

Características físico-químicas do leite de cabra submetidos à diferentes períodos de congelamento

Physicochemical characteristics of goat's milk submitted to different freezing periods

Características físico-químicas de la leche de cabra sometida a diferentes períodos de congelación

Recebido: 20/03/2021 | Revisado: 26/03/2021 | Aceito: 29/03/2021 | Publicado: 09/04/2021

Lílian Raquel do Nascimento Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4520-9823>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Brasil

E-mail: lilianraqlima@hotmail.com

Igor Filipe Leal Negreiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1073-3382>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Brasil

E-mail: igorleal91@hotmail.com

Edilene Ferreira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7073-7962>

Universidade Federal da Santa Catarina, Brasil

E-mail: silvaedilene16@hotmail.com

Lidiana de Siqueira Nunes Ramos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3016-4412>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Brasil

E-mail: lidiana@ifpi.edu.br

Resumo

O leite de cabra é considerado um dos alimentos mais completos por apresentar vários elementos químicos importantes para a nutrição humana. Entretanto, a irregularidade na oferta desse leite, resulta em insatisfação da indústria e do consumidor. Diante do exposto, objetivou-se, avaliar a influência de diferentes tempos de congelamento, como técnica de conservação, sob as características físico-químicas no leite de cabra. Foram coletadas amostras *in natura* de leite de cabra que representou o tempo zero e as mesmas amostras foram segmentadas e submetidas ao congelamento lento (-18 ± 2 °C), permanecendo congeladas por 30, 60, 90, 120 e 150 dias, sendo posteriormente descongeladas para realização das análises físico-químicas de gordura (%), sólidos não-gordurosos (%), densidade 15/15 °C, proteína (%), lactose (%), sais (%), pH, acidez em % ácido láctico e índice crioscópico (°H). Foram separadas amostras de leite de cabra *in natura* de cada produtor, para a realização do controle de qualidade microbiológico. Os parâmetros microbiológicos e físico-químicos do leite de cabra *in natura* encontraram-se dentro do preconizado pela legislação vigente. O leite de cabra pode ser submetido ao congelamento de até 150 dias sem sofrer interferência nas suas características físico-químicas. A conservação do leite de cabra pelo congelamento é uma técnica viável para solucionar a problemática de pequena produção de leite de cabra por animal e da sazonalidade dessa produção, regularizando seu estoque no mercado consumidor.

Palavras-chave: Parâmetros de leite de cabra; Congelamento de leite de cabra; Método de conservação do leite.

Abstract

Goat's milk is considered one of the most complete foods for presenting several important chemicals for human nutrition. However, the irregularity in the supply of such milk, resulting in dissatisfaction of industry and consumers. Given the above, if the objective was to evaluate the influence of different times of freezing as preservation technique, under the physical-chemical characteristics in goat's milk. Samples *in natura* goat were collected that represented the zero time and the same samples were targeted and subjected to slow freezing (-18 ± 2 °C), remaining frozen for 30, 60, 90, 120 and 150 days, and later thawed for achievement of Physicochemical fat analysis (%), non-fat solids (%), density of 15/15 °C, protein (%), lactose (%), salts (%), pH, acidity% lactic acid and cryoscopic index (° H). Goat milk samples were separated *in natura* of each producer for the establishment of the microbiological quality control. Microbiological and physico-chemical parameters *in natura* goat milk were within the recommended by law. Goat's milk may be subjected to the freezing of up to 150 days without suffering interference in their physicochemical characteristics. The conservation of goat milk by freezing is a viable technique to solve the problems of small-scale

production of goat milk per animal and the seasonal nature of this production, regulating their stock in the consumer market.

Keywords: Goat milk parameters; Freezing of goat's milk; Method of preserving milk.

Resumen

La leche de cabra se considera uno de los alimentos más completos porque tiene varios elementos químicos importantes para la nutrición humana. Sin embargo, la irregularidad en el suministro de esta leche provoca insatisfacción por parte de la industria y el consumidor. Dado lo anterior, el objetivo era evaluar la influencia de diferentes tiempos de congelación, como técnica de conservación, bajo las características físico-químicas de la leche de cabra. Se recogieron muestras frescas de leche de cabra que representaban cero tiempo y las mismas muestras se segmentaron y se sometieron a congelación lenta (-18 ± 2 °C), se congelaron durante 30, 60, 90, 120 y 150 días, y luego se descongelaron durante Análisis físico-químico de grasas (%), sólidos no grasos (%), densidad 15/15 °C, proteínas (%), lactosa (%), sales (%), pH, acidez en% de ácido láctico y índice crioscópico (° H). Se separaron muestras de leche fresca de cabra de cada productor para llevar a cabo un control de calidad microbiológico. Los parámetros microbiológicos y físico-químicos de la leche fresca de cabra estaban dentro de los límites de la legislación vigente. La leche de cabra se puede congelar hasta por 150 días sin sufrir interferencia con sus características físico-químicas. La conservación de la leche de cabra por congelación es una técnica viable para resolver el problema de la pequeña producción de leche de cabra por animal y la estacionalidad de esta producción, regularizando sus existencias en el mercado de consumo.

Palabras clave: Parámetros de la leche de cabra; Congelación de leche de cabra; Método de conservación de la leche.

1. Introdução

O leite de cabra é definido como o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de animais da espécie caprina sadios, bem alimentados e descansados (Brasil, 2000).

Em 2012 a produção na região nordeste abrigava 91% do rebanho caprino nacional, e estimava-se que a produção de leite seria de 35.740.188 litros/ano, uma média de 97.918 litros/dia (Pádua *et al.*, 2019). De acordo com o censo agropecuário 2017 os cinco primeiros estados que mais se destacaram em números de estabelecimentos que produziram leite foram: Bahia, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Minas Gerais, com relação a quantidade de leite produzido, os cinco primeiros estados que se sobressaíram foram: Paraíba com 5.627.000 litros, Bahia com 4.665.000 litros, Minas Gerais com 4.089.000 litros, Pernambuco com 3.417.000 litros e Rio Grande do Norte com 1.494.000 litros, o Piauí ficou em nono lugar, com uma produção de 708.000 litros de leite de cabra (IBGE, 2018).

Apesar da caprinocultura leiteira, em várias regiões do Brasil estar em expansão, problemas relacionados à sazonalidade, crescimento do rebanho caprino, falta de investimento tecnológico e manejo inadequado dos animais, tornam-se entraves ao sistema de produção. Diante de tais problemas, ocorre irregularidade na oferta de leite, resultando em insatisfação da indústria e do consumidor devido à disponibilidade e os preços dos produtos caprinos adquiridos, muitas vezes, não atenderem às expectativas (Pinto Júnior *et al.*, 2012).

Além disso, a baixa aceitação e consumo do leite de cabra torna-se um entrave para o crescimento do setor produtivo, principalmente, das regiões produtoras, nas quais a matéria-prima tem importante papel na economia, com isso, as pesquisas relacionadas a avaliar a qualidade do mesmo visa melhorar esse cenário, visando o desenvolvimento de novos produtos que sejam aceitos pelos consumidores, aumentando a adesão por esse alimento tão rico (Santos *et al.*, 2019).

Além da oferta em quantidade para a indústria e mercado consumidor, o leite de cabra precisa atender padrões físico-químicos legais. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) através da Instrução Normativa nº 37 (IN 37) determina os padrões de identidade e qualidade exigidos ao leite de cabra e também na tentativa de solucionar o problema da regularidade de oferta desse leite instituiu a possibilidade de congelamento do mesmo (Brasil, 2000).

Diferentes regiões do mundo vêm pesquisando a utilização do leite de cabra em relação às suas propriedades físicas e químicas, processamento, qualidade tecnológica, aceitação e benefícios à saúde humana (Pinto Júnior *et al.*, 2012).

Além disso, o leite congelado pode ajudar os produtores a superar a sazonalidade da produção de leite de cabra, bem como sua baixa produção e os curtos períodos de lactação, além de evitar também o descarte de leite em alguns períodos especiais (Yu *et al.*, 2021).

Entretanto, a Instrução Normativa nº 37 (Brasil, 2000) não estabelece o tempo máximo permitido para o congelamento do leite de cabra, sendo o efeito do tempo deste tratamento térmico sobre características físico-químicas desse leite ainda pouco conhecido.

Diante do acima exposto, a análise das propriedades físico-químicas do leite de cabra antes e após a conservação pelo congelamento, determinando-se o máximo tempo que este alimento deverá ser exposto a tal processo, é fundamental para a obtenção de uma matéria-prima com parâmetros adequados para o processamento industrial, assegurando a elaboração e implantação de programas para otimizar a qualidade do leite e seus derivados, permitindo ganhos de produtividade e também oferta de alimento nutricionalmente adequado para os consumidores.

Objetivou-se através da presente pesquisa verificar a viabilidade da técnica de conservação do leite de cabra *in natura*, pelo congelamento durante seis meses, quanto aos parâmetros microbiológicos e físico-químicas de gordura (%), sólidos não-gordurosos (%), densidade 15/15 °C, proteína (%), lactose (%), sais (%), pH, acidez em % ácido láctico e índice crioscópico (°H).

2. Metodologia

A presente pesquisa é de natureza tanto qualitativa quanto quantitativa visto que trabalhou com as relações entre as variáveis testadas, bem com os resultados encontrados, a partir das interações das amostras analisadas, que permitiu sua caracterização, além disso, a partir das observações durante as análises, surgiram certezas comprovadas de acordo com os dados experimentais dos tempos analisados, como descreve Koche, (2011).

2.1 Aquisição do leite de cabra

O leite de cabra foi obtido de seis produtores do município de São José do Divino-PI, o qual foi transportado devidamente identificado em caixas isotérmicas e levado ao laboratório de Bromatologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) *campus* Teresina Central para a realização das análises físico-químicas.

As amostras de leite de cabra provenientes de cada produtor foram segmentadas em aproximadamente 150 mL e distribuídas em seis frascos de polietileno, devidamente identificados com nome do produtor, data de coleta e data de análise. A primeira amostra *in natura* representou o tempo zero e as demais amostras foram submetidas ao congelamento lento (-18 ± 2 °C), permanecendo congeladas por 30, 60, 90, 120 e 150 dias, sendo posteriormente descongeladas sob temperatura de refrigeração, na data prevista para realização das análises físico-químicas.

Foram separadas amostras de leite de cabra *in natura* de cada produtor, dentro de frascos de vidro (identificados e previamente esterilizados) com volume aproximado de 250 mL, abrigados em isopor contendo gelo, de modo a manter a temperatura de refrigeração e não descaracterizar a veracidade das análises e direcionada ao Laboratório de Controle Microbiológico do Núcleo de Estudos, Pesquisas e Processamento de Alimentos – NUEPPA do Centro de Ciências Agrárias – CCA da Universidade Federal do Piauí - UFPI, para a realização do controle de qualidade microbiológico.

Durante o período de congelamento e no momento do descongelamento foram aferidas as temperaturas das amostras do leite por meio de um termômetro infravermelho com mira a laser para conferir a estabilidade térmica entre as amostras e

também foram analisadas as temperaturas das amostras do leite *in natura* e amostras de leite após descongelamento antes da análise através de análise ultrassônica.

2.2 Análises microbiológicas e físico-químicas do leite de cabra

No controle de qualidade microbiológico do leite de cabra *in natura*, foram realizados os testes indicativos para coliformes totais (30/35 °C), coliformes termotolerantes (45 °C) e contagem padrão em placas (UFC/mL), segundo Brasil (2003).

A avaliação das características físico-químicas do leite foi realizada por meio de analisador de leite Ultrassônico Master Complete AKSO®, onde foram avaliados os seguintes parâmetros: gordura (%), sólidos não-gordurosos (%), densidade 15/15 °C, proteína (%), lactose (%), sais (%) e pH.

Cada amostra para análise físico-química foi analisada em duplicata, seguindo as recomendações do fabricante do equipamento, onde inicialmente agitou-se o leite utilizando os próprios vasilhames que o mesmo foi transportado, de modo a obter-se uma maior homogeneidade da amostra. Em seguida o leite foi filtrado e transferido 25 mL da amostra para a cubeta que foi acoplada ao aparelho, de modo que o leite estivesse entre 5 e 35 °C. Feito isso, a cubeta foi posicionada no aparelho, a seguir foi confirmado o tipo de leite a ser analisado no equipamento, e com isso foi pressionada a tecla “entrar” para iniciar a análise. Ao final, os valores foram expostos no display do aparelho, de modo a serem computados os resultados.

As análises do ponto de congelamento do leite e da água adicionada foram feitas por meio de crioscópio eletrônico microprocessador ITR-MK 540 FLEX II. Cada amostra foi analisada em duplicata, seguindo as recomendações do fabricante do equipamento, onde inicialmente pipetou-se 2,5 mL da amostra (não gelada) de leite no vidro/recipiente do equipamento, na qual, a seguir foi acionado o cabeçote do equipamento para baixo até que o vidro contendo a amostra fosse encaixado corretamente no aparelho. No momento de conclusão do teste, o aparelho emitiu um sinal sonoro indicando a conclusão da análise, sendo que o resultado obtido fica retido no display do aparelho, até que uma nova análise fosse feita.

A determinação de acidez expressa em % de ácido láctico, foi realizada por meio do cálculo do percentual de ácido láctico presente na amostra pela titulação com NaOH 0,1% (IAL, 2008).

2.3 Análises Estatísticas

Os dados obtidos das análises microbiológicas do leite *in natura* foram submetidos à estatística descritiva básica e os dados físico-químicos obtidos por meio do estudo em delineamento de blocos ao acaso foram submetidos à análise de variância e teste regressão a 5%, segundo os procedimentos Statistical Analysis System (SAS, 2011).

3. Resultados e Discussão

Por meio de análise microbiológica do leite *in natura* foram obtidas médias de 3,36 NMP/mL para coliformes 30/35 °C, menores que 3 NMP/mL para coliformes 45 °C e $4,1 \times 10^4$ UFC para mesófilos. Esses valores encontraram-se de acordo com os descritos na IN 37 (Brasil, 2000) revelando uma qualidade higiênico-sanitária satisfatório desta matéria-prima.

Nos resultados obtidos por Balthazar *et al.* (2019), sobre a aplicação de alguns métodos para avaliar a qualidade microbiológica e físico-química do leite de ovelha, na amostra congelada por até 180 dias, observaram que após o congelamento e armazenamento não houve contaminação, ou seja, baixas temperaturas associadas a super esfriamento lento e baixa nucleação de gelo foram associadas à perda de água intracelular devido à pressão osmótica elevada, com isso, as membranas celulares das bactérias são danificadas durante o congelamento devido ao estresse mecânico dos cristais de gelo que são formados no meio externo ou no interior das células, levando ao comprometimento da função celular e a atividade metabólica de algumas bactérias, ocasionando a inativação das mesmas.

A avaliação do leite de cabra *in natura* (tempo 0), quanto os parâmetros físico-químicos, demonstrou valores de 4,17% de gordura; 9,17% de SNG; 1,0328 g/mL de densidade; 3,29 % de proteína; 5,05% de lactose; 0,78% de sais; 6,27 de pH e -0,571 °H de índice crioscópico (Tabela 1), sendo que esses também se encontraram dentro do preconizado pela IN 37 (Brasil, 2000) que estabelece os padrões de identidade e de qualidade do leite de cabra.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos de leite de cabra submetido a diferentes tempos de congelamento.

Variáveis analisadas*	Tempo de Congelamento (Dias)						CV (%)
	0*	30	60	90	120	150	
Gordura (%)	4,17	4,09	4,36	4,30	4,26	4,31	5,35
SNG (%) ¹	9,17	9,18	9,44	9,20	9,31	9,17	2,45
Proteína (%)	3,29	3,30	3,38	3,29	3,38	3,28	2,66
Lactose (%)	5,05	5,09	5,20	5,07	5,14	5,05	2,40
Sais (%)	0,78	0,78	0,80	0,78	0,79	0,78	2,26
Ph	6,27	6,26	6,15	6,27	6,17	6,16	2,24
Acidez (%) ácido láctico	0,19	0,17	0,17	0,18	0,18	0,17	4,24
Índice Crioscópico (-°H) ²	0,571	0,608	0,606	0,575	0,572	0,570	3,06
Densidade 15/15 °C	1,0328	1,0329	1,0337	1,0328	1,0332	1,0327	3,03

*Leite de cabra *in natura* (tempo 0). ¹SNG = Sólidos não-gordurosos (%). ²Efeito de regressão quadrático (P<0,05).
 Fonte: Autores (2019).

A acidez do leite de cabra *in natura* (tempo 0) em (%) ácido láctico, mostrou-se com 0,1% a mais do que é permitido pela legislação vigente, entretanto não diferiu estatisticamente (P>0,05) (Tabela 1) em relação as amostras de leites submetidas aos diferentes tempos de congelamentos. Valendo-se ressaltar, que as mesmas obtiveram valores médios absolutos para a acidez em (%) ácido láctico variando entre 0,17 a 0,18%, portanto obedecendo a exigência preconizada legalmente (Brasil, 2000).

Segundo Coelho *et al.* (2018) a acidez pode ser utilizada como indicador do estado de conservação do leite em função da relação entre disponibilidade de lactose e produção de ácido láctico por ação microbiana, acarretando aumento na acidez e diminuição no teor de lactose.

Tal fato não foi observado no leite de cabra *in natura* avaliado na presente pesquisa, pois o mesmo apresentou bom padrão microbiológico, bem como a lactose mensurada ter sido de 5,05% estando dentro da faixa mínima prevista legalmente que é de 4,3% (Brasil, 2000).

Xavier *et al.* (2020) encontraram um valor médio para acidez de 0,17% ao avaliarem o leite de cabra em 3 estágios de congelamento, tal resultado foi semelhante ao valor mínimo encontrado na presente pesquisa, que também foi de 0,17%, tais dados comprovam a estabilidade do leite de cabra frente a aplicação do congelamento.

Outro leite que também ainda é pouco consumido é o leite de jumenta, Cavalcanti *et al.* (2021) analisaram as características físico-químicas do leite de jumenta, e obtiveram resultados que mostraram que a maior concentração de lactose em relação a proteína e gordura sugerem que esse tipo de leite apresenta baixas propriedades alergênicas e pode contribuir para o desenvolvimento da microbiota intestinal, principalmente em lactentes, além de o alto teor de lactose contribuir para o gosto e palatabilidade bem como ser uma importante fonte de energia. Essa característica também pode ser atribuída ao leite de cabra, visto que o mesmo também apresentou um teor de lactose maior que os valores de proteína e gordura.

Outras variáveis também podem sofrer alterações no leite *in natura*, uma delas que também possui estreita relação com a qualidade microbiológica é o pH.

De acordo com Xavier *et al.* (2020) que avaliaram o impacto do congelamento-descongelamento do leite de cabra sobre o crescimento microbiano e nos parâmetros físico-químicos, obtiveram resultado médio de pH de 6,61, maior que o resultado encontrado na presente pesquisa.

Apesar do pH não ser um parâmetro exigido pela legislação o mesmo foi avaliado nesse trabalho observando-se que no leite de cabra *in natura* o pH foi de 6,27, achado similar ao encontrado como normal dentro da literatura citada abaixo, e ao decorrer dos tratamentos variou entre 6,15 a 6,27, podendo-se inferir uma boa manutenção da qualidade sanitária do produto durante o período de congelamento.

Sabendo que o leite é um fluido dinâmico que apresenta benefícios multifacetados à saúde humana e animal devido ao seu impacto na microbiota caprina, há um grande interesse em sua composição, as quais o conservem por mais tempo, sendo cada parâmetro de grande importância, por exemplo, interesse na proteína do leite de cabra devido à disponibilidade de proteínas e peptídeos de baixo peso molecular, que têm aplicações nutraceuticas e terapêuticas promissoras, que segundo Verma *et al.* (2020) as proteínas identificadas no estudo realizado por eles apresentaram propriedades físico-químicas importantes, como pesos moleculares, pI e sequências para futuros estudos de bioensaios para validar a atividade dessas proteínas e peptídeos para aplicação na saúde humana.

Mendes (2009) analisando leite de cabra produzido no semiárido do Rio Grande do Norte apresentaram valores de pH variando entre 6,68 a 6,73. Park *et al.* (2007), ao avaliarem as características físico-químicas do leite de cabra e de ovelha descreveram valores de pH do leite de cabra variando de 6,50 a 6,80. Desta maneira o leite avaliado no presente trabalho apresentou valores considerados normais.

De acordo com pesquisas a composição do leite de cabra é semelhante ao do leite de vaca em alguns termos, como de sólidos totais (TS), teor de gordura, proteína bruta, lactose e cinzas, contudo há diferenças importantes nos componentes individuais, por exemplo, a densidade do leite de cabra é comparável à do leite de vaca, mas é baixo comparado ao de ovelha, enquanto tanto o leite de cabra quanto o de ovelha têm maior gravidade específica, viscosidade e acidez titulável, mas um índice de refração e ponto de congelamento menor do que o leite de vaca (Amigo & Fontecha, 2011).

No Brasil os registros de teores de gordura no leite caprino têm variado de 3,25 a 4,38% (Dutra, 2014). Na presente pesquisa o teor de gordura obtido no leite *in natura* foi de 4,17%, mostrando-se dentro da média obtida pela literatura. Estudo por Amigo e Fontecha, (2011) diz que a gordura do leite de cabra contém concentrações significativas de lactonas alifáticas ou seus precursores de hidroxiácido, esses estão associados ao desenvolvimento de sabores em produtos lácteos aquecidos e armazenados, além disso, relatam que os lipídios presentes no leite de cabra estão na forma de glóbulos, que naturalmente não se agregam ao resfriar porque carecem de aglutinina, que é responsável pela agregação dos glóbulos de gordura no leite de vaca e que são caracteristicamente abundantes e menores que os de vaca.

As diferenças nos valores encontrados para cada parâmetro podem estar associadas à raça, à alimentação e a outros fatores ambientais, que podem alterar a composição química e as características físico-químicas da matéria-prima e consequentemente dos produtos desenvolvidos (Cavalcanti *et al.*, 2019). Destaca-se ainda os fatores fisiológicos do animal, que afetam a composição e produção do leite, o estágio de lactação dos animais por exemplo, onde, com o avanço no seu período de lactação há uma tendência de reduzir a produção leiteira, observando consequente queda na produção, levando ao aumento nos seus constituintes, principalmente gordura (Coelho *et al.*, 2019).

De acordo com Yu *et al.* (2021), os quais fizeram uma triagem de condições de congelamento-descongelamento para manter as composições nutritivas e as características físico-químicas do leite de cabra, obtiveram como respostas que, comparado com o leite de cabra fresco, o leite congelado-descongelado diminuiu os teores de gordura, proteína e lactose, bem como a tensão superficial e o coeficiente de estabilidade, enquanto aumentou o diâmetro efetivo e o índice de polidispersidade.

Em relação aos sólidos não-gordurosos (SNG) foi observado no atual trabalho um valor de 9,17% para o leite *in natura*, encontrando-se de acordo com o preconizado pela legislação vigente que é de no mínimo 8,2%.

Verma *et al.* (2020) em sua pesquisa sobre análise funcional do proteoma do leite de cabras geneticamente diversas de diferentes regiões agroclimáticas, encontraram um teor de 9,06% de SNG, valor próximo do encontrado na presente pesquisa, para o teor de gordura os mesmos autores relatam que encontraram um teor de 4,10% também próximo do encontrado na pesquisa em questão. Devido a sua composição rica em nutrientes que melhoram a saúde dos consumidores, o leite pode desempenhar, por exemplo, um papel significativo conectando humanos, animais e meio ambiente para reduzir a resistência antimicrobiana, podendo ser usado para tratar doenças crônicas para melhorar as condições de tuberculose, dengue, artrite e outras doenças, como vem sendo usado na Índia, além disso, estudos relatam que as proteínas carregam uma carga positiva em pH abaixo de seu ponto isoelétrico (pI) e carga negativa em pH mais alto, diferindo do leite de vaca ou humano em maior digestibilidade, capacidade tampão distinta e certos valores terapêuticos em medicina e nutrição humana (Verma *et al.*, 2020).

Diante do exposto acima, por representar os SNG à soma dos percentuais das proteínas, lactose e sais minerais, este é um importante parâmetro físico-químico de controle de qualidade do leite, pois vêm inferir que essas variáveis químicas também, encontram-se dentro dos valores previstos pela legislação, o que foi confirmado na presente pesquisa.

Quanto a variável densidade, foi observado um valor de 1,0328 g/L no leite de cabra *in natura* encontra-se dentro do permitido pela IN 37 que descreve que a densidade pode variar 1,0280 a 1,0340 g/L. Mendes (2009) observou uma média de densidade no leite de cabra de 1,0333 g/L, dado semelhante ao encontrado no presente trabalho. Esta determinação é extremamente útil na detecção de adulteração do leite, uma vez que a adição de água causa diminuição da densidade e a retirada de gordura resultando em aumento da densidade (Santos & Fonseca, 2007).

Os diferentes tempos de congelamento do leite de cabra não interferiram nas variáveis, gordura (%), sólidos não-gordurosos (%), densidade 15/15 °C, proteína (%), lactose (%), sais (%), pH e acidez (%) ácido láctico ($P > 0,05$) (Tabela 1), indicando que a técnica de conservação pelo congelamento pode ser utilizada para o leite de cabra até os 150 dias, sem comprometer estas variáveis físico-químicas da referida matéria-prima alimentar.

No presente estudo, de Verma *et al.* (2020) as proteínas identificadas foram associadas às diferentes categorias de vias, como vias do sistema imunológico, doenças infecciosas e não infecciosas, transdução de sinal e processos e metabolismo celulares, as proteínas associadas às vias do sistema imunológico estão envolvidas nas respostas inatas e adaptativas, e as proteínas e peptídeos identificados também regulavam e modulavam a resposta imune, isso contribui para sua aplicação na alimentação animal e humana, como relatam os estudos anteriores.

A manutenção nas características físico-químicas do leite de cabra submetido ao congelamento pode ser atribuída, inicialmente, à qualidade higiênico-sanitária satisfatória da matéria-prima (leite *in natura*) visto que foi observada conformidade desse aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos preconizados pela legislação vigente. Outro fator que pode ter conferido a conservação destas características é a redução ou ausência de impactos sofridos durante o descongelamento já que este foi realizado sob temperatura de refrigeração.

Entretanto, Pinto Júnior *et al.* (2012), estudaram o efeito do congelamento por 40, 80 e 120 dias sobre os parâmetros físico-químicos do leite de cabra da raça Saanen, observaram uma redução do pH com o aumento do tempo de congelamento. Resultados semelhantes foram encontrados por Blagitz *et al.* (2011), os quais avaliando o efeito do congelamento por trinta

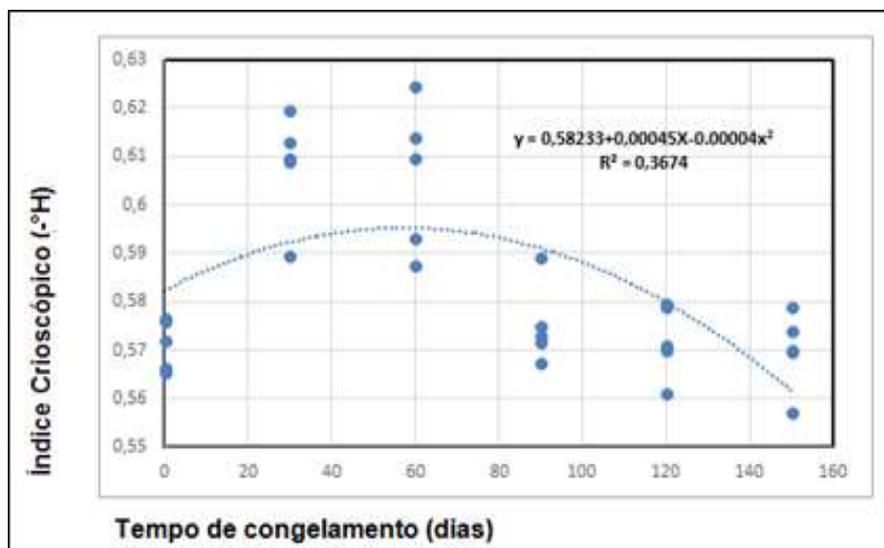
meses a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ de leite de ovelhas da raça Santa Inês observaram redução do pH de 6,82 no leite *in natura* para 6,58 após o descongelamento.

Souza *et al.* (2013) sugerem que essa redução do pH seja decorrente do efeito do congelamento sobre os sais de fósforo e cálcio, onde esse método de conservação acelera a precipitação destes sais proporcionando conseqüentemente a diminuição do pH. Fato esse que não foi comprovado na presente pesquisa.

Os resultados encontrados são importantes por definirem a manutenção da qualidade do leite de cabra, pois as características físico-químicas interferem diretamente na sua vida de prateleira, alterando seus constituintes, levando a diminuição de seus nutrientes, sendo o mesmo rico em gorduras, proteínas, vitaminas e sais minerais; as proteínas presentes são iguais às encontradas no leite de vaca (α -caseína, β -caseína, K-caseína e γ -caseína, parte coagulável das proteínas e proteínas solúveis não coaguláveis, que são: β -lactoglobulina e α -lactalbumina), podendo ainda esse ser usado na elaboração de outros produtos, por ser um alimento de elevado valor nutritivo e, no entanto, pouco consumido pela população brasileira, sendo às vezes descartado, dessa forma a utilização dessa matéria-prima para o desenvolvimento de novos produtos surge como uma opção de aproveitamento, valorizando seus benefícios, já que possui excelentes quantidades de macro e micronutrientes, além de uma melhor digestibilidade (Silva *et al.*, 2020).

Observamos um ponto crioscópico de $-0,571\text{ }^{\circ}\text{H}$ no leite *in natura*, estando dentro da faixa preconizada pela IN 37 (Brasil, 2000), que é de $-0,550$ a $-0,585\text{ }^{\circ}\text{H}$. Entretanto, os diferentes tempos de congelamento do leite de cabra interferiram de forma significativa nesta variável, apresentando efeito de regressão quadrático ($P < 0,05$), representado pela equação de regressão: $Y = 0,58233 + 0,00045X - 0,00004x^2$, $R^2 = 0,78$ (Figura 1). O valor máximo médio para índice crioscópico ($-^{\circ}\text{H}$) ocorreu em torno do tempo de 5,6 dias.

Figura 1. Valores do índice crioscópico ($-^{\circ}\text{H}$) do leite de cabra submetido a diferentes tempos de congelamento.



Fonte: Autores (2019).

As temperaturas das amostras de leite *in natura* e descongeladas aferidas no momento das análises variaram, de $24,03\text{ }^{\circ}\text{C}$; $18,02\text{ }^{\circ}\text{C}$; $18,80\text{ }^{\circ}\text{C}$; $21,02\text{ }^{\circ}\text{C}$, $21,63\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $22,23\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente para os tempos 0, 30, 60, 90, 120 e 150 dias, fato esse que pode ter levado a pequenas alterações nos valores obtidos para a análise do ponto crioscópico.

Verificou-se que a influência do tempo de congelamento testado sob o leite de cabra foi insignificante ao considerarmos os valores de composição físico-química obtido na sua maioria previsto dentro da exigência da IN 37 (Brasil,

2000). Os resultados obtidos através dessa pesquisa são grande importância para os pequenos produtores de leite de cabra e para indústria leiteira do estado do Piauí, pois apontam para a boa qualidade físico-química dessa matéria-prima com excelente potencial para armazenamento sob congelamento, para posterior processamento e oferta com qualidade durante todo ano.

4. Conclusão

Os parâmetros microbiológicos e físico-químicos do leite de cabra *in natura* encontraram-se dentro do preconizado pela legislação vigente.

O leite de cabra pode ser submetido ao congelamento de até 150 dias sem sofrer interferência nas suas características físico-químicas.

A conservação do leite de cabra pelo congelamento é uma técnica viável para solucionar a problemática na pequena produção de leite de cabra, assim como na sazonalidade dessa produção, regularizando seu estoque ao mercado consumidor.

Esse estudo também expõe as possibilidades sobre maior reconhecimento e estudos acerca do leite de cabra, principalmente através de determinados incentivos que possam advir de iniciativas públicas, privadas ou colaborativas entre as mesmas.

Sugere-se para trabalhos futuros a elaboração de produtos à base de leite de cabra, como uma forma de inserir o consumo desse alimento nutritivo na dieta dos consumidores, como bebidas lácteas, leites fermentados e outros produtos, e avaliar a vida de prateleira dos mesmos, observando possíveis alterações na sua qualidade.

Referências

- Amigo, L., & Fontecha, J. (2011). Leite: Leite de cabra. Módulo de Referência em Ciência Alimentar. *Encyclopedia of Dairy Sciences* (segunda edição), 484-493. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00313-7>.
- Balthazar, C. F., Santillo, A., Guimarães, J. T. Bevilacqua, A., Corbo, M. R., Caroprese, M., Marino, R., Esmerino, E. A., Silva, M. C., Raices, R. S. L., Freitas, M. Q., Cruz, A. G., & Albenzio, M. (2019). Processamento de ultra-som de leite de ovelha semidesnatado fresco e congelado e seus efeitos na qualidade microbiológica e físico-química. *Ultrasonic Sonochemistry*, 51, 241-248.
- Blagitz, M. G., Batista, C. F., Souza, F. N., Stricagnolo, C. R., Gomes, V., & Libera, A. M. M. P. D. (2011). Concentração hidrogeniônica do leite de ovelhas: Influência da mastite e do congelamento da amostra. *Revista Ciência Animal Brasileira*, 12(1). <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/9190>.
- Brasil, Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº 37 de 31 de outubro de 2000. Regulamento técnico de produção, identidade e qualidade de leite de cabra. *Diário Oficial da União*, Brasília, p.23, 8 nov. 2000. Seção 1.
- Brasil, Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº 62 de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. *Diário Oficial da União*, Brasília, 14, 18.
- Cavalcanti, N. S. H., Pimentel, T. C., Magnani, M., Pacheco, M. T. B., Alves, S. P., Bessa, R. J. B., Sant'ana, A. M. da S., & Queiroga, R. de C. R. do E. (2021). Leite de burra e leite de burra fermentado: existem diferenças no valor nutricional e nas características físico-químicas? *LWT* 111239. In Press, *Journal Pre-proof*.
- Coelho, M. C. S. C., Rodrigues, B. R., Coelho, M. I. de S., Libório, R. C., Costa, F. F. P., & Silva, G. L. da. (2018). Características físico-química e microbiológica do leite de cabra produzido em Petrolina-PE. *Agropecuária Científica no Semiárido Centro de Saúde e Tecnologia Rural*. ACSA, Patos-PB, 14(3), 175-182, <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v14i3.965>.
- Dutra, C. M. C., Bianca Svierk, B., Ribeiro, M. E. R., Pinto, A. T., Zanela, M. B., & Schmidt, V. (2014). Parâmetros de qualidade do leite de cabra armazenado sob frio. *Arquivos do Instituto Biológico*, 81(1), 36-42. <https://www.scielo.br/pdf/aib/v81n1/1808-1657-aib-81-01-00036.pdf>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). *Censo Agropecuário: Capril virtual, Portal especializado em ovinos e caprinos*. IBGE – Censo Agropecuário 2017. <https://www.caprilvirtual.com.br/censo-caprinos-leite.php>. Acesso em: 01/03/2021.
- Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. (4a. ed.). Instituto Adolfo Lutz.
- Koche, J. C. (2011). *Fundamentos de metodologia científica*. Petrópolis: Vozes. http://www.brunovivas.com/wp-content/uploads/sites/10/2018/07/K%3B6che-Jos%3BA9-Carlos0D0AFundamentos-de-metodologia-cient%3BADfca_-_teoria-da0D0Aci%3BAncia-e-inicia%3A7%3%A3o-%3A0-pesquisa.pdf.
- Mendes, C. G. (2009). Qualidade do leite de cabra produzido no semiárido do rio grande do Norte. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação de Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, Brasil. <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp107193.pdf>.

- Pádua, F. S., Couto, E. P., Nero, L. A., Ferreira, M. de A. (2019). Qualidade físico-química e microbiológica de leite de cabra produzido no Distrito Federal. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 20, 1-9, e-43357. [10.1590/1089-6891v20e-43357](https://doi.org/10.1590/1089-6891v20e-43357).
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2), 88–113, 2007. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.881.3716&rep=rep1&type=pdf>.
- Pinto Júnior, W. R., Ferrão, S. P. B., Rodrigues, F. L., Fernandes, S. A. A., & Bonomo, P. (2012). Efeito do congelamento sobre os parâmetros físico-químicos do leite de cabras da raça Saanen. *Revista Caatinga*, 25(3), 110-117. https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2602/pdf_17.
- Santos, M. V., & Fonseca, L. F. L. (2007). *Estratégia para controle de mastite e melhoria da qualidade do leite*. (2a. ed.). Manole.
- Silva, D. L., Gonçalves, M. A. F. de M., Melo, N. Q. C., Sousa, P. V. de L., Santos, G. M., & Barros, N. V. dos A. (2020). Desenvolvimento e avaliação sensorial de doce de leite caprino. *Research, Society and Development*, 9(8), e254985713. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5713>.
- Santos, J. V. Í., Lima Junior, A. C., Araújo, T. G. P., Farias, B. J. P., & Lisboa, A. C. C. (2019). Avaliação da qualidade do leite de cabra em uma propriedade no município de Monteiro – PB. *Revista Craibeiras de Agroecologia*. 4(1), e7682.
- Souza, A. K., Fiorini, J. E., Moraes, A. L. L., Oliveira, N. M. S., Claretto, S. S., & Nascimento, L. C. (2013). Características microbiológicas e físico-químicas do leite de cabra submetido à pasteurização e ao congelamento, comercializado na cidade de Alfenas-MG. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 11(1), 224-233. Disponível em: http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/viewFile/946/pdf_23.
- Statistical Analysis System. (2011). *System for linear models*. Cary: SAS Institute.
- Verma, M., Dige, M. S., Gautam, D., De, S., & Rout, P. K. (2020). Análise funcional do proteoma do leite de cabras geneticamente diversas de diferentes regiões agroclimáticas. *Journal of Proteomics*. 227(103916). <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2020.103916>.
- Xavier, L. S., Carvalho, G. H. C., Amaro, R. O., Capela, A. P. DA., Mendonça, R. C. S., Tribst, A. A. L., & Leite Junior, B. R. de C. (2020). É possível prever a qualidade microbiológica do leite de cabra por parâmetros físico-químicos? *LWT-Food Science and Technology*, 130(109670). 1-6.
- Yu, Z., Qiao, C., Zhang, X., Yan, L., Li, L., & Liu, Y. (2021). Triagem de condições de congelamento-descongelamento para manter as composições nutritivas e as características físico-químicas do leite de cabra. *Journal of Dairy Science*, 104, 4108-4118. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19238>.