

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE DE OVELHAS DA RAÇA
LACAUNE E ANÁLISE DO RENDIMENTO DE COALHADA COM
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SORO OBTIDO

LUISA WOLKER FAVA

PORTO ALEGRE

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE DE OVELHAS DA RAÇA
LACAUNE E ANÁLISE DO RENDIMENTO DE COALHADA COM
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SORO OBTIDO

Autor: Luisa Wolker Fava

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do grau de mestre em Ciências
Veterinárias na área de Medicina Veterinária
Preventiva

Orientadora: Profa. Dra. Andrea Troller Pinto

Co-orientadora: Profa. Dra. Irene Cleme
Külkamp-Guerreiro

PORTO ALEGRE

2012

Luisa Wolker Fava

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE DE OVELHAS DA RAÇA
LACAUNE E ANÁLISE DO RENDIMENTO DE COALHADA COM
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SORO OBTIDO

Aprovada em 30 de novembro de 2012

APROVADA POR:

Profa. Dra. Andrea Troller Pinto
Orientadora e Presidente da Banca

Prof. Dr. Guiomar Pedro Bergmann
Membro da Banca

Profa. Dra. Neila Silvia Pereira dos Santos Richards
Membro da Banca

Profa. Dra. Verônica Schmidt
Membro da Banca

CIP - Catalogação na Publicação

Fava, Luisa Wolker

Caracterização físico-química do leite de ovelhas da raça Lacaune e análise do rendimento de coalhada com caracterização física do soro obtido / Luisa Wolker Fava. -- 2012.

73 f.

Orientadora: Andrea Troller Pinto.

Coorientadora: Irene Clemes Kulkamp-Guerreiro.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Porto Alegre, BR-RS, 2012.

1. leite ovino. 2. congelamento. 3. newtoniano. 4. viscosidade. 5. tamanho de partícula. I. Pinto, Andrea Troller, orient. II. Kulkamp-Guerreiro, Irene Clemes, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Luciano Maria Gonçalves Fava e Célia Maria Wolker Fava, por me apoiarem na decisão de seguir este caminho, por torcerem e acreditarem em mim em todos os momentos. À minha irmã, Luciana Wolker Fava, por ser minha grande torcedora. Ao meu namorado, Gabriel Laizola Frainer Correa, pelo companheirismo e paciência, por abdicar de feriados e fins de semana devido aos meus estudos e por estar sempre ao meu lado.

À minha orientadora, Profa. Dra. Andrea Troller Pinto, por me mostrar o caminho quando me sentia perdida e pela paciência, orientação e dedicação durante todo este período.

À Profa. Dra. Irene Cledes Kulkamp-Guerreiro, minha co-orientadora, pela paciência e compreensão em momentos de nervosismo e, principalmente, por ser fonte de novos conhecimentos. À Karina Paese e Juliana Abdalla, pelo auxílio nas análises realizadas na Faculdade de Farmácia.

À Dra. Silvia Stanisçuaski Guterres, professora da Faculdade de Farmácia desta Universidade, por disponibilizar o uso dos equipamentos do seu laboratório para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Tércio Michelin, diretor da Casa da Ovelha, por permitir minhas coletas de leite e pelo apoio à pesquisa. À Marcela Czarnobay, pelo apoio e auxílio durante as coletas. Aos produtores, por permitirem minha entrada em suas propriedades e por fornecerem o essencial para o desenvolvimento desta pesquisa.

À Tássia Gomes Guimarães, pelo auxílio nas coletas e nas análises de leite. Aos meus colegas de pós-graduação Giovani Jacob Kolling, pelo incentivo antes mesmo do meu ingresso regular, pelo apoio e amizade; e Jeruza Indiará Ferreira pelo companheirismo e pela linda amizade que construímos. À Priscila Beatriz da Silva Serpa, minha grande amiga, pelo apoio e incentivo.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

À minha família e amigos por compreenderem meu nervosismo e minha ausência.

E, por fim, a todos os professores que me inspiraram, através da sua forma de ensino, e me fizeram almejar a carreira docente!

RESUMO

O leite ovino se diferencia do das demais espécies devido à sua riqueza em sólidos. Contudo, mesmo no caso de raças especializadas, a produção de leite é representativamente menor, em termos de volume, quando comparado ao leite de vaca. Em função disso, o resfriamento prolongado ou o congelamento do leite podem ser uma alternativa ao produtor e à indústria. Sendo assim, os objetivos do presente estudo foram avaliar o efeito do resfriamento e do congelamento, por sete dias, sobre as características físico-químicas do leite de ovelhas da raça Lacaune, considerando a influência dos meses do ano, sobre o rendimento da coalhada produzida e as características físicas do soro obtido. Também foi verificada a influência do resfriamento e do congelamento no comportamento reológico, viscosidade e distribuição do tamanho de partículas do leite. Foram realizadas coletas mensais de leite, no período de janeiro a dezembro de 2011, em quatro propriedades produtoras de leite de ovelha, localizadas no Rio Grande do Sul, sendo as amostras encaminhadas ao Laboratório LEITECIA, da UFRGS. Cada amostra foi dividida em três alíquotas: a primeira era analisada no mesmo dia e as restantes armazenadas até sete dias, uma em refrigeração (5°C) e outra em congelamento doméstico (- 18°C). As análises realizadas foram: determinação da densidade, pH, acidez titulável, estabilidade ao etanol e estabilidade térmica. Uma alíquota de cada amostra era encaminhada ao Laboratório de Qualidade do Leite, da Embrapa Clima Temperado, para determinação da composição química do leite. Avaliou-se o rendimento da coalhada obtida com cada uma das amostras compostas de leite fresco, resfriado e congelado. O volume de soro foi medido e realizou-se análise de determinação da densidade, pH e acidez titulável. A viscosidade das amostras de leite foi determinada utilizando-se viscosímetro rotacional (Brookfield DV-II + Pro Viscometer, modo LVF, spindle CS4-25). A descrição do comportamento reológico foi feita através da relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento e da aplicação do modelo da Lei da Potência. A comparação dos valores de viscosidade quando os fluidos apresentaram comportamento newtoniano foi realizada a 60 rpm. A distribuição do tamanho de partículas do leite foi determinada através da técnica de difração de laser. Os parâmetros utilizados foram diâmetro médio das partículas, uniformidade da distribuição (Span) e a área de superfície específica. A composição do leite não apresentou variação significativa quando comparados os

diferentes tratamentos ($P > 0,05$). Contudo, os teores de proteína e lactose apresentaram variação sazonal. O resfriamento do leite afetou as características físicas das amostras, apresentando menor pH e maior acidez titulável, com a consequente diminuição da estabilidade térmica. Na produção da coalhada, o resfriamento e o congelamento do leite ovino não afetaram o rendimento. A densidade dos soros obtidos não apresentou variação. Porém, o soro da coalhada de leite resfriado apresentou-se mais ácido. As amostras de leite de ovelha analisadas demonstraram comportamento newtoniano. A viscosidade das amostras não foi afetada pelo congelamento do leite, porém o resfriamento provocou aumento deste parâmetro analisado. O diâmetro médio das partículas não apresentou variações. Conclui-se que o congelamento do leite, por até sete dias, não interfere na sua caracterização físico-química.

Palavras-chave: leite ovino, características físico-químicas, congelamento, sazonalidade, rendimento de queijo, soro de leite, newtoniano, viscosidade, tamanho de partícula.

ABSTRACT

Ewe milk differs from other species due to its richness in solids. However, even in the case of specialized breeds, milk production is representatively smaller in volume compared to cow milk. As a result, prolonged chilling or freezing of the milk can be an alternative to the dairy producer and the industry. The objectives of this study were to evaluate the effect of cooling and freezing for seven days, on the physicochemical characteristics of milk from Lacaune ewes, considering the influence of the months of the year on the income produced curd and physical characteristics of the whey obtained. The effect of chilling and freezing on rheological properties, viscosity and particle size distribution of the milk were also observed. Milk samples were collected monthly from January to December 2011 in four dairy of Lacaune sheep located in Rio Grande do Sul. Samples were sent to the laboratory LEITECIA, UFRGS. Each sample was divided into three aliquots: the first was analyzed on the same day and the remaining stored up to seven days, one under refrigeration (5°C) and other under freezing (- 18°C). Density, pH, titratable acidity, ethanol stability and thermal stability were performed in three aliquots. One aliquot of each sample was sent to the Milk Quality Laboratory of Embrapa Clima Temperado for determination of chemical composition. The three aliquots were used to produce cheese. The yield of the obtained curd in each of the samples comprised from fresh, chilled and frozen milk was determined, as well as volume, density, pH and titratable acidity from whey. Viscosity of milk samples was determined using a rotational viscometer. The description of rheological behavior was made using the relationship between shear rate and shear stress by application of Potency Law model. Comparison of viscosity values, as the fluid showed Newtonian behavior, was performed at 60 rpm. Particle size distribution was determined by laser diffraction technique. Parameters used were average particle diameter, uniformity of distribution (Span) and specific surface area. Milk composition did not change significantly when comparing the different treatments ($P > 0.05$). However, protein and lactose showed seasonal variation. Milk chilling affected the physical characteristics of the samples, with lower pH and higher acidity, with a consequent decrease in thermal stability. In the production of curd, chilling and freezing of ewe milk did not affect yield. Whey density did not change, although chilled milk produced more acidic whey. Viscosity of the samples was not affected by freezing,

but chilling caused an increased viscosity. Average particle diameter showed no variations. In conclusion, freezing of ewe milk for seven days does not interfere with its physic-chemical characterization.

Keywords: *sheep milk, physic-chemical, freezing, seasonality, yield of curd, whey, Newtonian viscosity, particle size.*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1	Características físico-químicas do leite ovino	12
2.1.1	Composição química	12
2.1.2	Características físicas	15
2.1.3	Propriedades reológicas.....	16
2.2	Fatores que afetam a composição do leite	17
2.2.1	Raça.....	18
2.2.2	Estágio de lactação	18
2.2.3	Mastite	19
2.2.4	Época do ano	20
2.2.5	Ordenha	20
2.2.6	Resfriamento e congelamento	21
2.3	Rendimento do leite de ovelha para a fabricação de queijos	22
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1	Coletas de leite	24
3.2	Análise físico-química do leite	24
3.3	Produção de coalhada, rendimento e caracterização do soro de leite obtido	25
3.4	Análise de viscosidade e distribuição do tamanho de partículas do leite	26
3.5	Análises estatísticas	27
3.5.1	Caracterização físico-química do leite	27
3.5.2	Rendimento da coalhada e caracterização física do soro	27
3.5.3	Determinação da viscosidade e distribuição do tamanho das partículas do leite...27	
4	ARTIGO 1	29
5	ARTIGO 2	43
6	ARTIGO 3	54
7	CONCLUSÕES	67
8	REFRÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de leite de ovelha foi de mais de dez milhões de toneladas no ano de 2010, sendo a China o maior produtor (FAOSTAT, 2010). No panorama mundial de produção, o leite ovino ganha em produção somente do leite de camela, ficando atrás das espécies bovina, bubalina e caprina (EMBRAPA, 2012).

O consumo de leite e seus derivados representam importante fonte nutricional para a humanidade, porém, em nosso país, pouco se conhece sobre o leite ovino. No Brasil não há dados oficiais de produção de leite de ovelha, contudo sabe-se que os primeiros ovinos com aptidão leiteira, da raça Lacaune, foram importados da França, em 1992, para o município de Viamão, no Rio Grande do Sul (BRITO, 2004).

A espécie ovina possui características similares de comportamento, tais como sua mansidão, espírito gregário e capacidade de adaptação a condições adversas de clima (LARROSA-BOREAN, 1990). Contudo, através de melhoramento genético e nutrição adequada houve a formação de raças ovinas especializadas na produção de leite, com maior produção leiteira.

A raça Lacaune é originária do sul da França, região de Roquefort, e é responsável por cerca de 76% da produção total de leite deste país. Evoluiu ao longo dos últimos 40 anos de uma raça de duplo propósito com baixa produção de leite a uma raça de alta produção leiteira, mantendo sua capacidade de produção de carne (BARILLET et al., 2001). É uma ovelha rústica e muito prolífica, podendo efetuar três parições em dois anos. Não apresenta lã na cabeça, nem nas partes inferiores do corpo e patas (LARROSA-BOREAN, 1990). As fêmeas apresentam período de lactação que varia entre 100 e 210 dias, com produção média de 150 litros (KERVINA, 1990). Em pesquisa realizada com leite de ovelhas da raça Lacaune, provenientes da mesma região do presente estudo, a duração média da lactação foi de 160 dias, com produção média diária de 1,3 litros por fêmea (BRITO et al., 2006). Contrastando com o país de origem da raça, o controle leiteiro oficial da França registrou, em 2011, produção de 290 litros de leite em 165 dias de lactação, correspondendo a 1,75 litros por dia, por fêmea (ICAR, 2011).

A criação de ovinos no Brasil sempre foi voltada para a produção de carne e lã. Contudo, nos últimos anos, percebeu-se que a produção de leite para a fabricação de derivados poderia ser um diferencial ao mercado devido, principalmente, à produção de

queijos finos. O Rio Grande do Sul foi o estado pioneiro na introdução de ovinos com aptidão leiteira no país, porém estados como Santa Catarina e Minas Gerais também se destacam pela produção e organização da cadeia produtiva. A ovinocultura leiteira apresenta grande potencial de disseminação em razão do crescente consumo de derivados e da crescente preocupação com a saúde, por parte da população, selecionando produtos diferenciados.

Devido à importância do leite bovino, a maioria dos trabalhos referentes à qualidade do leite é realizada com esta espécie, todavia produtos derivados lácteos ovinos possuem grande valor agregado e representam maior remuneração aos produtores e demais elos da cadeia produtiva. O leite de ovelha difere do leite das demais espécies, principalmente, por sua riqueza em sólidos. Logo, trata-se de um alimento de alto valor nutricional e que permite elevado rendimento industrial, principalmente na produção de queijos. Comparado ao leite de vaca, apresenta também diferenças físicas. Contudo, no Brasil não há legislação específica para esta matéria-prima que, atualmente, apresenta grande potencial de crescimento.

Tendo em vista que a produção de leite ovino é representativamente menor, em termos de volume, quando comparado ao leite de vaca, um dos impeditivos à industrialização é o pouco volume diário de leite. Uma solução seria o congelamento, procedimento permitido em legislação para leite caprino e permitido em outros países para o leite ovino. Portanto, conhecer o comportamento do leite ovino frente ao congelamento poderá inferir estratégias de estocagem do produto *in natura* para ser processado oportunamente. Além disso, objetiva-se no presente estudo realizar uma caracterização do leite de ovelha produzido, ao longo do ano, para fundamentar a padronização dos seus parâmetros de qualidade, a fim de que possa ser julgado de acordo com as suas especificidades, em legislação própria.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características físico-químicas do leite ovino

Do ponto de vista físico-químico, o leite é uma mistura homogênea de alguns componentes que estão em emulsão, como a gordura e substâncias associadas, outros em suspensão, como as caseínas ligadas aos sais de cálcio, e outros em dissolução verdadeira, como a lactose, as proteínas do soro, as vitaminas hidrossolúveis, entre outros (ORDÓÑEZ, 2005).

Dos mais variados componentes do leite, o que se apresenta em maior proporção é a água. O restante é formado principalmente por gordura, proteína e carboidratos, sintetizados pela glândula mamária (TRONCO 2010). Devido a esta heterogeneidade, quando permanece à temperatura ambiente, o leite divide-se progressivamente em três partes: a nata, que são os glóbulos de gordura reunidos na superfície por efeito da gravidade; a coalhada, que é a coagulação da caseína por ação microbiana; e o soro, que se separa da coalhada e contém os componentes solúveis do leite (ALAIS, 1985).

O leite de ovelha difere do leite das outras espécies devido à riqueza em seus componentes constituintes do queijo (ASSENAT, 1991).

2.1.1 Composição química

O leite de ovelha possui maior quantidade de sólidos totais que os leites de vaca e cabra, sendo uma excelente fonte de proteína de boa qualidade. Possui equilíbrio entre as quantidades de carboidrato, gordura e proteína, sendo os dois últimos os principais componentes da matéria seca (RAMOS; JUAREZ, 2011).

2.1.1.1 Proteína

As proteínas são constituintes essenciais e possuem grande importância em leite e produtos lácteos. Segundo Ramos; Juarez (2011), as principais proteínas do leite de ovelha são as mesmas do leite de vaca, sendo compostas por micelas de caseína e proteínas do soro. O mesmo autor afirma que as caseínas precipitam em pH 4,6 à

temperatura ambiente, enquanto que nas mesmas condições as proteínas do soro permanecem solúveis.

No leite de ovelha, a caseína encontra-se na faixa de 76% a 83% do total das proteínas (RAMOS; JUAREZ, 2011), assemelhando-se ao leite de vaca, no qual as caseínas perfazem 80% do total das proteínas (VARNAM; SUTHERLAND, 1994; TRONCO, 2010).

As proteínas do soro do leite ovino correspondem de 17 a 22% do total das proteínas, sendo a maioria composta por β -lactoglobulina e α -lactoalbumina (RAMOS; JUAREZ, 2011).

O leite de ovelha contém pouco nitrogênio não protéico (ASSENAT, 1991), sendo composto por ureia, aminoácidos livres, creatina, ácido úrico, entre outros (RAMOS; JUAREZ, 2011).

No leite ovino o conteúdo proteico varia de acordo com a raça, alcançando valores de 4,5% na raça Churra, 5% e 5,1% nas raças Milchscaf e Assaf, respectivamente, podendo chegar a 6% na raça Manchega (LARROSA; KREMER, 1991). Para a raça Lacaune, Brito et al. (2006) encontraram média de 4,46% de proteína.

2.1.1.2 Gordura

A gordura é o componente do leite que sofre mais variações (BEHMER, 1980; ALAIS, 1985; ASSENAT, 1991; ORDÓÑEZ, 2005). É um dos principais componentes em termos de nutrição e características físicas e sensoriais de produtos lácteos (RAMOS; JUAREZ, 2011), além da sua importância no pagamento pela qualidade do leite (BEHMER, 1980).

Quase toda a gordura do leite é separada em pequenos glóbulos formando, assim, uma emulsão de gordura em água (WALSTRA et al., 2006). No leite de ovelha, os glóbulos estão presentes em tamanhos inferiores a 3,5 μm , sendo a estrutura e composição do glóbulo semelhante à do leite de vaca (RAMOS; JUAREZ, 2011).

A maior parte da gordura do leite é formada por triglicerídeos, totalizando quase 98% (TRONCO, 2010; RAMOS; JUAREZ, 2011), porém lipídios complexos, como fosfolipídeos, e compostos lipossolúveis, incluindo ésteres de colesterol e

hidrocarbonetos, estão presentes na fração lipídica do leite de ovelha (RAMOS; JUAREZ, 2011).

A raça do animal influencia no conteúdo de gordura presente no leite, podendo alcançar valores de 5,7% na raça Assaf, 5,5 a 7% na raça Milchscaf, 8% na raça Lacaune, 6 a 7% na Awassi, 6 a 8% na raça Manchega, chegando a valores de 10% na raça Churra (LARROSA; KREMER, 1991).

2.1.1.3 Lactose

A lactose é o único glicídio livre que existe em quantidades importantes em todos os tipos de leite, sendo o componente menos variável (ALAIS, 1985; ORDÓÑEZ, 2005).

O conteúdo de lactose do leite ovino é semelhante ao leite bovino. Este açúcar é um nutriente importante, pois favorece a absorção intestinal de cálcio, magnésio e fósforo e a utilização de vitamina C (RAMOS; JUAREZ, 2011).

O nível de lactose está relacionado com a produção de leite, visto que a quantidade de leite produzida na glândula mamária depende das possibilidades de síntese de lactose, sendo este um fator limitante de produção (ALAIS, 1985; ORDÓÑEZ, 2005).

Brito et al. (2006) encontraram um valor médio de 4,76% de lactose no leite de ovelhas da raça Lacaune, no estado do Rio Grande do Sul.

2.1.1.4 Minerais e Vitaminas

A alimentação da fêmea durante a lactação influencia no conteúdo de minerais do leite (ALAIS, 1985). O material mineral encontra-se em uma fração pequena em todos os tipos de leite (ALAIS, 1985), sendo fosfatos, citratos, cloretos, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos de sódio, potássio, cálcio e magnésio os principais componentes (VARNAM; SUTHERLAND, 1994; ORDÓÑEZ, 2005).

Os elementos mais abundantes são o cálcio, fósforo, potássio, sódio e magnésio, sendo os dois primeiros mais importantes em termos nutricionais e devido ao seu papel na estrutura das micelas de caseína (RAMOS; JUAREZ, 2011).

Quando comparado ao leite de vaca, o leite de ovelha é mais rico em cálcio e potássio (ALAIS, 1985) e seu conteúdo mineral é superior ao leite humano (RAMOS; JUAREZ, 2011). Há outros elementos em quantidades menores, como zinco, ferro, cobre e manganês (ORDÓÑEZ, 2005; RAMOS; JUAREZ, 2011).

No leite estão presentes todas as vitaminas, contudo as hidrossolúveis são perdidas no processo de elaboração de queijos, devido à dessoragem (ORDÓÑEZ, 2005).

2.1.2 Características físicas

A acidez do leite pode ser medida através da acidez aparente, correspondendo à medida de pH, e através da acidez titulável, em graus Dornic, permitindo avaliar o estado de conservação e possíveis anormalidades do leite (TRONCO, 2010). Segundo Assenat (1991), para leite fresco a variação de pH é muito baixa, sendo que o pH do leite fresco ovino assemelha-se ao pH de leite bovino. Este mesmo autor afirma que o desvio máximo observado em leite de ovelhas da raça Lacaune oscila entre 6,60 e 6,68.

O leite é uma emulsão de óleo em água e a determinação da sua densidade fornece informações sobre a quantidade de gordura contida, ou seja, permite detectar certos tipos de fraude por desnate prévio ou adição de água (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008; TRONCO, 2010). Para o leite de ovelha, a densidade média, a 20°C, é de 1,036 g/mL, sendo que ao longo da lactação este valor sofre variações devido às variações na composição, principalmente no que se refere à gordura do leite (ASSENAT, 1991).

A acidificação do leite provoca a instabilidade das micelas de caseína, devido à dissolução do fosfato coloidal, causando ligações mais fracas em pH próximo a 5,2 (WALSTRA et al., 2006). Os efeitos da acidez e do calor se somam e à medida que o pH diminui, o tratamento térmico necessário para coagular o leite é cada vez menos intenso (ALAIS, 1985; ORDÓÑEZ, 2005).

A adição de certa quantidade de álcool etílico provoca desidratação total ou parcial das micelas de caseína, podendo haver perda de equilíbrio iônico e consequente coagulação do leite. A coagulação pode ocorrer por efeito da acidez elevada ou devido ao desequilíbrio salino (TRONCO, 2010). Além disso, segundo Walstra et al. (2006), o etanol provoca colapso das projeções da κ - caseína, diminuindo a repulsão estérica e

eletrostática entre as moléculas, podendo ocorrer agregação de acordo com a estabilidade. Segundo Raynal-Ljutovac et al. (2007), o leite de pequenos ruminantes possui estabilidade coloidal baixa, devido à sua diferente composição bioquímica. O mesmo autor afirma que o leite de cabra, também um pequeno ruminante, normalmente precipita em etanol 45%, contrastando com o leite de vaca, que apresenta maior estabilidade.

2.1.3 Propriedades reológicas

A textura de um alimento é percebida através da força que os dentes, a língua e a mandíbula exercem durante a mastigação e a deglutição, sendo uma avaliação indireta das suas propriedades reológicas. A viscosidade pode ser medida de forma subjetiva, através da avaliação da consistência de um alimento na boca, ou de forma direta, utilizando-se um viscosímetro (VACLAVICK; CHRISTIAN, 2008).

A reologia é o estudo da deformação e o comportamento de fluxo da matéria. Quando submetidos a forças externas, os sólidos irão deformar-se e os líquidos irão fluir (GUNASEKARAN; AK, 2003). A viscosidade é uma medida de resistência ao fluxo de um líquido, quando sujeito a uma força de cisalhamento. Quanto mais espesso for o líquido, maior será a sua viscosidade ou sua resistência ao fluxo (VACLAVICK; CHRISTIAN, 2008).

Os fluidos podem ser classificados como newtonianos ou não-newtonianos. Fluidos newtonianos são definidos como aqueles em que a viscosidade não depende da tensão de cisalhamento (“*shear stress*”) ou do gradiente de velocidade (“*shear rate*”) (WALSTRA et al., 2006). Ou seja, a viscosidade será a mesma independente da velocidade em que o viscosímetro for operado. O reograma resultante é representado por uma linha reta, pois a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação é linear (VACLAVICK; CHRISTIAN, 2008). Do contrário, em fluidos não-newtonianos estes fatores não apresentam relação linear e a viscosidade varia de acordo com a tensão de cisalhamento. Os valores de viscosidade são considerados como viscosidade aparente, podendo aumentar ou diminuir de acordo com as características de cada fluido (FERREIRA et al., 2005).

Os fluidos não-newtonianos podem ser classificados de acordo com seu comportamento em pseudoplástico, dilatante e plástico. O comportamento

pseudoplástico caracteriza-se pela diminuição dos valores de viscosidade de acordo com o aumento da taxa de deformação. Quando o contrário ocorre, ou seja, a viscosidade aumenta com o aumento da taxa de cisalhamento, o fluido é classificado como dilatante. Os fluidos plásticos apresentam como principal característica a necessidade de uma força prévia para iniciar o fluxo, conhecida como tensão de escoamento ou “*yield stress*”. Geralmente, após atingir uma tensão limite, os sistemas plásticos passam a assumir comportamento linear ou de fluido newtoniano (FERREIRA et al., 2005).

O leite pode apresentar comportamento de fluido newtoniano ou não-newtoniano, dependendo da composição, temperatura, tratamento prévio e condições de medição (MCCARTHY, 2011). O leite cru exibe propriedades não-newtonianas quando mantido sob condições que favorecem a aglutinação dos glóbulos de gordura pelo frio (FOX; MCSWEENEY, 1998). Todavia, pode ser considerado newtoniano quando o teor de matéria gorda apresentar-se inferior a 40% e a temperatura for superior a 40°C, na qual não ocorre aglutinação dos glóbulos (MCCARTHY, 2011).

A lactose e as proteínas do soro não influenciam de forma significativa a viscosidade do leite. Contudo, a viscosidade e o comportamento reológico do leite e produtos lácteos dependem, em grande parte, do estado e da concentração da caseína e da gordura do leite (MCCARTHY, 2011).

A viscosidade, tanto de fluidos newtonianos como não-newtonianos, é afetada pela temperatura. Em temperaturas mais elevadas os líquidos apresentam maior fluidez, diminuindo, assim, a viscosidade, enquanto que temperaturas mais baixas causam aumento da viscosidade (VACLAVICK; CHRISTIAN, 2008). O resfriamento gera aumento da viscosidade devido à dissociação de algumas caseínas da estrutura micelar. Além disso, a caseína dissociada apresenta maior volume (MCCARTHY, 2011).

2.2 Fatores que afetam a composição do leite

A quantidade e a composição de leite produzido pela fêmea possuem importantes variações devido a inúmeros fatores, tais como fatores fisiológicos, alimentares, climáticos, genéticos e zootécnicos diversos (ALAIS, 1985).

O volume de produção e a composição do leite não são facilmente impactados pela genética. Por outro lado, fatores ambientais, como nutrição e manejo alimentar,

possuem marcante influência na quantidade e composição do leite produzido (WALDNER et al., 2009).

2.2.1 Raça

Através da seleção de caracteres produtivos, cruzamentos e regimes nutricionais adequados, o homem conseguiu formar raças ovinas especializadas na produção de leite, com período de lactação prolongado e predisposição à ordenha. As características fenotípicas de uma raça leiteira, em geral, incluem tamanho mediano, com cabeça, pescoço, corpo e membros compridos, muitas vezes sem lã na cabeça, patas e partes inferiores do corpo, sendo a fêmea boa produtora de cordeiro (LARROSA; KREMER, 1991).

Segundo Corrêa et al. (2006), a raça Corriedale apresenta potencial para a produção leiteira, sendo que o cruzamento desta com a raça Milchschaaf apresenta um incremento na produção, em relação à raça pura. Souza et al. (2005) obtiveram valor máximo de produção diária para esta raça de 0,960 Kg de leite, sendo o percentual médio de gordura de 3,5%.

Sá et al. (2005) encontraram valores de produção diária para a raça Bergamácia de 0,505 a 0,613 Kg de leite, de acordo com a duração do fotoperíodo. Segundo os mesmos autores, os animais desta raça encontrados no Brasil, apesar de apresentarem aptidão leiteira, não foram selecionados para a produção de leite, tampouco as ovelhas estão acostumadas com a ordenha mecânica.

Em estudo realizado por Brito et al. (2006), ovelhas da raça Lacaune apresentaram produção diária média de leite de 1,3 L, com teores médios de proteína, gordura e lactose de 4,46%, 5,79% e 4,76%, respectivamente.

Segundo Kremer et al. (1996), as formas de elevar a produção de leite dentro de um rebanho são o cruzamento com raças de alta produção leiteira ou a implementação de um programa de seleção dentro da própria raça.

2.2.2 Estágio de lactação

A produção diária de leite e de seus principais componentes não ocorre da mesma maneira durante toda a lactação. Os teores de caseína e gordura aumentam no

início da lactação, porém devido à diminuição da atividade da glândula mamária ao final da lactação, ocorre diminuição na síntese dos componentes neste período. A curva de produção de lactose é similar à curva de produção de leite (ALAIS, 1985; MAHIEU, 1991).

Em estudo realizado por Sevi et al. (2004), houve aumento do teor de proteína total do leite de ovelhas do início para a metade da lactação, com posterior diminuição no final do período. Entretanto, a lactose diminuiu progressivamente com o avanço da lactação, por ser um componente influenciado pela pressão osmótica da glândula mamária.

A influência do estágio de lactação na composição do leite de ovelhas da raça Lacaune foi estudada por Brito et al. (2006), onde os teores de proteína, gordura e sólidos totais apresentaram aumento gradativo no decorrer da lactação. A lactose apresentou maiores porcentagens aos 30 dias de lactação, sendo possivelmente devido à maior produção de leite neste período. No final da lactação houve aumento dos valores de gordura e extrato seco total (EST), diferindo significativamente dos demais períodos.

No final da lactação, observa-se aumento na quantidade de proteínas solúveis, implicando em perda da estabilidade do leite frente a tratamentos térmicos, dificuldade de coagulação pela ação do coalho e, devido à diminuição da quantidade de caseína, redução no rendimento na fabricação de queijos (MAHIEU, 1991).

2.2.3 Mastite

Em rebanhos leiteiros, a mastite reduz consideravelmente a produção de leite (RIBEIRO, 2011), além de causar grandes alterações na sua composição (FOX, 2011).

Quanto mais grave a doença, mais a composição do leite se assemelhará à composição do sangue, devido à destruição das células secretoras da glândula mamária. Ocorre diminuição dos componentes produzidos pelas células e aumento das moléculas filtradas. O teor de gordura diminui, assim como a proporção das caseínas. Por outro lado, ocorre aumento das proteínas solúveis, principalmente imunoglobulinas e albumina sérica (MAHIEU, 1991).

Santos et al. (2007) observaram redução drástica na produção de leite em ovelhas com mastite induzida experimentalmente com *Staphylococcus aureus*. Além

disso, ocorreu aumento significativo no pH do leite, redução de 35% no teor de gordura e aumento no teor de cloretos e na contagem de células somáticas (CCS).

2.2.4 Época do ano

A influência da estação do ano deve-se aos efeitos combinados da alimentação, dos fatores climáticos e do estágio de lactação dos animais (MAHIEU, 1991).

Barron et al. (2001), ao estudarem os efeitos da época do ano sobre as características físico-químicas do leite de ovelhas da raça Latxa, na Espanha, constataram que a composição diferiu significativamente nos meses de fevereiro, abril e junho, correspondendo às estações do inverno, primavera e verão. Neste estudo, o teor de gordura total do leite aumentou de forma significativa entre o final da primavera e início do verão, comparado com o inverno e, segundo os autores, as diferenças sazonais encontradas ocorreram devido a mudanças nutricionais dos animais.

Segundo Mahieu (1991), a produção de leite é máxima na primavera e mínima no verão. Corroborando esta informação, Gonzalez et al. (2004) observaram maiores produções de leite em vacas leiteiras no mês de setembro e menores no mês de março, devido à queda na qualidade da forragem. Neste mesmo estudo, a gordura e o extrato seco total (EST) não variaram de forma significativa entre os meses do ano, contudo o teor de caseína foi superior nos meses de outubro, novembro, março e abril, correspondendo ao período de queda acentuada na produção de leite, resultando em aumento de concentração deste componente.

A temperatura ambiente é, provavelmente, uma das causas das variações estacionais. Quando a temperatura é muito elevada ocorre diminuição da ingestão dos animais, devido à perda de apetite, diminuindo a produção de leite (ALAIS, 1985; MAHIEU, 1991). O frio e o calor intensos provocam aumento da concentração de matéria gorda do leite, devido à diminuição do volume de leite produzido (MAHIEU, 1991).

2.2.5 Ordenha

Os termos frequência e intervalo de ordenha estão intimamente relacionados, porém não podem ser utilizados como sinônimos. O primeiro refere-se ao número de

ordenhas em um período de 24 horas, sendo que com o aumento da frequência, há diminuição do intervalo entre ordenhas e vice-versa. Para evitar prejuízos para a produção e qualidade do leite, o intervalo de ordenha deve ser inferior a 18 horas (STELWAGEN, 2001).

O conteúdo de matéria gorda do leite eleva-se ao longo da ordenha (ALAIS, 1985), pois no término do processo há maior concentração deste componente.

Segundo Quist et al. (2008), o período de realização da ordenha contribui de forma considerável para a variação do conteúdo de gordura. Em estudo realizado com vacas de leite ordenhadas duas vezes ao dia, o leite coletado na primeira ordenha possuiu menores percentuais de gordura, devido ao efeito de diluição causado pelo maior volume de leite produzido neste período, provocado por diferenças nos intervalos entre as ordenhas (REIS et al., 2007). Em pesquisa realizada no Canadá, em vacas ordenhadas três vezes ao dia, tanto a gordura, como a proteína apresentaram pico de produção na ordenha noturna (QUIST et al., 2008).

Salama et al. (2003), ao estudarem os efeitos de uma e duas ordenhas por dia em cabras, relataram que o leite proveniente de uma ordenha diária apresenta um aumento de 6% no teor de sólidos totais e 10% no teor de gordura, como consequência da concentração destes componentes, devido à diminuição do volume de leite produzido.

2.2.6 Resfriamento e congelamento

Durante o resfriamento do leite ocorrem mudanças na solubilidade e na associação dos sais presentes, causando diminuição do fosfato de cálcio micelar, com a consequente desintegração das micelas de caseína. Parte da caseína, especialmente a β -caseína entra em solução, pois as ligações entre estas se tornam mais fracas a baixas temperaturas. Além disso, as micelas de caseína atingem maior volume, podendo este fato ser atribuído à formação de outra categoria de capa pilosa (zonas C-terminais da κ -caseína). Desta forma, ocorre aumento da viscosidade do leite e a estrutura torna-se mais susceptível à atividade da enzima plasmina (WALSTRA et al., 2006). A perda de estabilidade das micelas também está associada à acidez do leite que, da mesma forma, provoca dissolução do fosfato de cálcio micelar (ORDÓÑEZ, 2005).

A alteração ocorrida nas micelas de caseína não são imediatas, ocorrendo cerca de 24 horas após o resfriamento a 4°C. O aquecimento posterior restabelece a estrutura,

porém não se sabe se as micelas voltam a ser idênticas à original (WALSTRA et al., 2006).

A contaminação bacteriana e a consequente seleção de microrganismos durante a estocagem pelo frio também afetam as características do leite. Bactérias psicrotróficas multiplicam-se no leite refrigerado, produzindo lipases e proteases (DEETH, 2006). A hidrólise da K-caseína desestabiliza as micelas, causando a coagulação (NÖRBERG et al., 2009). Existe uma correlação positiva entre a contagem destas bactérias e o aumento da viscosidade do leite, associada à atividade destas enzimas (PINTO et al., 2006). A atividade lipolítica está relacionada com a produção de ácidos graxos livres, o que causa diminuição do pH, afetando, consequentemente, a estrutura micelar (WALSTRA et al., 2006).

Durante o resfriamento do leite a enzima superóxido dismutase, que protege a matéria gorda da oxidação, tem sua atividade reduzida, provocando aumento da autooxidação de lipídios. A membrana do glóbulo de gordura perde alguns de seus componentes e tem sua estrutura alterada de forma irreversível (WALSTRA et al., 2006).

O congelamento provoca perda da estabilidade das micelas de caseína, devido ao aumento da concentração de cálcio, pois à medida que o leite se congela, os solutos se concentram na parte líquida (ORDÓÑEZ, 2005). Todavia, a velocidade do congelamento afeta de modo significativo a qualidade da matéria-prima. O congelamento lento provoca perda da estabilidade das proteínas, com a consequente floculação e decantação. Do contrário, o congelamento rápido não afeta a estabilidade (BERGER, 2001).

2.3 Rendimento do leite de ovelha para a fabricação de queijos

A composição química do leite de ovelha está associada com a aptidão para a coagulação e produção de derivados, influenciando sobre a qualidade dos produtos lácteos obtidos (SCHOLZ, 1995; MARTINI et al., 2008). Trata-se de um leite rico em sólidos totais, o que explica o elevado rendimento na produção de queijos, o menor tempo de coagulação e a formação de um coágulo mais firme (JANDAL, 1996).

O rendimento na fabricação de derivados lácteos trata-se de um parâmetro muito importante a ser analisado, pois quanto mais elevado, maior é o ganho em termos

econômicos (PAOLO et al., 2008). Os principais componentes do leite recuperados no processo de fabricação de queijos são a gordura e a caseína, sendo determinantes no rendimento de produção. Devido a isto, diferenças no rendimento de queijos estão associadas, principalmente, a diferenças na composição do leite (JAEGGI et al., 2004). Além destes fatores, o tamanho do glóbulo de gordura do leite de ovelha pode afetar de forma significativa o rendimento na fabricação de queijos, ocorrendo redução à medida que aumenta a porcentagem de glóbulos com diâmetro superior a 5 μm (MARTINI et al., 2008).

O congelamento do leite também pode afetar o rendimento queijeiro. Segundo Jaeggi et al. (2004), os principais fatores responsáveis por diferenças no rendimento são as características físicas e químicas do leite. Sendo assim, a redução no teor de gordura que o leite congelado apresenta (ZHANG et al., 2006) implica em redução no rendimento do queijo produzido com o leite submetido a este tratamento.

Segundo Zhang et al. (2006), há redução significativa quando o congelamento do leite ocorre por um período de seis meses. Contudo, os mesmos autores afirmam que se o período é inferior a dois meses o rendimento não é afetado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

No período de janeiro a dezembro de 2011 foram realizadas coletas mensais de leite em quatro propriedades produtoras de leite de ovelha, situadas na região Serrana do Rio Grande do Sul. O critério de seleção destas propriedades foi baseado no fato de que no Estado somente há duas fábricas de laticínios que industrializam leite de ovelha, sendo esta a selecionada devido à facilidade de acesso e coleta de amostras, bem como pelo fato de possuir mais de um produtor de leite. Uma das propriedades era pertencente ao próprio laticínio.

3.1 Coletas de leite

Mensalmente, eram coletadas amostras de leite de mistura de cada propriedade, diretamente do local de armazenamento e resfriamento do leite, sendo tanque de expansão em uma das propriedades e tanque de imersão nas três restantes. Para a coleta de amostra, o leite era previamente homogeneizado e acondicionado em frascos plásticos identificados. Obtinha-se um volume de 900 mL que era armazenado e transportado em caixas isotérmicas contendo gelo reciclável para o Laboratório de Inspeção e Tecnologia de Leite e Derivados, Ovos e Mel, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

No laboratório, cada amostra das quatro propriedades era dividida em três alíquotas de 300 mL: a primeira era analisada no mesmo dia da coleta (denominada leite fresco - F) e as restantes armazenadas em frascos com tampa por até sete dias, uma em refrigeração (5°C, denominada leite resfriado - R) e outra em congelamento doméstico (- 18°C, denominada leite congelado - C). As amostras de leite congelado sofriam descongelamento lento por 24 horas, em refrigeração, do sexto para o sétimo dia, sendo analisadas juntamente com as amostras de leite resfriado.

Nos meses de fevereiro e março, uma das propriedades não produziu para industrialização, em função da colheita de uva.

3.2 Análise físico-química do leite

Das amostras de cada um dos diferentes tratamentos (F, R e C) foram subtraídas alíquotas de, em média, 40 mL e acondicionadas em frascos contendo Bronopol[®]. Estas

foram encaminhadas em caixas isotérmicas contendo gelo reciclável ao Laboratório de Qualidade do Leite, da Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS, Brasil), para determinação da composição química do leite (radiação infravermelha). No total foram analisadas 138 amostras.

No laboratório, as amostras de leite de cada propriedade foram submetidas às análises de determinação da densidade por termolactodensímetro, corrigida a 20°C, pH, acidez titulável pelo método Dornic, estabilidade ao etanol (BRASIL, 2006) e estabilidade térmica (TRONCO, 2010). O resultado da prova de estabilidade ao álcool foi definido como sendo a graduação mais alta em que não houve precipitação do leite, na forma de grumos.

Após a realização das análises físicas, o leite das quatro propriedades foi misturado segundo os tratamentos térmicos sofridos (fresco, resfriado e congelado), em proporções iguais. Desta amostra de leite de mistura, também, foram retiradas alíquotas para determinação da composição química, totalizando 30 amostras analisadas.

3.3 Produção de coalhada, rendimento e caracterização do soro de leite obtido

A coalhada foi produzida com o leite de mistura, segundo os tratamentos, mantendo-se o leite fresco a 37°C e adicionando-se ao mesmo 0,02 gramas de cloreto de cálcio por litro de leite (BEHMER, 1980) e 0,8 mL de coalho (Chr. Hansen®) por litro de leite.

Esperava-se coagular por 30 minutos, quando era procedido o corte da coalhada em pequenos grumos. A coalhada foi colhida e enformada em formas redondas de 10,5 cm de altura e 11 cm de diâmetro. O volume de soro foi medido e realizou-se análise de determinação da densidade por termolactodensímetro, corrigida a 20°C, pH e acidez titulável pelo método Dornic (BRASIL, 2006).

As coalhadas foram colocadas sem peso sob refrigeração (5°C) durante 24 ± 4 horas, quando foi medido o peso da coalhada e o volume de soro residual. Para expressar o volume total de soro eliminado no processo, dividiu-se o mesmo pelo volume total de leite utilizado na produção da coalhada. O rendimento foi calculado dividindo-se o volume de leite empregado no processo (litros) pela massa da coalhada obtida (quilogramas) (SILVEIRA; ABREU, 2003).

3.4 Análise de viscosidade e distribuição do tamanho de partículas do leite

A viscosidade foi determinada utilizando-se viscosímetro rotacional (Brookfield DV-II + Pro Viscometer, modo LVF, spindle CS4-25). Os parâmetros reológicos foram obtidos em duplicata, com as amostras mantidas a 25° C. A descrição do comportamento reológico foi feita através da relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento (reograma), além da aplicação do modelo da Lei da Potência, utilizando o índice de escoamento (η), determinado através do coeficiente angular da equação da reta. Fluidos newtonianos apresentam valor de η igual a 1 e fluidos não newtonianos apresentam valor de η diferente de 1 (MCCARTHY, 2011). Foram utilizadas rotações de 60 a 90 rpm, com acréscimos de 10 rpm. Para a comparação dos valores de viscosidade, a velocidade foi fixada em 60 rpm.

Estas análises foram realizadas nos meses de abril a junho e setembro a dezembro de 2011.

A distribuição do tamanho de partículas do leite foi realizada através da técnica de difração de laser (equipamento Mastersizer 2000®). O índice de refração utilizado foi 1,349, específico para o leite de ovelha (RAMOS; JUAREZ, 2011). Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os parâmetros utilizados foram o diâmetro médio das partículas, considerando a distribuição por volume ($D_{4,3}$) e a uniformidade da distribuição (Span), calculada através da equação 1, onde $d_{0,9}$, $d_{0,1}$ e $d_{0,5}$ são os diâmetros de partículas determinados a 90%, 10% e 50% da distribuição acumulativa, respectivamente. Também foi avaliada a área de superfície específica, considerando área total das partículas dividida pelo peso total.

$$\text{(equação 1) } \text{Span} = \frac{d_{0,9} - d_{0,1}}{d_{0,5}}$$

Estas análises foram realizadas nos meses de maio e junho e setembro a novembro de 2011.

As determinações dos parâmetros de viscosidade e tamanho de partícula foram realizadas na Faculdade de Farmácia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

3.5 Análises estatísticas

3.5.1 Caracterização físico-química do leite

Para cada um dos tratamentos ao qual o leite foi submetido e os meses de avaliação foi realizada estatística descritiva. Para detectar a associação entre a prova de estabilidade ao álcool, a acidez e o pH do leite foi avaliada a correlação entre estas variáveis. A análise de correlação também foi realizada entre a densidade e a gordura do leite. Os dados foram analisados através de ANOVA multivariada (MANOVA) para avaliar o efeito dos tratamentos aplicados, dos meses de estudo e da interação entre estes fatores sobre os resultados obtidos. Para diferenças significativas ($P < 0,05$), o teste de Tukey foi aplicado para identificar grupos com médias homogêneas. Somente para a prova de estabilidade térmica, que é uma variável categórica para a formação de grumos (positivo e negativo), foi utilizado o teste não – paramétrico Kruskal – Wallis. Utilizou-se o software SPSS 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL).

3.5.2 Rendimento da coalhada e caracterização física do soro

Para cada tratamento (leite fresco, resfriado e congelado) foi realizada estatística descritiva. Os valores de rendimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as comparações entre os tratamentos foram realizadas utilizando-se o teste de Tukey ($P < 0,05$).

Utilizou-se o software SPSS 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL).

3.5.3 Determinação da viscosidade e distribuição do tamanho das partículas do leite

Foi realizada análise de variância (ANOVA) para determinação do comportamento reológico das amostras, avaliando-se o efeito dos tratamentos aplicados.

Os valores de viscosidade, a uma velocidade fixa de 60 rpm, de diâmetro médio das partículas ($D_{4,3}$), de uniformidade da distribuição (Span) e de área de superfície específica foram avaliados através de ANOVA, para determinar se os tratamentos aplicados (leite fresco, resfriado e congelado) exerceram algum efeito sobre estas variáveis. Utilizou-se o teste de Tukey para verificar diferenças entre os tratamentos.

Foi realizada análise de correlação entre a viscosidade e os percentuais de gordura e proteína das amostras de leite.

Para avaliar o efeito dos conteúdos de gordura e proteína do leite e do diâmetro médio das partículas sobre a viscosidade das amostras foi realizada análise de regressão múltipla para cada tratamento aplicado.

Utilizou-se o software SPSS 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL).

4 ARTIGO 1

Caracterização físico-química do leite fresco, resfriado e congelado de ovelhas da raça Lacaune

Caracterização físico-química do leite fresco, resfriado e congelado de ovelhas da raça Lacaune

L.W. Fava^a, I. C. Kulkamp-Guerreiro^b, A.T. Pinto^a

^a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Medicina Veterinária, Departamento de Medicina Preventiva. Av. Bento Gonçalves, 9090, CEP: 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. Fone: 55 51 3308.9999 Correspondência: L. W. Fava [fava.vet@gmail.com]

^b Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Farmácia, Departamento de Produção de Matéria-prima. Avenida Ipiranga, 2752 - Bairro Santana CEP 90610-000. Porto Alegre, RS, Brasil.

RESUMO

O leite ovino, mesmo no caso de raças especializadas, apresenta sazonalidade de produção e baixa produtividade por fêmea. Em função disso, o objetivo do presente estudo foi verificar a possibilidade de conservação do leite fresco, por um período de sete dias, sob refrigeração e congelamento, verificando a influência dos tratamentos aplicados e dos meses do ano sobre as características físico-químicas do produto. A composição química, incluindo gordura, proteína, lactose e sólidos totais, não sofreu alterações com o resfriamento e congelamento do leite, contudo os teores de proteína e lactose variaram durante os meses do ano. O percentual médio de gordura, proteína, lactose e sólidos totais foi de $8,10 \pm 1,30$, $5,22 \pm 0,37$, $4,43 \pm 0,23$ e $19,34 \pm 1,54$, respectivamente. A densidade, o pH, a acidez titulável e as provas de estabilidade ao álcool e ao calor sofreram influência significativa dos tratamentos aplicados ($P < 0,05$), não havendo diferenças entre o leite fresco e o leite congelado. O resfriamento prolongado causou aumento da acidez e diminuição do pH, com a consequente diminuição da estabilidade do leite. Os resultados do presente estudo demonstram que o congelamento não afeta a composição química e as características físicas do leite *in natura*, podendo ser uma solução para o produtor e para a indústria de leite ovino.

Palavras-chave: leite ovino, características físico-químicas, congelamento, estocagem, sazonalidade.

1. Introdução

A produção mundial de leite de ovelha no ano de 2010 foi de mais de dez milhões de toneladas, sendo a China o maior produtor (FAOSTAT, 2010). No mesmo ano, este país também possuía o maior rebanho de ovinos do mundo, contudo o tamanho do rebanho nos países não reflete a quantidade de leite produzido, pois as ovelhas são, frequentemente, utilizadas para outros fins (Ramos e Juarez, 2011). Corroborando esta informação, no ranking mundial de produção de leite de ovelha a Grécia é o segundo maior produtor, porém o tamanho do seu rebanho ovino ocupa o 34º lugar (FAOSTAT, 2010).

O leite de ovelha difere do das demais espécies principalmente devido à sua riqueza em sólidos (ASSENAT, 1991), todavia, raramente é utilizado para consumo como leite fluido, sendo direcionado, especialmente, para a produção de queijos e iogurtes (RAMOS; JUAREZ, 2011).

A seleção da raça Lacaune tem sido direcionada para produção de carne e leite (BARRILET et al., 2001), o que permite maiores volumes de produção. No entanto, a sazonalidade de produção do leite ovino e a baixa produtividade por animal dificultam uma distribuição uniforme de leite durante o ano. Um recurso usualmente utilizado para acumular volume suficiente para o processamento é o congelamento do leite cru por várias semanas ou meses (WENDORFF, 2001).

O resfriamento do leite visa a aumentar sua vida útil, devido à diminuição da taxa de crescimento da maioria dos microrganismos, além do retardamento de reações químicas e enzimáticas, que prejudicam a qualidade do produto. Porém, a estocagem por período prolongado pode acarretar alterações indesejáveis, como a diminuição de fosfato de cálcio micelar, alteração da estrutura do glóbulo de gordura (WALSTRA et al., 2006), além da seleção de microrganismos psicrotóxicos, capazes de sintetizar proteases (MIRANDA; GRIPON, 1986).

Para a maioria dos produtores de ovinos leiteiros, o congelamento do leite é um procedimento muitas vezes necessário, porém o método utilizado afeta de forma significativa a qualidade da matéria-prima e do produto final. É recomendado que o leite seja previamente resfriado entre 4 e 6°C e que o congelamento seja realizado rapidamente, a temperaturas em torno de -25°C. O congelamento lento, a temperaturas próximas de -12°C, provoca a degradação das proteínas após dois a três meses de

armazenamento, e esta degradação acarreta problemas na formação da coalhada, durante a fabricação de queijos (BERGER, 2001).

Pesquisas anteriores foram realizadas para avaliar o efeito do congelamento do leite de ovelha sobre suas características físico-químicas (WENDORFF, 2001; WENDORFF; RAUSCHENBERGER, 2001; ZHANG et al., 2005), contudo o leite de ovelhas da raça Lacaune não tem sido estudado com este objetivo. Considerando este fato e a importância da conservação do leite de ovelha fresco por períodos mais prolongados, até obtenção de volume suficiente para o processamento, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de baixas temperaturas, durante sete dias, sobre a qualidade do leite, levando em consideração a influência dos meses do ano.

2. Materiais e métodos

Foram realizadas coletas mensais de leite, no período de janeiro a dezembro de 2011, em quatro propriedades produtoras de leite de ovelha, localizadas no município de Bento Gonçalves, região Serrana do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, cuja altitude média é de 600 m acima do nível do mar, com localização geográfica 29° 08' 47" de latitude sul e 51° 31' 17" de longitude oeste. A temperatura anual média é de 16,5°C e a precipitação é de 1823 mm ano⁻¹ (BRITO et al., 2006). O clima temperado da região caracteriza-se pela homogeneidade pluviométrica, com alterações térmicas, possuindo semelhanças com a Europa relacionadas ao clima e ao relevo (VIEIRA et al., 2007).

O critério de seleção destas propriedades foi baseado no fato de que no estado somente há duas fábricas de laticínios que industrializam leite de ovelha, sendo uma selecionada devido à facilidade de acesso e permissão para a coleta de amostras.

2.1 Caracterização das Propriedades e dos Rebanhos

O fornecimento de leite para a indústria era realizado por quatro propriedades com criação de ovinos leiteiros, sendo uma pertencente ao próprio laticínio. O tamanho médio das propriedades era de 20 hectares. A produção de leite era a principal fonte de renda dos produtores, sendo que em três propriedades havia, também, o cultivo de uvas como fonte extra de renda. Apenas uma das propriedades utilizava tanque de expansão para resfriamento do leite e o restante, tanques de imersão. A produtividade média

diária dos animais era de 1,5 L de leite por fêmea, sendo os animais ordenhados duas vezes ao dia.

Em apenas uma das propriedades o descarte dos primeiros jatos de leite, antes da ordenha, não era realizado. A aplicação de *post-dipping* era realizado em três propriedades, possuindo o iodo como princípio ativo comum a todos. Somente em uma das propriedades havia ordem de entrada dos animais na sala de ordenha, sendo as fêmeas mais velhas ordenhadas primeiramente. Em todas as propriedades era fornecido alimento às ovelhas após a ordenha, para mantê-las em estação até o fechamento do esfíncter do teto. A ordenha era mecanizada nas quatro propriedades.

2.2 *Coletas de Leite*

Mensalmente, foram coletadas amostras de leite de mistura de cada propriedade, diretamente do local de armazenamento e resfriamento do leite (tanque de expansão em uma propriedade e tanque de imersão em três). Para a coleta de amostras, o leite foi previamente homogeneizado e acondicionado em frascos plásticos identificados. Obteve-se um volume de 900 mL, que foi armazenado e transportado em caixas isotérmicas contendo gelo para o Laboratório de Inspeção e Tecnologia de Leite e Derivados, Ovos e Mel (LEITECIA), da Faculdade de Veterinária, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Nos meses de fevereiro e março uma das propriedades não produziu para industrialização, em função da colheita de uva. No total foram analisadas 138 amostras.

2.3 *Análises de Leite*

No laboratório, cada amostra das quatro propriedades foi dividida em três alíquotas de 300 mL: a primeira foi analisada no mesmo dia (denominada leite fresco - F) e as restantes armazenadas até sete dias, uma em refrigeração (5°C, denominada leite resfriado - R) e outra em congelamento doméstico (- 18°C, denominada leite congelado - C). As amostras de leite congelado sofriam descongelamento lento por 24 horas, em refrigeração, do sexto para o sétimo dia.

Das amostras de cada um dos diferentes tratamentos (F, R e C), foram subtraídas alíquotas de, em média, 40 mL e acondicionadas em frascos contendo Bronopol[®], sendo

encaminhadas, sob refrigeração, ao Laboratório de Qualidade do Leite, da Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS, Brasil), para determinação da composição química do leite (radiação infravermelha).

No LEITECIA, as amostras foram submetidas às análises de determinação da densidade a 20°C por termolactodensímetro, pH, acidez titulável pelo método Dornic, estabilidade ao etanol (BRASIL, 2006) e estabilidade térmica (TRONCO, 2010). O resultado da prova de estabilidade ao álcool foi definido como sendo a graduação mais alta em que não houve precipitação do leite, na forma de grumos.

2.4 *Análise Estatística*

Para cada um dos tratamentos ao qual o leite foi submetido e os meses de avaliação foi realizada estatística descritiva. Foi estimado o coeficiente de correlação de Pearson para avaliar a relação entre a densidade e o conteúdo de gordura do leite, além da relação da acidez titulável com pH e prova de estabilidade ao etanol, considerando o nível de significância de 5%. Foi considerada correlação positiva forte valores entre 0,7 a 1, moderada de 0,3 a 0,7 e fraca 0 a 0,3; e correlação negativa forte valores entre -0,7 a -1, moderada -0,3 a -0,7 e fraca 0 a -0,3 (BARBETTA, 2007). Somente para a prova de estabilidade térmica, que é uma variável categórica para a formação de grumos (positivo e negativo), foi utilizado o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis. O restante dos dados foi analisado através de ANOVA multivariada (MANOVA), para avaliar o efeito dos tratamentos aplicados, dos meses de estudo e da interação entre estes sobre os resultados obtidos. Para diferenças significativas ($P < 0,05$), o teste de Tukey foi aplicado para identificar grupos com médias homogêneas.

Utilizou-se o software SPSS 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL).

3. **Resultados e discussão**

Os teores médios mensais de gordura, proteína, lactose e extrato seco total (EST) estão apresentados na **Tabela 1**. A composição do leite não apresentou variação significativa quando comparados os diferentes tratamentos ($P > 0,05$). Os teores de proteína e lactose variaram significativamente nos meses estudados ($P < 0,05$). A

interação entre os tratamentos aplicados e os meses de estudo não influenciou de forma significativa a composição do leite.

Tabela 1

Valores médios mensais e desvios-padrão dos teores de gordura, proteína, lactose e sólidos totais do leite fresco de ovelhas da raça Lacaune de quatro propriedades da região Serrana do Rio Grande do Sul/Brasil, no período de janeiro a dezembro de 2011.

Mês	Gordura (%)	Proteína (%)	Lactose (%)	EST (%)
Jan	8,33 ± 0,68	5,34 ± 0,19 ^{ab}	4,36 ± 0,10 ^{ab}	19,57 ± 0,79
Fev	9,05 ± 1,39	5,60 ± 0,26 ^{bc}	4,20 ± 0,23 ^a	20,57 ± 1,54
Mar	8,99 ± 1,28	5,70 ± 0,38 ^c	4,02 ± 0,43 ^a	20,40 ± 1,37
Abr	7,96 ± 0,89	5,19 ± 0,50 ^{ab}	4,52 ± 0,20 ^{bc}	19,36 ± 1,45
Mai	8,77 ± 2,10	5,18 ± 0,56 ^{ab}	4,41 ± 0,42 ^{abc}	20,07 ± 2,44
Jun	8,12 ± 0,37	5,28 ± 0,16 ^{ab}	4,53 ± 0,11 ^{bc}	19,58 ± 0,49
Jul	7,61 ± 2,59	5,24 ± 0,38 ^{ab}	4,61 ± 0,18 ^c	19,11 ± 2,96
Ago	8,48 ± 1,07	5,10 ± 0,15 ^{ab}	4,60 ± 0,06 ^{bc}	19,60 ± 1,21
Set	8,16 ± 0,61	5,18 ± 0,18 ^{ab}	4,55 ± 0,02 ^{bc}	19,58 ± 0,65
Out	7,71 ± 0,95	5,08 ± 0,19 ^{ab}	4,48 ± 0,18 ^{abc}	18,96 ± 1,05
Nov	8,07 ± 0,76	5,06 ± 0,24 ^a	4,47 ± 0,19 ^{abc}	19,07 ± 0,91
Dez	7,96 ± 1,20	5,06 ± 0,16 ^{ab}	4,42 ± 0,22 ^{abc}	18,91 ± 0,92

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ($\alpha = 0,05$).

A gordura é o componente do leite que mais sofre variações (BEHMER, 1980; ALAIS, 1985; ASSENAT, 1991; ORDÓÑEZ, 2005), porém no presente estudo não apresentou variação sazonal significativa, nem influência dos tratamentos aplicados. A porcentagem média de gordura encontrada, nos três tratamentos, foi de $8,10 \pm 1,30$, superior aos valores encontrados por Brito et al. (2006), em ovelhas da mesma raça, na mesma região. Em estudo comparativo com ovelhas 1/2 Lacaune e 1/2 East Friesian, fêmeas com cruzada Lacaune produziram maior porcentagem de gordura no leite, contudo os valores encontrados foram inferiores ao do presente estudo (THOMAS et al., 2001).

Apesar de a lactose ser o componente menos variável do leite (ALAIS, 1985; ORDÓÑEZ, 2005), os teores deste e da proteína do leite sofreram variação sazonal, observando-se um aumento significativo da lactose do mês de março ao mês de abril

(outono) e uma queda do conteúdo de proteína neste mesmo período. A variação inversa destes componentes pode ser explicada pela função osmótica da lactose na produção de leite, associada ao efeito de diluição do restante dos elementos que fazem parte da composição (STELWAGEN, 2011).

O conteúdo de extrato seco total não variou de forma significativa com os tratamentos aplicados e com os meses de estudo ($P > 0,05$), apresentando média de $19,34 \% \pm 1,54$. Conteúdo semelhante foi encontrado por Casanova et al. (1999), que observaram percentual médio diário de $19,6 \pm 0,09$ no teor de sólidos totais em ovelhas da raça Manchega, na Espanha. Na Nigéria, estudos realizados com ovelhas da raça Yankasa apresentaram variações no conteúdo de EST, pois Adewumi e Olorunnisomo (2009) encontraram valor médio de 19,9% e valores inferiores foram encontrados por Malau-Aduli e Anlade (2002), com média de $15,19\% \pm 0,69$ de sólidos totais.

Os valores médios de densidade, pH, acidez titulável e prova de estabilidade ao álcool, de acordo com os tratamentos aplicados, estão apresentados na **Tabela 2**. Estas variáveis sofreram influência significativa dos tratamentos aplicados e dos meses do ano, porém somente nos valores de densidade e pH a interação entre estes dois fatores foi significativa ($P < 0,05$).

Tabela 2

Valores médios e desvios-padrão de densidade, pH, acidez titulável (AT) e prova de estabilidade ao álcool no leite fresco (LF), resfriado (LR) e congelado (LC) de ovelhas da raça Lacaune de quatro propriedades da região Serrana do Rio Grande do Sul/Brasil, no período de janeiro a dezembro de 2011.

	Densidade (g/mL)	pH	AT (°D)	Estabilidade ao álcool (°GL)
LF	$1,0380 \pm 0,0018^a$	$6,68 \pm 0,12^a$	$24,11 \pm 1,46^a$	$63,17 \pm 3,64^a$
LR	$1,0396 \pm 0,0016^b$	$6,57 \pm 0,26^b$	$28,61 \pm 4,11^b$	$53,91 \pm 12,51^b$
LC	$1,0382 \pm 0,0022^a$	$6,71 \pm 0,20^a$	$24,30 \pm 1,58^a$	$63,00 \pm 3,29^a$

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ($\alpha = 0,05$).

A densidade das amostras de leite sofreu variação sazonal, com aumento dos valores de janeiro a fevereiro (verão) e maio a junho (outono). Apesar de a densidade diminuir à medida que se eleva a quantidade de gordura (TRONCO, 2010), estas

variáveis apresentaram correlação negativa fraca ($r = -0,25$). Além disso, a quantidade de gordura do leite não sofreu variações significativas ao longo dos meses estudados. Foi verificada diferença entre os tratamentos aplicados durante os meses de fevereiro, outubro, novembro e dezembro ($P < 0,05$). Valores de densidade inferiores foram encontrados por Kanwal et al. (2004) no Paquistão, onde o leite das ovelhas apresentou densidade máxima de 1,029 g/mL. Os mesmos autores encontraram pH semelhante ao leite fresco no presente estudo, com valor médio de 6,58. Entretanto, o valor de acidez titulável obteve média de 18°D, inferior a todos os resultados dos tratamentos aplicados no presente estudo. Em pesquisa realizada na Grécia (SIMOS et al., 1996), as médias de densidade e acidez titulável do leite de ovelhas da raça Epirus Montain foi de 1,0372 g/mL e 22,5°D, respectivamente, semelhante aos resultados de leite fresco e congelado do presente estudo.

A interação entre os tratamentos aplicados e os meses de estudo influenciou de forma significativa os resultados do pH do leite ($P < 0,05$). Nas amostras de leite fresco, resfriado e congelado, o pH apresentou variação sazonal, com aumento dos valores no mês de março ao mês de abril (outono) e consecutiva diminuição no mês de maio. Apesar do pH e da acidez titulável do leite apresentarem correlação negativa forte ($r = -0,69$), o comportamento inverso destas variáveis nestes meses não foi observado. Houve diferença entre os tratamentos aplicados nos meses de janeiro, fevereiro, abril, julho, agosto e outubro. Pavić et al. (2002) também observaram correlação negativa forte entre o pH e a acidez titulável do leite ($r = -0,66$), contudo o pH médio encontrado foi superior, sendo de $6,77 \pm 0,01$. Os menores valores de pH foram encontrados no mês de janeiro para as amostras de leite resfriado e congelado e no mês de dezembro para o leite fresco. Ocorreu diminuição significativa do pH do leite nas amostras de leite resfriado, sendo, possivelmente, relacionada à seleção e multiplicação de microrganismos psicrotóxicos que, através da produção de enzimas, provocam alterações no leite (MIRANDA; GRIPON, 1986). A diminuição do pH ocorre devido à produção de ácidos graxos livres, consequência da atividade lipolítica destas enzimas (WALSTRA et al., 2006).

A prova de estabilidade ao etanol apresentou forte correlação com a acidez titulável ($r = -0,90$) e moderada a forte com o pH do leite ($r = 0,70$). Com relação à variação sazonal, observou-se uma diminuição significativa na graduação do álcool utilizado do mês de maio ao mês de novembro, havendo possível relação com as

temperaturas mais elevadas no último período, o que favorece a contaminação bacteriana. Segundo Walstra et al. (2006), a estabilidade da fração proteica do leite diminui com o aumento da acidez. Corroborando esta informação, houve redução significativa da estabilidade do leite à prova do álcool no leite resfriado, devido à maior acidez nestas amostras. Em estudo realizado por Guo et al. (1998), a prova de estabilidade ao álcool no leite de cabras obteve média de $44\% \pm 3$ e, segundo os autores, a baixa estabilidade comparada ao leite de vaca não está relacionada com a qualidade microbiológica, mas a características próprias do leite. Da mesma forma, os resultados do presente estudo demonstraram menor estabilidade do leite de ovelha na prova do álcool, quando comparado ao leite bovino.

Na prova de estabilidade térmica, os meses de estudo não exerceram influência sobre os resultados, contudo houve diferença entre os tratamentos aplicados ($P < 0,05$). As amostras de leite fresco e congelado não diferiram entre si, entretanto apresentaram diferenças significativas com os resultados de leite resfriado. Das dez amostras que apresentaram grumos frente à fervura, nove eram de leite resfriado, demonstrando menor estabilidade térmica neste tratamento. Tal fato pode ser explicado pela maior acidez destas amostras, pois segundo Montilla e Calvo (1997), a estabilidade térmica do leite de cabras diminui com a diminuição do pH. Contudo, Raynal-Ljutovac et al. (2007) afirmaram que o leite de pequenos ruminantes normalmente não é estável termicamente em seu pH natural, que segundo Assenat (1991) é de 6,65.

No congelamento do leite há perda de estabilidade da proteína, relacionada à fração de caseína (DESAI et al., 1961). A desnaturação da caseína, que ocorre durante o congelamento do leite, é mais facilmente observada quando o conteúdo de sólidos não gordurosos é aumentado, ocorrendo precipitação progressiva da porção proteica (WEBB; HALL, 1935). O congelamento e descongelamento do leite integral promovem coalescência parcial dos glóbulos de gordura, devido à formação de cristais de gelo, podendo haver liberação de lipoproteínas da membrana (WALSTRA et al., 2006). Apesar de ocorrerem estas alterações no leite congelado, no presente estudo, o congelamento não afetou as características físico-químicas do leite ovino. Da mesma forma, Zhang et al. (2006) ao estudarem os efeitos do congelamento e do tempo de estocagem no leite de ovelhas cruzadas East Friesian com Lacaune, observaram que estes fatores não afetaram o conteúdo de sólidos totais, proteína e lactose. Contudo, o conteúdo de gordura sofreu redução progressiva com o aumento do tempo de

estocagem, possivelmente devido à destruição dos glóbulos de gordura, degradação enzimática de triglicerídeos e atividade microbiana.

Porcionato et al. (2008), ao analisarem a influência do congelamento na qualidade do leite de vacas, concluíram que o pH, a densidade e os teores de sólidos totais, gordura e proteína não foram afetados pelo processo. Segundo Curi e Bonassi (2007), os efeitos do congelamento e descongelamento no leite de cabra são menos acentuados que no leite de vaca, podendo-se utilizar deste processo na elaboração de queijos, sem alterar as características sensoriais do produto final. Todavia, o leite congelado pode sofrer alterações em sua composição que podem afetar o rendimento na fabricação de queijos (JAEGGI et al., 2004).

O resfriamento do leite promove mudanças na solubilidade de sais, ocorrendo diminuição na quantidade de fosfato de cálcio micelar. Há perda de componentes da membrana do glóbulo de gordura e alteração de sua estrutura, aumentando a taxa de cremeificação (WALSTRA et al., 2006). Possivelmente, devido a estas alterações, o resfriamento do leite durante o período de sete dias influenciou os resultados das análises físicas do leite. Em estudo realizado por Guinot-Thomas et al. (1995), amostras de leite de vaca foram conservadas sob 4°C, durante 6 dias e observou-se diminuição do fosfato de cálcio coloidal, resultando em instabilidade do leite, possivelmente devido à degradação das micelas de caseína por proteases microbianas. Os mesmos autores observaram diminuição do pH do leite após 4 dias de resfriamento, relacionada à ação de bactérias psicrótróficas e lipases microbianas. Da mesma forma, no presente estudo, o resfriamento levou a uma diminuição da estabilidade do leite, queda no pH e aumento da acidez titulável.

4. Conclusão

Os resultados do presente estudo demonstram que o resfriamento do leite ovino, por um período de sete dias, afeta as características físicas do produto. Entretanto, o congelamento, aplicado pelo mesmo período, não afeta a qualidade físico-química da matéria-prima, podendo ser uma solução para a sazonalidade de produção e baixa produtividade característica da espécie.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Casa da Ovelha, seus técnicos e associados, por permitirem as coletas de leite.

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Referências

Adewumi, O.O., Olorunnisomo, O.A., 2009. Milk yield and milk composition of West African dwarf, Yankasa and crossbred sheep in southwest of Nigeria. *Livestock Research for Rural Development* 21 (3), article 42.

Alais, C., 1985. *Ciencia de la leche - Principios de técnica lechera*. 4 ed. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 873 p.

Assenat, L. 1991. Leche de oveja. In: Luquet, F.M. *Leche y productos lacteos: vaca – oveja – cabra*. Zaragoza: Editorial Acribia, S.A., Vol. 1, Parte II, p. 275 – 339.

Barbetta, P.A., 2007. *Estatística aplicada às ciências sociais*. 7 ed. Florianópolis: EditoraUFSC.

Barrilet, F., Marie, C., Jacquin, M., Lagriffoul, G., Astruc, J.M., 2001. The French Lacaune dairy sheep breed: use in France and abroad in the last 40 years. *Livestock Production Science* 71, 17–29.

Behmer, M.L.A., 1980. *Tecnologia do leite*. 10. ed. São Paulo: Nobel. 322 p.

Berger, Y.M., 2001. Milking equipment for dairy ewes. In: *Great lakes dairy sheep symposium, 7TH 2001*. Eau Claire, Wisconsin, 9-16.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 68 de 12 de Dezembro de 2006. *Diário Oficial da União*, 14 dez. Seção 1, p. 8.

Brito, M.A., González, F.D., Ribeiro, L.A., Campos, R., Lacerda, L., Barbosa, P.R., Bergman, G. 2006. Composição do sangue e do leite em ovinos leiteiros do sul do Brasil: variações na gestação e na lactação. *Ciência Rural*, Santa Maria, 36(3), 942 – 948.

Casanova, M.A., Martínez, C.F., Pérez, H.V., Martínez, L.G., 1999. Efecto de las condiciones de ordeño sobre la producción, fraccionamiento y composición de la leche, y estado sanitario de la ubre em ovejas de raza Manchega. *Arch. Zootec.* 48, 135-146.

Curi, R.A., Bonassi, I.A., 2007. Elaboração de um queijo análogo ao Pecorino Romano produzido com leite de cabra e coalhada congelados. *Ciência e Agrotecnologia* 31(1), 171-176.

Desai, I.D., Nickerson, T.A., Jennings, W.G., 1961. Stability of Frozen Milk. *Journal of Dairy Science* 44(2), 215-221.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2010. FAOSTAT. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.

Guinot-Thomas, P., Ammoury, M.A., Roux, Y.L., Laurent, F., 1995. Study of proteolysis during storage of raw milk at 4 °C: effect of plasmin and microbial proteinases. *Int. Dairy Journal* 5, 685-697.

Guo, M.R., Wang, S., Li, Z., Qu, J., Jin, L., Kindstedt, P.S., 1998. Ethanol stability of goats milk. *Int. Dairy Journal* 8, 57-60.

Jaeggi, J.J., Wendorff, W.L., Johnson, M.E., Romero, J., Berger, Y. Milk composition and cheese yield from hard and soft cheese manufactured from sheep milk. 2004. In: 10th Annual Great Lakes Dairy Sheep Symposium, November 4-6, Hudson, Wisconsin, USA, (10) 132-142.

Kanwal, R., Ahmed, T., Mirza, B., 2004. Comparative analysis of quality of milk collected from buffalo, cow, goat and sheep of Rawalpindi/Islamabad region in Pakistan. *Asian Journal of Plant Sciences* 3(3), 300-305.

Malau-Aduli, A.E.O., Anlade, Y.R., 2002. Comparative study of milk compositions of cattle, sheep and goats in Nigeria. *Animal Science Journal* 73, 541–544.

Miranda, G., Gripon, J.C., 1986. Origine, nature et incidences technologiques de la protéolyse dans le lait. *Le Lait* 66, 1-18.

Montilla, A., Calvo, M.M., 1997. Goat's milk stability during heat treatment: effect of pH and phosphates. *J. Agric. Food Chem.* 45, 931-934.

Ordóñez, J.A. 2005. *Tecnologia de Alimentos – Alimentos de Origem Animal*. Porto Alegre: Artmed. Vol. 2, 279 p.

Pavić, V., Antunac, N., Mioč, B., Ivanković, A., Havranek, J.L., 2002. Influence of stage of lactation on the chemical composition and physical properties of sheep milk. *Czech J. Anim. Sci.* 47(2), 80–84.

Porcionato, M.A.F., Reis, C.B.M., Barreiro, J.R., Moreno, J.F.G., Mestieri, L., 2008. Efeito da fervura, resfriamento ou congelamento na qualidade do leite cru. *Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais* 6(4), 511-517.

Ramos, M., Juarez, M., 2011. Sheep Milk. In: Fuquay, J.W.; Fox, P.F.; Mcsweeney, P.L.H. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2 ed. Elsevier. Vol. 3, p. 494 – 502.

Raynal-Ljutovac, K., Park, Y.W., Gaucheron, F., Bouhallab, S., 2007. Heat stability and enzymatic modifications of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 68, 207–220.

Simos, E.N., Nikolaou, E.M., Zoiopoulos, P.E., 1996. Yield, composition and certain physicochemical characteristics of milk of the Epirus mountain sheep breed. *Small Ruminant Research* 20, 67-74.

Stelwagen, K., 2011. Lactose. In: Fuquay, J.W.; Fox, P.F.; Mcsweeney, P.L.H. Encyclopedia of Dairy Sciences. 2 ed. Elsevier. Vol. 1, p. 534 – 543.

Thomas, D.L., Berger, Y.M., McKusick, B.C., Gottfredson, R.G., Zelinsky, R., 2001. Comparison of East Friesian and Lacaune breeding for dairy sheep production systems. In: Great lakes dairy sheep symposium, 7TH 2001. Eau Claire, Wisconsin, 44-51.

Tronco, V.M., 2010. Manual para Inspeção da Qualidade do Leite. 4 ed. Santa Maria: Editora UFSM. 203 p.

Vieira, C; Albert, C.; Bagolin, I.P. 2007. Revista Estudos do CEPE 26, 30 – 56.

Walstra, P., Wouters, J.T.M., Geurts, T.J., 2006. Dairy science and technology. 2 ed. Taylor & Francis. 763 p.

Webb, B.H., Hall, S.A., 1935. Some physical effects of freezing upon milk and cream. Journal of Dairy Science XVIII (5), 275-286.

Wendorff, W.L., 2001. Freezing qualities of raw ovine milk for further processing. J. Dairy Sci. 84(E. Suppl.), E74-E78.

Wendorff, W.L., Rauschenberger, S.L. 2001. Effect of freezing on milk quality. In: Great lakes dairy sheep symposium, 7TH 2001. Eau Claire, Wisconsin, 156-164.

Zhang, R.H., Mustafa, A.F., Ng-Kwai-Hang, K.F., Zhao, X., 2006. Effects of freezing on composition and fatty acid profiles of sheep milk and cheese. Small Ruminant Research 64, 203–210.

5 ARTIGO 2

Análise do rendimento de coalhada obtida a partir de leite fresco, resfriado e congelado de ovelhas da raça Lacaune e caracterização física do soro obtido

Análise do rendimento de coalhada obtida a partir de leite fresco, resfriado e congelado de ovelhas da raça Lacaune e caracterização física do soro obtido.

L.W. Fava^a, I.C. Kulkamp-Guerreiro^b, A.T. Pinto^a

^a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Medicina Veterinária, Departamento de Medicina Preventiva. Av. Bento Gonçalves, 9090, CEP: 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. Fone: 55 51 3308.9999 Correspondência: L.W. Fava [fava.vet@gmail.com]

^b Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Farmácia, Departamento de Produção de Matéria-prima. Avenida Ipiranga, 2752 - Bairro Santana - Porto Alegre, RS, Brasil - CEP 90610-000

RESUMO

A composição do leite, que pode ser afetada pelo resfriamento ou congelamento, é determinante para o rendimento na fabricação de queijos, sendo um parâmetro muito importante em termos econômicos. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do resfriamento e do congelamento do leite, durante sete dias, sobre o rendimento da coalhada produzida a partir de leite de ovelha e sobre as características físicas do soro obtido. Entre janeiro e dezembro de 2011, foram coletadas mensalmente amostras de leite de ovelha, diretamente dos tanques de resfriamento. Uma parte foi submetida à análise no mesmo dia, denominada leite fresco, e as restantes armazenadas até sete dias, uma em refrigeração (5°C - leite resfriado) e outra em congelamento doméstico (- 18°C - leite congelado). Determinou-se o rendimento da coalhada e densidade, pH e acidez titulável do soro obtido. Verificou-se diferença significativa ($P < 0,05$) no rendimento da coalhada entre os tratamentos aplicados, sendo que o rendimento obtido com leite resfriado ($3,64 \pm 0,34$ L/Kg) e congelado ($3,18 \pm 0,23$ L/Kg) não apresentaram diferenças com o de leite fresco ($3,38 \pm 0,22$ L/Kg), porém estes tratamentos diferiram entre si. A densidade média do soro obtido (1,025 g/mL) não apresentou diferenças entre os tratamentos aplicados. O pH e acidez titulável do soro foram semelhantes nos tratamentos de leite fresco e congelado, havendo diferenças ($P < 0,05$) com o soro de leite resfriado, que apresentou-se mais ácido. Embora o soro da coalhada obtida a partir de leite resfriado apresente-se mais ácido, o resfriamento e o congelamento do leite

ovino, por um período de sete dias, não afetam o rendimento na fabricação de queijos e o soro obtido não apresenta diferença de densidade entre os tratamentos aplicados.

Palavras-chave: Rendimento de queijo, congelamento, soro de leite ovino.

1. Introdução

O leite de ovelha caracteriza-se, principalmente, por sua riqueza em sólidos, sendo raramente consumido na forma fluida e amplamente utilizado na fabricação de queijos (RAMOS; JUAREZ, 2011). A composição do leite, principalmente seu teor de proteína, é um importante fator para a produção de queijos, por ser determinante no rendimento e na qualidade do produto final (NG-KWAI-HANG et al., 1981).

A utilização de leite congelado para a produção de queijos, no período de entressafra, pode ser uma alternativa para solucionar a sazonalidade da produção leiteira (KATIKI et al., 2006). Contudo, a velocidade do congelamento pode afetar a qualidade do produto final, sendo que no congelamento lento, ocorre a degradação de proteínas, acarretando problemas na formação da coalhada (BERGER, 2001). Além disso, o processo de congelamento apenas retarda a multiplicação de microrganismos (PORCIONATO et al., 2008), sendo de extrema importância a qualidade da matéria-prima para evitar defeitos nos queijos produzidos.

O resfriamento do leite por longos períodos pode causar a diminuição do fosfato de cálcio micelar, alterando a estabilidade proteica (WALSTRA et al., 2006) e afetando a formação da coalhada. Além disso, há seleção de microrganismos psicrotóxicos, com a consequente produção de proteases, que podem influenciar na qualidade e no rendimento dos queijos, pois causam perdas de nitrogênio no soro e diminuição do peso do queijo produzido (MIRANDA; GRIPON, 1986). Estas alterações das características físico-químicas e do comportamento dos componentes do leite, juntamente com a seleção de microrganismos específicos, podem influenciar na qualidade e no rendimento dos queijos fabricados (BANKS et al., 1988).

O soro é o líquido resultante do processo de elaboração de queijos, a partir da separação da gordura e das caseínas do leite. Sua composição compreende mais da metade dos sólidos presentes no leite integral, incluindo a maior parte da lactose e 20% das proteínas, as quais possuem excelente qualidade. Antigamente, era considerado um resíduo inaproveitável das indústrias de laticínios, contudo com o conhecimento de suas características físico-químicas e com os avanços tecnológicos, atualmente o soro possui grande valor para as indústrias alimentícia e farmacêutica (ORDÓÑEZ, 2005).

O rendimento pode ser definido como o peso do queijo, expresso em quilogramas (Kg), obtido a partir de 100 Kg de leite. Trata-se de um parâmetro muito importante, pois quanto maior o peso do queijo, maior é o ganho em termos econômicos (PAOLO et al., 2008). O rendimento do queijo varia de acordo com inúmeros fatores, incluindo a forma de estocagem da matéria-prima. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do resfriamento e do congelamento do leite, durante sete dias, sobre o rendimento da coalhada produzida a partir de leite de ovelha e sobre as características físicas do soro obtido.

2. Materiais e métodos

O presente trabalho foi realizado entre janeiro e dezembro de 2011, no laboratório de Inspeção e Tecnologia de Leite e Derivados, Ovos e Mel – UFRGS (LEITECIA). Mensalmente, foram coletadas amostras de leite de mistura de quatro propriedades produtoras de leite de ovelha, localizadas no município de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil, cuja altitude média é de 600 m acima do nível do mar, com localização geográfica 29° 08' 47" de latitude sul e 51° 31' 17" de longitude oeste. A temperatura anual média é de 16,5°C e a precipitação é de 1823 mm ano⁻¹ (BRITO et al., 2006). O clima temperado da região caracteriza-se pela homogeneidade pluviométrica, com alterações térmicas, possuindo semelhanças com a Europa relacionadas ao clima e ao relevo (VIEIRA et al., 2007).

As coletas de leite foram realizadas diretamente do local de armazenamento e resfriamento do leite, sendo em tanque de expansão em uma propriedade e tanque de imersão em três.

No laboratório, cada amostra das quatro propriedades foi dividida em três alíquotas: A primeira foi submetida à análise no mesmo dia, denominada leite fresco (LF), e as restantes armazenadas até sete dias, uma em refrigeração (5°C) (leite resfriado - LF) e outra em congelamento doméstico (-18°C) (leite congelado - LC). As amostras de leite congelado sofriram descongelamento lento por 24 horas, em refrigeração, do sexto para o sétimo dia.

Determinou-se o rendimento da coalhada obtida com cada uma das amostras compostas de leite fresco, resfriado e congelado. As amostras compostas foram feitas misturando-se volumes iguais de leite, provenientes de cada propriedade. O leite não sofreu processo de pasteurização. A coalhada foi produzida mantendo-se o leite a 37°C

e adicionando-se ao mesmo 0,02 g de cloreto de cálcio por litro de leite (Behemer, 1980) e 0,8 mL de coalho por litro de leite (Chr. Hansen®). Esperava-se coagular por 30 minutos, quando era procedido o corte da coalhada em pequenos grumos. A coalhada foi colhida e enformada em formas redondas de 10,5 cm de altura e 11 cm de diâmetro. O volume de soro foi medido e realizou-se análise de determinação da densidade a 20°C por termolactodensímetro, pH e acidez titulável pelo método Dornic (BRASIL, 2006).

Para expressar o volume total de soro eliminado no processo, dividiu-se o mesmo pelo volume total de leite utilizado na produção da coalhada. As coalhadas foram colocadas sem peso sob refrigeração (5°C) durante 24 ± 4 horas, quando foi medido o peso da coalhada e o volume de soro residual. O rendimento foi calculado dividindo-se o volume de leite empregado no processo (litros) pela massa da coalhada obtida (quilogramas) (SILVEIRA; ABREU, 2003).

Para cada tratamento (leite fresco, resfriado e congelado) foi realizada estatística descritiva. Os valores de rendimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as comparações entre os tratamentos foram realizadas utilizando-se o teste de Tukey ($P < 0,05$). Utilizou-se o software SPSS 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL).

3. Resultados e discussão

O rendimento médio da coalhada e os valores máximos e mínimos obtidos em cada tratamento estão apresentados na **Tabela 1**. Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos aplicados (LF, LR, LC).

Tabela 1

Média e valores máximos e mínimos de rendimento da coalhada (L/Kg), produzida a partir de leite fresco (LF), leite resfriado (LR) e leite congelado (LC) de ovelhas na raça Lacaune, na região Serrana do Rio Grande do Sul/Brasil, no período de janeiro a dezembro de 2011.

Rendimento da coalhada (L/Kg)			
Tratamento	Média	Máximo	Mínimo
LF	$3,38 \pm 0,22$ ^{ab}	3,83	3,02
LR	$3,64 \pm 0,34$ ^b	4,27	3,14
LC	$3,18 \pm 0,23$ ^a	3,71	2,86

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ($\alpha = 0,05$).

Segundo Zhang et al. (2006), o congelamento pode afetar o rendimento na fabricação de queijos, com redução significativa quando o leite é congelado por um período de seis meses. Neste mesmo estudo, o rendimento não foi afetado quando o congelamento não foi superior a dois meses, sofrendo moderada redução com três meses de congelamento. Da mesma forma, no presente estudo, a coalhada produzida a partir de leite congelado não apresentou diferença significativa com o rendimento da produzida a partir de leite fresco, porém apresentou tendência a ser menor.

Durante o congelamento, ocorre redução no conteúdo de gordura do leite, devido à formação de cristais de gelo que danificam os glóbulos, causando liberação de lipoproteínas da membrana, com conseqüente perda da estabilidade (ZHANG et al., 2006). Além disso, ocorre alteração da estrutura das proteínas, devido à destruição das pontes de hidrogênio entre os polipeptídeos, diminuindo a capacidade de retenção de água (FONTECHA et al., 1993). Contudo, apesar de diferenças físico-químicas entre o leite fresco e o leite congelado serem os principais fatores responsáveis por diferenças no rendimento de queijos (JAEGGI et al., 2004), no presente estudo a coalhada produzida a partir de leite congelado obteve rendimento semelhante à coalhada de leite fresco.

O rendimento da coalhada produzida com leite fresco não diferiu dos rendimentos obtidos com leite resfriado ou congelado. Entretanto, estas duas últimas diferiram entre si ($P < 0,05$), sendo necessária menor quantidade de leite congelado para produzir um quilograma de coalhada. Não existem estudos comparando o rendimento de queijos a partir de leite submetido a estes dois tratamentos, contudo esta diferença pode ter ocorrido devido a maiores alterações nas estruturas dos glóbulos de gordura e das micelas de caseína durante o resfriamento prolongado, já que estes são os principais componentes que afetam o rendimento (JAEGGI et al., 2004). Segundo Walstra et al. (2006) o resfriamento do leite, por períodos superiores a 24 horas, promove a desintegração das micelas de caseína, devido à dissolução de uma parte considerável da β -caseína e de parte do fosfato de cálcio micelar. Porém, o aquecimento subsequente do leite restabelece esta estrutura, mas é questionável se as micelas de caseína tornam-se idênticas à forma original. Além disso, o resfriamento promove a perda de alguns componentes da membrana do glóbulo de gordura, alterando de forma irreversível sua estrutura.

As porcentagens médias de soro eliminado, densidade, pH e acidez titulável do soro obtido a partir das coalhadas de leite fresco (LF), leite resfriado (LR) e leite

congelado (LC) estão apresentados na **Tabela 2**. Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos aplicados ao leite (LF, LR, LC) para os valores de pH e acidez titulável do soro obtido.

Tabela 2

Porcentagens médias de soro eliminado, densidade, pH e acidez titulável (AT) do soro obtido a partir das coalhadas de leite fresco (LF), leite resfriado (LR) e leite congelado (LC) de ovelhas na raça Lacaune, na região Serrana do Rio Grande do Sul/Brasil, no período de janeiro a dezembro de 2011.

Tratamento	Soro eliminado (%)	Densidade (g/mL)	pH	AT (°D)
LF	67,89 ± 2,27 ^a	1,0251 ± 0,0010 ^a	6,52 ± 0,12 ^a	14,87 ± 1,14 ^a
LR	65,81 ± 3,68 ^a	1,0246 ± 0,0011 ^a	6,34 ± 0,29 ^b	19,22 ± 2,90 ^b
LC	61,02 ± 3,05 ^b	1,0252 ± 0,0011 ^a	6,57 ± 0,15 ^a	14,80 ± 0,99 ^a

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ($\alpha = 0,05$).

A densidade não apresentou diferenças entre os tratamentos aplicados, obtendo média de 1,025 g/mL. Segundo Philippopoulos e Papadakis (2001), diferenças encontradas entre o soro de leite de ovelhas e de vacas estão associadas, principalmente, ao conteúdo de proteínas e sólidos totais. Os mesmos autores afirmam que a produção de soro, em volume, apresenta variação sazonal e a composição varia ao longo do período de lactação.

O pH e a acidez titulável do soro foram semelhantes nos tratamentos de leite fresco e congelado. O soro da coalhada obtida a partir de leite resfriado apresentou-se mais ácido, indicando maior acidez da matéria-prima utilizada no processo, causada por possível contaminação bacteriana do leite e multiplicação dos microrganismos durante o processo de refrigeração. A diminuição do pH do leite favorece a dissolução do fosfato coloidal, resultando em ligações mais fracas entre as caseínas (WALSTRA et al., 2006). Esta alteração nas micelas de caseína pode ser a causa da maior eliminação de soro da coalhada obtida a partir de leite resfriado, devido à diminuição da capacidade de retenção de água.

O leite de cabra apresenta densidade e acidez titulável inferiores quando comparado ao leite de ovelha (AMIGO; FONTECHA, 2011; RAMOS; JUAREZ,

2011). Apesar disso, em estudo realizado por Neto et al. (2006), o soro pasteurizado e resfriado obtido a partir de queijo coalho de leite de cabra apresentou-se mais ácido e com densidade superior ao encontrado no presente estudo, com valores de densidade, pH e acidez titulável de $1,0277 \pm 0,0006$ g/mL, $5,63 \pm 0,27$ e $18 \pm 2^\circ\text{D}$, respectivamente.

Apesar de não haver diferenças nas características físicas entre os soros provenientes das amostras de leite fresco e congelado, a coalhada obtida a partir de leite congelado apresentou maior retenção de soro, quando comparada às amostras de leite fresco e resfriado, eliminando menor volume ao final do processo. Zhang et al. (2005), ao analisarem o rendimento do queijo Tipo Cheddar, obtido a partir de leite de ovelha fresco e congelado, observaram redução significativa no rendimento em amostras de leite congeladas por um período de seis meses. A redução no rendimento foi atribuída à diminuição da capacidade de retenção de água, causada pela alteração da estrutura das proteínas durante o processo de congelamento. Contudo, o rendimento não foi afetado quando as amostras de leite foram submetidas ao congelamento por um período de até dois meses, corroborando os resultados do presente estudo.

A composição físico-química do soro varia de acordo com o tipo de leite utilizado, com o tipo de queijo a ser produzido, com o tratamento aplicado e com outros processos efetuados durante a fabricação do queijo (ORRÛ; PILLONI, 2008).

4. Conclusão

Os resultados do presente estudo demonstraram que o resfriamento e o congelamento do leite ovino, por um período de sete dias, não afetaram o rendimento na fabricação de queijos. Contudo, a coalhada produzida com leite congelado obteve melhor rendimento que aquela produzida com leite resfriado.

A densidade dos soros obtidos a partir do leite fresco, resfriado e congelado não apresentou variação. Porém, o soro da coalhada de leite resfriado apresentou-se mais ácido, o que pode dificultar sua utilização por parte das indústrias para a produção de derivados lácteos. O congelamento do leite não afetou as características físicas do soro obtido, permitindo sua utilização ao final do processo.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Casa da Ovelha, seus técnicos e associados, por permitirem as coletas de leite.

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Referências

Amigo, L., Fontecha, J. 2011. Goat Milk. In: Fuquay, J.W.; Fox, P.F.; Mcsweeney, P.L.H. Encyclopedia of Dairy Sciences. 2 ed. Elsevier. Vol. 3, p. 484 – 493.

Banks, J.M., Griffiths, M.W., Phillips, J.D., Muir, D.D. 1988. A comparison of the effects of storage of raw milk at 2°C and 6°C on the yield and quality of Cheddar cheese. Food Microbiology 5: 9-16.

Behmer, M.L.A. Tecnologia do leite. 10. ed. São Paulo: Nobel, 1980. 322 p.

Berger, Y.M., 2001. Milking equipment for dairy ewes. In: Great lakes dairy sheep symposium, 7TH 2001. Eau Claire, Wisconsin, 9-16.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 68 de 12 de Dezembro de 2006. Diário Oficial da União, 14 dez. Seção 1, p. 8.

Brito, M.A., González, F.D., Ribeiro, L.A., Campos, R., Lacerda, L., Barbosa, P.R., Bergman, G. 2006. Composição do sangue e do leite em ovinos leiteiros do sul do Brasil: variações na gestação e na lactação. Ciência Rural, Santa Maria, 36(3), 942 – 948.

Emediato, R.M.S., Siqueira, E.R., Stradiotto, M.M., Maestrá, S.A., Gomes, M.I.F.E., Piccinin, A., Domingues, V.T.B. 2009. Queijo tipo Prato de leite de ovelhas alimentadas com dieta contendo gordura protegida. Veterinária e Zootecnia, 16 (1): 228-238.

Fonseca, V.C. 2008. Elaboração de molho para salada com soro de queijo Minas Frescal estabilizado por combinações ternárias de alginato de propileno glicol, goma xantana e carboximetilcelulose. 133 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

Fontecha, J., Bellanato, J., Juarez, M. 1993. Infrared and Raman spectroscopic study of casein in cheese: effect of freezing and frozen storage. Journal of Dairy Science 76: 3303-3309.

Jaeggi, J.J., Wendorff, W.L., Johnson, M.E., Romero, J., Berger, Y. Milk composition and cheese yield from hard and soft cheese manufactured from sheep milk. 2004. In: 10th Annual Great Lakes Dairy Sheep Symposium, November 4-6, Hudson, Wisconsin, USA, (10) 132-142.

Katiki, L.M., Bonassi, I.A., Roça, R.O. 2006. Aspectos físico-químicos e microbianos do queijo maturado por mofo obtido da coagulação mista com leite de cabra congelado e coalhada congelada. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, 26(4): 740-743.

Martini, M., Scolozzi, C., Cecchi, F., Mele, M., Salari, F. 2008. Relationship between morphometric characteristics of milk fat globules and the cheese making aptitude of sheep's milk. *Small Ruminant Research* 74: 194–201

Miranda, G., Gripon, J.C., 1986. Origine, nature et incidences technologiques de la protéolyse dans le lait. *Le Lait* 66, 1-18.

Neto, B.A.M., Maciel, J.F., Caldas, M.C.S., Maia, J.M., Queiroga, R.C.R.E. 2006. Caracterização do soro de leite de cabra utilizado na formulação de pão de forma. In: I Jornada Nacional da Agroindústria, Bananeiras. Anais.

Ng-Kwai-Hang, K. F., Hayes, J. F., Moxley, J. E., Monardes, H. G. 1982. Environmental influences on protein content and composition of bovine milk. *Journal of Dairy Science* 65: 1993-1998.

Ordóñez, J.A. 2005. *Tecnologia de Alimentos – Alimentos de Origem Animal*. Porto Alegre: Artmed. Vol. 2, 279 p.

Orrù, P.F., Pilloni, M.T. 2008. Technical and economic analysis for the recovery of high biological value products from the cheese-making whey. *International Journal of Mechanics and Control*, 9(1): 47-59.

Paolo, F., Andrea, S., Piero, F., Massimo, M., Primo, M. 2008. *Ann. Fac. Medic. Vet. di Parma*, vol. XXVIII: 211-232.

Philippopoulos, C.D., Papadakis, M.T. 2001. Current trends in whey processing and utilization in Greece. *International Journal of Dairy Technology*, 54(1): 14-19.

Porcionato, M.A.F., Reis, C.B.M., Barreiro, J.R., Moreno, J.F.G., Mestieri, L., 2008. Efeito da fervura, resfriamento ou congelamento na qualidade do leite cru. *Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais* 6(4), 511-517.

Ramos, M., Juarez, M., 2011. Sheep Milk. In: Fuquay, J.W.; Fox, P.F.; Mcsweeney, P.L.H. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2 ed. Elsevier. Vol. 3, p. 494 – 502.

Silveira, P.R., Abreu, L.R. 2003. Rendimento e composição físico-química do queijo prato elaborado com leite pasteurizado pelo sistema HTST e injeção direta de vapor. *Ciência e Agrotecnologia*, 27 (6): 1340-1347.

Siso, M.I.G. 1996. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. *Bioresource Technology* 57: 1-11.

Teixeira, L.V., Fonseca, L.M. 2008. Perfil físico-químico do soro de queijos mozzarella e minas-padrão produzidos em várias regiões do estado de Minas Gerais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 60(1): 243-250

Vieira, C; Albert, C.; Bagolin, I.P. 2007. *Revista Estudos do CEPE* 26, 30 – 56.

Walstra, P., Wouters, J.T.M., Geurts, T.J., 2006. Dairy science and technology. 2 ed. Taylor & Francis. 763 p.

Zhang, R.H., Mustafa, A.F., Ng-Kwai-Hang, K.F., Zhao, X., 2006. Effects of freezing on composition and fatty acid profiles of sheep milk and cheese. Small Ruminant Research 64, 203–210.

6 ARTIGO 3

**Avaliação da viscosidade e distribuição do tamanho de partículas do leite fresco,
resfriado e congelado de ovelhas da raça Lacaune**

Avaliação da viscosidade e distribuição do tamanho de partículas do leite fresco, resfriado e congelado de ovelhas da raça Lacaune.

L.W. Fava^a, J.F. Abdalla^b, I. C. Kulkamp-Guerreiro^b, A.T. Pinto^a

^a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Medicina Veterinária, Departamento de Medicina Preventiva. Av. Bento Gonçalves, 9090, CEP: 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. Fone: 55 51 3308.9999 Correspondência: L.W. Fava [fava.vet@gmail.com]

^b Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Farmácia, Departamento de Produção de Matéria-prima. Avenida Ipiranga, 2752 - Bairro Santana CEP 90610-000. Porto Alegre, RS, Brasil.

RESUMO

O leite pode apresentar comportamento de fluido newtoniano ou não-newtoniano, dependendo de fatores, como sua composição e temperatura. O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência do resfriamento e do congelamento de leite, por sete dias, no comportamento reológico, viscosidade e distribuição do tamanho de partículas presentes. A viscosidade foi determinada utilizando-se viscosímetro rotacional (Brookfield DV-II + Pro Viscometer, modo LVF, spindle CS4-25), sendo realizada nos meses de abril a junho e setembro a dezembro de 2011. A distribuição do tamanho de partículas do leite foi realizada através da técnica de difração de laser (equipamento Mastersizer 2000[®]). Os parâmetros utilizados foram o diâmetro médio das partículas, considerando a distribuição por volume ($D_{4,3}$), a uniformidade da distribuição (Span) e a área de superfície específica. Estas análises foram realizadas nos meses de maio e junho e setembro a novembro de 2011. As amostras de leite fresco, resfriado e congelado demonstraram comportamento de fluido newtoniano. O leite resfriado apresentou maior viscosidade ($3,30 \pm 0,86$ mPa.s) quando comparado ao leite fresco ($2,64 \pm 0,2$ mPa.s) e ao leite congelado ($2,65 \pm 0,17$ mPa.s). Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre o diâmetro médio das partículas do leite fresco ($0,782 \pm 0,344$), do leite resfriado ($0,735 \pm 0,080$) e do leite congelado ($0,630 \pm 0,077$), porém a uniformidade da distribuição destas diferiu significativamente entre os diferentes

tratamentos. Houve redução da área de superfície específica após o resfriamento por sete dias, não havendo diferenças entre o leite fresco e o leite congelado. Os conteúdos de gordura e proteína e o diâmetro médio das partículas do leite não interferiram de maneira significativa ($P > 0,05$) na viscosidade do leite.

Palavras-chave: leite ovino, newtoniano, viscosidade, tamanho de partícula.

1. Introdução

O estudo da reologia visa a avaliar o comportamento de fluxo quando o material é submetido a forças externas (FOX; MCSWEENEY, 1998). O leite pode apresentar comportamento de fluido newtoniano ou não-newtoniano, dependendo da composição, temperatura, tratamento prévio e condições de medição (MCCARTHY, 2011). Fluidos newtonianos são definidos como aqueles em que a viscosidade não depende da tensão de cisalhamento ou do gradiente de velocidade (taxa de deformação). Do contrário, em fluidos não-newtonianos a viscosidade varia de acordo com estes fatores (WALSTRA et al., 2006).

A viscosidade do leite é influenciada por sua composição, potencial hidrogeniônico, temperatura, tratamento térmico e outros processos aplicados. Apresenta tendência de aumento com o tempo de armazenamento, devido a mudanças no equilíbrio iônico (FOX; MCSWEENEY, 1998). A análise de viscosidade em leite e produtos lácteos é importante para a determinação da taxa de transferência de calor e das condições de fluxo (DIMASSI et al., 2005). Sendo assim, as propriedades reológicas são determinantes no *design* de equipamentos e operações unitárias das indústrias, tais como o bombeamento do leite, homogeneização, mistura, resfriamento, pasteurização, esterilização, entre outras (VÉLEZ-RUIZ; BARBOSA-CÁNOVAS, 1998).

Pesquisas anteriores foram realizadas para analisar a distribuição do tamanho dos glóbulos de gordura do leite (ERTUGAY et al., 2004; MICHALSKI et al., 2001; MÉNARD et al., 2010) ou das micelas de caseína (FARAH; RÜEGG, 1989; PIERRE et al., 1995). Contudo, não foram encontrados relatos na literatura de uma análise englobando todas as partículas do leite fresco, tampouco fazendo avaliação do efeito do congelamento e resfriamento sobre a distribuição das mesmas. Alterações na viscosidade do leite, normalmente, estão relacionadas com aumento da temperatura,

devido aos processos aplicados à matéria-prima na indústria, existindo, portanto poucas pesquisas relacionadas à viscosidade do leite previamente congelado. A comparação da viscosidade do leite fresco com a do leite congelado, no caso de leite de ovelhas, faz-se importante em razão do baixo volume de produção, visando à conservação do leite por períodos mais prolongados, até obtenção de volume suficiente para seu processamento. Tendo em vista estes fatores, o objetivo do presente estudo foi avaliar a influência do resfriamento e do congelamento de leite, por sete dias, no comportamento reológico do leite, sua viscosidade e distribuição do tamanho de partículas presentes.

2. Materiais e métodos

As coletas de leite foram realizadas em quatro propriedades produtoras de leite de ovelha, localizadas na região serrana do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. O critério de seleção destas propriedades foi baseado no fato de que no estado somente há duas fábricas de laticínios que industrializam leite de ovelha, sendo uma selecionada devido à facilidade de acesso e coleta de amostras.

Cada amostra das quatro propriedades foi dividida em três alíquotas: A primeira foi submetida à análise no mesmo dia, denominada leite fresco, e as restantes armazenadas até sete dias, uma em refrigeração (5°C) (leite resfriado) e outra em congelamento doméstico (-18°C) (leite congelado). As amostras de leite congelado sofriram descongelamento lento por 24 horas, em refrigeração, do sexto para o sétimo dia.

2.1 Análise de viscosidade do leite

A viscosidade foi determinada utilizando-se viscosímetro rotacional (Brookfield DV-II + Pro Viscometer, modo LVF, spindle CS4-25). Os parâmetros reológicos foram obtidos em duplicata, com as amostras mantidas a 25° C. A descrição do comportamento reológico foi feita através da relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento (reograma), além da aplicação do modelo da Lei da Potência, utilizando o índice de escoamento (η), determinado através do coeficiente angular da equação da reta. Fluidos newtonianos apresentam valor de η igual a 1 e fluidos não newtonianos apresentam valor de η diferente de 1 (MCCARTHY, 2011). Foram

utilizadas rotações de 60 a 90 rpm, com acréscimos de 10 rpm. Para a comparação dos valores de viscosidade quando os fluidos apresentaram comportamento newtoniano, a velocidade foi fixada em 60 rpm.

Estas análises foram realizadas nos meses de abril a junho e setembro a dezembro de 2011.

2.2 *Distribuição do tamanho de partículas do leite*

A distribuição do tamanho de partículas do leite foi realizada através da técnica de difração de laser (equipamento Mastersizer 2000[®]). O índice de refração utilizado foi 1,349, específico para o leite de ovelha (RAMOS; JUAREZ, 2011). Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os parâmetros utilizados foram o diâmetro médio das partículas, considerando a distribuição por volume ($D_{4,3}$) e a uniformidade da distribuição (Span), calculada através da equação 1, onde $d_{0,9}$, $d_{0,1}$ e $d_{0,5}$ são os diâmetros de partículas determinados a 90%, 10% e 50% da distribuição acumulativa, respectivamente. Também foi avaliada a área de superfície específica, considerando área total das partículas dividida pelo peso total.

$$\text{(equação 1) Span} = \frac{d_{0,9} - d_{0,1}}{d_{0,5}}$$

Estas análises foram realizadas nos meses de maio e junho e setembro a novembro de 2011.

2.3 *Análise Estatística*

Foi realizada análise de variância (ANOVA) para determinação do comportamento reológico das amostras, avaliando-se o efeito dos tratamentos aplicados (leite fresco, resfriado e congelado). Os fluidos newtonianos apresentam valor de η igual a 1, porém quando apresentam comportamento de fluido não-newtoniano o valor de η é diferente de 1. Esta mesma análise estatística foi aplicada para avaliar o efeito dos tratamentos aplicados sobre os valores de viscosidade, a uma velocidade fixa de 60 rpm.

Os valores de diâmetro médio das partículas ($D_{4,3}$), uniformidade da distribuição (Span) e área de superfície específica foram avaliados através de ANOVA, para determinar se os tratamentos aplicados exerceram algum efeito sobre estas variáveis.

Utilizou-se o teste de Tukey para verificar diferenças entre as médias dos tratamentos.

Foi estimado o coeficiente de correlação de Pearson para avaliar a relação entre a viscosidade e os teores de gordura e proteína nas amostras de leite, considerando o nível de significância de 5%. Foi considerada correlação positiva forte valores entre 0,7 a 1, moderada de 0,3 a 0,7 e fraca 0 a 0,3; e correlação negativa forte valores entre -0,7 a -1, moderada -0,3 a -0,7 e fraca 0 a -0,3 (BARBETTA, 2007).

Para avaliar o efeito do conteúdo de gordura e proteína do leite e do diâmetro médio das partículas sobre a viscosidade das amostras foi realizada análise de regressão múltipla para cada tratamento aplicado.

Utilizou-se o software SPSS 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL).

3. Resultados e discussão

As amostras de leite fresco, resfriado e congelado demonstraram comportamento de fluido newtoniano, devido à relação linear entre a taxa de deformação (*shear rate*) e a tensão de cisalhamento (*shear stress*) em todas as amostras analisadas, durante todos os meses de estudo. O comportamento newtoniano das amostras analisadas caracteriza-se por apresentar viscosidade constante, independente da taxa de cisalhamento (VACLAVIK; CHRISTIAN, 2008), possibilitando fixar uma velocidade para avaliar a viscosidade das amostras. Na **Tabela 1** são apresentados o índice de escoamento (η), permitindo confirmar o comportamento reológico das amostras, e os valores médios de viscosidade para as amostras de leite fresco, resfriado e congelado, a uma velocidade de 60 rpm. Não houve diferença entre os tratamentos aplicados ($P > 0,05$) para o valor de η , sendo as amostras consideradas newtonianas por apresentarem η igual a 1. Para os valores de viscosidade, houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos aplicados, encontrando-se maior viscosidade nas amostras de leite resfriado.

Tabela 1

Valores médios e desvios-padrão do índice de escoamento (η), obtido através da aplicação do modelo da Lei da Potência, e médias de viscosidade, à velocidade fixa de 60 rpm, nas amostras de leite fresco, resfriado e congelado de ovelhas da raça Lacaune de quatro propriedades da região Serrana do Rio Grande do Sul/Brasil, no período de abril a junho e setembro a dezembro de 2011.

Amostra	Índice de escoamento (η)	Viscosidade (mPa.s)
Leite fresco	1,033 \pm 0,066 ^a	2,64 \pm 0,21 ^a
Leite resfriado	1,029 \pm 0,094 ^a	3,30 \pm 0,86 ^b
Leite congelado	1,010 \pm 0,052 ^a	2,65 \pm 0,17 ^a

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ($\alpha = 0,05$).

O leite cru exibe propriedades não-newtonianas quando é mantido sob condições que favorecem a aglutinação dos glóbulos de gordura pelo frio (FOX; MCSWEENEY, 1998). Corroborando esta afirmação, McCarthy (2011) considera o leite integral como sendo newtoniano sob a condição de apresentar-se em temperatura superior a 40°C, na qual a gordura do leite está completamente fundida e não há aglutinação dos glóbulos devido a baixas temperaturas. Contudo, no presente estudo todas as amostras apresentaram comportamento de fluido newtoniano, inclusive as armazenadas sob refrigeração, por sete dias.

A viscosidade do leite está relacionada, principalmente, com o volume das micelas de caseína (DEWAN et al., 1973). Durante o resfriamento do leite, as micelas de caseína atingem maior volume e parte destas, especialmente a β -caseína, torna-se dissociada, por haver enfraquecimento das ligações a baixas temperaturas, resultando em aumento da viscosidade (WALSTRA et al., 2006). Além disso, durante a estocagem pelo frio, bactérias psicrófilas multiplicam-se no leite e produzem lipases e proteases (DEETH, 2006), havendo uma correlação positiva entre a contagem destas bactérias e o aumento da viscosidade do leite, devido à atividade destas enzimas (PINTO et al., 2006). A lipólise decorrente produz ácidos graxos livres que provocam diminuição no pH, e este aumento na acidez do leite provoca dissolução do fosfato de cálcio coloidal, dissolvendo parte das caseínas (WALSTRA et al., 2006). A proteólise desestabiliza as micelas, com a consequente coagulação (NÖRNBERG et al., 2009). Corroborando estas

afirmações, a viscosidade do leite aumentou durante a refrigeração, embora não tenha alterado o comportamento do tipo newtoniano.

O comportamento reológico e a viscosidade do leite dependem, em grande parte, do seu conteúdo de caseína e gordura. A participação da lactose e das proteínas do soro é relativamente pequena, sendo a viscosidade influenciada principalmente pelo estado e concentração de micelas de caseína, seguida pela gordura do leite (MCCARTHY, 2011). Comprovando esta afirmação, houve forte correlação entre a viscosidade e o teor de proteína do leite para as amostras de leite fresco ($r = 0,78$) e congelado ($r = 0,79$), contudo para o leite resfriado a correlação foi fraca ($r = 0,07$). Esta fraca correlação pode estar associada a maiores transformações no leite submetido ao resfriamento. A correlação entre a viscosidade e o teor de gordura do leite foi moderada para as amostras de leite fresco ($r = 0,49$) e forte para as amostras de leite congelado ($r = 0,72$), sendo, da mesma forma que na proteína, fraca para o leite resfriado ($r = 0,19$). Todas as correlações foram positivas.

A viscosidade do leite aumenta de forma não linear com o aumento da concentração de sólidos totais, devido à diminuição do conteúdo de água, causando aumento da interação entre as micelas de caseína e diminuição da distância entre estas (BIENVENUE et al., 2003). Devido a este fato, o leite de ovelha apresenta maior viscosidade quando comparado ao leite de outras espécies (PARK, 2007). Segundo Ramos e Juarez (2011), a viscosidade do leite de ovelha situa-se na faixa de 2,86 a 3,93 mPa.s, semelhante ao valor encontrado no presente estudo para o leite de ovelha fresco. Embora as amostras tenham sido submetidas à refrigeração e ao congelamento, os valores de viscosidade encontrados ainda incluem-se no intervalo citado.

Em estudo realizado por Katsiari et al. (2002), a viscosidade do leite de ovelha fresco e congelado por até seis meses foi comparada. As amostras de leite fresco e congelado por dois, quatro e seis meses apresentaram viscosidade superior quando comparada ao presente estudo. O leite fresco obteve viscosidade de 2,93 mPa.s e as amostras de leite congelado apresentaram valores de 2,95, 2,97 e 3,28 mPa.s aos dois, quatro e seis meses de congelamento, respectivamente. Segundo os autores houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre a viscosidade do leite fresco e congelado, ocorrendo aumento de acordo com o tempo de armazenamento. Do contrário, no presente estudo, o leite congelado não apresentou diferença de viscosidade com o leite fresco, provavelmente devido ao menor tempo de estocagem. Segundo Bienvenue et al.

(2003) um maior período de armazenamento pode aumentar a viscosidade devido ao rearranjo da estrutura das caseínas, resultando em aumento do número ou da força das ligações entre as micelas.

O diâmetro médio das partículas do leite não apresentou diferenças entre os tratamentos estudados ($P > 0,05$), porém a uniformidade da distribuição destas e a área de superfície específica diferiu significativamente. Os parâmetros analisados encontram-se na **Tabela 2**.

Tabela 2

Diâmetro médio das partículas ($D_{4,3}$), uniformidade da distribuição das partículas (Span) e área de superfície específica (ASE – m^2/g) em amostras de leite fresco, resfriado e congelado de ovelhas da raça Lacaune de quatro propriedades da região Serrana do Rio Grande do Sul/Brasil, no período de maio e junho e setembro a novembro de 2011.

	$D_{4,3}$	Span	ASE (m^2/g)
Leite Fresco	$0,782 \pm 0,344^a$	$9,693 \pm 0,513^a$	$38,611 \pm 1,731^a$
Leite Resfriado	$0,735 \pm 0,080^a$	$8,922 \pm 0,838^b$	$35,478 \pm 2,460^b$
Leite Congelado	$0,630 \pm 0,077^a$	$9,283 \pm 0,368^{ab}$	$39,122 \pm 2,425^a$

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ($\alpha = 0,05$).

A estabilidade física do leite depende do tamanho das partículas presentes, sendo que estas variam consideravelmente (WALSTRA et al., 2006) e devido a isso a uniformidade da distribuição (Span) apresentou valores altos no presente estudo, indicando falta de homogeneidade no tamanho. Os glóbulos de gordura do leite apresentam uma variação de tamanho entre 0,1 a 15 μm , sendo que 75% destes apresentam tamanho inferior a 1 μm (WALSTRA et al., 2006). Em estudo realizado por Ménard et al. (2010) o diâmetro médio do glóbulo de gordura do leite de vaca foi de $3,88 \pm 0,18 \mu m$, enquanto que no leite de búfala este valor foi de $5,18 \pm 0,04 \mu m$. As micelas de caseína estão presentes no leite na forma de partículas mais ou menos esféricas, com tamanho médio de 0,1 μm , variando de 0,04 a 0,3 μm (WALSTRA et al., 2006). Em estudo realizado por Pierre et al. (1995), as micelas de caseína do leite de cabra fresco apresentaram diâmetro médio de 0,237 μm . Como pode ser observado, as pesquisas realizadas são voltadas para o estudo do diâmetro médio de componentes

específicos do leite, tais como glóbulos de gordura e micelas de caseína. No presente estudo verificou-se o diâmetro médio de todas as partículas presentes no leite, abrangendo o tamanho de 0,02 a 2000 μm (Mastersizer 2000[®]), não havendo modificações no diâmetro após o resfriamento ou congelamento do leite.

A área de superfície específica representa a área disponível por grama, sendo que uma diminuição no diâmetro das partículas presentes gera um aumento da área disponível e vice-versa. Apesar de não ter sido observado diferenças no tamanho das partículas após resfriamento e congelamento do leite, por sete dias, ocorreu diminuição significativa ($P < 0,05$) na área de superfície específica nas amostras de leite resfriado.

Mudanças no tamanho dos glóbulos de gordura podem causar diferenças de até 5% na viscosidade e o aumento de volume das micelas de caseína, causado pela refrigeração do leite, resulta em aumento da viscosidade (WALSTRA et al., 2006). A **Tabela 3** apresenta as equações de regressão múltipla e o coeficiente de determinação (R^2) da viscosidade em função dos conteúdos de gordura e proteína e do diâmetro médio das partículas do leite, separadas de acordo com os tratamentos aplicados.

Tabela 3

Equações de regressão múltipla e coeficiente de determinação (R^2) da viscosidade em função dos conteúdos de gordura e proteína e do diâmetro médio das partículas do leite de ovelhas da raça Lacaune de quatro propriedades da região Serrana do Rio Grande do Sul/Brasil, no período de maio e junho e setembro a novembro de 2011, separadas de acordo com os tratamentos aplicados.

Tratamento	Equação	R^2
Leite Fresco	$y = - 12,20 + 0,13*\text{gordura} + 2,70*\text{proteína} - 0,33*D_{4,3}$	0,89
Leite Resfriado	$y = - 42,27 + 0,35*\text{gordura} + 7,61*\text{proteína} + 4,03*D_{4,3}$	0,85
Leite Congelado	$y = - 6,40 + 0,11*\text{gordura} + 1,53*\text{proteína} + 0,51*D_{4,3}$	0,95

Walstra et al. (2006) afirmam que alterações na viscosidade do leite podem ser causadas por variações na distribuição dos componentes, tais como glóbulos de gordura e micelas de caseína. Contudo, através da análise dos modelos de regressão, foi possível identificar que os conteúdos de gordura e proteína e o diâmetro médio das partículas do leite não interferiram de maneira significativa ($P > 0,05$) na viscosidade do leite, em todos os tratamentos aplicados.

4. Conclusão

O leite apresentou comportamento de fluido newtoniano, não havendo alteração deste comportamento após resfriamento e congelamento, por sete dias. A viscosidade das amostras não foi afetada pelo congelamento do leite, porém o resfriamento provocou aumento deste parâmetro analisado. A distribuição do tamanho médio das partículas do leite ovino não se apresentou de forma homogênea, pois o leite apresenta grande variabilidade no tamanho de partículas presentes. O conteúdo de gordura e proteína das amostras e o diâmetro médio das partículas presentes não interferiram na viscosidade do leite em todos os tratamentos aplicados.

De acordo com os resultados apresentados pode-se concluir que o congelamento do leite, por até sete dias, não interfere na sua caracterização físico-química, permitindo o armazenamento da matéria-prima até obtenção de volume suficiente para o processamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Casa da Ovelha, seus técnicos e associados, por permitirem as coletas de leite.

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Referências

Barbetta, P.A., 2007. Estatística aplicada às ciências sociais. 7 ed. Florianópolis: EditoraUFSC.

Bienvenue, A., Jiménez-Flores, R., Singh, H., 2003. Rheological properties of concentrated skim milk: importance of soluble minerals in the changes in viscosity during storage. *Journal of Dairy Science* 86:3813–3821.

Deeth, H.C., 2006. Lipoprotein lipase and lipolysis in milk. *International Dairy Journal* 16: 555–562.

Dewan, R.K., Bloomfield, V.A., Chudgar, A., Morr, C.V., 1973. Viscosity and voluminosity of bovine milk casein micelles. *Journal of Dairy Science* 56: 699 – 705.

Dimassi, O., Neidhart, S., Carle, R., Mertz, L., Migliore, G., Mané-Bielfeldt, A., Valle Zárate, A., 2005. Cheese production potential of milk of Dahlem Cashmere goats from a rheological point of view. *Small Ruminant Research* 57: 31–36.

Ertugay, M.F., Şengül, M., Şengül, M., 2004. Effect of Ultrasound Treatment on Milk Homogenisation and Particle Size Distribution of Fat. *Turkish Journal of Veterinary Animal Sciences* 28: 303-308.

Farah, Z., Rüegg, M.W., 1989. The size distribution of casein micelles in camel milk. *Food Microstructure*, 8: 211-216

Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., 1998. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. London: Blackie Academic, 478 p.

Katsiari, M.C., Voutsinas, L.P., Kondyli, E., 2002. Manufacture of yoghurt from stored frozen sheep's milk. *Food Chemistry* 77: 413–420.

McCarthy, O.J., 2011. Rheology of liquid and semi-solid milk products. In: Fuquay, J.W.; Fox, P.F.; Mcsweeney, P.L.H. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2 ed. Elsevier. Vol. 4, p. 520 – 531.

Ménard, O., Ahmad, S., Rousseau, F., Briard-Bion, V., Gaucheron, F., Lopez, C. Buffalo vs. cow milk fat globules: Size distribution, zeta-potential, compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane. *Food Chemistry* 120: 544–551.

Michalski, M., Briard, V., Michel, F., 2001. Optical parameters of milk fat globules for laser light scattering measurements. *Lait* 81: 787-796

Nörnberg, M.F.B.L., Tondo, E.C., Brandelli, A., 2009. Bactérias psicrotróficas e atividade proteolítica no leite cru refrigerado. *Acta Scientiae Veterinariae* 37(2): 157 – 163.

Park, Y.W., 2007. Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 68: 73–87.

Pierre, A., Michel, F., Graet, L., 1995. Variation in size of goat milk casein micelles related to casein genotype. *Lait* 75: 489 – 502.

Pinto, C.L.O., Martins, M.L., Vanetti, M.C.D., 2006. Qualidade microbiológica de leite cru refrigerado e isolamento de bactérias psicrotróficas proteolíticas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 26(3): 645-651.

Ramos, M., Juarez, M., 2011. Sheep Milk. In: Fuquay, J.W.; Fox, P.F.; Mcsweeney, P.L.H. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2 ed. Elsevier. Vol. 3, p. 494 – 502.

Vaclavik, V.A., Christian, E.W., 2008. *Essentials of Food Science*. 3 ed. Springer Science. 571 p.

Vaclavik, V.A., Christian, E.W., 2008. *Essentials of Food Science*. 3 ed. Springer Science. 565 p.

Vélez-Ruiz, J.F., Barbosa-Cánovas, G.V., 1998. Rheological properties of concentrated milk as a function of concentration, temperature and storage time. *Journal of Food Engineering* 35: 177-190.

Walstra, P., Wouters, J.T.M., Geurts, T.J., 2006. Dairy science and technology. 2 ed. Taylor & Francis. 763 p.

7 CONCLUSÕES

A composição química do leite de ovelhas da raça Lacaune não sofreu variações com a refrigeração e o congelamento das amostras, por um período de sete dias. Contudo, houve variação sazonal nos teores de proteína e lactose. Na caracterização física das amostras, incluindo densidade, pH, acidez titulável, prova de estabilidade ao álcool e estabilidade térmica, as amostras de leite resfriado diferiram significativamente das amostras de leite fresco e congelado. O leite resfriado, possivelmente devido à ação microbiana, apresentou-se mais ácido, com a consequente perda da estabilidade.

O resfriamento e o congelamento das amostras não afetaram o rendimento na produção da coalhada, contudo a coalhada de leite congelado apresentou maior rendimento quando comparada à coalhada de leite resfriado. O soro proveniente do leite resfriado apresentou menor pH e maior acidez titulável, estando estes fatos relacionados à maior acidez da matéria-prima utilizada no processo.

Todas as amostras analisadas apresentaram comportamento de fluido newtoniano, exibindo viscosidade constante, independente da taxa de cisalhamento. O leite resfriado apresentou maior viscosidade, devido a alterações decorrentes do resfriamento. O diâmetro médio das partículas presentes nas amostras de leite fresco, resfriado e congelado não apresentou diferenças significativas, contudo a uniformidade da distribuição não se apresentou de forma homogênea, pois o leite apresenta grande variabilidade no tamanho de partículas presentes. Apesar de a viscosidade estar relacionada com o conteúdo de proteína e gordura do leite, os teores destes componentes, juntamente com o diâmetro médio das partículas presentes, não interferiram de forma significativa na viscosidade.

De acordo com os resultados apresentados pode-se concluir que o congelamento do leite, por até sete dias, não interfere na sua caracterização físico-química, podendo ser uma solução para o produtor e para a indústria no que diz respeito ao maior tempo de armazenamento do leite.

Como pode ser observado, o leite de ovelha é um produto diferenciado, devido à sua riqueza em sólidos. Devido a isso, os derivados lácteos ovinos possuem grande valor agregado e representam maior remuneração aos produtores e demais elos da cadeia produtiva. Portanto, por ser um ramo de recente organização no país, a ovinocultura leiteira merece atenção no que se refere à realização de mais estudos para

caracterizar o leite desta espécie, a fim de fundamentar a padronização dos seus parâmetros de qualidade, para que possa ser julgado de acordo com as suas especificidades, em legislação própria.

REFERÊNCIAS

ALAIS, C. **Ciencia de la leche - Principios de técnica lechera**. 4. ed. Barcelona: Editorial Reverté, S.A., 1985. 873 p.

ASSENAT, L. Leche de oveja. In: LUQUET, F.M. **Leche y productos lacteos: vaca – oveja – cabra**. Zaragoza: Editorial Acribia, S.A., 1991. v. 1, Parte II, p. 275 – 339.

BARILLET, F., MARIE, C., JACQUIN, M., LAGRIFFOUL, G., ASTRUC, J.M. The French Lacaune dairy sheep breed: use in France and abroad in the last 40 years. **Livestock Production Science**, v. 71, p. 17–29, 2001.

BARRON, L.J.R.; LABASTIDA, E.V.; PEREA, S.; CHÁVARRI, F.; VEGA, C.; VICENTE, M.S.; TORRES, M.I.; NÁJERA, A.I.; VIRTO, M.; SANTISTEBAN, A.; , F.J.; ALBISU, M.; SALMEÓN, J.; MENDÍA, C.; TORRE, P.; IBÁÑEZ, F.C.; RENOBALLES, M. Seasonal changes in the composition of bulk raw ewe's milk used for Idiazabal cheese manufacture. **International Dairy Journal**, v. 11, p. 771–778, 2001.

BEHMER, M.L.A. **Tecnologia do leite**. 10. ed. São Paulo: Nobel, 1980. 322 p.

BERGER, Y.M. Milking equipment for dairy ewes. In: GREAT LAKES DAIRY SHEEP SYMPOSIUM, 7, 2001. Eau Claire, Wisconsin, p. 9-16, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 68 de 12 de Dezembro de 2006. **Diário Oficial da União**, 14 dez. Seção 1, p. 8.

BRITO, M.A. Variação dos perfis metabólico, hematológico e lácteo em ovinos leiteiros na Serra Gaúcha. 2004. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

BRITO, M.A.; GONZÁLEZ, F.D.; RIBEIRO, L.A.; CAMPOS, R.; LACERDA, L.; BARBOSA, P.R.; BERGMAN, G. Composição do sangue e do leite em ovinos leiteiros do sul do Brasil: variações na gestação e na lactação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 942 – 948, mai. – jun. 2006.

CORRÊA, G.F., OSÓRIO, M.T.M.; KREMER, R.; OSÓRIO, J.C.S.; PERDIGÓN, F.; SOSA, L. Produção e composição química do leite em diferentes genótipos ovinos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 936-941, mai. – jun., 2006.

DEETH, H.C. Lipoprotein lipase and lipolysis in milk. **International Dairy Journal**, v. 16, p. 555–562, 2006.

EMBRAPA. Principais indicadores leite e derivados: boletim eletrônico mensal. Coordenadores: Kenya Beatriz Siqueira e Alziro Vasconcelos Carneiro. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, v. 5, n.40, 14 mar. 2012. Disponível em: <http://www.cileite.com.br/sites/default/files/2012_02_indicadores_leite.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2012.

EMEDIATO, R.M.S., SIQUEIRA, E.R., STRADIOTTO, M.M., MAESTRÁ, S.A., GOMES, M.I.F.E., PICCININ, A., DOMINGUES, V.T.B. Queijo tipo Prato de leite de ovelhas alimentadas com dieta contendo gordura protegida. **Veterinária e Zootecnia**, v. 16, n.1, p. 228-238, 2009.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2009. FAOSTAT. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 15 mai. 2012.

FERREIRA, E.E.; BRANDÃO, P.R.G.; KLEIN, B.; PERES, A.E.C. **REM: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 58, n. 1, p. 83 – 87, jan. – mar. 2005.

FOX, P.F. Cheese – Overview. In: FUQUAY, J.W.; FOX, P.F.; MCSWEENEY, P.L.H. **Encyclopedia of dairy sciences**. 2. ed. Elsevier, 2011. v. 1, p. 534 – 543.

FOX, P.F., MCSWEENEY, P.L.H. **Dairy Chemistry and Biochemistry**. London: Blackie Academic, 1998. 478 p.

GOMES, V.; LIBERA, A.M.M.P.D.; MADUREIRA, K.M.; ARAÚJO, W.P. Influência do estágio de lactação na composição do leite de cabras (*Capra hircus*). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science** (2004), 41:339-342.

GONZALEZ, H.L.; FISCHER, V.; RIBEIRO, M.E.R.; GOMES, J.F.; STUMPF JR.; W.; SILVA, M.A. Avaliação da qualidade do leite na bacia leiteira de Pelotas, RS. Efeito dos meses do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1531-1543, 2004.

GUNASEKARAN, S.; AK, M.M. **Cheese rheology and texture**. CRC Press, 2003. 436 p.

ICAR. International Committee for Animal Recording. 2011. Dairy sheep milk enquiry, online database. Disponível em: < http://www.waap.it/sheep_enquiry/>. Acesso em: 09 mai. 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JAEGGI, J.J., WENDORFF, W.L., JOHNSON, M.E., ROMERO, J., BERGER, Y. Milk composition and cheese yield from hard and soft cheese manufactured from sheep milk. In: ANNUAL GREAT LAKES DAIRY SHEEP SYMPOSIUM, 10, 2004, Hudson, Wisconsin, USA. p. 132-142, 2004.

JANDAL, J.M. Comparative aspects of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 22, p.177 – 185, 1996.

KREMER, R.; ROSÉS, L.; RISTA, L.; BARBATO, G.; PERDIGÓN, F.; HERRERA, V. Machine milk yield and composition of non-dairy Corriedale sheep in Uruguay. **Small Ruminant Research**, v. 19, p. 9-14, 1996.

LARROSA, J.R.; KREMER, R. **Leche ovina y caprina – Una nueva alternativa agroindustrial**. Montevideo: Editorial Hemisferio Sur, 1990. 172 p.

MAHIEU, H. Factores que influyen na la composición de la leche. In: LUQUET, F.M. **Leche y productos lacteos: vaca – oveja – cabra**. Zaragoza: Editorial Acribia, S.A., 1991. v. 1, Parte I, Cap. 3 p. 117 – 179.

MARTINI, M., SCOLOZZI, C., CECCHI, F., MELE, M., SALARI, F. Relationship between morphometric characteristics of milk fat globules and the cheese making aptitude of sheep's milk. **Small Ruminant Research**, v. 74, p. 194–201, 2008.

MCCARTHY, O.J. Rheology of liquid and semi-solid milk products. In: FUQUAY, J.W.; FOX, P.F.; MCSWEENEY, P.L.H. **Encyclopedia of Dairy Sciences**. 2. ed. Elsevier., 2011. v. 4, p. 520 – 531.

NÖRNBERG, M.F.B.L., TONDO, E.C., BRANDELLI, A. Bactérias psicrotróficas e atividade proteolítica no leite cru refrigerado. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 37, n. 2, p. 157 – 163, 2009.

ORDÓÑEZ, J.A. Características gerais do leite e componentes fundamentais. In: _____. **Tecnologia de Alimentos – Alimentos de Origem Animal**. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2, cap. 1, p. 13 – 37.

PAOLO, F., ANDREA, S., PIERO, F., MASSIMO, M., PRIMO, M. Cheese yield: Factors of variation and predictive formulas. A review focused particularly on Grana type cheeses. **Ann. Fac. Medic. Vet. di Parma**, v. XXVIII, p. 211-232, 2008.

PINTO, C.L.O., MARTINS, M.L., VANETTI, M.C.D. Qualidade microbiológica de leite cru refrigerado e isolamento de bactérias psicrotróficas proteolíticas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 645-651, 2006.

QUIST, M.A.; LEBLANC, S.J.; HAND, K.J.; LAZENBY, D.; MIGLIOR, F.; KELTON, D.F. Milking-to-milking variability for milk yield, fat and protein percentage, and somatic cell count. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 3412 – 3423, 2008.

RAMOS, M.; JUAREZ, M. Sheep Milk. In: FUQUAY, J.W.; FOX, P.F.; MCSWEENEY, P.L.H. **Encyclopedia of dairy sciences**. 2. ed. Elsevier, 2011. v. 3, p. 494 – 502.

RAYNAL-LJUTOVAC, K.; PARK, Y.W.; GAUCHERON, F.; BOUHALLAB, S. Heat stability and enzymatic modifications of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, p. 207–220, 2007.

REIS G. L., ALVES A. A., LANA A. M. Q., COELHO S. G., SOUZA M. R., CERQUEIRA M. M. O. P., PENNA C. F. A. M. & MENDES E. D. M. Procedimentos de coleta de leite cru individual e sua relação com a composição físico-química e a contagem de células somáticas. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 1134 – 1138, 2007.

RIBEIRO, L.A.O. **Medicina de ovinos**. Porto Alegre: Pacartes, 2011. 198 p.

RIEL, R. Composición y estructura físico-química de la leche. In: BROCHU, E.; DUMAIS, R.; JULIEN, J.P.; NADEAU, J.P.; RIEL, R. **Ciencia y Tecnología de la Leche – Principios y aplicaciones**. Zaragoza: Editorial Acribia, S.A., 1991. Cap. 1, p.1–53.

SÁ, C.O.; SIQUEIRA, E.R.; SÁ, J.L.; FERNANDES, S. Influência do fotoperíodo no consumo alimentar, produção e composição do leite de ovelhas Bergamácia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 601 – 608, jun. 2005.

SALAMA, A.A.K.; SUCH, X.; CAJA, G.; ROVAI, M.; CASALS, R.; ALBANELL, E.; MARÍN, M.P.; MARTÍ, A. Effects of once versus twice daily milking throughout lactation on milk yield and milk composition in dairy goats. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 1673–1680, 2003.

SANTOS, R.A.; MENDONÇA, C.L.; AFONSO, J.A.B.; SIMÃO, L.C.V. Aspectos clínicos e características do leite em ovelhas com mastite induzida experimentalmente com *Staphylococcus aureus*. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 6 – 12, jan. 2007.

SCHOLZ, W. **Elaboración de quesos de oveja y de cabra**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1995. 145 p.

SEVI, A.; ALBENZIO, M.; MARINO, R.; SANTILLO, A.; MUSCIO, A. Effects of lambing season and stage of lactation on ewe milk quality. **Small Ruminant Research**, v. 51, p. 251–259, 2004.

SILVEIRA, P.R., ABREU, L.R. Rendimento e composição físico-química do queijo prato elaborado com leite pasteurizado pelo sistema HTST e injeção direta de vapor. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1340-1347, 2003.

SOUZA, A.C.K.O.; OSÓRIO, M.T.M.; OSÓRIO, J.C.S.; OLIVEIRA, N.M.; VAZ, C.M.S.; SOUZA, M.; CORRÊA, G.F. Produção, composição química e características físicas do leite de ovinos da raça corriedale. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n. 1, p. 73-77, jan. – mar. 2005.

STELWAGEN, K. Effect of milking frequency on mammary functioning and shape of the lactation curve. **Journal of Dairy Science**, v. 84, E. Suppl., p. E204 – E211, 2001.

TRONCO, V.M. **Manual para inspeção da qualidade do leite**. 4. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2010. 203 p.

VACLAVICK, V.A.; CHRISTIAN, E.W. **Essentials of food science**. 3. ed. Springer, 2008. 571 p.

VARNAM, A.H.; SUTHERLAND, J.P. **Milk and milk products – Technology, chemistry and microbiology**. Chapman & Hall, 1994. 451 p.

WALDNER, D. N.; STOKES, S. R.; JORDAN, E. R.; LOOPER, M. L. Managing milk composition: Normal sources of variation. **Oklahoma Cooperative Extension Service**. Disponível em: < <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-2028/ANSI-4016.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2011.

WALSTRA, P.; WOUTERS, J.T.M.; GEURTS, T.J. **Dairy science and technology**. 2. ed. Taylor & Francis, 2006. 763 p.

ZHANG, R.H., MUSTAFA, A.F., NG-KWAI-HANG, K.F., ZHAO, X., 2006. Effects of freezing on composition and fatty acid profiles of sheep milk and cheese. *Small Ruminant Research* 64, 203–210