

## EFEITO DO CONGELAMENTO SOBRE OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DO LEITE DE CABRAS DA RAÇA SAANEN<sup>1</sup>

WILSON RODRIGUES PINTO JÚNIOR<sup>2\*</sup>, SIBELLI PASSINI BARBOSA FERRÃO<sup>3</sup>, FAGNER LEMOS RODRIGUES<sup>4</sup>, SERGIO AUGUSTO DE ALBUQUERQUE FERNANDES<sup>3</sup>, PAULO BONOMO<sup>3</sup>

**RESUMO** – O objetivo dessa pesquisa foi avaliar o efeito de diferentes tempos de congelamento sobre as propriedades físico-químicas do leite de cabras da raça Saanen em diferentes fases da lactação L1 (55–65 dias); L2 (75–85 dias); L3 (95–105 dias) e L4 (115–125 dias). Foram testados três tempos de congelamento: –18 °C (40, 80 e 120 dias), e o tempo controle (tempo zero). As fases de lactação das cabras influenciaram o índice crioscópico, os percentuais de gordura, lactose, proteína e extrato seco total das amostras de leite analisadas, entretanto, observou-se que os valores encontrados estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Os resultados mostraram que os tempos de congelamento do leite não influenciaram ( $P < 0,05$ ) os parâmetros de densidade, índice crioscópico, gordura, lactose, proteína e extrato seco total das amostras. Houve efeito da interação fases de lactação x tempos de congelamento do leite ( $P < 0,05$ ) para pH e acidez, os quais apresentaram valores mais baixos conforme procedeu-se o aumento do tempo de congelamento das amostras de leite. O congelamento do leite de cabra revelou-se como boa técnica na preservação dos seus componentes físicos e químicos, garantindo a qualidade final do produto e possibilitando a oferta do mesmo em períodos de baixa produção.

**Palavras-chave:** Tempo de congelamento. Leite de cabra. Qualidade.

## EFFECT OF FREEZING ON THE PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF GOAT MILK OF THE SAANEN BREED

**ABSTRACT** – The aim of this study was to evaluate the effect of different freezing times on the physical and chemical properties of goat Saanen breed milk in different the stages lactation L1 (55–65 days); L2 (75–85 days); L3 (95–105 days) and L4 (125–135 days). Three freezing times were tested: –18 °C (40, 80 and 120 days) and time control (time zero). The stages of lactation of the goats influenced the cryoscopic index, the fat percentages, lactose, protein and total dry extract of the milks samples; nevertheless, the values that were found are between the limits accepted by the law. The results have shown that the milk freezing time did not influence ( $P < 0,05$ ) the density, cryoscopic, fat, lactose, protein and total dry extract parameters of the milk samples. There was an effect of interaction of stages the lactation x the freezing time of the milk ( $P < 0,05$ ) for the pH and acidity, which showed lower values with the increasing freezing time of the milks samples. The freezing time of goat milk proved to be a good means technical of preservation of its physical and chemical components, guaranteeing the product final quality and enabling the delivery the same in periods of low production

**Keywords:** Freezing time, Goat milk, Quality.

\*Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 15/03/2011; aceito em 06/06/2012.

<sup>1</sup>Trabalho de Dissertação do curso de Mestrado em Engenharia de Alimentos do primeiro autor.

<sup>2</sup>Departamento de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Itapetinga, BA, 4700-000. Brasil; wilsonnrjr@gmail.com\*.

<sup>3</sup>Departamento de Tecnologia Rural e Animal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Itapetinga, BA, 4700-000, Brasil; sibpass@yahoo.com.br, sergio62fernandes@yahoo.com.br, bonomopaulo@gmail.com.

<sup>4</sup>Departamento do curso de Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Itapetinga, BA, 4700-000, Brasil; flr\_lemos@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

A utilização do leite de cabra tem sido pesquisada em diferentes regiões do mundo no que se refere às suas propriedades físicas, químicas, processamento, qualidade tecnológica, aceitação e benefícios à saúde humana. O Brasil produziu em 2008, 135 milhões de litros de leite de cabra (FAO, 2008), sendo a Bahia o Estado com o maior efetivo (30,2%) (IBGE, 2009), entretanto, apesar do potencial de produção de leite de cabra na região Nordeste, esse leite e seus derivados apresentam-se ainda com pouca expressão no mercado, e poucos estudos têm sido realizados para o aproveitamento deste leite e o desenvolvimento de novos produtos de fácil elaboração para o pequeno produtor.

No setor produtivo, problemas relacionados à sazonalidade, expansão do rebanho caprino, falta de investimento tecnológico, manejo inadequado dos animais, dentre outros, tornam o sistema de produção menos eficiente, levando à irregularidade na oferta de leite, resultando em insatisfação da indústria e do consumidor, pois a disponibilidade e os preços dos produtos caprinos adquiridos muitas vezes não atendem às expectativas. Com intuito de solucionar o problema da regularidade da oferta de leite de cabra, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) elaborou a Instrução Normativa nº37 (IN 37), (BRASIL, 2000), a qual permite o congelamento a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  do leite de cabra cru. Porém, o presente regulamento não estabelece o tempo máximo de congelamento permitido para a conservação do produto. A prática do congelamento permitida em alguns estados e praticada por vários produtores apresenta-se como uma alternativa de conservação e aproveitamento racional do produto para a elaboração de derivados, principalmente em períodos de pouca oferta de leite.

Alguns autores têm observado que os efeitos do congelamento e descongelamento sobre a composição do leite de cabra têm sido menos acentuados do que para o leite de vaca (OLIVEIRA et al., 2002; CURTI; BONASSI, 2007). Durante o congelamento, alterações de sabor e aroma também podem aparecer, particularmente sabor oxidado que, acredita-se, seja devido à membrana que circunda o glóbulo de gordura. Agregados de caseína podem ocorrer, bem como dissociação da beta-caseína da micela, causando danos na estrutura da micela da proteína, o que lhe confere menor estabilidade térmica. Esse efeito ocorre intensamente no leite de cabra, provavelmente ocasionado pela ausência nesse leite da fração alfa-s1-caseína (LEACH, 1980; REMEUF et al. 1986).

O'Connor e Fox (1973) relataram que a estocagem a baixas temperaturas pode influenciar o sistema micelar do leite de cabra, com solubilização parcial do fosfato de cálcio coloidal e da beta-caseína (mais solúvel em condições de resfriamento do que sua homóloga do leite bovino). Segundo Park et al. (2007), essas mudanças são responsáveis por

diferenças durante o processamento de queijos, especialmente sobre o rendimento.

Segundo Curi (2002), o congelamento do leite pode provocar alterações em seu sistema coloidal, em que a maioria das alterações se deve à instabilidade físico-química do leite que, quando congelado, pode apresentar separações de gordura e coagulação proteica, rompendo a emulsão gordurosa devido à pressão desenvolvida durante o processo. No entanto, a instabilidade parece não ocorrer pelo congelamento em si, mas está relacionada com o tempo e a temperatura de congelamento, quanto maior o tempo de estocagem maior a desestabilização.

No entanto, o efeito do congelamento do leite de cabra sobre o sistema coloidal é pouco conhecido e as consequências descritas são conflitantes, principalmente no que diz respeito ao sabor, coagulação proteica e emulsão das gorduras, podendo prejudicar a qualidade dos produtos. Logo a identificação dos componentes do leite de cabra e a caracterização de suas propriedades antes e após a conservação pelo congelamento poderão servir como ponto inicial para elaboração e implantação de programas para melhoria da qualidade do leite e seus derivados, permitindo ganhos de produtividade e oferta de alimentos seguros à população. Além disso, alternativas de processamento de derivados lácteos com qualidade comprovada criam novas possibilidades para o produtor e impulsionam o agronegócio.

Diante do proposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do período de congelamento do leite de forma a obter uma matéria-prima com parâmetros físicos e químicos adequados para o processamento industrial.

## MATERIAL E MÉTODOS

A fase experimental para obtenção do leite foi conduzida utilizando-se 8 (oito) animais da raça Saanen, pertencentes ao plantel do Setor de Caprinocultura da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. As cabras foram alocadas em baias individuais com dimensões de 1,32 x 3,10 m, contendo bebedouro e comedouro, onde receberam alimentação *ad libitum*. A alimentação foi constituída de 20% de feno de capim Tifton 85 e 80% de concentrado (milho grão moído, farelo de algaroba e de soja, feno de alfafa, uréia, sal comum e mistura mineral), balanceado com base nas exigências do NRC (2007) para cabras em lactação com peso médio de  $42,7 \pm 1,43$  kg e produzindo em média  $2 \pm 0,22$  kg/dia de leite.

As amostras de leite de conjunto analisadas foram obtidas por meio de ordenha manual e higiênica, e então envasadas em potes plásticos de polietileno individuais de 1 litro. As amostras de leite foram coletadas em quatro fases de lactação: L1 (55–65 dias de lactação); L2 (75–85 dias de lactação); L3 (95–105 dias de lactação) e L4 (115–125 dias de lactação). Para cada fase de lactação foram realizadas

3 colheitas, consideradas as repetições, sendo uma por dia, em dias consecutivos, nos últimos 5 dias de cada estágio, totalizando 12 amostras. Cada amostra foi dividida em 4 lotes: um representando o tempo zero e os três lotes restantes foram submetidos ao congelamento lento em freezer ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) no mesmo momento, permanecendo congeladas por 40, 80 e 120 dias, sendo posteriormente descongeladas, sob refrigeração ( $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 12 horas, no período em que atingiram o tempo máximo de estocagem estabelecido para cada tratamento. O experimento foi conduzido entre os meses de junho e dezembro de 2010.

Foram analisados os parâmetros de pH por meio de potenciômetro modelo QUIMIS e acidez expressa em % de ácido láctico, por meio do cálculo do percentual de ácido láctico presente na amostra pela titulação com NaOH 0,1% utilizando metodologia descrita na IN 22 (BRASIL, 2003). A densidade ( $\text{g/mL}$ ) a  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o índice crioscópico ( $^{\circ}\text{H}$ ) e os percentuais de gordura, proteína, lactose e extrato seco total (EST) foram determinados por meio de analisador de leite Lactoscan LA, calibrado para leite de cabra, que realiza a leitura ultrassônica (utilização de ondas de som de frequência extremamente alta) dos parâmetros previamente calibrados no equipamento. As análises foram realizadas no Laboratório do Processamento de Leite e Derivados da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

O experimento foi conduzido em esquema fatorial  $4 \times 4$ , sendo quatro fases de lactação, L1 (55–65 dias de lactação); L2 (75–85 dias de lactação); L3 (95–105 dias de lactação); L4 (115–125 dias de lactação) e quatro tempos de congelamento (0, 40, 80 e 120 dias), com três repetições, em delineamento inteiramente casualizado. As análises estatísticas foram realizadas no pacote estatístico Statistical Analysis System® versão 9.0, procedimentos GLM e REG (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), licenciado pela Universidade Federal de Viçosa (SAS, 1996).

Os resultados obtidos nas análises laboratoriais foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando-se como fontes de variação as fases de lactação, tempos de congelamento e a interação das duas fontes, testados a 5% de significância. A interação foi desdobra, ou não, de acordo com a significância. As fases de lactação das cabras foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% significância. O efeito do tempo de congelamento das amostras dos leites de cabra foi avaliado por análise de regressão, por meio de polinômios ortogonais, pela decomposição da soma de quadrados em efeito linear, quadrático e cúbico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, observa-se que não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre as fases de lacta-

ção e os tempos de congelamento das amostras de leite para os parâmetros avaliados.

Com relação às diferentes fases de lactação do leite de cabra não foi verificada diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para o percentual de densidade das amostras submetidas aos diferentes tempos de congelamento. Queiroga et al. (2007) avaliando animais da raça Saanen no período de lactação de 35, 80 e 135 dias observaram que a densidade não foi influenciada pelo período de lactação estudado. O valor médio para o parâmetro densidade obtido no presente trabalho encontra-se na faixa recomendada pela Instrução Normativa nº 37, regulamento que fixa as condições de produção, identidade e os requisitos mínimos de qualidade do leite de cabra destinado ao consumo humano (BRASIL, 2000). Entretanto, foi observado efeito significativo ( $P < 0,05$ ) das fases de lactação estudadas sobre os demais parâmetros de composição das amostras de leite (Tabela 1). Os resultados para estes parâmetros estão de acordo com o estabelecido pela IN 37 para leite de cabra cru integral, que institui para gordura o seu teor original, 8,2% para EST, 11,1% para ESD, 2,8% para proteína e 4,3% para lactose, com exceção apenas para a crioscopia, que apresentou para as fases de lactação L1 e L4 valores inferiores aos estabelecidos pela IN 37 ( $-0,550\text{ }^{\circ}\text{H}$  a  $-0,585\text{ }^{\circ}\text{H}$ ).

O maior percentual de gordura para o leite de cabra foi obtido na fase de lactação L3 ( $P < 0,05$ ) (Tabela 1). Os valores médios para a gordura encontrados neste experimento foram semelhantes aos resultados obtidos por Queiroga et al. (2007) que foram de 2,9 a 3,9 %, em trabalho realizado com cabras da raça Saanen na Microrregião do Brejo Paraibano no Brasil.

Os valores obtidos para o extrato seco total (EST) tiveram efeito significativo ( $P < 0,05$ ) com o decorrer da fase de lactação. A fase de Lactação L1 apresentou um menor percentual para o parâmetro avaliado, possivelmente, em decorrência dos menores valores para os parâmetros de gordura, proteína e lactose. Osmari et al. (2009) avaliando a produção e qualidade do leite de cabras em lactação, na fase de 34 a 134 dias após o parto, verificou alta correlação ( $r = 0,8765$ ) entre a gordura e o EST, demonstrando ser a gordura o componente que mais influencia o comportamento do EST, seguida da proteína.

O teor de proteína bruta presente no leite de cabra na fase de lactação L1 diferiu significativamente da fase de lactação L2 ( $P < 0,05$ ). Os valores médios obtidos para os percentuais de proteínas neste estudo foram próximos aos encontrados por Benedict e Carvalho (1996). Segundo Mendes et al. (2009), o conteúdo proteico varia com a espécie e é influenciado por raça, estágio de lactação, alimentação, clima, parto, época do ano e estado de saúde do úbere. No entanto, os dados da literatura são controversos quanto ao percentual de proteína em relação às fases de lactação. Alguns autores afirmam que o conteúdo de proteína decresce no decorrer da lacta-

ção (VOUTSINAS et al., 1990), enquanto outros afirmam o contrário (VEINOGLOU et al., 1982). No presente estudo, como as amostras foram coletadas em diferentes estágios de lactação, os mesmos podem ter influenciado as diferenças para os níveis proteicos.

Os percentuais baixos, variação de  $-0,546$  a  $-0,548$  °H, encontrados para o índice crioscópico apresentados na Tabela 1, inferiores a variação de  $-0,550$  °H a  $-0,585$  °H estabelecida pela IN 37, podem estar relacionados com vários fatores. Segundo Pereira et al. (2000) o valor para a crioscopia depende de uma série de fatores relacionados ao animal, ao leite e ao ambiente, ocasionando dificuldades para o estabelecimento de padrões crioscópicos. As fases de lactação L1 e L4 apresentaram os menores teores de proteína, fato que possivelmente contribuiu para o aumento do ponto de congelamento desses leites (ou seja, mais próximo ao da temperatura de congelamento da água). Segundo Botaro e Santos (2011), o decréscimo em 0,1% do teor proteico do leite pode resultar em acréscimo de 0,0024 °C no índice crioscópico.

Houve diferença significativa no teor de lac-

tose do leite obtido na fase de lactação L1 ( $P < 0,05$ ) em relação à lactação L2. O percentual de lactose das amostras de leite analisadas foi maior na fase de lactação de (75–85 dias), resultado este esperado uma vez que a lactose está relacionada à regulação da pressão osmótica na glândula mamária, assim, a ocorrência de maior produção de lactose pode levar a uma maior produção de leite.

Com relação ao efeito dos tempos de congelamento do leite de cabra sobre os parâmetros de gordura, EST, ESD, proteína, lactose e índice crioscópico do leite de cabras Saanen não foram verificadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ), sendo as médias para os parâmetros analisados apresentadas na Tabela 1. Resultado semelhante foi obtido por Andrade et al. (2008) quando avaliaram a composição físico-química do leite pasteurizado de cabra da raça Alpina, que observaram que os parâmetros físicos e químicos, as concentrações dos principais componentes e a aparência do leite caprino não foram alterados pelo congelamento a  $-18$  °C por 7 dias.

Benedet e Carvalho (1996) citam que o congelamento pode provocar floculação de proteínas, prejudicando a aparência do produto e sua aceitação.

**Tabela 1.** Médias, equações de regressão ajustadas e coeficiente de variação para os parâmetros densidade, gordura, EST, proteína, lactose e índice crioscópico do leite cru de cabras da raça Saanen de acordo com diferentes fases de lactação e tempos de congelamento.

Parâmetros	Densidade (g/mL)	Gordura (%)	EST (%)	Proteína (%)	Lactose (%)	Índice Crioscópico °H	
Fases de Lactação (dias)	L1	1,031	3,25 <sup>b</sup>	11,79 <sup>c</sup>	3,13 <sup>b</sup>	4,46 <sup>b</sup>	-0,538 <sup>b</sup>
	L2	1,032	3,30 <sup>b</sup>	12,12 <sup>ab</sup>	3,24 <sup>a</sup>	4,61 <sup>a</sup>	-0,558 <sup>a</sup>
	L3	1,031	3,63 <sup>a</sup>	12,39 <sup>a</sup>	3,21 <sup>ab</sup>	4,57 <sup>ab</sup>	-0,555 <sup>a</sup>
	L4	1,031	3,35 <sup>b</sup>	12,01 <sup>b</sup>	3,18 <sup>ab</sup>	4,52 <sup>ab</sup>	-0,547 <sup>ab</sup>
Tempos de Congelamento	0	1,031	3,36	12,04	3,18	4,53	-0,548
	40	1,031	3,36	12,02	3,18	4,52	-0,547
	80	1,031	3,37	12,02	3,17	4,51	-0,546
	120	1,031	3,43	12,25	3,23	4,60	-0,558
		$\hat{Y}=1,031$	$\hat{Y}=3,38$	$\hat{Y}=12,08$	$\hat{Y}=3,19$	$\hat{Y}=4,54$	$\hat{Y}=-0,550$
Fontes de variação (P)							
Lactação	0,487	0,001	0,001	0,013	0,013	0,011	
Tempo	0,415	0,165	0,133	0,204	0,211	0,198	
Lactação x tempo	0,469	0,093	0,077	0,135	0,141	0,127	
CV%	1,27	2,69	2,27	2,39	2,40	-2,71	

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey; P= nível de significância; CV= coeficiente de variação. EST= Extrato seco total; L1 (55–65 dias de lactação); L2 (75–85 dias de lactação); L3 (95–105 dias de lactação); L4 (115–125 dias de lactação).

Segundo Muir (1984), o processo de congelamento ao diminuir o número de moléculas dissolvidas no leite, pode aumentar a crioscopia após o descongelamento. No presente trabalho, alguma floculação pôde ser observada, entretanto, não ocorreram alterações no índice crioscópico causadas pelo efeito do congelamento do leite.

Oliveira et al. (2002), ao pesquisarem o efeito do tempo de congelamento aos 30, 60 e 90 dias sobre leite de cabra pasteurizado, não observaram efeito ( $P>0,05$ ) sobre as características físico-químicas analisadas. O efeito do congelamento sobre os parâmetros físicos e químicos do leite de outras espécies tem sido relatado na literatura. De acordo com Zhang et al. (2006) o tempo de congelamento (de 0 a 6 meses) em diferentes temperaturas ( $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) não interferiu significativamente nos parâmetros de matéria seca, gordura, proteína, lactose, contagem de células somáticas (CCS) e contagem total de bactérias (CBT) do leite de ovelha.

Com relação os parâmetros pH e acidez do leite houve interação ( $P<0,05$ ) das fases de lactação com os tempos de congelamento para os parâmetros avaliados (Tabela 2).

As fases de lactação não influenciaram o parâmetro pH nos tempos de congelamento 0, 40 e 120 dias ( $P>0,05$ ). Entretanto, no tempo de 80 dias de congelamento as fases de lactação L3 e L4 diferiram das demais apresentando valores mais baixos de pH ( $P<0,05$ ). Com relação ao efeito dos tempos de congelamento sobre o pH do leite não houve efeito significativo para a fase de lactação L1 ( $P>0,05$ ), porém, houve efeito significativo

( $P<0,05$ ) para as fases de lactação L2, L3 e L4.

Este resultado corrobora com o apresentado por Blagitz et al. (2011) que avaliando o efeito do congelamento a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  de leite de ovino da raça Santa Inês por trinta meses observaram uma redução do pH, de 6,82 do leite *in natura* para 6,58 pós o descongelamento, sendo que as maiores reduções foram para as amostras que apresentaram resultado positivo para contaminação bacteriológica.

De acordo com Gomes et al. (2004), o pH do leite de cabra da raça Saanen pode variar de 6,5 a 6,8, percentual semelhante ao encontrado no presente trabalho. Possivelmente, a presença de dióxido de carbono, fosfatos, citrato, lactatos e proteínas presentes no leite caprino ocasionaram um efeito tampão, evitando grandes variações no pH.

As análises de regressão do coeficiente pH do leite em função dos tempos de congelamento para faixas de lactação analisadas são observadas na Figura 1. O congelamento pode ter acelerado a precipitação de sais, principalmente os de fósforo e de cálcio, o que proporcionou a diminuição do pH com o passar do tempo de congelamento. A redução do pH foi mais acentuada com o decorrer da lactação o que possivelmente pode estar relacionado com o aumento de sais no leite. Visto que, durante esse período, próximo à fase final de lactação, o leite tende a apresentar maior quantidade de sais, principalmente os de cálcio e fósforo (BROZOS et al. 1998; HAENLEIN, 2001; HAENLEIN, 2004).

A IN 37 (BRASIL, 2000) estabelece que a faixa normal para a acidez titulável de leite de cabra cru e congelado pode variar de 0,11% a 0,18%, expressa em ácido láctico. Os valores de acidez encon-

**Tabela 2.** Médias, equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para o parâmetro de pH e acidez do leite cru de cabras da raça Saanen de acordo com diferentes fases de lactação e tempos de congelamento.

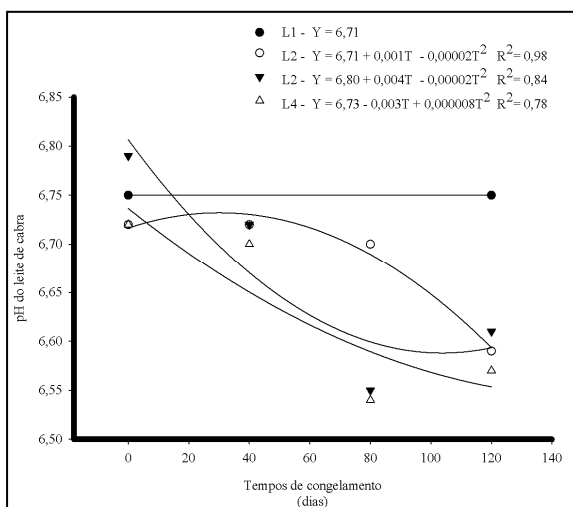
Parâmetros	Fases de lactação	Tempos de congelamento (dias)				Equação estimada	$R^2$
		0	40	80	120		
pH	L1	6,74	6,73	6,73 <sup>a</sup>	6,67	$\hat{Y} = 6,71$	-
	L2	6,72	6,72	6,70 <sup>a</sup>	6,59	Eq <sup>1*</sup>	0,98
	L3	6,79	6,72	6,55 <sup>b</sup>	6,61	Eq <sup>2*</sup>	0,84
	L4	6,72	6,70	6,54 <sup>b</sup>	6,57	Eq <sup>3*</sup>	0,78
Acidez em % ácido láctico	L1	0,16	0,14	0,14	0,15	Eq <sup>4*</sup>	0,99
	L2	0,16	0,15	0,14	0,15	Eq <sup>5*</sup>	0,91
	L3	0,16	0,16	0,16	0,15	Eq <sup>6*</sup>	0,94
	L4	0,17	0,15	0,16	0,16	Eq <sup>7*</sup>	0,90

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si ( $P<0,05$ ) pelo teste de Tukey;  $R^2$ = coeficiente de determinação; \* $P < 0,05$ ; L1 (55–65 dias de lactação); L2 (75–85 dias de lactação); L3 (95–105 dias de lactação); L4 (115–125 dias de lactação). Eq<sup>1\*</sup>.  $\hat{Y} = 6,71 + 0,001T - 0,00002T^2$ ; Eq<sup>2\*</sup>.  $\hat{Y} = 6,80 - 0,0042T + 0,00002T^2$ ; Eq<sup>3\*</sup>.  $\hat{Y} = 6,73 - 0,003T + 0,000008T^2$ ; Eq<sup>4\*</sup>.  $\hat{Y} = 0,16 - 0,0003T + 0,000004T^2$ ; Eq<sup>5\*</sup>.  $\hat{Y} = 0,16 - 0,0005T + 0,000002T^2$ ; Eq<sup>6\*</sup>.  $\hat{Y} = 0,16 + 0,0002T - 0,000002T^2$ ; Eq<sup>7\*</sup>.  $\hat{Y} = 0,17 + 0,0006T + 0,000005T^2$ .

**Tabela 2.** Médias, equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para o parâmetro de pH e acidez do leite cru de cabras da raça Saanen de acordo com diferentes fases de lactação e tempos de congelamento.

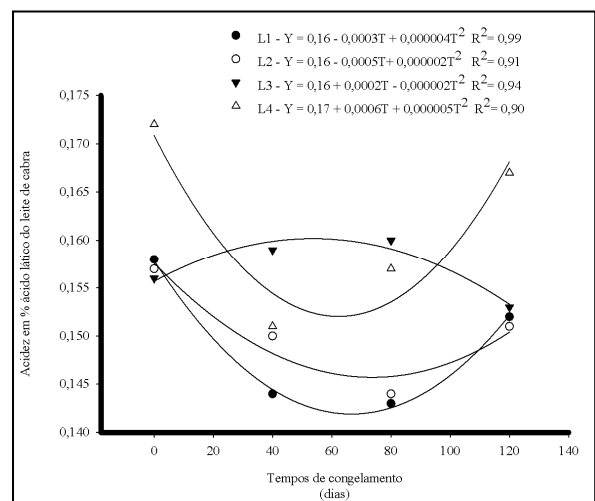
Parâmetros	Fases de lactação	Tempos de congelamento (dias)				Equação estimada	$R^2$
		0	40	80	120		
pH	L1			6,73 <sup>a</sup>	6,67	$\hat{Y} = 6,71$	-
	L2	6,74	6,73	6,70 <sup>a</sup>	6,59	Eq <sup>1*</sup>	0,98
	L3	6,72	6,72	6,55 <sup>b</sup>	6,61	Eq <sup>2*</sup>	0,84
	L4	6,79	6,72	6,54 <sup>b</sup>	6,57	Eq <sup>3*</sup>	0,78
Acidez em % ácido láctico	L1	0,16	0,14	0,14	0,15	Eq <sup>4*</sup>	0,99
	L2	0,16	0,15	0,14	0,15	Eq <sup>5*</sup>	0,91
	L3	0,16	0,16	0,16	0,15	Eq <sup>6*</sup>	0,94
	L4	0,17	0,15	0,16	0,16	Eq <sup>7*</sup>	0,90

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey;  $R^2$  = coeficiente de determinação; \* $P < 0,05$ ; L1 (55–65 dias de lactação); L2 (75–85 dias de lactação); L3 (95–105 dias de lactação); L4 (115–125 dias de lactação). Eq<sup>1\*</sup>.  $\hat{Y} = 6,71 + 0,001T - 0,00002T^2$ ; Eq<sup>2\*</sup>.  $\hat{Y} = 6,80 - 0,0042T + 0,00002T^2$ ; Eq<sup>3\*</sup>.  $\hat{Y} = 6,73 - 0,003T + 0,000008T^2$ ; Eq<sup>4\*</sup>.  $\hat{Y} = 0,16 - 0,0003T + 0,000004T^2$ ; Eq<sup>5\*</sup>.  $\hat{Y} = 0,16 - 0,0005T + 0,000002T^2$ ; Eq<sup>6\*</sup>.  $\hat{Y} = 0,16 + 0,0002T - 0,000002T^2$ ; Eq<sup>7\*</sup>.  $\hat{Y} = 0,17 + 0,0006T + 0,000005T^2$ .

**Figura 1.** Comportamento do efeito dos tempos de congelamento sobre o parâmetro pH do leite cru de cabras da raça Saanen em diferentes fases de lactação.

trados estão de acordo com os limites preconizados pela legislação vigente.. As análises de regressão do coeficiente de acidez do leite em função dos tempos de congelamento para faixas de lactação analisadas revelaram um efeito quadrático (Figura 2).

Foi observada uma diminuição da acidez com o aumento do tempo de congelamento das amostras de leite, com valores inferiores ao do leite que não sofreu congelamento. Este comportamento foi semelhante ao relatado por Van Den Berg (1961), em estudo do congelamento e tempo de estocagem do leite cru e desnatado pasteurizado, relacionando esta diminuição a possíveis variações no teor dos ácidos carboxílicos e no perfil microbiológico do

**Figura 2.** Comportamento do efeito dos tempos de congelamento sobre o parâmetro acidez do leite cru de cabras da raça Saanen em diferentes fases de lactação.

leite. No entanto, Andrade et al. (2008) ao avaliaram leite de cabra congelado a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 7 dias encontraram valores para acidez titulável similares aos do leite de cabra *in natura*.

Não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) das fases de lactação para o parâmetro acidez nos diferentes tempos de congelamento. Este resultado provavelmente está ligado à qualidade higiênico-sanitária do leite de cabra utilizado no ensaio laboratorial, ao congelamento ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) do leite logo após a ordenha e ao seu descongelamento sob temperatura de refrigeração ( $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) para posterior determinação da acidez.

## CONCLUSÃO

O congelamento do leite de cabra não provocou alterações nos valores percentuais dos constituintes, observados pelas características físico-químicas de densidade, gordura, EST, ESD, proteína, lactose, índice crioscópico. No entanto, o congelamento do leite promoveu uma redução sobre a quantificação do pH e da acidez titulável, os quais apresentaram valores mais baixos com o aumento do tempo de congelamento das amostras analisadas. O congelamento do leite de cabra revelou-se uma técnica bastante eficiente na preservação dos seus componentes físicos e químicos, garantindo a qualidade final do produto e possibilitando a oferta do mesmo em períodos de baixa produção.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, P. V. de D. et al. Características microbiológicas e físico-químicas do leite de cabra submetido à pasteurização lenta pós-envase e ao congelamento. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 5, p. 1424–1430, 2008.
- BENEDET, H. D.; CARVALHO, M. W. Caracterização do leite de cabra no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 116–119, 1996.
- BLAGITZ, M. G. et al. Concentração hidrogeniônica do leite de ovelhas: Influência da mastite e do congelamento da amostra. **Revista Ciência Animal Brasileira**, Goiás, v. 12, n. 1, p. 187–191, 2011.
- BOTARO, B.; SANTOS, M. V. Artigo técnico. **Qualidade de leite: Entendendo a variação da crioscopia do leite**. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/artigos-tecnicos/qualidade-do-leite/entendendo-a-variacao-da-crioscopia-do-leite>>. Acesso em: 30 jul. 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regulamento Técnico de produção, identidade e qualidade do leite de cabra**. Instrução Normativa nº 37 de 31 de outubro de 2000. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 08 mar. 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária. **Métodos Analíticos Oficiais Físico-químicos para Controle de Leite e produtos Lácteos**. Instrução Normativa nº 22, de 14 de abril de 2003. Diário Oficial da União, Brasília, DF, p.3, mai., 2003. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 20 abril 2011.
- BROZOS, C. et al. Effects of long-term recombinant bovine somatotropin (bST) administration on milk yield, milk composition and mammary gland health of dairy ewes. **Small Ruminant Research**, v. 29, n. 1, p. 113–120, 1998.
- CURI, R. A. Leite de cabra e coalhada congelados para fabricação de produto similar ao queijo Pecorino Romano. Avaliação do custo energético de produção. 2002, 101 f. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônomicas. Botucatu, 2002.
- CURI, R. A.; BONASSI, I. A. Elaboração de um queijo análogo ao Pecorino Romano produzido com leite de cabra e coalhada congelados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 171–176, 2007.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION-FAO - FAOSTAT - FAT- **Statistics division/ Prod STAT: Livestock (animals and primary)**, 2008. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/497/defaritt.Asp>>. Acesso em: 19 jul. 2011.
- GOMES, V. et al. Influência do estágio de lactação na composição do leite de cabras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 41, n. 5, p. 339–342, 2004.
- HAENLEIN, G. F. W. Goat milk in human nutrition. **Small Ruminant Research**, v. 51, n. 2, p. 154–163, 2004.
- HAENLEIN, G. F. W. The nutritional value of sheep milk. **International of Journal Animal Science**, v. 16, n. 2, p. 253–268, 2001.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Pecuária municipal, 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 jul. 2011.
- LEACH, K. Trends in dairy goats. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n.10, p. 1600–1604, 1980.
- MENDES, C. G.; SILVA, J. B. A.; ABRANTES, M. R. Caracterização organoléptica, físico-química, e microbiológica do leite de cabra: uma revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 3, n. 1, p. 5–12, 2009.
- MUIR, D. D. Reviews of the progress of dairy science: frozen concentrated milk. **Journal of Dairy Research**, v. 51, n. 4, p. 649–664, 1984.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of goats. **National Academy of Science**, Washington, D. C, 2007, 91 p.
- O'CONNOR, P.; FOX, P. F. Temperature dependant dissociation of casein micelles from the milk of various species. **Netherlands Milk and Dairy Journal**, v. 27, n. 2/3 p.127–199, 1973.
- OLIVEIRA, J. M. et al. Características físico-químicas do leite de cabra pasteurizado e congelado, produzido em Campo Grande-MS. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 16, n. 102/103, p. 107–111, 2002.
- OSMARI, E. K. et al. Consumo de volumosos, produção e composição físico-química do leite de cabras F1 Boer × Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 12, p. 2473–2481, 2009.
- PARK, Y. W. et al. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, n. 1, p. 88–113, 2007.
- PEREIRA, D. B. C. et al. **Físico-química do leite e derivados – Métodos analíticos**. 2ed. Juiz de Fora: Oficina de Impressão Gráfica e Editora, Juiz de Fora, 2000, 190 p.
- QUEIROGA, R. C. R. E. et al. Effects of flock management, milking sanitary conditions and lactation stage on milk composition of Saanen goats. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 2, p. 430–437, 2007.
- REMEUF, F.; LENOIR, J. Relationship between the physicochemical characteristics of goats milk and its rennetability. **International Dairy Federation, Bulletin**, v. 1, n. 202, p. 68–72, 1986.
- STATISTICS ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE – SAS. **Users guide: Statistics**. 5ed. Cary, USA, 1996, 1290 p.
- VAN DEN BERG, L. Changes in pH of Milk during Freezing and Frozen Storage. **Journal Dairy Science**, v. 44, n. 1, p. 26–31, 1961.
- VASCONCELOS, M. P; ARAÚJO, K. G. de L; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Efeito do ph de coagulação do leite e do tipo de coalho sobre o rendimento de massa na produção de queijo. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 4, p. 499–502, 2004.
- VEINOGLU, D.; BALTADJIEVA, M.; KALATZOTOULOS, G. La composition der laite de chevre de la région de Plovidven Bulgarie et la Loannina em Grèce. **Le Lait**, v. 62, n. 613–614, p. 155–165, 1982.
- ZHANG, R.H. et al. Effects of freezing on composition and fatty acid profiles of sheep milk and cheese. **Small Ruminant Research**, v. 64, n. 3, p. 203–210, 2006.