

Capítulo 4

CONGELACIÓN DE LA LECHE CAPRINA: ¿UNA ALTERNATIVA DE CONSERVACIÓN?

LUCÍA GRILLE
Dra. en Ciencias Veterinarias, MSc

SILVANA CARRO
Dra. en Medicina y Tecnología Veterinaria MSc., PhD

DANIELA ESCOBAR
Ingeniera Química

Introducción

Situación de los productores caprinos 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 (1). Los productores de leche de cabra se

concentran en la región suroeste del país de una larga tradición lechera —aproximadamente 16 000 km² que abarca los departamentos de Montevideo, San José, Colonia, Maldonado, Canelones y Lavalleja (2). La mayoría de los productores caprinos poseen tambos de pequeña extensión donde se emplea mayormente un sistema de cría semiextensivo, con pastoreo de praderas implantadas y una estabulación nocturna en la que los animales reciben una suplementación de ración al igual que durante los ordeños (en total, entre 200 y 300 g/día/animal) (1). La mayor parte de la producción de estos establecimientos se destina a la elaboración de quesos (70 %); en segundo lugar, está la leche fluida pasteurizada, que se empezó a comercializar en nuestro país desde el año 2013, y el resto de la producción se destina a la alimentación de cabritos (3). La leche habitualmente se transporta congelada a otros establecimientos que elaboran quesos de tipo artesanal (1).

Control de calidad de la leche

La leche es el único alimento producido por las hembras mamíferas para su descendencia en las primeras etapas de su vida extrauterina, 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. De acuerdo con F. García y R. Salinas, se entiende por calidad no solo un contenido normal de sustancias (grasa, proteínas, lactosa, minerales o vitaminas), sino también un bajo contenido de gérmenes y glóbulos blancos, la ausencia de cuerpos extraños y de agentes patógenos, y también la existencia de un sabor y olor normales (4). Cuando la cantidad de sólidos totales (grasa, proteínas, lactosa y minerales) disminuye, la calidad se altera, y esto ocurre principalmente por mastitis o adulteración. Producir leche de buena calidad significa que, tanto en la composición como microbiológicamente, la leche que llega al consumidor debe estar en condiciones tales que sea apta para su consumo. Según O. Saltijeral y otros, la expresión concreta de la prevención de enfermedades y el bienestar animal es la producción de leche de calidad, que implica tres aspectos: la cantidad, sus componentes y los factores contaminantes (contaminación bacteriológica y presencia de residuos) (5). La leche puede ser afecta-

da, 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 (6). E. Spreer establece que el concepto de calidad higiénica se limita a la calidad de la leche cruda, abarcando solo los aspectos higiénicos, sin considerar el contenido de nutrientes y principios activos, ni su naturaleza quimiofísica (7). La calidad higiénico-sanitaria, como ya se mencionó anteriormente en esta publicación, puede ser avalada con base en dos indicadores: el recuento de células somáticas (RCS), que señala la frecuencia de animales con mastitis en el rebaño, y el recuento total de bacterias, que muestra las condiciones de higiene y almacenamiento de la leche, desde su obtención hasta el envío a la industria. También se relaciona a la ausencia de agentes químicos (antibióticos, pesticidas, herbicidas, aditivos, drogas), resultantes, generalmente, de su manejo inadecuado en el rebaño (8). Con respecto a la calidad higiénica de la leche, existen microorganismos indicadores. En alimentos, los más utilizados en cuanto a indicadores de calidad son los coliformes y *Staphylococcus coagulasa positiva* (ST). Según W. Cardoso, los coliformes termotolerantes son indicadores de contaminación fecal y de riesgo de presencia de microorganismos patógenos, que pueden causar toxiinfecciones en el consumidor (9). Los *Staphylococcus* son de gran importancia, principalmente los coagulasa positiva, pues pueden producir enterotoxinas termoestables, que pueden llegar al consumidor mismo después de la pasteurización.

Tecnologías de conservación de la leche caprina

La conservación de la leche se puede realizar, entre otros métodos, por medio de la refrigeración o incluso la congelación. La tecnología de refrigeración se hace, al igual que en la leche bovina, colocándola en tanques de frío y logrando una temperatura igual o inferior a 4°C en un período máximo de 2 hs, lo que permite conservar la leche por 48 hs (10). La tecnología de congelación ha sido objeto de estudio desde 1930 (11). Existen países que aceptan en su legislación efectuarla en recipientes metálicos con capacidad variable de hasta 50 L, manteniendo la materia prima a una temperatura igual o inferior a -18°C y logrando alcanzar esta temperatura en el menor tiempo posible (10).

Este método de conservación es muy utilizado en establecimientos caprinos con el fin de obtener mayor vida útil y disponibilidad de la leche en distintas épocas del año.

EFFECTO DE LA CONGELACIÓN SOBRE LA CALIDAD DE LA LECHE

Algunos estudios sobre la aplicación de esta tecnología en leche caprina observaron que puede tener efectos adversos en la calidad, así como también en sus propiedades fisicoquímicas, de composición y sensoriales (12). Según De la Fuente, Gomes y Haenlein, durante la congelación, se puede dar una oxidación de las grasas, lo que predispone a la lipólisis de estas, que puede aumentar la acidez de la leche, especialmente si la lipasa no fue inactivada previamente por tratamiento térmico (13, 14, 15). Con respecto a la oxidación de lípidos, esta es una de las causas principales del deterioro de grasas y aceites que conduce a la rancidez y al desarrollo de sabores desagradables (16). En cuanto a las proteínas, la congelación puede variar la estructura de ellas en la leche, lo que repercute en la calidad de productos como el queso (17). Según algunos autores, 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 (18, 14). Sin embargo, la congelación puede tener efectos negativos sobre las células bacterianas. P. Vilhena y otros exponen que la congelación de la leche puede alterar la pared celular de las bacterias, perjudicando su capacidad de multiplicación, aunque puede haber aumentos aparentes en los recuentos provocados por la separación de los aglomerados de bacterias durante el almacenamiento (19). Benedet y Carvalho junto con Gomes y otros demostraron que la congelación hasta por 90 días de la leche de cabra pasteurizada no altera significativamente sus características microbiológicas (18, 14). A pesar de que mundialmente no hay muchos estudios, algunos países, como Brasil, aceptan la aplicación de una temperatura igual o inferior a -18°C como forma de conservación de la leche caprina (10). En Uruguay, previo a la elaboración del trabajo que presentaremos a continuación, no existía recomendación oficial que contemplara la conservación a través de la congelación de la leche caprina.

Efecto del tiempo de congelación en la leche caprina cruda y la pasteurizada

De lo anteriormente mencionado, se destaca la importancia del estudio de la congelación como método de conservación de la leche caprina en nuestro país, ya que es una tecnología ampliamente difundida por el sector. Debido a la necesidad de conservar la leche para tiempos de no estacionalidad y a la falta de antecedentes de estudios de la congelación de la leche caprina aquí, el equipo de investigación, integrado por el Departamento de Ciencia y Tecnología de la Leche de la Facultad de Veterinaria y la Gerencia de Proyectos Alimentarios del Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), mediante un proyecto financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica en 2009, planteó la realización de una investigación acerca de esta metodología, que fue publicada en *Innotec* (n.º 8, Montevideo, LATU, 2013, pp. 60-66). El objetivo fue generar resultados que avalen la conservación de la leche caprina por medio de la congelación a -18°C durante 6 meses, sin que se afecte la estabilidad oxidativa ni la calidad composicional y microbiológica, y que aporten datos hacia una normativa sobre el tema en nuestro país. Para ello, se utilizó leche proveniente del ordeño completo de la mañana (tanque de frío) de 35 cabras de la raza Saanen, ubicadas en el Parque de Actividades Agropecuarias (PAGRO), perteneciente a la Intendencia de Montevideo. Se realizaron seis muestreos con un intervalo de 7 días cada uno. La leche se envasó para su posterior congelación en botellas cilíndricas con capacidad de 1 L, material PET (polietileno tereftalato), con tapa rosca, previamente limpias y desinfectadas. En cada muestreo, luego de la homogeneización, se extrajeron 14 L de leche del tanque, de los cuales 7 L se envasaron como tal (leche cruda o LC) y los otros restantes fueron sometidos a un proceso de pasteurización lenta LTLT (63°C durante 30 minutos), que fue verificado por la prueba de la fosfatasa alcalina, y se fraccionaron y envasaron como leche pasteurizada (LP). Antes de proceder a la congelación a -18°C , se extrajo una muestra de cada tipo de leche (LC y LP) y se le realizaron los análisis correspondientes al control de calidad, muestras que fueron consideradas como control (t0); el resto se las llevó a congelación. La descongelación de las muestras se llevó a cabo por medio

de dos métodos: baño María (BM) y heladera (H). El método H se hizo durante 60 hs a 4°C, y el de BM, durante 2,5 hs a 27°C. A los 60, 120 y 180 días de congelación (t1, t2 y t3 respectivamente), se procedió a realizar la descongelación de las muestras, por los métodos anteriormente nombrados (H y BM) de cada tipo de leche (LC y LP), y se obtuvo las siguientes muestras: leche cruda baño María (LCBM), leche cruda heladera (LCH), leche pasteurizada baño María (LPBM) y leche pasteurizada heladera (LPH). Este ensayo se repitió 6 veces (cuadro 1).

Cuadro 1. Muestreos de leche con los distintos tratamientos (LCBM, LCH, LPBM y LPH) y los diferentes tiempos (t0, t1, t2 y t3)

Frecuencia de análisis	LC	LP
t0: día 0	Previo a la congelación y pasteurización	Luego de pasteurizar y previo a la congelación
t1: 60 días	BM H	BM H
t2: 120 días	BM H	BM H
t3: 180 días	BM H	BM H

BM: baño María, H: heladera.

Fuente: Grille *et al.* 2013

Todas las muestras se sacaron según la metodología descrita por la Federación Internacional de Lechería (20) para análisis fisicoquímicos y microbiológicos. A cada una se le realizó análisis de composición: materia grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos (SNG) y densidad, utilizando un equipo denominado Lactomilk®. Se determinó acidez Dörnic (21) y pH mediante método de evaluación potenciométrico. Los análisis microbiológicos practicados fueron: recuento de mesófilos aerobios totales (RMAT), coliformes totales (CT) y ST, y las células somáticas se contabilizaron mediante la técnica de Breed (22). Para evaluar la estabilidad oxidativa de la leche de cabra durante el almacenamiento, se empleó el método de índice de estabilidad del aceite (OSI en inglés), también llamado Rancimat, que permite medirla bajo condiciones estandarizadas (23). Específicamente, se determinó la estabilidad oxidativa de la materia grasa de la leche, que se extrajo siguiendo la metodología según la norma ISO 14156 / IDF 172 (24).

Las diferencias en los parámetros de calidad (composicionales, fisicoquímicas 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 por medio del programa Infostat. Para determinar la diferencia entre los tiempos de congelado, se realizó el test de Tukey. Se consideran cambios significativos en cada variable cuando α es $< 0,05$. Los resultados microbiológicos y el RCS (ufc/ml y cél/ml respectivamente) se expresaron en Log en base 10 para normalizar su distribución.

Por lo que, de este modo, se evaluó el efecto del tiempo de congelación sobre los parámetros de calidad de la LC y la LP, ya que diversos autores citan que la congelación puede tener efectos adversos en la calidad (12). Sin embargo, H. Benedet y M. Carvalho 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 (18).

Efecto del tiempo de congelación de la leche caprina sobre sus principales componentes y estabilidad oxidativa

Al evaluar los parámetros de composición, algunos autores afirman que, por un lado, durante la congelación de la leche se producen procesos de lipólisis, y estos provocarían una disminución de los valores de materia grasa (25). Por otro lado, se piensa que las razones de la reducción del porcentaje de la grasa láctea durante el almacenamiento en congelación no están totalmente comprendidas, aunque es posible que los cristales que se forman puedan destruir los glóbulos de grasa (26). Otros autores sugieren que se puede deber a la ruptura enzimática de los triacilglicéridos, junto con la actividad microbiana que se da durante el tiempo de almacenamiento en congelación (27). En este trabajo, se encontró que en la LC los valores de materia grasa disminuyen durante la congelación al igual que en la LP (tabla 1), y esto coincide con lo establecido por los autores anteriormente mencionados. En cuanto a las proteínas, tanto M. Gomes y otros como V. Pereira obtuvieron

valores entre 2,70 % y 2,62 % para la LP congelada, los cuales se corresponden con los encontrados en el presente estudio (14, 28). 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 β -caseína de la micela interfiriendo en la estabilidad proteica. Este efecto sucede intensamente en la leche de cabra, probablemente ocasionado por la ausencia de la α -S1-caseína (29). Asimismo, la relación *calcio-fósforo* de la micela es más fuerte y su hidratación es menor, lo cual le confiere menor estabilidad térmica (30). La desagregación de la caseína dentro de la micela la hace especialmente susceptible a proteólisis (31). En nuestro trabajo en LC, se observa una leve disminución de las proteínas en el transcurso del tiempo; en LP, se perciben diferencias a partir de los 120 días ($t_0 \neq t_2$ y t_3) (tabla 1). A pesar de que en este trabajo no se estudió la estabilidad de la micela de caseína, se podría pensar que la disminución en los porcentajes de proteína durante la congelación podría deberse a una menor estabilidad térmica de esta al someterla a las temperaturas de congelación (-18°C). En cuanto a la apariencia de la leche una vez descongelada, Pereira constató que presentaba un aspecto floculado con disminución de la apariencia general (28). Lo mismo observaron Gomes y otros, quienes atribuyeron esas características a modificaciones físicas de las proteínas, acentuadas por el congelamiento lento después de la pasteurización (14). Aunque aquí no se realizó una evaluación sensorial del producto descongelado, se pudo apreciar una declinación en la apariencia general. La lactosa, los SNG y las sales (cenizas) en LC no mostraron diferencias en los distintos tiempos de congelado (tabla 1). En el caso de la LP, la lactosa presentó una leve disminución a los 120 días y se notaron diferencias significativas entre t_0 y t_2 . Autores como R. Zhang y otros indican en su trabajo que los sólidos totales, las proteínas y los porcentajes de lactosa no se vieron afectados por el tiempo de almacenamiento o la temperatura de congelación (32).

Tabla 1. Valores medios porcentuales de composición. Comparación entre los diferentes tiempos de congelación (t0, t1, t2 y t3) (n = 6)

	MG %		Proteína %		Lactosa %		SNG %		Sales %	
	LC	LP	LC	LP	LC	LP	LC	LP	LC	LP
t0	3,77 ^a ±0,68	3,79 ^b ±0,60	2,74 ^b ±0,08	2,76 ^c ±0,07	3,94 ^a ±0,01	3,96 ^b ±0,01	7,43 ^a ±0,20	7,49 ^b ±0,20	0,68 ^a ±0,01	0,69 ^b ±0,01
t1	3,61 ^a ±0,70	3,49 ^a ±0,68	2,69 ^{ab} ±0,07	2,72 ^{bc} ±0,08	3,92 ^a ±0,01	3,96 ^b ±0,01	7,37 ^a ±0,21	7,46 ^b ±0,18	0,68 ^a ±0,01	0,68 ^a ±0,01
t2	3,59 ^a ±0,66	3,50 ^a ±0,75	2,67 ^a ±0,08	2,64 ^a ±0,08	3,87 ^a ±0,01	3,83 ^a ±0,01	7,33 ^a ±0,19	7,23 ^a ±0,17	0,67 ^a ±0,01	0,67 ^a ±0,01
t3	3,63 ^a ±0,72	3,56 ^a ±0,76	2,67 ^a ±0,07	2,67 ^{ab} ±0,08	3,87 ^a ±0,01	3,87 ^{ab} ±0,01	7,30 ^a ±0,18	7,31 ^{ab} ±0,20	0,67 ^a ±0,01	0,67 ^a ±0,01

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

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

Fuente: Grille *et al.* 2013

En relación con la estabilidad de la leche de cabra frente a la oxidación en los 180 días de estudio, esta resultó en un aumento del tiempo de inducción luego de los 4 meses de estudio, lo que significa que la leche es más estable, tanto a los 4 como a los 6 meses, por lo cual la congelación, desde el punto de vista oxidativo de la leche, no cambia hasta los 4 meses y mejora luego de este período, lo que se observa a continuación (tabla 2). Además, la estructura formada de la grasa protege la leche de los agentes oxidantes durante el congelamiento en este período, la cual presenta la ventaja de una mejor estabilidad oxidativa luego de los 4 meses, que permite que permanezca mayor tiempo antes de un posible deterioro causado por la rancidez.

Tabla 2. Valores de estabilidad oxidativa en los diferentes tiempos de congelación (t0, t1, t2 y t3) y entre los diferentes tratamientos (LPH, LPBM, LCH y LCBM) (n = 6)

	Tiempo inducción (hs)			
	t0	t1	t2	t3
LPH	31±8 ^a	32±9 ^a	45±9 ^b	45±8 ^b
LPBM	31±8 ^a	31±9 ^a	45±9 ^b	44±8 ^b
LCH	32±10 ^a	31±8 ^a	47±9 ^b	44±9 ^b
LCBM	33±10 ^a	31±11 ^a	46±7 ^b	43±8 ^b

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

Fuente: Grille *et al.* 2013

Efecto de la congelación sobre las propiedades fisicoquímicas de la leche caprina

El pH en la LC no mostró variación al final del tiempo de congelación. En la LP, este parámetro no evidenció diferencias en los primeros 60 días, pero sí existió a los 180 días, en los que disminuyó el valor (t0 diferente a t3), observado en la tabla 3. Existen controversias con respecto al efecto de la congelación sobre el pH. Así, T. Dalles y otros observaron que permanece inalterado (33), mientras que E. Alichanidis y otros reportaron un aumento de este (34). Durante la congelación, las propiedades fisicoquímicas generales no suelen variar mucho, a excepción de la acidez (35). M. Guimarães y Gomes y otros determinaron que la congelación y el almacenamiento de la leche durante una semana y hasta 60 días no alteraban la acidez de la leche (36, 14). En este estudio, los parámetros de acidez y densidad no presentaron diferencias para la LC y la LP durante el almacenamiento en congelación en el período de 180 días (tabla 3). Pereira encontró, para la variable densidad, valores mínimos y máximos iguales a 1,022 y 1,032 respectivamente, y, como media general, 1,029 en la LP descongelada (28), lo que coincide con los valores obtenidos en este trabajo.

Tabla 3. Valores medios de parámetros fisicoquímicos. Comparación entre los diferentes tiempos de congelación (t0, t1, t2 y t3) (n = 6)

	pH		Acidez (°D)		Densidad (g/ml)pH	
	LC	LP	LC	LP	LC	LP
t0	6,65±0,09 ^a	6,62±0,08 ^a	14,17±0,20 ^a	14,50±0,22 ^a	1028±0,00 ^a	1028±0,01 ^a
t1	6,64±0,15 ^a	6,66±0,12 ^a	14,50±0,25 ^a	14,42±0,25 ^a	1028±0,00 ^a	1028±0,01 ^a
t2	6,70±0,10 ^a	6,71±0,10 ^a	14,25±0,12 ^a	13,92±0,19 ^a	1028±0,00 ^a	1028±0,01 ^a
t3	6,53±0,10 ^a	6,54±0,0 ^a	14,42±0,22 ^a	14,08±0,23 ^a	1028±0,00 ^a	1028±0,02 ^a

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

Fuente: Grille *et al.* 2013

Efecto de la congelación de la leche caprina sobre los parámetros microbiológicos

En cuanto a los parámetros microbiológicos, Benedet y Carvalho encontraron que la congelación hasta por 90 días de la leche de cabra pasteurizada no altera significativamente sus características microbiológicas —o las de sus productos— y que, luego de la descongelación, esta presenta cualidades semejantes a la leche original (18). Con respecto al recuento de mesófilos que se muestra en la tabla 4, se observó que, con el tiempo de congelación, sus valores disminuyeron en la LC. Esta misma tendencia no se mantuvo para la LP, en la que se percibe que no existe diferencia en los 180 días que duró el ensayo. Los resultados del R_{MAT} en la LC coinciden con lo expresado por J. Le Jaouen, quien observó que los recuentos de mesófilos disminuyen entre 50 y 100 veces tras cierto tiempo en congelación (37).

En lo que refiere a los CT para la LC, los recuentos se redujeron, lo cual concuerda con la bibliografía referente al tema (39, 40). En la LP, los datos muestran (tabla 4) que no hubo diferencia en los recuentos durante los 180 días que se evaluó el efecto de la congelación. M. Juárez y A. Goicoechea resaltan una 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 (38). La reducción en la viabilidad de *E. coli* fue demostrada a -20°C por 4 semanas (39). De la misma manera, se encontró una reducción en el número de *E. coli* a las 4, 8 y 16 semanas después de congelada (40).

En lo relativo a los *Staphylococcus* hallados en la leche congelada, A. Sánchez y otros detectaron un aumento en el recuento de *Staphylococcus* coagulasa negativa en los distintos días de almacenamiento a -20 y -80°C (41). La localización intracelular de los estafilococos y el daño causado a las células fagocitarias en la congelación pueden ser la explicación de este fenómeno (40). Además, en apoyo a esta teoría, es conocido que el R_{CS} y el porcentaje de neutrófilos en la leche caprina son más altos en comparación con la leche bovina (42). En el presente trabajo, no se determinaron los *Staphylococcus* coagulasa negativa, que

siguen una variación similar a los ST, sino que se observó con respecto a estos últimos, en el caso de la LC, que existió variación únicamente entre los 120 y 180 días ($t_2 \neq t_3$). Hasta los 120 días, se advirtió 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 de congelación, dado que no se encontró este microorganismo en la leche sometida a tratamiento térmico (tabla 4).

Con relación a las células somáticas, no se evidenció aumento en la LC ni en la LP en los 180 días de congeladas las muestras (tabla 4). Los investigadores que estudiaron los factores que afectan las células somáticas en la leche de cabra (43) reportan que su almacenaje a temperatura de refrigeración ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) por 3 días no afecta el recuento. En la congelación, S. Horner y L. Fox observaron que tampoco se modifica (44). Según Sánchez y otros, el rango de variación para el RCS ($p < 0,001$) fue mayor en el almacenaje a temperatura de refrigeración que en la congelación (41). Además, en la LC se percibió claramente una disminución del RCS durante los 6 meses que duró la congelación. Esto puede deberse a que, durante la congelación, se forman cristales de hielo que lesionan las células, lo que se corresponde con lo estudiado por R. A. Lawrence sobre la congelación en leche humana (cruda) a -20°C , en la que se observó una disminución en el contenido de células de la línea blanca (macrófagos y linfocitos) (45).

Tabla 4. Valor medio en Log₁₀ de los parámetros microbiológicos y de RCS. Comparación entre los diferentes tiempos de congelación (t0, t1, t2 y t3) (n = 6)

	RMAT (ufc/m)		CT (ufc/m)		St(ufc/ ml)		RCS (cél/ml)	
	LC	LP	LC	LP	LC	LP	LC	LP
t0	4,78±0,78 ^c	0,43±0,22 ^a	3,71±0,55 ^c	0,10±0,19 ^a	1,51±0,15 ^{ab}	0,00±0,00 ^a	6,33±0,30 ^b	6,24±0,28 ^b
t1	4,15±0,67 ^b	0,69±0,20 ^a	2,04±0,48 ^b	0,08±0,15 ^a	1,53±0,12 ^{ab}	0,00±0,00 ^a	6,16±0,40 ^{ab}	6,32±0,32 ^a
t2	3,74±0,89 ^a	0,80±0,60 ^a	0,61±0,55 ^a	0,08±0,20 ^a	1,79±0,09 ^b	0,00±0,00 ^a	6,21±0,32 ^{ab}	6,16±0,33 ^a
t3	3,69±0,85 ^a	0,41±0,30 ^a	1,03±0,20 ^a	0,12±0,18 ^a	1,08±0,10 ^a	0,00±0,00 ^a	5,97±0,22 ^a	6,24±0,22 ^a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p < = 0,05).
 *RMAT: recuento de mesófilos aerobios totales; CT: coliformes totales; ST: *Staphylococcus coagulasa positiva*; RCS: recuento de células somáticas.

Fuente: Grille *et al.* 2013

Resultados finales que avalan la conservación de la leche caprina por medio de la congelación

Por lo tanto, según los resultados obtenidos en este estudio, se puede concluir que la congelación de la leche caprina durante 6 meses no afectó la calidad en cuanto a los parámetros estudiados, por lo que este método de conservación podría ser una alternativa en establecimientos rurales para mantener un volumen de leche caprina continuo durante todo el año. A su vez, se considera importante continuar los estudios en referencia a los efectos de la congelación de la leche utilizada como materia prima para la elaboración de quesos, pues el 70 % de ella, producida en el país, se destina al desarrollo de estos productos. Asimismo, es relevante destacar que, a partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo, el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, a través de su resolución n.º 27/011, reglamentó la congelación de la leche caprina a -18°C por el período de 5 meses (MGAP, 2011).

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración de los integrantes del equipo del PAGRO y del laboratorio del Departamento de Ciencia y Tecnología de la Leche, así como la del Departamento de Cereales, Oleaginosos y Productos Derivados del Laboratorio Tecnológico del Uruguay.

Referencias bibliográficas

1. CIAPPESONI, C., *La producción caprina en Uruguay y Latinoamérica* [EN LÍNEA], 2006, disponible en: <<http://www.capraispana.com/la-produccion-caprina-en-uruguay-y-latinoamerica/>>, consultado el 19 abril de 2015.
2. SUCRACIA, J., «Una producción incipiente que tiene gran perspectiva en zona serrana» [EN LÍNEA], en *Sembrando futuro*, disponible en: <<http://www.cnfr.org.uy/uploads/files/sembrandonoviembre09.pdf>>, consultado el 3 de abril de 2015.
3. BARBERIS, S., y otros, *Bromatología de la leche*, San Luis: Editorial Hemisferio Sur, 2002, p. 228.
4. GARCÍA VIEJO, F., y JORNADO SALINAS, R., «Calidad de la leche cruda: definición y tipo de calidad», en *Ind Lact Españolas*, vol. 236, Madrid, octubre de 1998, pp. 33-37.
5. SALTIJERAL, O.; CORDOVA, I., y SÁNCHEZ, L., «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, Aguascalientes, mayo de 2003, pp. 52-55.
6. AVILA, T., *Problemática de la leche en México* [EN LÍNEA], 2000, disponible en: <<http://www.cddhcu.gob.mx/camdip/comlvii/comeco/foro3/m%E9xico.htm>>, consultado el 5 abril de 2009.
7. SPREER, E., *Lactología industrial*, 2.^a ed., Zaragoza: Acribia, 1991, p. 617.
8. DE SOUZA, G.; RENALDI, J.; GOMES DE FARIA, C., y CASTRO, L., «Composição e qualidade higienico-sanitária do leite de rebanhos caprinos», en FONSECA, J. F. da, y BRUSCHI, J. H. (ed.), *Produção de caprinos na região da Mata Atlântica*, Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2009, p. 272.
9. CARDOSO, W., «Contagem de microorganismos», en CARDOSO, W., *Análise microbiológica de alimentos*, Río de Janeiro: Merk, 1985, pp. 20-27.
10. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), *Regulamento técnico de produção, identidade e qualidade do leite de cabra. Instrução normativa n.º 37, de 31 de outubro de 2000* [EN LÍNEA], 2001, disponible en: <<http://www.agais.com/normas/leite/leitecabra.htm>>, consultado el 26 de julio de 2009.
11. MUIR, D., «Reviews of the Progress of Dairy Science: Frozen Concentrated Milk», en *Journad Dairy Research*, vol. 51, Gan Bretaña, marzo de 1984, pp. 649-664.
12. NEEDS, E., «Effects of Long-Term Deep-Freeze Storage on the Condition of the Fat in Raw Sheep's Milk», en *Journad Dairy Research*, vol. 59, febrero de 1992, pp. 49-55.

13. DE LA FUENTE, M.; REQUENA, T., y JUÁREZ, M., «Salt Balance in Ewe's and Goat's Milk during Storage at Chilling and Freezing Temperatures», en *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 45, n.º 1, Madrid, enero de 1997, pp. 82-88.
14. GOMES, M.; BONASSI, I., y ROÇA, R., «Características químicas, microbiológicas e sensoriais de leite de cabra congelado», en *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, vol. 17, Campinas, mayo-agosto de 1997, pp. 111-114.
15. HAENLEIN, G., *Milk and Meat Products* [EN LÍNEA], 2002, disponible en: <<http://goatconnection.com/articles/publish/article73.shtml>>, consultado el 24 de octubre de 2010.
16. MESHREF, A. Al-rowaily, «Effect of Heating Treatments, Processing Methods and Refrigerated Storage of Milk and Some Dairy Products on Lipids Oxidation», en *Pakistan Journal of Nutrition*, vol. 7, n.º 1, Pakistan, 2008, pp. 118-125.
17. FONTECHA, J.; BELLANATO, J., y JUÁREZ, M., «Infrared and Raman Spectroscopic Study of Casein in Cheese: Effects of Freezing and Frozen Storage», en *Journal of Dairy Science*, vol. 76, Madrid, noviembre de 1993, pp. 3303-3309.
18. BENEDET, H., y CARVALHO, M., «Caracterização do leite de cabra no Estado de Santa Catarina, Brasil», en *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, vol. 16, n.º 2, 1996, pp. 116-119.
19. VILHENA, P.; RESENDE DE SOUZA, M.; FREIRE, C., y FERREIRA, J., «Características microbiológicas e físico-químicas do leite de cabra submetido à pasteurização lenta pós-envase e ao congelamento», en *Ciência Rural*, vol. 38, n.º 5, Santa María, agosto de 2008, pp. 1424-1430.
20. INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (IDF), *Milk and Milk Products. Guidance on Sampling*, FIL / IDF Standard 50C, Bruselas: International Dairy Federation, 1995.
21. PINTO, M., VEGA, S., LEÓN, S., *Métodos de análisis de la leche y derivados*, Valdivia: Ediciones Universidad Austral de Chile, 1998, p. 489.
22. INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION, *Milk Enumeration of Somatic Cells*, IDF Standard 148A, Bruselas: International Dairy Federation, 1995.
23. AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS), *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society*, 5.ª ed., Champaign: AOCS, 2009.
24. INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION (ISO), «Extraction Methods for Lipids and Liposoluble Compounds», en ISO, *Milk and Milk Products*, ISO 14156:2001 (IDF 172:2001), 2001.
25. GRAPPIN, R., «Application of Indirect Instrumental Methods to the Measurement of Fat and Protein Content of Goat and Ewe Milk», en *International Dairy Federation Bulletin*, vol. 208, Bélgica, 1987, pp. 41-43.

26. KEENAN, T., y MATHER, I., «Milk Fat Globule Membrane», en FUQUAY, J. W.; FOX, P. F., y MCSWEENEY, P. L. H., *Encyclopedia of Dairy Sciences*, vol. 3, Nueva York: Academic Press, 2003, pp. 1568-1576.
27. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, M.; GONZALO, C.; SAN PRIMITIVO, F., y CARMENES, P., «Relationship between Somatic Cell Count and Intramammary Infection of the Half Under in Dairy Cows», en *Journal of Dairy Science*, vol. 78, León, agosto de 1995, pp. 2753-2759.
28. PEREIRA, V., «Avaliação da qualidade microbiológica e características físico-químicas do leite de cabra pasteurizado, congelado, comercializado na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo», en *Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista*, 2000, p. 89.
29. LEACH, K., «Trends in Dairy Goats», en *Journal Dairy Science*, vol. 63, Scottsdale Arizona, setiembre de 1980, pp. 1600-1604.
30. REMEUF, F.; LENOIR, T., y DUBY, C., «Étude des relations entre les caractéristiques physicochimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure», en *Lait*, vol. 69, Paris-Francia, junio de 1989, pp. 499-518.
31. FOX, P., y LAW, J., «Enzymology of Cheese Ripening», en *Food Biotechnology*, vol. 5, n.º 3, North Dakota State University, diciembre de 1991, pp. 239-262.
32. ZHANG, R.; MUSTAFA, A.; NG-KWAI-HANG, K., y ZHAO, X., «Effects of Freezing on Composition and Fatty Acid Profiles of Sheep Milk and Cheese», en *Small Ruminant Research*, vol. 64, Ste. Anne de Bellevue, Que., agosto de 2006, pp. 203-210.
33. DALLES, T.; KALATZOPOULOS, G., y KAEHAGIAS, C., «Freezing Preservation of Soft Cheeses with and without Mold Form Goat's and Sheep's Milk. Thermal Processing and Quality of Foods», en *Elsevier Applied Science Publishers*, vol. 91, Londres, noviembre de 1984, pp. 740-744.
34. ALICHANIDIS, E.; POLYCHRONIADOU, A.; TZANETAKIS, N., y VAFOPOULOU, [nombre abreviado], «Teleme Cheese from Deep Frozen Curd», en *Journal of Dairy Science*, vol. 64, Thessaloniki, Greece, mayo de 1981, pp. 732-739.
35. GÓMEZ, M; BONSAI, A., y ROCA, O., «Chemical, Microbiological and Sensorial Characteristics of Frozen Goat Milk», en *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, vol. 17, n.º 2, Botucatu - SP, mayo-agosto de 1998, pp. 111-114.
36. GUIMARÃES, M., «Avaliação da estabilidade físico-química de leite caprino congelado durante a estocagem comercial», en *Medicina Veterinária, Escola de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais*, Belo Horizonte, 1993, p. 73.
37. LE JAUOEN, J., «La conservation du caillé», en ECK, A., *Le Fromage. Technique et documentation*, París: Lavoisier, 1987, pp. 41-53.

38. JUÁREZ, M., y GOICOECHEA, A., «Refrigeración y congelación de la leche y productos lácteos», *Alimentación, Equipos y Tecnología*, vol. 8, n.º 4, Bilbao, 1987, pp. 133-137.
39. PANKEY, J.; WADSWORTH, J.; METHA, K., y MURDOUGH, P., «Effects of Storage on Viability of Mastitis Pathogens», en *Journal Dairy Science*, vol. 70, n.º 1, 1987, p. 132.
40. SCHUKKEN, Y.; SMIT, J.; GROMMERS, F.; VANDEGEER, D., y BRAND, A., «Effect of Freezing on Bacteriologic Culturing of Mastitis Milk Samples», en *Journal Dairy Science*, vol. 72, Utrecht, Holanda, diciembre de 1989, pp. 1900-1906.
41. SÁNCHEZ, A.; SIERRA, D.; LUENGO, C.; CORRALES, J.; MORALES, C.; CONTRERAS, A., y GONZALO, C., «Influence of Storage and Preservation on Fossomatic Cell Count and Composition of Goat Milk», en *Journal Dairy Science*, vol. 88, Murcia, setiembre de 2005, pp. 3095-3100.
42. PAAPE, M., y CAPUCO, A., «Cellular Defense Mechanisms in the Udder and Lactation of Goats», en *Journal Animal Science*, vol. 75, USDA-ARS, Beltsville, agosto de 1997, pp. 556-565.
43. ZENG, S.; ESCOBAR, E.; HART, S.; HINCKLEY, L.; BAULTHAUS, M.; ROBINSON, T., y JAHNKE, G., «Comparative Study of the Effects of Testing Laboratory, Counting Method, Storage and Shipment on Somatic Cell Count in Goat Milk», en *Small Ruminant Research*, vol. 31, Langston, Oklahoma, enero de 1999, pp. 103-107.
44. HORNER, S., y FOX, L., «Comparison of Somatic Cell Counting Procedures for Goat Milk», en *Journal of Dairy Science*, vol. 65, 1988, pp. 275-280.
45. LAWRENCE, R. A., «Storage of Human Milk and the Influence of Procedures on Immunological Components of Human Milk», en *Acta Paediatric*, vol. 88, New York, agosto de 1999, pp. 14:18.