPA, 2000).

En el presente trabajo la eficiencia de la pasteurización en la leche de cabra fue comprobada en base a la prueba de fosfatasa alcalina, constatándose siempre su ausencia, así como por la disminución en los recuentos microbiológicos. La ausencia de fosfatasa alcalina ha sido universalmente aceptada como evidencia de una eficiente pasteurización de la leche (Kay y col., 1935).

Como puede observarse en la Tabla 3, con la pasteurización de la leche cruda a 63°C por 30 minutos se logró disminuir el recuento inicial de mesófilos aerobios totales de 4,08 a 0,74 log ufc/ml, el recuento de coliformes totales de 1,85 a 0,1 log ufc/ml y la detección de *Staphylococcus coagulasa* positivo de 1,48 a 0 log ufc/ml.

La apropiada pasteurización de la leche quedó confirmada por la disminución de más de un 99% del recuento de aerobios mesófilos y por la reducción de los coliformes totales, microorganismos indicadores de contaminación bacteriana y calidad sanitaria deficiente.

Dependiendo de la intensidad del tratamiento térmico el calentamiento puede provocar cambios en las propiedades físico-químicas de la leche, pero estos normalmente son insignificantes cuando la temperatura no excede los 60°C (Walstra y col., 1984). Sin embargo la leche de cabra tiene menor estabilidad térmica que la leche bovina (Jenness, 1980), lo que hace que con tratamientos térmicos de la misma intensidad se originen alteraciones diferentes en las leches de ambas especies (Vilhena y col., 2008).

La lactosa está sujeta a alteraciones durante el calentamiento de la leche, principalmente reacciones de Maillard, pero éstas ocurren a temperaturas superiores a 100°C (Walstra y col., 1984), lo que explica la ausencia de este efecto sobre la lactosa durante la pasteurización. Este tratamiento también puede disminuir la acidez titulable de la leche al promover la salida de CO<sub>2</sub>, así como también la precipitación de fosfato y la destrucción de la microbiota mesófila acidificante (Vilhena y col., 2008).

Al comparar LCBM con LPBM y LCH con LPH se observó que desde el punto de vista de la calidad composicional al igual que las propiedades físico-químicas y recuento de células somáticas no se encontraron diferencias luego de la congelación. Al comparar las mismas leches desde el punto de vista microbiológico sí se encontraron diferencias.



Según estos resultados se deduce que es más adecuado pasteurizar la leche previo a la congelación (Tablas 1, 2 y 3).

Observamos como ventaja del método BM sobre el método H, que el primero tiene un promedio de descongelación de 2,5 horas frente a 60 horas que lleva en H. Sin embargo, el método BM supone un mantenimiento de limpieza y desinfección exhaustiva y rutinaria del equipo. Es también de importancia la capacidad limitada de este método comparado con H donde es posible descongelar mayor volumen de leche, lo cual resulta de mejor aplicación a nivel industrial.

Vilhena y col. (2008), utilizando la parte baja de la heladera a temperaturas entre 10-12°C lograron un tiempo cercano a las 30 horas para el total descongelado de las muestras, mostrando otra ventaja a nivel industrial de este método sobre el BM.

Así mismo en este trabajo se evaluó el efecto del tiempo de congelación sobre los parámetros de calidad de la leche caprina cruda (LC) y pasteurizada (LP), ya que diversos autores citan que la congelación puede tener efectos adversos en la calidad de la leche y en la estabilidad de propiedades como la separación de grasa, floculación de proteínas y el desarrollo de sabores indeseables (Muir, 1984; Needs, 1992). Estos cambios no sólo afectan la vida útil del producto sino también el rendimiento y la calidad de productos como el queso y el yogur (Wendoff, 2001).

Sin embargo, Benedet y Carvalho (1996) proponen que este proceso de conservación no provoca grandes modificaciones en el sabor ni en el olor de la leche, aunque sí puede ocurrir una floculación de las proteínas, perjudicando la apariencia y aceptación del producto (Vilhena y col., 2008).

Al evaluar los parámetros de composición (Tabla 4) en LC, podemos observar que la materia grasa presenta diferencia del t0 con el resto de los tiempos, pero t1, t2 y t3 no difieren entre sí. Se observa que los valores de materia grasa varían de 3,77% en el t0 a un valor promedio en el resto de los tiempos de 3,60%.

La LP al igual que la LC presentó la misma variación en los distintos tiempos, observándose en el t0 3,79% mientras que en el resto de los tiempos de congelado un valor 3,50% promedio.

Vilhena (2008) indica que el tenor graso para LP congelada fue menor que el obtenido en LP fresca, presentando una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). Según Grappin (1987), la ocurrencia de lipólisis disminuye los valores de materia grasa obtenidos.

La destrucción de los glóbulos de grasa, la ruptura enzimática de los triacilglicéridos, junto con la actividad microbiana, pueden ser las razones de la reducción de la grasa durante el tiempo de almacenamiento congelado de la leche (González-Rodríguez, 1995).

Respecto a la materia grasa de la leche congelada Antifakis y col. (1980), observaron un aumento en la lipólisis y oxidación, posteriormente Needs (1992), puntualizó que la intensidad de la lipólisis depende de la temperatura y el tiempo de mantenimiento en congelación.

En cuanto a las proteínas en la LC se observa una leve disminución en el transcurso del tiempo obteniendo un valor en el t0 de 2,74% y de 2,67% a los 180 días. En cuanto a la LP se observan diferencias a partir de los 120 días ( $t_0 \neq t_2$  y  $t_3$ ). Sin embargo, no hay diferencia entre t1 y t3 (60 y 180 días). Gomes y col. (1997) y Pereira (2000) obtuvieron valores entre 2,70% y 2,62% para leche pasteurizada previamente congelada, los cuales coinciden con los encontrados en el presente estudio.

Según Swartling (1968), la concentración de solutos obtenida provocaría disminución del pH y/o aumento localizado de la concentración de calcio, alterando el complejo de fosfocaseinato cálcico, con la consiguiente desestabilización de las proteínas. En la

misma línea Minson y col. (1981) y Lonergan y col. (1982), sostienen que la criodesestabilización de la leche se debe a un fenómeno de entrecruzamiento de las micelas por puentes de calcio, ya que existe evidencia que la disminución de los niveles de calcio previo a la congelación incrementa la estabilidad de la leche al frío.

Los agregados de caseína pueden ocurrir en la congelación de la leche ya que la micela de caseína está fuertemente mineralizada y su grado de hidratación es bajo, lo que le confiere menor estabilidad térmica. La congelación contribuye a disociar la  $\beta$ -caseína de la micela interfiriendo en la estabilidad proteica. Este efecto ocurre intensamente en la leche de cabra probablemente ocasionado por la ausencia de la  $\alpha$ -S1-caseína (Leach, 1980). Así mismo, la relación calcio-fósforo de la micela es más fuerte y su hidratación es menor, lo cual le confiere menor estabilidad térmica (Remeuf y col., 1989).

Otro efecto observado durante el almacenamiento de leche en congelación es la pérdida de dobles enlaces, junto con el aumento de grupos  $-OH$  y  $NH_2$  en las caseínas, es decir apertura de enlaces peptídicos y desnaturalización proteica (Fuster, 1979). Esta desagregación de la caseína dentro de la micela la hace especialmente susceptible a proteólisis (Fox, 1970).

En cuanto a la apariencia de la leche una vez descongelada, Pereira (2000) constató que la leche presentaba un aspecto floculado con disminución de la apariencia general. Lo mismo observó Gomes y col. (1997), que atribuyeron esas características a modificaciones físicas de las proteínas, acentuadas por el congelamiento lento después de la pasteurización. Teixeira y col. (1994) y Pereira (2000), observaron que ocurre una elevada separación de la grasa que queda adherida al envase de las muestras analizadas, siendo difícil su reincorporación al producto cuando se calienta para su consumo. A pesar de que en este trabajo no se realizó evaluación sensorial del producto descongelado, se pudo apreciar como mencionaron los autores citados anteriormente una declinación en la apariencia general.

La lactosa, SNG y sales en LC no presentaron diferencias con el tiempo de congelado (Tabla 4). En el caso de la LP, la lactosa presenta una leve disminución a los 120 días, observándose la misma tendencia para los SNG. En el caso de las sales, los valores no presentaron diferencias en el correr del tiempo.

Para Alichanidis y col. (1981) y Peláez (1983), la conservación de la leche por medio de la congelación, puede causar modificaciones en el equilibrio físico-químico como aparición de cristales de lactosa y agregados de caseínas.

Zhang (2005) indica en su trabajo que los sólidos totales, proteínas y porcentajes de lactosa no se vieron afectados por el tiempo de almacenamiento o la temperatura de congelación.

En la Tabla 5 se muestran los parámetros físico-químicos para los diferentes tiempos de congelación. El pH en la LC no presentó variación en los primeros 60 días para luego mostrar un aumento a los 120, y luego volver a disminuir a los 180 días. En la LP este parámetro no evidencia diferencias en los primeros 60 días, ni entre los 60 y 120 pero existe diferencia a los 180 días donde disminuyó el valor.

Existen controversias al respecto del efecto de la congelación sobre el pH. Así, Dalles y col. (1984), observaron que permanece inalterado, mientras que Alichanidis y col. (1981) reportaron un aumento del mismo.

Durante la congelación las propiedades físico-químicas generales no suelen variar mucho, a excepción de la acidez (Gómez y col., 1998). Guimaraes (1993) y Gomes y col. (1997), indican que la congelación y almacenamiento de la leche durante una semana y hasta 60 días no alteraba la acidez de la leche.

En este estudio los parámetros de acidez y densidad no presentaron diferencias para LC y LP durante el almacenamiento en congelación en el período de 180 días.

Pereira (2000) encontró para la variable densidad, valores mínimos y máximos iguales a 1.022 y 1.032 respectivamente y como media general 1.029 en leche pasteurizada descongelada, ésta media coincide con la obtenida en este trabajo.

En cuanto a los parámetros microbiológicos Benedet y Schwinden (1991) y Gomes y col. (1997) encontraron que la congelación no altera las características microbiológicas de la leche o sus productos y luego de la descongelación presenta cualidades semejantes a la leche original. La congelación hasta por 90 días de la leche de cabra pasteurizada no altera significativamente sus características microbiológicas.

Vilhena y col. (2008) señalan en su estudio que las muestras de leche pasteurizada fresca presentaron crecimiento bacteriano, luego de ser congeladas y almacenadas durante una semana a  $-18^{\circ}\text{C}$  no presentaron desarrollo microbiano. Explican que la congelación de la leche puede alterar la pared celular de las bacterias, perjudicando su capacidad de multiplicación.

Speck y col. (1977) destacan que las bacterias Gram positivas son mucho más resistentes que las Gram negativas y las células en fase estacionaria lo son más que las que están en fase logarítmica. Además, la lisis bacteriana se produce de forma rápida durante el proceso de congelación, principalmente debido a la alteración de las membranas, mientras que durante la conservación en congelación la velocidad de destrucción bacteriana es mucho menor (Rosset, 1988).

En cuanto al recuento de mesófilos que se muestra en la Tabla 6, se observó que con el tiempo de congelación sus valores disminuyen de 4,78 a 3,69 log ufc/ml en LC. Esta misma tendencia no se mantiene para LP donde se muestra que no existe diferencia en los 180 días que duró el ensayo.

Según Le Jaouen (1987), los recuentos de mesófilos disminuyen entre 50 y 100 veces tras cierto tiempo en congelación, por el contrario Benedet y Carvalho (1996) observaron un aumento.

En lo que refiere a los coliformes totales para LC, los recuentos disminuyen de 3,71 a 0,61 log ufc/ml lo cual coincide con la bibliografía referente al tema. En LP los datos muestran (Tabla 6), que no existió diferencia en los recuentos durante los 180 días que se evaluó el efecto de la congelación.

Juarez y col. (1987), resaltan la mayor sensibilidad al frío de las bacterias Gram negativas que de las Gram positivas, debido a las diferencias en la estructura de su pared celular.

Análisis cuantitativos con muestras de leche bovina congelada a  $-20^{\circ}\text{C}$  por 6 semanas, no evidenciaron efectos sobre el recuento de bacterias como *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Corynebacterium bovis* o *Escherichia coli* (Murdough y col., 1996). La reducción en la viabilidad de *E. coli* fue demostrada a  $-20^{\circ}\text{C}$  por 4 semanas (Pamckey y col., 1987). De la misma manera, se encontró una reducción en el número de *E. coli* a las 4, 8 y 16 semanas después de congelada (Schukken y col., 1989). Sánchez y col. (2003) obtuvieron resultados que sugieren una mayor persistencia de bacilos Gram negativos a  $-20^{\circ}\text{C}$  en leche caprina en comparación con la bovina. Esto puede ser explicado por las diferencias en la composición de la leche entre estas especies, ya que la caprina tiene componentes con efectos protectores sobre las bacterias durante el congelado (Jensen y col., 1973; El-Kest y col., 1992).

Otros autores exponen que congelar las muestras de leche mejora las sensibilidad de los análisis bacteriológicos para el diagnóstico de *Staphylococcus aureus*. Luego de congelar muestras de leche por 23 días el porcentaje de aislamiento de *S. aureus* aumenta 1,48

veces (Villanueva y col., 1991). Para leche caprina McDougall (2000), evaluó el efecto de congelación para el diagnóstico de patógenos intramamarios, no encontrando diferencias en el recuento de unidades formadoras de colonias luego de congelar a  $-20^{\circ}\text{C}$  por 28, 56 y 84 días.

Sánchez y col. (2003) encontraron aumento en el recuento de *Staphylococcus coagulasa* negativa en los diferentes días de almacenamiento para  $-20$  y  $-80^{\circ}\text{C}$ . La localización intracelular de los estafilococos y el daño causado a las células fagocitarias en la congelación pueden ser la explicación de este fenómeno (Schukken y col., 1989). Además, apoyando esta teoría, es conocido que el RCS y el porcentaje de neutrófilos en leche caprina es más alto en comparación con la leche bovina (Paape y col., 1997).

En el presente trabajo no se determinaron los *Staphylococcus coagulasa* negativa, los que siguen una variación similar a *Staphylococcus coagulasa* positiva. Con respecto a éste, en el caso de la LC existió variación únicamente entre los 120 y 180 días ( $t_2 \neq t_3$ ). Hasta los 120 días se observó una tendencia creciente en el recuento para luego de 180 días de congelado, disminuir a valores como los obtenidos inicialmente. En la LP no hubo diferencia durante el período congelación dado que no se encontró este microorganismo en la leche sometida a tratamiento térmico.

En la Tabla 6 se observa el recuento de células somáticas para LC, mostrando diferencias entre el inicio ( $t_0$ ) y luego de 180 días ( $t_3$ ), disminuyendo de 6,33 en el  $t_0$  a 5,97 log cél/ml en el  $t_3$ . Mostrando claramente que durante los 6 meses de congelado disminuyó el recuento. En la LP no se encontraron diferencias en los 180 días que duró este ensayo.

Investigadores que estudiaron los factores que afectan las células somáticas en leche de cabra (Zeng y col., 1999) reportaron que el almacenaje de la leche caprina a temperatura de refrigeración ( $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) por tres días no afecta el recuento y con respecto a la congelación Horner y col. (1988), por su parte, exponen que tampoco se modifica.

Sánchez y col. (2005), encontraron que el rango de variación para el RCS ( $p < 0.001$ ) fue mayor con el almacenaje a temperatura de refrigeración que en la congelación.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en las condiciones del presente trabajo permiten concluir que:

La congelación a  $-18^{\circ}\text{C}$  de la leche caprina se avala como método de conservación, ya que no se vio afectada su calidad físico-química, microbiológica ni composicional.

1. Se concluye que sería más adecuado someter a la leche caprina a un proceso de pasteurización previo a la congelación, dado que no se evidenciaron diferencias entre LC y LP por efecto de la congelación en relación a los parámetros de composición, físico-químicos y de recuento de células somáticas. Se observaron diferencias en cuanto a los parámetros microbiológicos.
2. La evaluación de los dos métodos de descongelado permite concluir que ambos son válidos, ya que no existen diferencias entre los mismos en cuanto a los parámetros de calidad de la leche caprina. Por tanto, la elección va a depender del volumen que se pretenda procesar.
3. El período evaluado (180 días de congelación) es adecuado para la conservación de la leche caprina, ya que su calidad físico-química, de composición y microbiológica se mantuvo.

## BIBLIOGRAFÍA



1. Agraz, A. (1989). Caprinotecnia II. México, Limusa, 1179 p.
2. Alais, C. (1988). Ciencia de la leche. México, Continental, 594 p.
3. Alichanidis, E., Polychroniadou, A., Tzanetakis, N., Vafopoulou. (1981). Telemese cheese from deep frozen curd. J. Dairy Sci. 64: 732-739.
4. Alur, M., Greez, N. (1975). Mechanism of injury of Escherichia coli by freezing and thawing. Biochem. Biophys. Res. Commun 62: 308-312.
5. American Public Health Association (APHA). (2001). Compendium of Methods for Microbiological Examination of food, 4ª ed. Washington, APHA, 676 p.
6. Antifakis, E., Kehagias, C., Kotouza, E., Kalatzopoulos, G. (1980). Frozen stability of sheeps milk under various conditions. Milchwissenschaft 35(2): 80-82.
7. Avila, T. (2000). Problemática de la leche en México. Disponible en: <http://www.cddhcu.gob.mx/camdip/comlvii/comeco/foro3/m%E9xico.htm> Fecha de Consulta: 5/4/2009.
8. Barberis, S. y col. (2002). Bromatología de la leche. San Luis., Hemisferio Sur, 228 p.
9. Benedet, H., Carvalho, M. (1996). Caracterização do leite de cabra no Estado de Santa Catarina, Brasil. Cienc. Tec. Alim. 16(2): 116-119.
10. Bell, W., Mucha, T. (1952). Stability of milk and its concentrates in frozen storage at various temperatures. J. Dairy Sci. 35(1): 1-5.
11. Benedet, H., Schwinden, E. (1991). Modificações físico-químicas e microbiológicas do leite de cabra, congelado e armazenado. Bol. Soc. Bras. Cienc. Tec. Alim. 25(2):1-76.
12. Braga Lobo, R., Faço, O., Bezerra Oliveira, A. (2009). Melhoramento genético de caprinos leiteiros. En: Ferreira da Fonseca, J., Bruschi, J. Produção de Caprinos na Região da Mata Atlântica. Juiz de Fora, MG. Embrapa, p. 59-84.
13. Cardoso, W. (1985). Contagem de microorganismos. En: Cardoso, W. Análise microbiológica de alimentos. Rio de Janeiro, Merck, p. 20-27.
14. Capra. (2004). La composición de la leche de cabra y su papel en la alimentación humana y sus beneficios. Disponible en: <http://www.capraispana.com/destacados/hombre/hombre.htm> Fecha de consulta: 24/10/2010.
15. Ciappesoni, C. (2006). La producción caprina en Uruguay y Latinoamérica. Department of Tropical and Subtropical Animal Production, kamycka 129, Suchdol 165 21, Praga 6, República Checa. Disponible en: <http://www.caprahispana.com/mundo/uruguay/uruguay.htm> Fecha de consulta: 28/9/2010.

16. Dael, D., Shen, L., Renterghem, R., Deelstra, H. (1992). Selenium content of goat milk and its distribution in protein fractions. *Zeitschrift fuer Lebensmittel Untersuchung und Forschung* 195(1): 3-7.
17. Dalles, T., Kalatzopoulos, G., Kaehagias, C. (1984). Freezing preservation of soft cheeses with and without mold from goat's and sheep's milk. *Thermal processing and quality of foods*. Elsevier. Cost 91 Athens, p. 740-744.
18. Darnton, I., Coveney, J., Davey, G. (1987). Goat milk, nutritional and public health aspects: a review. *Food Tec. Austr.* 39(12): 572-688.
19. De la Fuente, M., Requena, T., Juarez, M. (1997). Salt balance in ewe's and goat's milk during storage at chilling and freezing temperatures. *J. Agric. Food Chem.* 45(1): 82-88.
20. De Quadros, D. (2008). Leite de Cabra. *Produção e Qualidade*. PUBVET 2 (1), Jan 1. Disponible en: [www.capritec.com.br/pdf/LeiteCabraProducaoQualidade](http://www.capritec.com.br/pdf/LeiteCabraProducaoQualidade) Fecha de consulta: 28/9/2010.
21. Dostaloya, J. (1994). Goats Milk. *Vyziva* 49(2): 43-44.
22. El-Hagrawy, I., Zeidan, I., Gaber, A. (1990). The nitrogen distribution and amino acids content of goat's casein and its fraction. *Alexandria Sci. Exch.* 11(1): 91-104.
23. El-Kest, S., Marth E. (1991). Injury and death of frozen *Listeria monocytogenes* as affected by glycerol and milk components. *J. Dairy Sci.* 74(4): 1201-1208.
24. El-Kest, S., Marth, E. (1992). Freezing of *Listeria monocytogenes* and other microorganisms: a review. *J. Food Prot.* 55: 639-648.
25. El-Shibiny, S. (1978). The chemical composition and properties of goatmilk, milk proteins. *Egyptian J. Dairy Sci.* 6(1):77-80.
26. Egito, A. (1989). Avaliação da pasteurização lenta do leite de cabra no controle de coliformes totais. *Sobral. Boletim de Pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos*. Juiz de Fora, Embrapa, 12: 12.
27. FAO. (1996). Tecnología de los alimentos – lechería. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0816s/a0816s03.pdf> Fecha de consulta: 14/2/2012.
28. Federación Internacional de Lechería. Grupo de expertos. (1984). Code generale de practiques hygieniques pour l'Industrie laitiere. *Bulletin* (178). FIL. Brussels, Belgium, p. 23.
29. Fennema, O., William, D., Elmer, H. (1973). *Low-temperature preservation of food and living matter*. New York, Dekker, 809 p..
30. FMC Microbial Control. (2009). Disponible en: <http://acidoperacetico.com/> Fecha de consulta: 27/9/2010.
31. French, M. (1970). Observaciones sobre las cabras. *FAO: Estudios agropecuarios*. 80: 106-147.

32. Fontecha, J., Bellanato, J., Juarez, M. (1993). Infrared and raman spectroscopic study of casein in cheese: effects of freezing and frozen storage. *J. Dairy Sci.* 76: 3303-3309.
33. Fox, P., Law, J. (1991). Enzymology of cheese ripening. *Food Biotec.* 5(3): 239-262.
34. Fuster, C. (1970). Differential characteristics of casein of fresh and frozen milk. *J Dairy Sci.* 15(1): 37-42.
35. García Viejo, F., Jornado Salinas, R. (1998). Calidad de la leche cruda: Definición y tipo de calidad. *Ind. Lact. Españolas* 236: 33-37.
36. Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura, Fundación para la Innovación Agraria. Boletín de caprinos de leche. Año I, N°1 Mayo (2002). Disponible en: <http://www.fia.gob.cl/difus/boletin/bcaprino/bcaprinodeleche1.pdf> Fecha de consulta: 28/9/2010.
37. Gomes, M., Bonassi, I., Roça, R. (1997). Características químicas, microbiológicas e sensoriais de leite de cabra congelado. *Ciênc. Tec. Alim.* 17: 111-114.
38. Gonzalez-Rodriguez, M., Gonzalo, C., San Primitivo, F., Carmenes, P. (1995). Relationship between somatic cell count and intramammary infection of the half under in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78: 2753-2759.
39. Grandpierre, C., Ghisolfi, J., Thouverrot, J. (1988). Biochemical study of goat's milk. *Cah. Nutr. Diet.* 23(5):367-374.
40. Grappin, R. (1987). Application of indirect instrumental methods to the measurement of fat and protein content of goat and ewe milk. *Int. Dairy Fed. Bullet.* 208: 41-43.
41. Grob, R. (2000). Evaluación de distintos métodos de higienización de equipos de ordeño mecánico. Tesis de Grado. Valdivia Chile. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2000/fvg873e/doc/fvg873e.pdf> Fecha de consulta: 27/9/2010.
42. Guimãraes, M. (1993). Avaliação da estabilidade físico-química de leite caprino congelado durante a estocagem comercial. Dissertação, mestrado em Medicina Veterinária. Escola de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, p. 73.
43. Haenlein, G. (2002). Milk and Meat Products. Disponible en: [http://goatconnection.com/articles/publish/article\\_73.shtml](http://goatconnection.com/articles/publish/article_73.shtml) Fecha de consulta: 24/10/2010.
44. Haenlein, G., Wendorff, W. (2006). Sheep milk production and utilization of sheep milk. *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals.* Oxford, Blackwell, 137 p.
45. Haggag, H. F.; Hamazaw, L. F.; Shahin, Y. (1987). Fatty acid composition of globule core lipids from Egyptian cow, buffalo and goat's milk. *Egyptian J. Dairy Sci.* 15(1): 25-30.
46. Haines, R. (1938). The effect of freezing on bacteria. *Proc. Roy. Soc.* 124: 451-463.



47. Hoffmann, R. (1988). Anatomía del conducto gastro-intestinal. En: Church, C. Fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, Acribia, p.15-45.
48. Horner, S., Fox, L. (1988). Comparison of somatic cell counting procedures for goat milk. J. Dairy Sci. 65: 275-280.
49. Jansen, D., Busta, F. (1973). Influence on milk components on the injury, repair of injury, and death of Salmonella anatum cells subjected to freezing and thawing. Appl. Microbiol. 26: 725-732.
50. Jenness, R. (1980). Composition and characteristics of goat milk. J. Dairy Sci. 63(10): 1605-1630.
51. Jiménez, J., Luengo, C., Garcia, D., Contreras, A. Diagnóstico de mastitis subclínicas estafilocócicas caprinas con muestras de leche congeladas. Disponible en: <http://www.exopol.com/seoc/docs/uvzx6bke.pdf> Fecha de consulta: 4/11/2011.
52. Juarez, M., Goicoechea, A. (1987). Refrigeración y Congelación de la Leche y Productos Lácteos. Aliment. Equip. Tec. 8(4): 133-137.
53. Kay, H., Graham, W. (1935). The Phosphatase Test for Pasteurized Milk. J. Dairy Res. 6:191-198.
54. Keenan, T., Mather, I. (2003). Milk fat globule membrane. Encycl. Dairy Sci. 3: 1568-1576.
55. Leach, K. (1980). Trends in dairy goats. J. Dairy Sci. 63:1600-1604.
56. Le Jauoen J. (1987). La conservation du caillé. En: Eck, A. Le Fromage, Technique et Documentation. Paris, Lavoisier, p. 41-53.
57. Le Jauoen J. (1991) Producción de leche de cabra. En: Luquet, F. Leche y Productos lácteos. Vaca- Cabra-Oveja. Acribia, Zaragoza, p. 361-373.
58. Lonergan, D., Fennema, O., Amundson, C. (1981). Stability of proteins in ultrafiltered low lactose milk concentrated during frozen storage. J. Food Sci. 46(5): 1603-1611.
59. Maree, H. (1978). Goat milk and its use as hypo-allergenic infant food. Dairy Goat 43: 363-365.
60. McDougall, S., (2000). Recovery of bacteria from goat's milk following freezing and the prevalence of bacterial infection in milk from goats with an elevated somatic cell count. New Zeal. Vet. J. 48: 27-29.
61. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasil (2001). Regulamento técnico de produção, identidade e qualidade do leite de cabra. Instrução normativa nº 37, de 31 de outubro de 2000. Disponible en: [http://www.agais.com/normas/leite/leite\\_cabra.htm](http://www.agais.com/normas/leite/leite_cabra.htm) Fecha de consulta: 26/7/2009.
62. Minson, E., Fenema, O., Amundson, C. (1981). Accelerated test for evaluating protein stability in frozen skim milk. J. Food Sci. 46(5): 1592-1596.
63. Morand-Feher, P., Sauvart, D. (1984). Alimentación de cabras. En: Church, D. Alimentos y alimentación de ganado. Montevideo, Hemisferio Sur, p. 553-577.

64. Morgan, F., Gaborit, P. (2001). The typical flavor of goat milk products: technological aspects. *Int. J. Dairy Technol.* 54: 38-40.
65. Muir, D. (1984). Reviews of the progress of dairy science: frozen concentrated milk. *J. Dairy Sci.* 51: 649-664.
66. Murdough, P., Deitz, K., Pankey, J., (1996). Effects of freezing on the viability of nine pathogens from quarters with subclinical mastitis. *J. Dairy Sci.* 79: 334–336.
67. Nassanovsky, M., Garijo, R., Kimmich, R. (2002). Lechería. Disponible en: <http://ar.geocities.com/ricardokimmich/lecheria.html> Fecha de consulta: 16/7/2009.
68. Needs, E. (1992). Effects of long-term deep-freeze storage on the condition of the fat in raw sheep's milk. *J. Dairy Sci.* 59: 49-55.
69. Nunes de Souza, G., Renaldi, J., Gomes de Faria, C., Castro, L. (2009). Composição e qualidade higienico-sanitária do leite de rebanhos caprinos. *Produção de Caprinos na Região da Mata Atlântica*. Juiz de Fora, MG., Embrapa, 272 p.
70. Oliszewski, R., Rabasa, A., Fernández, J., Poli, M., Núñez, M. (2002). Composición química y rendimiento quesero de leche de cabra criolla serrana del noroeste argentino. *Zootecnia Trop.* 20(2): 179 –189.
71. Pankey, J., Wadsworth, J., Metha, K., Murdough, P. (1987). Effects of storage on viability of mastitis pathogens. *J. Dairy Sci.* 70(1): 132.
72. Paape, M., Capuco, A. (1997). Cellular defense mechanisms in the udder and lactation of goats. *J. Anim. Sci.* 75: 556–565.
73. Park, Y., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rum. Res.* 68: 88-103.
74. Peláez, C. (1983). Congelación de cuajadas. *Alimentaria* 144: 19-22.
75. Pereira, V. (2000). Avaliação da qualidade microbiológica e características físico-químicas do leite de cabra pasteurizado, congelado, comercializado na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo – SP. Botucatu. Dissertação (Mestrado em Vigilância Sanitária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, 89 p.
76. Pinto, M., Vega, S., Leon, S. (1998). Métodos de análisis de la leche y derivados. Valdivia, Universidad Austral de Chile, 489 p.
77. Real Academia Española. (1994). Diccionario de la Lengua Española. 21ª ed. Madrid. Espasa-Calpe. Disponible en: [www.rae.es/](http://www.rae.es/) Fecha de consulta: 12/12/2011.
78. Remeuf, F., Lenoir, T., Duby, C. (1989). Étude des relations entre les caractéristiques physicochimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure. *Lait*, 69: 499-518.
79. Richardson, C. (2004). Let's learn about dairy goats and goat's milk. Oklahoma Cooperative Extension Service. Oklahoma State University. Bull. (424): 4.

80. Rodriguez Carvalho, G., Cicarini Hott, M. (2009). Mercado do leite de cabra e de seus derivados. p 37-48. En: Ferreira da Fonseca, J. y Bruschi, J. Produção de Caprinos na Região da Mata Atlântica. Juiz de Fora, MG., Embrapa, p. 272.
81. Rodden, D. (2004). Dairy goat milk composition. Disponible en: <http://drinc.ucdavis.edu/goat1.htm> Fecha de consulta: 24/10/2010.
82. Rosset, R. (1988). Problèmes microbiologiques concernant le traitement des viandes par réfrigération et congélation. Rev. Gén. Froid, 65(10): 1075-1082.
83. Sánchez, A., Contreras, A., Jiménez, J., Luengo, C., Corrales, J., Fernández, C. (2003). Effect of freezing goat milk samples on recovery of intramammary bacterial pathogens. Vet. Mic. 94(2003): 71-77.
84. Sánchez, A., Sierra, D., Luengo, C., Corrales, J., Morales, C., Contreras, A., Gonzalo, C. (2005). Influence of storage and preservation on somatic cell count and composition of goat milk. J. Dairy Sci. 88: 3095-3100.
85. Saltijeral, O., Cordova, I., Sánchez, L. (2003). Importancia de la Calidad de Leche desde la Vaca Hasta la Mesa. Memorias del V Congreso Nacional de Control de Mastitis Calidad de la Leche y Producción Láctea Aguas calientes. México, Mayo de 2003, p. 52-55.
86. Schukken, Y., Smit, J., Grommers, F., Vandegheer, D., Brand, A. (1989). Effect of freezing on bacteriologic culturing of mastitis milk samples. J. Dairy Sci. 72: 1900-1906.
87. Shimazaki, K., Kawano, N., Urashima, T., Takasawa, T., Fukui, Y. (1991). Comparison of amino acid and carbohydrate composition of bovine, goat and sheep lactoferrin. Anim. Sci. Tec. 62(7): 645-650.
88. Speck, M., Ray B. (1977). Effects of freezing and storage on microorganisms in frozen foods. J. Food Prot. 40(5): 333-336.
89. Spreer, E. (1991). Lactología Industrial. 2a ed. Zaragoza, Acribia, 617 p.
90. Swartling, P. (1968). Effects of freezing on dairy products quality dairy industries. En: Auldust, M., Coats, J., Sutherland, J., Hardham, J., McDowell, H., Rogers, L. (1996). Effect of somatic cell count and stage of lactation on the quality and storage life of ultra high temperature milk. J. Dairy Res. 63(3): 377-386.
91. Teixeira, R., Van Dender, A., Garcia, E., Eiroa, M., Barbieri, M., Moura, S. (1994). Pasteurização de leite de cabra por processo simplificado. Ciênc. Tec. Aliment. 14: 202-218.
92. University of Maryland. (1992). National goat Handbook. Disponible en: [http://outlands.tripod.com/farm/national\\_goat\\_handbook.pdf](http://outlands.tripod.com/farm/national_goat_handbook.pdf) Fecha de consulta: 24/10/2010.
93. Uruguay XXI. Promoción de Inversiones y Exportaciones. Disponible en: [http://www.uruguayxxi.gub.uy/innovaportal/file/199/1/lacteos\\_-\\_uruguay\\_xxi.pdf](http://www.uruguayxxi.gub.uy/innovaportal/file/199/1/lacteos_-_uruguay_xxi.pdf) Fecha de consulta: 30/10/2011.
94. U.S.D.A. Department of Agricultural Research Service; Nutrient Data Laboratory. (2004). USDA National Nutrient Database for Standard Reference (Release 17).

95. Vilhena, P., Resende de Souza, M., Freire, C., Ferreira, J. (2008). Características microbiológicas e físico-químicas do leite de cabra submetido à pasteurização lenta pós-envase e ao congelamento. *Cienc. Rural* 38(5): 1424-1430.
96. Villanueva, M., Tyler, J., Thurmond, M. (1991). Recovery of *Streptococcus agalactiae* and *Staphylococcus aureus* from fresh and frozen bovine milk. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 198: 1398–1400.
97. Walstra, P., Jenness, R. (1984). Dairy chemistry and physics. New York, Wiley, 467 p.
98. Wendoff, W. (2001). Freezing qualities of raw ovine milk for further processing. *J. Dairy Sci.* 84: 74-78.
99. Winder, W. (1962). Physical-chemical stability of frozen whole and concentrated milks. *J. Dairy Sci.* 45: 1024-1027.
100. Zeng, S., Escobar, E., Hart, S., Hinckley, L., Baulthaus, M., Robinson, T., Jahnke, G. (1999). Comparative study of the effects of testing laboratory, counting method, storage and shipment on somatic cell count in goat milk. *Small Rum. Res.* 31: 103-107.
101. Zhang, R., Mustafa, A., Ng-Kwai-Hang, K., Zhao X. (2006). Effects of freezing on composition and fatty acid profiles of sheep milk and cheese. *Small Rum. Res.* 64: 203-210.

## ANEXOS

### CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

**Cuadro 1. Muestras de leche con los distintos tratamientos del ensayo para el análisis en los diferentes tiempos**

<b>Frecuencia de análisis</b>	<b>LC</b>	<b>LP</b>
<b>T0: 0 (día de inicio del ensayo)</b>	Previo a la congelación y pasteurización	Luego de Pasteurizar y previo a la congelación
<b>T1: 60 días</b>	Baño Maria (BM) Heladera (H)	Baño Maria (BM) Heladera (H)
<b>T2: 120 días</b>	BM H	BM H
<b>T3: 180 días</b>	BM H	BM H

**Cuadro 2. Cronograma de Ensayos (Enero 2011 - Setiembre 2011)**

<b>Número de ensayos (n)</b>	<b>t0</b>	<b>t1</b>	<b>t2</b>	<b>t3</b>
1	24-ene	21-mar	23-may	25-jul
2	31-ene	28-mar	30-may	1-ago
3	7-feb	4-abr	6-jun	8-ago
4	14-feb	11-abr	13-jun	15-ago
5	28-feb	25-abr	27-jun	29-ago
6	9-mar	2-may	4-jul	5-set

## Ensayo 1

**Cuadro 3. Cronograma Congelación (Enero 2011 - Setiembre 2011)**

<b>Tiempo de descongelado</b>	<b>FECHA ANÁLISIS</b>	<b>FECHA HELADERA</b>	<b>FECHA BM</b>
t0 (1)	24-ene	*****	*****
t0 (2)	31-ene	*****	*****
t0 (3)	7-feb	*****	*****
t0 (4)	14-feb	*****	*****
t0 (5)	28-feb	*****	*****
t0 (6)	9-mar	*****	*****
t1 (1)	21-mar	18-mar	21-mar
t1 (2)	28-mar	25-mar	28-mar
t1 (3)	4-abr	1-abr	4-abr
t1 (4)	11-abr	8-abr	11-abr
t1 (5)	25-abr	22-abr	25-abr
t1 (6)	2-may	29-abr	2-may
t2 (1)	23-may	20-may	23-may
t2 (2)	30-may	27-may	30-may
t2 (3)	6-jun	3-jun	6-jun
t2 (4)	13-jun	10-jun	13-jun
t2 (5)	4-jul	1-jul	4-jul
t2 (6)	11-jul	8-ago	11-jul
t3 (1)	25-jul	22-jul	25-jul
t3 (2)	1-ago	29-jul	1-ago
t3 (3)	8-ago	5-ago	8-ago
t3 (4)	15-ago	12-ago	15-ago
t3 (5)	29-ago	26-ago	29-ago
t3 (6)	5-set	2-set	5-set