

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

REDSON JOAQUIM JUNIOR

**O EMPREGO DO LEITE CONCENTRADO OBTIDO PELO PROCESSO
DE CRIOCONCENTRAÇÃO EM BLOCOS E A INFLUÊNCIA NAS
PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE QUEIJO TIPO MINAS
FRESAL**

**FLORIANÓPOLIS - SC
2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

REDSON JOAQUIM JUNIOR

**O EMPREGO DO LEITE CONCENTRADO OBTIDO PELO PROCESSO
DE CRIOCONCENTRAÇÃO EM BLOCOS E A INFLUÊNCIA NAS
PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE QUEIJO TIPO MINAS
FRESCAL**

Trabalho apresentado como exigência da disciplina de trabalho de conclusão de curso para obtenção do Diploma de Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador(a): Prof^ª. Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio

FLORIANÓPOLIS - SC
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Joaquim Junior, Redson

O emprego do leite concentrado obtido pelo processo de
crioconcentração em blocos e a influência nas propriedades
físicas e químicas de queijo tipo minas frescal / Redson
Joaquim Junior ; orientadora, Elane Schwinden Prudêncio,
2019.

29 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agrárias, Graduação em Zootecnia, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Zootecnia. 2. Queijo fresco. 3. Concentração. 4.
Caracterização. I. Prudêncio, Elane Schwinden. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Zootecnia. III. Título.

Redson Joaquim Junior

**O EMPREGO DO LEITE CONCENTRADO OBTIDO PELO
PROCESSO DE CRIOCONCENTRAÇÃO EM BLOCOS E A
INFLUÊNCIA NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE
QUEIJO TIPO MINAS FRESCAL**

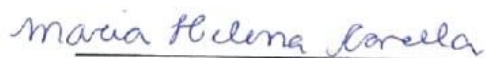
Esta Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso foi julgada aprovada e adequada para obtenção do grau de Zootecnista.

Florianópolis, 19 de Junho de 2019.

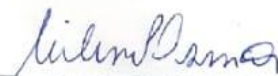
Banca Examinadora:



Prof.^a Elane Schwinden Prudêncio, Dr.^a
Orientadora
Universidade Federal De Santa Catarina



Maria Helena Machado Canella, M.^a
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.^a Milene Puntel Osmari, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, em especial minha mãe Jucilene por todo o incentivo e suporte durante todo este processo de aprendizagem.

À minha família por todo apoio ao longo destes anos de ensino.

Aos meus amigos por estarem sempre presentes e fazendo parte desta trajetória,

À professora doutora Elane Schwinden Prudêncio, pela orientação, por ter me aceitado sob sua tutela de ensino, pelo ânimo e presença nas etapas deste trabalho.

À Maria Helena Machado Canela e os demais integrantes do laboratório de leite e derivados, pelo auxílio, pela paciência em transmitir conhecimento e pela boa vontade em ajudar.

“Quanto mais escura a noite, mais brilhante as estrelas”

Braum

RESUMO

Apresentando como vantagem o emprego de baixas temperaturas, a crioconcentração é utilizada para aumentar a concentração de sólidos totais de um alimento. O uso de uma matéria prima concentrada na elaboração de um derivado é também uma nova alternativa. Assim, o objetivo deste trabalho foi empregar o concentrado do leite, obtido do primeiro estágio da crioconcentração em blocos, como substituto do leite na obtenção de um queijo tipo Minas Frescal com propriedades definidas quando comparado a um queijo tradicional, ou seja, obtido a partir do leite. Assim, foram realizadas análises do fator de concentração (FC) e da eficiência do processo (EP) da crioconcentração; o teor de sólidos totais, a acidez e o pH do leite pasteurizado integral e do concentrado, bem como o teor de sólidos, os parâmetros de cor e a análise do perfil de textura dos queijos tradicional (controle) e do obtido a partir do concentrado do leite. Assim, foram obtidos altos valores para FC e EP da crioconcentração em blocos do leite integral pasteurizado. O concentrado apresentou maior teor de acidez e menor valor de pH, e maior teor de sólidos totais do que o leite pasteurizado integral. No entanto, o teor de sólidos totais foi menor para o queijo elaborado com o leite concentrado. Observou-se que o queijo obtido do leite concentrado, apesar de branco e tendendo à cor amarela esverdeada, apresentou uma coloração visivelmente diferente do controle, sendo mais esverdeado do que o queijo controle. O queijo oriundo do crioconcentrado também foi mais firme, com maior valor para a mastigabilidade e gomosidade. Ao final recomenda-se a utilização desta tecnologia inovadora, que é a crioconcentração em blocos, na obtenção de um queijo tipo Minas Frescal.

Palavras-chave: Queijo fresco. Concentração. Caracterização.

LISTA DE FIGURAS

- | | | |
|-----------------|--|----|
| Figura 1 | Representação esquemática do processo crioconcentração em blocos. | 17 |
| Figura 2 | Fluxograma das etapas de elaboração dos queijos denominados de controle e crioconcentrado. | 18 |

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Produção mundial de leite.	12
Tabela 2	Propriedades físico-químicas, fator de concentração (FC) e eficiência do processo (EP) de crioconcentração em blocos do leite e das suas frações (concentrado e gelo) em relação ao teor de sólidos totais.	21
Tabela 3	Teor de sólidos totais e os parâmetros de cor dos queijos controle e crioconcentrado.	23
Tabela 4	Resultados da análise do perfil de textura dos queijos controle e crioconcentrado.	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 <i>O leite e o queijo tipo Minas Frescal</i>	12
2.2 <i>O processo de criocconcentração em blocos</i>	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 <i>Material</i>	16
3.2 <i>Criocconcentração do leite</i>	16
3.3 <i>Elaboração dos queijos</i>	17
3.4 <i>Análise físico-química</i>	19
3.5 <i>Análise de cor</i>	19
3.6 <i>Análise de perfil de textura (TPA)</i>	19
3.7 <i>Análise estatística</i>	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

No ano de 2017, o Brasil atingiu a produção de 30 bilhões de litros de leite (IBGE, 2017), sendo que nos próximos anos esta previsão é ainda mais otimista, ou seja, é previsto um aumento na produção láctea. Por apresentar uma composição físico-química relevante o leite é empregado no desenvolvimento de produtos lácteos já consolidados ou até mesmo na produção de novos derivados. Dentre os produtos lácteos mais consumidos e aceitos, encontram-se os queijos. De acordo com Seçkin, Yilmaz e Tosun (2017) o total da produção anual de queijos no mundo em 2017 foi estimado em cerca de 20 bilhões de toneladas, ressaltando assim que o processamento do leite exerce um papel relevante na economia mundial. Entretanto, o rendimento da fabricação e a composição centesimal do queijo são determinados pelas propriedades do leite, especialmente pela composição e pelas etapas do processamento.

Caracterizado como queijo fresco, o queijo Minas frescal, apresenta textura aberta, sabor ligeiramente ácido, coloração esbranquiçada e elevada atividade de água, sendo este, o principal motivo que o levam a possuir curta validade. Com a busca das indústrias de laticínios em aumentar a produtividade e a lucratividade, bem como a constante procura dos consumidores por produtos alimentícios de qualidade, novas tecnologias de processamento, como a acidificação direta e a ultrafiltração do queijo Minas Frescal vem sendo utilizadas. Da mesma forma, a crioconcentração, uma tecnologia emergente, foi estudada por Muñoz *et al.* (2017) visando à produção de queijos frescos produzidos a partir do concentrado obtido pela crioconcentração em blocos. No entanto, vale ressaltar que os queijos elaborados por estes autores não sofreram o processo de dessoragem. Assim, este trabalho de conclusão de curso é justificado pelo ineditismo dos resultados a serem obtidos, pois o leite primeiramente será submetido ao processo de crioconcentração e, somente depois será empregado na elaboração de um queijo tipo Minas Frescal, mantendo todas as suas etapas de processamento, inclusive a dessoragem. Neste caso, a crioconcentração em blocos do leite será utilizada para aumentar o teor de componentes sólidos no leite e, portanto, aumentar o rendimento da sua fabricação. Assim, espera-se que o concentrado com melhor propriedade físico-química contribua para aumento do rendimento e das propriedades físicas e químicas do queijo tipo Minas Frescal. Assim, para melhor entendimento Petzold *et al.* (2015), define que a crioconcentração de congelamento em blocos consiste em concentrar produtos líquidos utilizando o congelamento e posterior separação de uma fração congelada do produto líquido. Além disso, estes autores

ressaltam que este método é baseado na concentração do produto usando temperatura abaixo do seu ponto de congelamento o que seria de interesse, pois o concentrado obtido tem um grande potencial em termos nutricionais e no desenvolvimento de novos produtos, como o queijo.

Enfim, o leite concentrado obtido pelo processo de crioconcentração em blocos será utilizado em substituição ao leite na produção de um queijo. A fim de avaliar as mudanças nas propriedades do queijo elaborado, serão realizadas análises químicas e físicas que serão comparadas com o queijo tradicional, ou seja, o obtido do leite pasteurizado integral.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O leite e o queijo tipo Minas Frescal

Assis *et al.* (2016) relataram que no cenário mundial o consumo de leite e seus derivados estão em constante crescimento, isso devido ao aumento da renda, com destaque para países que estão em desenvolvimento econômico. Mesmo com a produção mundial crescendo, esta produção não está conseguindo atender à demanda existente, abrindo assim oportunidades para países com baixo custo de produção, tornando-os mais competitivos (ASSIS *et al.*, 2016). A produção de leite está presente no mundo, sendo o Brasil um dos maiores produtores. Os oito maiores produtores juntos produzem 72% do montante de leite no mundo (Tabela 1) (FAO, 2018).

Tabela 1 – Produção mundial de leite.

	Produção	
	Milhões de toneladas	Porcentagem
Índia	165,61	19,87
Europa	165,40	19,85
EUA	97,74	11,73
China	41,29	4,95
Paquistão	40,17	4,82
Brasil	35,23	4,23
Rússia	30,99	3,72
Nova Zelândia	21,34	2,56
Total	597,77	71,73
Mundo	810,65	100,00

Fonte: FAO (2018).

Além de sua importância econômica, o leite é considerado um alimento nobre por ser altamente nutritivo, fazendo parte da nutrição humana como fonte de proteínas, principalmente caseína e proteínas do soro, gorduras, carboidratos e minerais (MÜLLER, 2002). O leite é uma emulsão de glóbulos de gordura e micelas de caseína suspensas em

uma fase aquosa que contém também solubilizadas as moléculas de lactose, as proteínas do soro do leite e alguns minerais (GONZÁLEZ *et al.*, 2001; SGARBIERI; 2005). Seus glóbulos de gordura variam entre 0,1 a 10 micrômetros de tamanho enquanto as micelas de caseína são menores, variando entre 10 a 3000 nanômetros e possuindo densidade de $1,1 \text{ g/m}^3$ (GONZÁLEZ *et al.*, 2001). O consumo de 250 mL de leite tem 48% do aporte proteico e 9% do valor calórico necessários para uma criança com idade entre 5 e 6 anos (FAO, 2018).

No leite encontramos em maior quantidade a água, que solubiliza os demais componentes, chegando a 87% no caso das vacas (GONZÁLEZ *et al.*; 2001, SGARBIERI; 2005). A porção de carboidratos do leite é composta na maioria por lactose, um dissacarídeo composto pelos monossacarídeos lactose e galactose. A gordura do leite é formada em sua maioria por triglicerídeos (98% dos lipídeos) que se arranjam em glóbulos para melhor sofrer emulsão na fase aquosa e, por possuir menor densidade que a água quando centrifugado, ascende formando um creme gorduroso acima do leite. Para evitar este processo, o leite pode ser submetido à homogeneização, onde estes glóbulos são quebrados em tamanhos menores, não conseguindo formar a separação de fases (GONZÁLEZ *et al.*, 2001; SGARBIERI 2005). Entretanto, a composição do leite pode variar de acordo com vários fatores zootécnicos, tais como manejo, alimentação, potencial genético, e também devido a fatores relacionados à higienização, obtenção (ordenha) e armazenagem do leite (MÜLLER, 2002).

Enfim, o leite possui elevado valor biológico e tecnológico, onde suas proteínas são facilmente absorvidas pelo organismo humano e possuem fácil aplicabilidade de tecnologias para beneficiamento das mesmas. O leite possui também várias propriedades que aumentam a absorção e a biodisponibilidade dos nutrientes que fornece. Por exemplo, na produção de um queijo, com as micelas de caseína coaguladas, e expostas ao ambiente ácido do estômago, tem-se observado um retardamento da sua digestão, resultando em saciedade e em um tempo maior para a digestão dos nutrientes do leite, contribuindo para a maior absorção destes nutrientes (CHALUPA-KREBZDAK; LONG; BOHRER, 2018).

Dentre os vários tipos de queijos tem-se o queijo Tipo Minas Frescal. O processo de fabricação deste tipo de queijo consiste na adição de coalho, que é uma enzima proteolítica, para que ocorra a coagulação das micelas de caseína desestabilizadas (SGARBIERI, 2005). Ao final da coagulação tem-se um queijo de coloração branca, consistência mole, textura aberta, sabor suave a ligeiramente ácido, e com odor suave, não sendo prensado nem maturado (SILVA, 2005). Uma das vantagens da fabricação deste tipo de queijo é que pode ser considerada simples, pois para obtê-lo não é necessário o uso de equipamentos modernos e/ou de alto custo. Desta forma, é muito fabricado por pequenas propriedades (VIEIRA *et al.*;

2004). Segundo Silva (2005) o queijo tipo Minas Frescal possui teor de umidade entre 55 e 58 g/100g.

2.2 O processo de crioc Concentração em blocos

Dentre os métodos de separação, destacam-se a evaporação, que consiste na remoção da água no estado líquido por ebulição; os processos de separação por membranas, que removem a água no estado líquido; e a crioc Concentração, onde a remoção da água ocorre mantendo-se o alimento líquido congelado (HARTEL *et al.*; 1993). A crioc Concentração apresenta como vantagem a sua realização abaixo da temperatura de congelamento, o que proporciona uma menor atividade enzimática, microbiológica e química, favorecendo as características sensoriais do produto (PETZOLD *et al.*; 2015). Assim, a crioc Concentração consiste no congelamento de um material para separação da metade do seu volume ou massa na forma líquida, denominado de concentrado, e a outra parte é mantida na forma de gelo (HARTEL *et al.*; 1993). O objetivo da crioc Concentração é a remoção de água de uma solução através da formação e separação de cristais de gelo de alta pureza. A manutenção de uma solução em temperaturas abaixo do ponto de congelamento gera os fenômenos de transferência de massa de eluição e calor que podem separar uma fase líquida com uma maior concentração de soluto em relação à fase sólida (ZAMBRANO *et al.*, 2018). Entretanto, a quantidade de sólidos no concentrado é dependente da quantidade de estágios que o produto é submetido (MIYAWAKI *et al.*, 2005). No primeiro estágio, observa-se um maior teor de sólidos no concentrado, sendo assim a maior eficiência se faz no primeiro estágio, seguidas de reduções consecutivas para a sequência de estágios (MIYAWAKI *et al.*, 2016). Considerando essas vantagens, a crioc Concentração é empregada por pesquisadores em uma variedade de alimentos líquidos, como suco de frutas, soro de leite e leite (BALDE; AIDER, 2016). Alguns autores como Muñoz *et al.* (2017) e Muñoz *et al.* (2018), empregaram o concentrado do processo de crioc Concentração para a elaboração de queijos frescos. Muñoz *et al.* (2017) utilizaram o concentrado com melhores propriedades físicas e químicas, na produção de queijos frescos funcionais. Enquanto Muñoz *et al.* (2018), avaliando a sobrevivência de bactérias benéficas à saúde do consumidor (probióticos) *in vitro*, verificaram efeito protetivo do queijo sobre estas bactérias. Balde e Aider (2016) citaram que o emprego do concentrado proveniente do processo de crioc Concentração, que resulta numa alta desidratação de micelas de

caseína por processos de remoção de água, é de particular importância, uma vez que pode aumentar a fração volumétrica de partículas dispersas e as interações intermicelas, podendo resultar no aumento do rendimento de queijos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

O leite utilizado foi o leite pasteurizado integral com 3 g/100g de gordura, 3,5 g/100g de proteína e 5 g/100g de carboidratos totais. Para a fabricação dos queijos foi empregado coagulante enzimático HA-LA (Chr. Hansen®, 1:3000, Valinhos, Brasil), enquanto a salga foi realizada com cloreto de sódio (Cisne®, Rio de Janeiro, Brasil). Os produtos químicos utilizados foram de grau analítico e, quando necessário, as soluções foram devidamente preparadas e padronizadas.

3.2 Crioconcentração do leite

O leite foi submetido à crioconcentração em blocos, seguindo a metodologia adaptada de Muñoz *et al.* (2017) (Figura 1). No estágio do processo de crioconcentração, duas frações foram obtidas e denominadas leite concentrado e gelo. Inicialmente, o leite foi congelado a -20 ± 2 °C em freezer (Electrolux, FE 18, São Carlos, Brazil). Depois do congelamento do leite, 50% da massa inicial (g) foi descongelada em temperatura ambiente (20 ± 2 °C). O líquido descongelado constituiu o concentrado do primeiro estágio de crioconcentração. Este concentrado foi empregado na elaboração de um queijo tipo Minas Frescal.

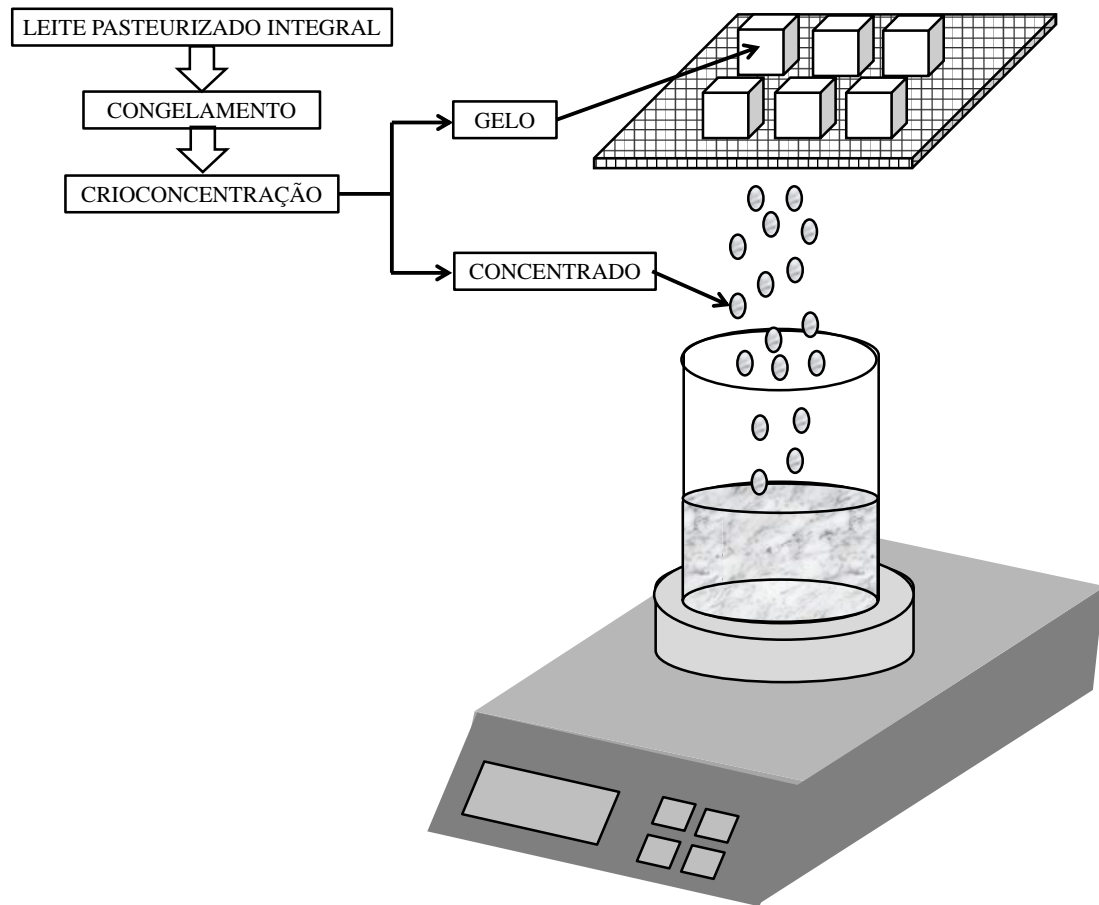
O desempenho do processo de crioconcentração foi avaliado através do cálculo do fator de concentração (FC) (Equação 1) e da eficiência do processo (EP) (Equação 2), conforme descrito por Aider e Ounis (2012), em relação ao teor de sólidos totais.

$$FC (\%) = \frac{ST_C}{ST_L} \times 100 \quad (1)$$

$$EP (\%) = \frac{ST_C - ST_G}{ST_C} \times 100 \quad (2)$$

onde ST_C era o teor de sólidos totais (g/100g) do concentrado, ST_L era o teor de sólidos totais (g/100g) do leite e ST_G era o teor de sólidos totais (g/100g) no gelo.

Figura 1 – Representação esquemática do processo de concentração por congelamento em blocos.

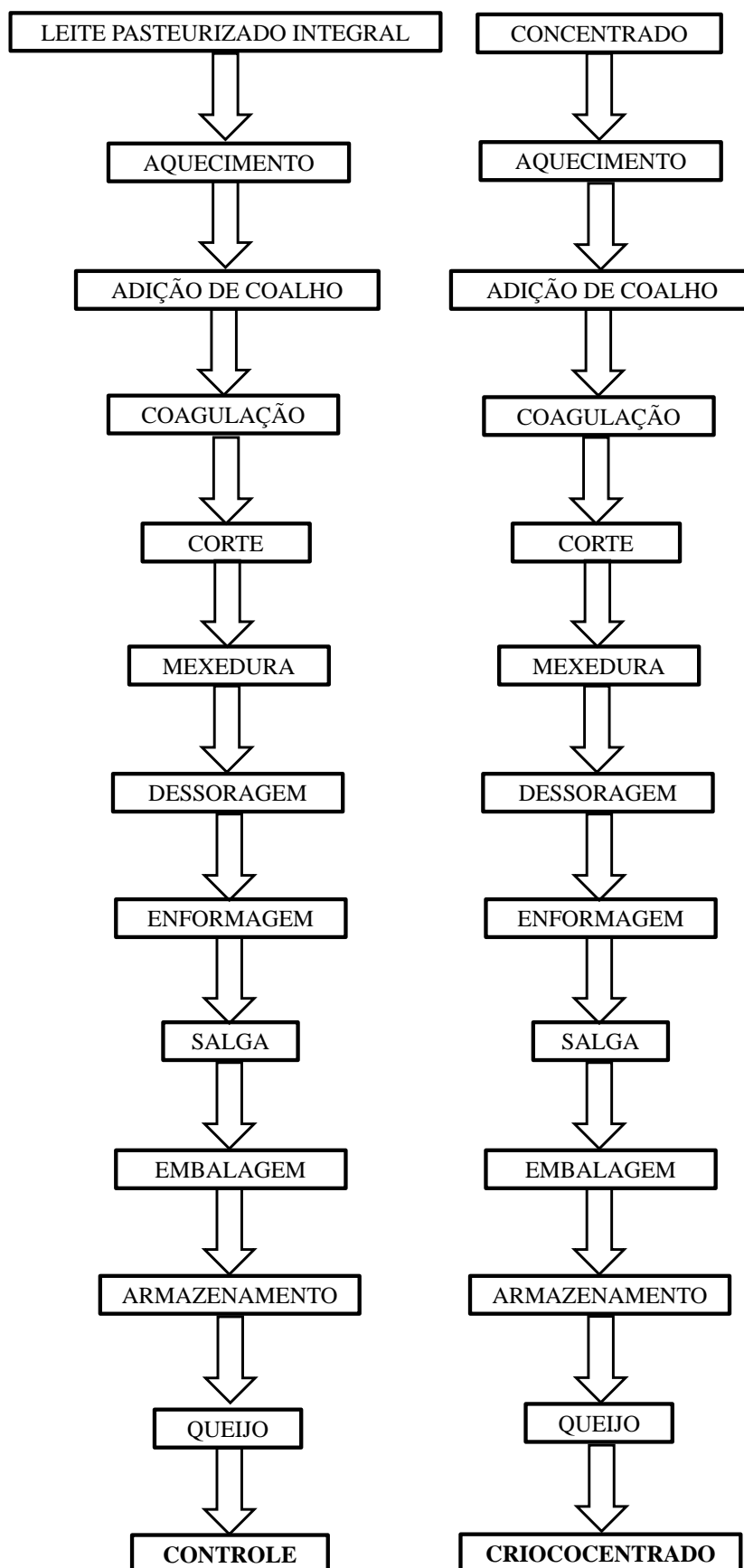


Fonte: O autor.

3.3 Elaboração dos queijos

Foram elaborados dois queijos tipo Minas Frescal, conforme metodologia proposta por Souza (2006) (Figura 2). O primeiro tipo de queijo, denominado de controle, foi obtido a partir do leite, enquanto o segundo tipo, obtido do concentrado e denominado de queijo crioconcentrado. No leite ou no concentrado aquecido a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ foi adicionado coalho em quantidade e forma determinada pelo fabricante. Depois do período de coagulação ($37 \pm 1^\circ\text{C}$) foi efetuado o corte da massa, em cubos com 1,5 cm de aresta; seguido de mexedura por 5 minutos, enformagem; armazenagem, por 12 horas em refrigeração ($5 \pm 1^\circ\text{C}$); e salga, em salmoura a 20% durante 1 hora. Os queijos foram embalados em embalagem Cryovac® (modelo BN 200, Cryovac, São Paulo, Brasil), selados em embaladora a vácuo Selovac® (modelo 200 B, Selovac, São Paulo, Brasil), e mantidos em refrigeração ($5 \pm 1^\circ\text{C}$) até a realização das análises. Os queijos foram produzidos em triplicata.

Figura 2 – Fluxograma das etapas de elaboração dos queijos denominados de controle e crioconcentrado.



Fonte: O autor.

3.4 Análise físico-química

No leite, concentrado, gelo e queijos (controle e crioconcentrado) foram determinados o teor de sólidos totais (g/100 g) por secagem direta em estufa a 105 °C, segundo o IAL (2008). Para o leite e para as suas frações concentrado e gelo foi avaliada a acidez titulável (g de ácido lático em 100g de produto), de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), enquanto o valor do pH foi determinado empregando pH metro ($\pm 0,01$) (PHS-3 BW, BEL, Piracicaba, São Paulo, Brasil). Todas estas análises foram realizadas em triplicata.

3.5 Análise de cor

A análise de cor do leite, do concentrado, e dos queijos (controle e crioconcentrado) foi determinada utilizando colorímetro Minolta Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta, Osaka, Japão) ajustado para operar com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°, previamente calibrado. Para medir os parâmetros L^* , a^* e b^* foi utilizada a escala de cor CIELab onde o parâmetro L^* varia de 0 a 100 e indica a luminosidade de acordo com a variação do preto ao branco; o eixo a^* indica a variação do vermelho ($+a^*$) ao verde ($-a^*$) enquanto que o eixo b^* , a variação do amarelo ($+b^*$) para o azul ($-b^*$). A escala CIELab foi utilizada também para calcular a diferença total da cor (ΔE^*) entre os valores observados para o leite e o concentrado, e para os dois tipos de queijos (Equação 4), como descrito por Capellas *et al.* (2001). Todas estas análises foram realizadas em triplicata.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (4)$$

3.6 Análise de perfil de textura (TPA)

A análise instrumental do perfil de textura (TPA) dos queijos (controle e crioconcentrado) foi realizada no texturômetro Stable Micro Systems, modelo TA.HD.plus auxiliadas pelo programa Exponent versão 6.1.1.0. Um corpo de prova (*probe*) de 25 mm de diâmetro foi utilizado para comprimir as amostras com 19 mm de diâmetro e 20 mm de altura a 5 ± 1 °C, a fim de determinar através do teste de dupla compressão os parâmetros firmeza

(N), coesividade, adesividade (N.s), elasticidade, mastigabilidade (N) e gomosidade (N). As medidas foram realizadas a 5 ± 1 °C, com a velocidade de 2 mm/s e a distância de compressão igual a 4 mm. Todas as medidas foram repetidas cinco vezes.

3.7 Análise estatística

Os resultados foram avaliados empregando o *software* STATISTICA versão 13.3 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA), e expressos como média \pm desvio padrão. O teste t de *student* foi usado para avaliar as diferenças entre os resultados das amostras. Os resultados foram considerados estatisticamente quando $P < 0,05$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados para o fator de concentração e a eficiência do processo da crioconcentração do leite em relação ao teor de sólidos totais. O valor para FC foi maior do que o obtido por Muñoz *et al.* (2017) (134,00%) e Berenhauser *et al.* (2017) (118,59 %), para leite de vaca e leite humano, respectivamente. Foi possível notar que este valor de FC, obtido no primeiro estágio da crioconcentração, foi similar ao observado no segundo estágio da crioconcentração de leite e leite humano, por Muñoz *et al.* (2017) (175,00 %) e Berenhauser *et al.* (2017) (180,48%). Para EP, no presente trabalho, tal comportamento já foi verificado no primeiro estágio da crioconcentração. Berenhauser *et al.* (2017) obtiveram valor para EP igual a 70,30% somente no segundo estágio da crioconcentração. Assim como Aider e Ounis (2012), foi observado que os valores de FC e EP são dependentes do teor de sólidos totais. No entanto, de acordo com Muñoz *et al.* (2017) os maiores valores encontrados para FC e EP podem estar relacionados a forma de congelamento realizada. Enquanto estes autores empregaram o congelamento rápido, no presente estudo foi realizado o congelamento lento.

Tabela 2 – Propriedades físico-químicas, fator de concentração (FC) e eficiência do processo (EP) de crioconcentração em blocos do leite e das suas frações (concentrado e gelo) em relação ao teor de sólidos totais.

	Leite	Concentrado	Gelo
Sólidos totais (g/100 g)	10,85 ± 0,05 ^b	18,87 ± 0,09 ^a	2,88 ± 0,01 ^c
FC (%)		173,92	
EP (%)		84,74	
Acidez em ácido láctico (g/100 g)	0,11 ± 0,01 ^b	0,25 ± 0,0 ^a	0,04 ± 0,01 ^c
pH	6,82 ± 0,02 ^b	6,52 ± 0,03 ^c	7,03 ± 0,04 ^a

^{a-c}Letras sobrescritas diferentes na mesma linha indicam diferença ($P < 0,05$) entre as amostras.

Resultados foram expressos como média ± desvio padrão. n = 3.

Robles *et al.* (2016) observaram que quando uma temperatura de congelamento mais baixa é aplicada, como no congelamento lento, um maior número de cristais circulares, de tamanhos maiores e com canais menos tortuosos são formados. Tal comportamento poderia ter contribuído para uma maior concentração de sólidos totais, resultando no aumento de FC e

EP. Por esta razão, somente realizou-se um estágio do processo de crioconcentração, onde a partir do concentrado obtido foi feita a elaboração do queijo denominado de queijo crioconcentrado.

Pôde-se verificar uma relação entre os valores da acidez e do pH com o teor de sólidos totais. Desta forma, aumento da acidez e uma diminuição do pH foi observada com o aumento do teor de sólidos totais ($P < 0,05$). Este comportamento poderia estar relacionado à presença de certos constituintes após o processo de crioconcentração do leite, como por exemplo, a lactose. O teor de sólidos totais e os parâmetros de cor dos queijos elaborados a partir do leite (queijo controle) e do concentrado (queijo crioconcentrado) estão apresentados na Tabela 3. Entre os queijos, pôde-se verificar que o teor de sólidos totais foi menor ($P < 0,05$) para o queijo produzido a partir do concentrado. Lauzin *et al.* (2018) citaram que concentrados podem apresentar diferentes separações entre componentes durante processos de concentração. Estes autores também notaram que durante a coagulação de certos concentrados, visando à produção de queijos, foram observados tempos de coagulação mais altos, mesmo empregando a mesma quantidade de coalho. Tal comportamento, conforme Lauzin *et al.* (2018), poderia ser decorrente de vários fenômenos, como o aumento da viscosidade e, portanto, de uma maior força iônica, o que resultaria numa menor atividade da enzima coagulante. Corredig *et al.* (2019) relataram que tecnologias de concentração do leite podem afetar as interações proteína-proteína e a ligação de cálcio via aglomerados fosforilados, que são fundamentais para a estrutura das micelas, alterando assim a produção de queijos. No entanto, estes autores também citaram que outros fatores são críticos para a formação da estrutura de queijos, como por exemplo, a atividade de íons livres, a fração de volume ocupado pelas micelas de caseína no concentrado e o grau de desnaturação das proteínas do soro.

Ao contrário do teor de sólidos totais, não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) entre os valores do parâmetro luminosidade dos dois queijos elaborados. Entretanto, ambos os queijos (controle e crioconcentrado) apresentaram altos valores para o parâmetro L^* , o que os caracteriza como queijos mais claros. Também foi observado que os dois queijos demonstraram tendência à tonalidade amarela esverdeada, sendo o queijo crioconcentrado mais verde e o controle mais amarelado ($P < 0,05$). Estes resultados poderiam ser creditados a presença de gordura no leite porque em trabalhos realizados por Muñoz *et al.* (2017) e Berenhauser *et al.* (2017) para leite de vaca integral e leite humano, respectivamente, foi verificado que a gordura fica retida na fração gelo do primeiro estágio do processo de crioconcentração, resultando em um concentrado com menor teor de gordura. Segundo

Mayta-Hanco *et al.* (2019) a redução de gordura no leite gera uma perda de β -caroteno, responsável pela cor amarela da gordura, sendo que os queijos com reduzido teor de gordura, como por exemplo, o queijo crioconcentrado elaborado, tende a tonalidade esverdeada, devido à redução dos β -carotenos associada ao menor teor de gordura do concentrado.

Tabela 3 – Teor de sólidos totais e os parâmetros de cor dos queijos controle e crioconcentrado.

	Queijo controle	Queijo crioconcentrado
Sólidos totais (g/100 g)	46,23 \pm 0,27 ^a	41,24 \pm 0,36 ^b
<i>L</i> *	92,91 \pm 0,52 ^a	92,52 \pm 0,22 ^a
<i>b</i> *	16,76 \pm 0,28 ^a	14,48 \pm 0,33 ^b
<i>a</i> *	-1,86 \pm 0,05 ^b	-2,35 \pm 0,10 ^a
ΔE *		4,80

^{a,b}Letras sobrescritas diferentes na mesma linha indicam diferença ($P < 0,05$) entre as amostras.

Resultados foram expressos como média \pm desvio padrão. n = 3.

Com relação ao parâmetro ΔE *, Martinez-Cervera *et al.* (2011) relataram que para que não sejam verificadas diferenças pelo olho humano, entre as amostras ΔE * deve ser ≤ 3 . Entretanto, o resultado apresentado na Tabela 3, indica que existiu diferença entre a cor dos dois queijos elaborados (controle e crioconcentrado), podendo também ser creditado à presença da gordura. Da mesma forma, o menor teor de gordura do concentrado usado na elaboração do queijo controle, pode ter sido responsável pelo maior valor ($P < 0,05$) dos parâmetros firmeza, gomosidade e mastigabilidade (Tabela 4).

Ningtyas *et al.* (2019) afirmaram que firmeza dos queijos, é um dos mais importantes atributos capazes de influenciar na aceitabilidade dos mesmos pelos consumidores. Conforme Khanal *et al.* (2019), a presença de gordura no leite pasteurizado integral poderia ter contribuído para a redução dos valores da firmeza do queijo controle. De acordo com estes autores, a fabricação de queijo envolve a coagulação de coalho e esse fenômeno compreende uma agregação de caseína micelas na presença de coalho, micelas agregadas formam aglomerados, cadeias e rede de proteína que envolve os glóbulos de gordura do leite. Assim, a possível razão para o aumento da firmeza do queijo crioconcentrado seria a provável

diminuição da quantidade de glóbulos de gordura no concentrado, e, portanto, no queijo crioconcentrado.

Tabela 4 – Resultados da análise do perfil de textura dos queijos controle e crioconcentrado.

	Queijo controle	Queijo crioconcentrado
Firmeza (N)	7,51 ± 0,26 ^b	11,66 ± 1,69 ^a
Coabilidade	0,80 ± 0,01 ^a	0,80 ± 0,02 ^a
Adesividade (N.s)	-0,02 ± 0,02 ^a	-0,07 ± 0,07 ^a
Elasticidade	86,74 ± 1,99 ^a	84,98 ± 1,58 ^a
Mastigabilidade (N.s)	5,20 ± 0,11 ^b	7,87 ± 0,94 ^a
Gomosidade (N)	6,00 ± 0,15 ^b	9,27 ± 1,24 ^a

^{a-b}Letras diferentes sobrescritas na mesma linha indicam diferença significativa ($P < 0.05$) entre as amostras. n = 5.

Guinot *et al.* (2019) citaram que as etapas de processamento das matérias-primas a serem utilizadas na produção de queijos podem afetar a distribuição dos glóbulos de gordura e a organização da caseína. Do e Kong (2018) afirmaram também que a firmeza de alguns queijos está também associada aos agregados de proteína que tem uma combinação de estruturas globular e sub micelar, que podem ser modificadas conforme o processamento utilizado. No queijo produzido a partir do leite pasteurizado integral era também esperado que os valores para a mastigabilidade fossem menores ($P < 0,05$) do que o queijo obtido do concentrado. Isto porque Do e Kong (2018) relataram que a presença de gordura geralmente é associada à textura macia de queijos já que os glóbulos de gordura interrompem a matriz proteica e reduzem a firmeza dos queijos. A relação entre os parâmetros firmeza e mastigabilidade foi citada por O'Callaghan e Guinee (2004). Da mesma forma que o observado entre os queijos controle e crioconcentrado, Mayta-Hancco *et al.* (2019) observaram um aumento no valor do parâmetro gomosidade com o menor teor de gordura de queijos. Estes autores relacionaram este comportamento à menor quantidade de glóbulos de gordura dispersos na matriz proteica. Assim como estes autores, também foi observado que os parâmetros coabilidade e elasticidade não sofreram interferências e, portanto, não foram diferentes ($P > 0,05$) entre as amostras de queijos elaborados (controle e crioconcentrado). Como a coabilidade e a elasticidade, a adesividade dos queijos elaborados não apresentaram diferenças ($P > 0,05$). O'Callaghan e Guinee (2004) relataram que a adesividade é um dos

parâmetros de textura mais difíceis de ser associado às mudanças tecnológicas relativas à produção de queijos. Enfim, através da determinação dos atributos físicos como a cor e a textura, têm-se importantes indicadores de qualidade, podendo ser previstos e utilizados no controle do processo durante a produção de queijos.

5 CONCLUSÃO

Pôde-se concluir que o uso do concentrado do leite na elaboração de queijo tipo Minas Frescal seria indicado devido ao alto fator de concentração e à alta eficiência resultantes do processo de crioconcentração do leite pasteurizado integral. Depois da crioconcentração, o concentrado apresentou maior e menor valores para acidez e pH, respectivamente, e portanto, maior teor de sólidos totais quando comparado ao leite. No entanto, o teor de sólidos totais foi menor para o queijo elaborado do concentrado. Observou-se que o queijo obtido do leite concentrado, apesar de branco e tendendo à cor amarela esverdeada, apresentou uma coloração visivelmente diferente do controle, sendo mais esverdeado do que o queijo controle. O queijo oriundo do crioconcentrado também foi mais firme, com maior valor para a mastigabilidade e gomosidade. Enfim, ao final deste estudo, verificou-se que foi bem sucedido o desenvolvimento de um novo produto, como o queijo do concentrado do leite, empregando uma tecnologia emergente, como a crioconcentração em blocos.

REFERÊNCIAS

- AIDER, M.; OUNIS, W. B. Skim milk cryoconcentration as affected by the thawing mode: gravitational vs. microwave-assisted. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 195-202, 2012.
- ASSIS, J. *et al.* Cadeia produtiva do leite no brasil no contexto do comércio internacional. **Revista de Ciências Empresariais da UNIPAR**, v. 17, n. 1, p. 63-93, 2016.
- BALDE, A.; AIDER, M. Impact of cryoconcentration on casein micelle size distribution, micelles inter-distance, and flow behavior of skim milk during refrigerated storage. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 34, p. 68–76, 2016.
- BERENHAUSER, A. C. *et al.* The impact of the block freeze concentration process on human milk properties intended for feeding newborns. **Food and Nutrition Sciences**, v. 8, p. 402-418, 2017.
- CAPELLAS, M. *et al.* Effect of high-pressure processing on physico-chemical characteristics of fresh goats' milk cheese (*Matô*). **International Dairy Journal**, v. 11, p. 165-173, 2001.
- CHALUPA-KREBZDAK, S.; LONG, C. J.; BOHRER, B. M. Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. **International Dairy Journal**, v. 87, p. 84 – 92, 2018.
- CORREDIG, M. *et al.* Understanding the behavior of caseins in milk concentrates. **Journal Dairy Science**, v. 102, p. 4772-4782, 2019.
- DO, D. H. T.; KONG, F. *Texture* changes and protein hydrolysis in different *cheeses* under simulated gastric environment. **LWT – Food Science and Technology**, v. 93, p. 197-203, 2018.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **FAOSTATIC**. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>>. Acesso em: 25 set. 2018.
- GONZÁLEZ, F. H. D. *et al.* **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**. Porto Alegre: UFRGS, 2001, 72 p.
- GUINOT, L. *et al.* Identification of texture parameters influencing commercial cheese matrix disintegration and lipid digestion using an in vitro static digestion mode. **Food Research International**, v. 121, p. 269-277, 2019.
- HARTEL, R. W. *et al.* Freeze Concentration of Skim Milk. **Journal of Food Engineering**, v. 20, p. 101- 120, 1993.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Agro censo 2017. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acesso em: 25 set. 2018.

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

KHANAL, B. K. S. *et al.* Physico-chemical and biochemical properties of low fat Cheddar cheese made from micron to nano sized milk fat emulsions. **Journal of Food Engineering**, v. 242, p. 94–105, 2019.

LAUZIN, A. *et al.* Impact of membrane selectivity on the compositional Characteristics and model cheese-making properties of liquid pre-cheese concentrates. **International Dairy Journal**, v. 83, p. 34-42, 2018.

MARTÍNEZ-CERVERA, S. *et al.* Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, p. 729-736, 2011.

MAYTA-HANCCO, J. *et al.* Effect of ultra-high pressure homogenisation of cream on the physicochemical and sensorial characteristics of fat-reduced starter-free fresh cheeses. **LWT - Food Science and Technology**, v. 110, p. 292–298, 2019.

MIYAWAKI, O. *et al.* Tubular ice system for scale-up of progressive freeze-concentration. **Journal of Food Engineering**, v. 69, p. 107-113, 2005.

MIYAWAKI, O. *et al.* Progressive freeze-concentration of apple juice and its application to produce a new type apple wine. **Journal of Food Engineering**, v. 171, p. 153-158, 2016.

MÜLLER, E. E. **Qualidade do Leite, Células Somáticas e Prevenção da mastite.** Anais do II Sul- Leite: Simpósio sobre Sustentabilidade da Pecuária Leiteira na Região Sul do, p. 206-217, 2002.

MUÑOZ, I. B. *et al.* Potential of Milk Freeze Concentration for the Production of Functional Fresh Cheeses. **Advance Journal of Food Science and Technology**, v. 13, n. 5, p. 196-209, 2017.

MUÑOZ, I. B. *et al.* The use of soft fresh cheese manufactured from freeze concentrated milk as a novelty protective matrix on Bifidobacterium BB-12 survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 97, p. 725-729, 2018.

NINGTYAS, D. W. *et al.* The viability of probiotic *Lactobacillus rhamnosus* (non-encapsulated and encapsulated) in functional reduced-fat cream cheese and its textural properties during storage. **Food Control**, v. 100, p. 8-16, 2019.

O' CALLAGHAN, D. J.; GUINEE, T. P. Rheology and texture of cheese. In: **Cheese: chemistry, physics and microbiology**, 3th, Elsevier, 2004. v.1, p. 511-540.

PETZOLD, G. *et al.* Block freeze concentration assisted by centrifugation applied to blueberry and pineapple juices. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 30, p. 192-197, 2015.

ROBLES, C. M. *et al.* Ice morphology modification and solute recovery improvement by heating and annealing during block freeze-concentration of coffee extracts. **Journal of Food Engineering**, v. 189, p. 72-81, 2016.

SEÇKIN, A. K.; YILMAZ, B.; TOSU, H. Real-time PCR is a potential tool to determine the origin of milk used in cheese production. **LWT - Food Science and Technology**, v. 77, p. 332-36, 2017.

SGARBIERI, V. C. Propriedades estruturais e físico-químicas das proteínas do leite. **Brazilian Journal Food Technology**, v.8, n.1, p. 43- 6, 2005.

SILVA, F. T. **Queijo minas frescal**. Embrapa, 2005, 50 p.

SOUZA, C. H. B. **Influência de uma cultura starter termofílica sobre a viabilidade de *Lactobacillus acidophilus* e as características de queijo minas frescal probiótico**. 2006. 110p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímica -Farmacêutica, USP, São Paulo.

VIEIRA, L. C. *et al.* Tecnologia de fabricação do queijo minas frescal. **Comunicado Técnico**, v. 125, p. 1517-2244, 2004.

ZAMBRANO, A. *et al.* Freeze desalination by the integration of falling film and block freeze concentration techniques. **Desalination**, v. 436, p. 56-62, 2018.