



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

CINÉTICA DE CONGELAMENTO, ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA
E SENSORIAL DO LEITE DE CABRA ARMAZENADO
EM DIFERENTES TEMPERATURAS

JOSÉ DE ASSIS FRANÇA

Campina Grande
Paraíba

**CINÉTICA DE CONGELAMENTO, ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA
E SENSORIAL DO LEITE DE CABRA ARMAZENADO
EM DIFERENTES TEMPERATURAS**

JOSÉ DE ASSIS FRANÇA

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola da
Universidade Federal de Campina
Grande, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Agrícola**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Armazenamento e Processamento de Produtos
Agrícolas**

**ORIENTADORES: Prof. Dr. Josivanda Palmeira Gomes
Prof. Dr. Juarez Paz Pedroza**

**Campina Grande, Paraíba
Julho, 2009**

11
2009
1070



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCCG

F814c

2009 França, José de Assis.

Cinética de congelamento, análise físico-química e sensorial do leite de cabra armazenado em diferentes temperaturas / José de Assis França. — Campina Grande, 2009.

102 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Prof.^ª Dr.^ª Josivanda Palmeira Gomes, Prof. Dr. Juarez Paz Pedroza.

1. Leite de Cabra. 2. Cinética de Congelamento. 3. Armazenamento a Frio. I. Título.

CDU – 637.133.1(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

JOSÉ DE ASSIS FRANÇA

CINÉTICA DE CONGELAMENTO, ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DO LEITE DE
CABRA ARMAZENADA EM DIFERENTES TEMPERATURAS.

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Josivanda P. Gomes
Dra. Josivanda Palmeira Gomes – Orientadora

APROVADO

[Assinatura]
Dr. Juarez Paz Pedroza – Orientador

Aprovada

José Cleidimário Araújo Leite
Dr. José Cleidimário Araújo Leite – Examinador

APROVADO

Renato Fonseca Aragão
Dr. Renato Fonseca Aragão – Examinador

APROVADO

Alexandre José de Melo Queiroz
Dr. Alexandre José de Melo Queiroz – Examinador

APROVADA

JULHO - 2009

*Sempre é preciso saber quando uma
etapa chega ao final. Encerrando ciclos,
fechando portas, terminando capítulos -
não importa o nome que damos, o que
importa é deixar no Passado os
momentos da vida que já se acabaram.*

Paulo Coelho

DEDICO

A todos aqueles que se esforçam para acabar a ignorância e o desperdício de alimentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por não deixar o passado me prender nem perder a determinação e a coragem de continuar lutando contra os obstáculos e dificuldades da vida.

A meus Pais, Manoel e Alzira (*in memoriam*), por construírem a base da minha educação.

A minha esposa, Gênova, por sua sabedoria.

A minhas filhas, Amanda, Belisa, Érika e Luciana, que são a causa da minha felicidade.

A minhas irmãs, Luci, Luciene e Lucinar, meu eterno sentimento de lealdade e gratidão.

A meus sobrinhos (as) Henrique, Bruno, Tutu, Adriana e Betinha, que estão sempre me ensinando a buscar o melhor.

A minha neta Anna Thereza, por fazer meu coração vibrar de alegria.

À Professora Dr^a. Josivanda Palmeira Gomes e ao Professor Dr. Juarez Paz Pedroza, pela orientação e paciência para a concretização do meu objetivo.

Ao Diretor do Campus Belo Jardim, Professor Geraldo Vieira, pelo apoio incondicional em prol da realização deste trabalho.

À CAPES, bela bolsa concedida.

Aos Professores do Campus Belo Jardim, em especial aos da Agroindústria Marcos, Maycon, Karen, Verônica e Flávia Cristina, por contribuírem para a realização das análises sensoriais.

A todos os alunos do Campus Belo Jardim, em especial aos de Agroindústria e Agropecuária, por participarem da análise sensorial.

A todos os servidores do Campus Belo Jardim, sobretudo a José Divâneio, Luciene, Ana Lúcia e Dimas.

Aos professores e funcionários da UFCG.

Ao Professor Dr. Renato Fonseca Aragão, pelo apoio durante minhas atividades no bloco CZ.

Ao Professor Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida, pelas informações referentes ao estado da Paraíba.

Ao Eng^o. Paulo de Almeida Farias, por seu profissionalismo e criatividade.

Ao Dr. Eng^o. Rildo de Oliveira, pelo apoio na obtenção de nitrogênio líquido.

Ao Ms. Engenheiro José Cândido Ferreira Neto, pelas análises físico-químicas realizadas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UFPB.

Aos amigos João Carlos, Wolia Costa, Ezenildo e Luisinho, que tiveram participação na realização deste trabalho.

Aos amigos e Professores Marcos Germano e José Carlos, pela convivência fraterna que tivemos na busca de nossos objetivos.

À Associação dos Caprinos Culturais do municípios de Gurjão e Cabaceiras (Usina de beneficiamento de leite de cabra), por terem contribuído para o êxito desta pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	v
RESUMO	vii
ABSTRACT.....	viii
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 – Objetivo geral	3
1.1.1 – Objetivos específicos	3
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 – Leite	4
2.2 – Leite de cabra	5
2.2.1 – Características físicas e fisico-químicas.....	7
2.3 – Métodos de Conservação	11
2.3.1 – Pasteurização	11
2.3.2 – Refrigeração	12
2.3.3 – Congelamento	13
2.3.3.1. Comportamento da água e de um tecido biológico quando submetidos ao congelamento	14
2.3.3.2. Tipos de congelamento quanto à sua velocidade	14
2.3.4 – Armazenamento a frio	17
2.3.5 – Cinética de congelamento	18
2.3.6 – Difusividade térmica	20
2.3.7 – Análise sensorial	22
2.3.7.1 – Sabor	23
2.3.7.2 – Aroma	24
2.3.7.3 – Aparência	25
2.3.7.4 – Cor	26
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 – Matéria-prima	27
3.2 – Processamento do leite de cabra	27
3.3 – Determinação das análises físico-químicas	29
3.3.1 - Conteúdo de água	29

3.3.2 – Proteína bruta	30
3.3.3 – Resíduo mineral fixo (cinzas)	30
3.3.4 – Lactose (%)	31
3.3.5 – Densidade a 15 °C	31
3.3.6 – Acidez total titulável	31
3.3.7 – Lipídios	31
3.3.8 – Extrato seco desengordurado ou sólidos não gordurosos (SNG)	32
3.3.9 – pH	32
3.3.10 – Extrato seco total (EST)	32
3.4 – Armazenamento do leite de cabra	33
3.5 – Cinética de congelamento do leite a -20, -30, -170 e -196 °C	33
3.6 – Análise sensorial	35
3.7 – Análise estatística	37
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1 – Caracterização do leite de cabra	38
4.2 – Armazenamento	41
4.2.1 – Conteúdo de água	41
4.2.2 – Proteínas	42
4.2.3 – Cinzas	44
4.2.4 – Lactose	45
4.2.5 – Densidade	47
4.2.6 – Acidez total titulável	48
4.2.7 – Lipídios	50
4.2.8 – Sólidos não gordurosos	51
4.2.9 – pH	53
4.2.10 – Extrato seco desengordurado	54
4.3 – Cinética de congelamento do leite de cabra	56
4.3.1 – Cinética de congelamento do leite de cabra na temperatura de -20 °C	56
4.3.2 – Cinética de congelamento do leite de cabra na temperatura de -30 °C.....	58
4.3.3 – Cinética de congelamento do leite de cabra na temperatura de -170 °C.....	60

4.3.4 – Cinética de congelamento do leite de cabra na temperatura de -196 °C.....	61
4.4 – Difusividade térmica	62
4.5 – Análise sensorial	64
5 – CONCLUSÕES	67
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
APÊNDICE A	81
APÊNDICE B	85
APÊNDICE C	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1-	Transferência de calor durante o resfriamento, congelamento e pós-congelamento de um produto alimentício; T_1 e T_2 – temperatura inicial e final do produto no centro; t_r – tempo de resfriamento; t_c – tempo de congelamento; t_{pc} – tempo de pós-congelamento.....	19
Figura 3.1-	Fluxograma das fases realizadas durante o processamento de leite de cabra pasteurizado.....	28
Figura 3.2-	Congelamento do leite de cabra a -170 e 196 °C.....	29
Figura 3.3-	Termopares monitorando a temperatura no centro da amostra do leite de cabra	33
Figura 3.4-	Análise sensorial do leite de cabra durante o armazenamento.....	35
Figura 3.5-	Análise sensorial do leite de cabra congelado.....	36
Figura 4.1 -	Curva de congelamento do leite de cabra na temperatura de -20 °C, para uma amostra com $16,3$ mm de espessura.....	56
Figura 4.2 -	Curva de congelamento do leite de cabra na temperatura de -30 °C, para uma amostra com $17,7$ mm de espessura.....	58
Figura 4.3 -	Curva de congelamento do leite de cabra na temperatura de -170 °C, para uma amostra com $18,7$ mm de espessura.....	60
Figura 4.4 -	Curva de congelamento do leite de cabra na temperatura de -196 °C, para uma amostra com $18,8$ mm de espessura.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Requisitos mínimos da qualidade físico-química para o leite de cabra.....	8
Tabela 2.2 - Composição média do leite de diversas espécies.....	9
Tabela 2.3. - Critério microbiológico de aceitação para o leite de cabra.....	12
Tabela 2.4 - Vantagens e desvantagens do congelamento como método de conservação.....	15
Tabela 4.1- Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos do leite de cabra congelados nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C....	38
Tabela 4.2 - Valores médios da umidade (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias.....	41
Tabela 4.3 - Valores médios de proteína (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias.....	43
Tabela 4.4 - Valores médios de cinzas (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias.....	44
Tabela 4.5- Valores médios de lactose (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias.....	46
Tabela 4.6 - Valores médios de densidade (g/cm^3) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias.....	47
Tabela 4.7- Valores Médios de Acidez (% de ácido láctico) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias.....	49
Tabela 4.8- Valores médios dos lipídios (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias	50

Tabela 4.9-	Valores médios dos sólidos não gordurosos (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias.....	52
Tabela 4.10-	Valores médios do pH das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias.....	53
Tabela 4.11-	Valores médios do extrato seco desengordurado (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias.....	55
Tabela 4.12-	Valores dos coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média do leite de cabra nas três fases de congelamento nas temperaturas de -20 °C, -30°C, -170 °C e -196 °C.....	63
Tabela 4.13	Comparação entre as médias da análise sensorial do leite de cabra congelado a -20, -30, -170 e -196 °C, dos atributos aparência, cor, odor e sabor.....	64
Tabela 4.14	Comparação entre as médias da análise sensorial do leite de cabra congelado para o fator tempo de armazenagem para os atributos aparência, cor, aroma e sabor.....	66



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Dissertação de Mestrado: Cinética de congelamento, análise físico-química e sensorial do leite de cabra armazenado em diferentes temperaturas

Autor: José de Assis França

Orientadores: Prof. Dr. Josivanda Palmeira Gomes

Prof. Dr. Juarez Paz Pedroza

RESUMO

Realizou-se este trabalho com o objetivo de estudar o efeito do congelamento do leite de cabra nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C, sobre as características físico-químicas do leite de cabra congelado em várias temperaturas e se analisaram, quanto aos parâmetros, conteúdo de água, proteínas, cinzas, lactose, densidade, acidez total titulável, lipídeos, sólidos não gordurosos, pH e extrato seco total. Essas análises também foram determinadas durante o armazenamento (0, 30, 45, 60, 75 e 90 dias) a -20 °C, tal como a cinética de congelamento do leite de cabra, nas temperaturas de -20 e -30 °C, a cada 5 min, e a -170 °C, em intervalos de 60 segundos; já a temperatura de -196 °C foi feita a cada 5 s utilizando-se, respectivamente, freezer convencional, vapor de nitrogênio e imersão em nitrogênio. Os atributos sensoriais analisados do leite de cabra durante o armazenamento de 90 dias, foram: aparência, cor, sabor e aroma. Os resultados da caracterização do leite de cabra congelado para os parâmetros físico-químicos: proteínas, cinzas e acidez total titulável, para todas as amostras, obedeceram a legislação atual, assim como os valores de lactose das amostras congeladas a -170 e -196 °C, os valores de densidade das amostras congeladas a -30, -170 e -196 °C e os valores de sólidos não gordurosos das amostras congeladas a -30 e -170 °C. Os valores de conteúdo de água e cinzas apresentaram tendência de estabilidade ao final do armazenamento; já os valores de sólidos solúveis totais e pH indicaram aumento ao final período de armazenamento, para todas as amostras. Os parâmetros físico-químicos de proteínas (-20, -170 e -196 °C), densidade (-20 e -196 °C), acidez (-20, -30 e -170 °C), extrato seco total (-20 °C) e lipídios (-170 e -196 °C) aumentaram ao final do armazenamento; já os valores de lactose (-20 °C), lipídios (-20 e -196 °C) e extrato seco (-196 °C) diminuíram enquanto os valores de proteína (-30 °C), lactose (-30, -170 e -196 °C), densidade (-30 °C), lipídios (-30 °C), extrato seco total (-30 e -170 °C) e acidez (-196 °C) não sofreram alteração no final do armazenamento, em relação aos valores iniciais. Na cinética de congelamento das amostras congeladas a -20 °C e -30 °C foram observadas as três fases de congelamento bem definidas, enquanto a -170 e -196 °C, essas três não foram bem definidas. Os valores de difusividade efetiva média das amostras congeladas a -20, -30, -170 e -196 °C foram, respectivamente, 0,306, 0,538, 14,688, 121,888 mm² s⁻¹. As amostras avaliadas quanto à aparência e à cor se encontraram em uma escala só, “indiferente” e “gostei ligeiramente” e “branco cremoso” e “branco”, respectivamente; por outro lado, aroma varia na escala “leve odor característico do leite” e “odor característico do leite”, enquanto o sabor ficou na escala “leve sabor característico do leite” e “gosto característico do leite”.

Palavras-chave: leite de cabra, cinética de congelamento, armazenamento a frio



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

M. Sc. Thesis: kinetics of freezing, physicochemical analysis and sensorial of the stored goat milk in different temperatures

Author: José de Assis França

Supervisors: Professor Dr. Josivanda Palmeira Gomes

Professor Dr. Juarez Paz Pedroza

ABSTRACT

This work was developed with the objective of studying the effect of goat milk freezing under temperatures of -20, -30, -170 and -196 ° C. The physicochemical characteristics of frozen goat milk were analyzed concerning to the following parameters: moisture, protein, ash, lactose, density, total titratable acidity, lipids, non fat solids, pH and total dry extract. The analysis of goat milk were also determined during storage for (0, 30, 45, 60, 75 and 90) days under -20 ° C of temperature. Such as the kinetics of freezing of goat milk under temperatures of -20, -30, every five minutes, and under -170°C in intervals of 60 seconds; while under the temperature of -196°C it was done every 5s, using, respectively, conventional freezer, nitrogen steam and immersion in nitrogen. The of sensory attributes of goat milk analyzed during the storage for 90 days were: appearance, color, flavor and aroma. The results of the characterization of the goat milk frozen in physicochemical parameters of protein, ash and titratable acidity of all samples are in accordance with current legislation, as well as the values of the lactose samples frozen under -170 and -196 ° C temperatures, the values of densities of the samples frozen under -30, -170 and -196 ° C temperatures, and the values of non fat solids of the samples frozen under -30 and -170 ° C. The values of moisture and ash of the samples showed a tendency of stability by the end of the storage. But the values of total soluble solids and pH had increased by the end of the storage for all samples. The values of the physicochemical protein (-20, -170 and -196 ° C), density (-20 and -196 ° C), acidity (-20, -30 and -170 ° C), total dry extract (-20 ° C) and lipids (-170 and -196 ° C) increased by the end of the storage; however the values of lactose (-20 ° C), fat (-20 and -196 ° C) and dry extract (-196 ° C) decreased, while the values of protein (-30 ° C), lactose (-30, -170 and -196 ° C), density (-30 ° C), lipids (-30 ° C), total dry extract (-30 and -170 ° C) and acidity (-196 ° C) have not changed by the end of the storage based on the initial values. In the kinetics of freezing of the frozen samples under -20 ° C and -30 ° C were observed the three well defined phases of freezes, while under -170 and -196 ° C these three phases were not well defined. The values of average effective diffusivity of the samples frozen under -20, -30, -170 and -196 ° C were, respectively, equal to 0.306, 0.538, 14.688, 121.888 mm² s⁻¹. Samples evaluated for appearance and color are among the scales, "indifferent" and "I liked it slightly" and "creamy white" and "white", respectively. On the other hand the smell is in the scale of "light milk odor " and "odor of milk," while the flavor is in the scale "mild characteristic flavor of milk" and "characteristic taste of milk."

Keywords: goat milk, kinetics of freezing, the cold storage

1 - INTRODUÇÃO

A cabra foi o primeiro animal domesticado pelo homem, visando à produção de alimentos. No Brasil, o Nordeste concentra o maior rebanho caprino com aproximadamente 90% e tem, como principais funções econômicas, a produção de carne e pele; já em países desenvolvidos o produto explorado é o leite, devido ao grande potencial desses animais CICO (2007).

De acordo com COSTA (2008) as regiões Sudeste e Nordeste são responsáveis por, praticamente, 100% da produção brasileira de leite de cabra, 54,6 e 45,4% respectivamente destacando-se, na segunda, a contribuição dos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba.

O rebanho caprino paraibano ocupa o quinto lugar do rebanho nacional, em que a região do Cariri se sobressai na exploração da caprinocultura, devido à sua melhor área de mercado do País e pela localização geográfica, maior densidade de caprinos e ovinos do continente e, principalmente, por possuir o melhor material genético tanto para leite como para carne, além de um rico acervo tecnológico gerado ao longo das duas últimas décadas na fazenda experimental de pendência, pertencentes à EMEPA (RODRIGUES & QUINTANS, 2003).

A industrialização do leite de cabra e seus derivados surge como uma necessidade para a maioria dos produtores no Brasil, devido à carência de melhores opções para a comercialização “in natura” e pela possibilidade de um faturamento bruto mensal maior, em virtude da agregação de valor ao leite fluido (SIMPLÍCIO et al., 2003).

O Programa Nacional do Leite (PNQL) pretende mudar a forma de se produzir leite no Brasil. Neste sentido tem havido um grande esforço por parte das instituições brasileiras oficiais e privadas para a modernização da cadeia industrial do leite com o objetivo de, entre outros, melhorar sua qualidade para que a população possa consumir produtos lácteos mais seguros, mais nutritivos e mais saborosos, além de proporcionar condições para aumentar o rendimento dos produtores. Assim, o Ministério de Abastecimento de Produção Animal (MAPA) publicou, em 2002, as instruções normativas 51, tornando essa norma obrigatória nas regiões Centro-Oeste e Sul, a partir de primeiro de julho de 2005 e, para as regiões Nordeste e Norte, a partir de primeiro de julho de 2007, deixando patente que a qualidade microbiológica, físico-química e sensorial é exigida pela referida instrução normativa.

Segundo HAENLEIN (2004) a indústria leiteira caprina está inserida na leiteira mundial e, conseqüentemente, compete com os produtos lácteos de outras espécies, como bovinos, ovinos e bubalinos. O grande volume e o menor custo de produção de leite de vaca, tal como o baixo preço de mercado, levam a produção de leite de cabra e seus derivados a se destinarem a um mercado restrito, no qual o consumidor tenha melhor poder aquisitivo.

O leite de cabra assume importância socioeconômica por estar diretamente ligado à agropecuária que, mesmo nos casos nos quais não é uma atividade fim, promove um incremento de renda aos produtores, não só na forma de comercialização do leite in natura mas, também, dos seus derivados.

Entende-se por leite, sem outra especificação, o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas. O leite de outras espécies deve denominar-se segundo a espécie da qual proceda (BRASIL, 2002a); assim sendo, o leite da espécie caprina deverá receber a denominação leite de cabra.

Com relação ao leite de vaca, o consumidor dificilmente anda mais do que três a quatro quadras e o produtor, recebendo bem ou mal conta com uma linha de coleta de leite passando pela fazenda, formando uma rede de coleta e distribuição; com o leite de cabra isto não acontece; praticamente, não há uma rede de coleta em função da distância existente entre a criação de cabra e a distribuição igualmente ineficiente, sendo difícil encontrar leite de cabra no comércio; este problema, além de ser um sério entrave para a expansão da caprinocultura leiteira, tornou-se usual a comercialização do leite de cabra congelado, que permite que a entrega aos revendedores seja feita uma vez por semana, a cada quinze dias, e que o consumidor mantenha o produto congelado para racionalizar a sua ida ao ponto de venda, normalmente distante, muitas vezes em outras cidades (RIBEIRO et al., 1997).

O resfriamento do leite tem o objetivo de criar um meio desfavorável ao desenvolvimento microbiano. A baixa temperatura diminui a taxa de multiplicação dos micro-organismos e a atividade enzimática; entretanto, as bactérias psicrófilas se desenvolvem a baixas temperaturas, produzindo enzimas (proteases e lipases) que, embora não acidifiquem o leite, atuam sobre as proteínas e lipídeos, causando sabores desagradáveis e diminuindo o rendimento industrial (ABREU, 2000).

De acordo com o regulamento técnico da identidade e qualidade do leite de cabra (BRASIL, 2000), seu congelamento a temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou inferior, é permitido.

O congelamento rápido retarda imediatamente a velocidade das reações químicas e enzimáticas dos alimentos devido à passagem pelo intervalo de -5 a -15 °C, ser mais rápida que no congelamento convencional, quando então as reações químicas não diminuem tanto quanto se poderia esperar, por efeito das baixas temperaturas. Outro tratamento de conservação aplicado ao leite de cabra é a esterilização que, de acordo com ORDÓÑEZ (2005), é a destruição dos micro-organismos presentes, esporulados ou não, ou pelo menos de todos aqueles que possam proliferar-se no produto final e como consequência, pode haver mudanças na qualidade nutritiva e sensorial em virtude das altas temperaturas aplicadas.

Assim sendo, o congelamento rápido poderá ser um método aplicado ao congelamento do leite de cabra, mantendo as características físico-químicas, organolépticas e microbiológicas viáveis, minimizando as modificações indesejáveis, vistos nos métodos tradicionais aplicados.

1.1 Objetivo geral

Estudar o efeito do congelamento no leite de cabra pasteurizado, congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C.

1.1.1 - Objetivos específicos

- Caracterizar, físico-quimicamente, o leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C, a partir das propriedades: conteúdo de água, proteínas, cinzas, acidez total, lactose, densidade, etc.
- Avaliar os efeitos das temperaturas (-20, -30, -170 e -196 °C) de congelamento no leite de cabra quanto aos parâmetros físico-químicos, durante o armazenamento por 90 dias, a -20 °C.
- Estudar a cinética de congelamento do leite de cabra nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C.
- Avaliar as características sensoriais do leite de cabra durante o armazenamento por 90 dias, a partir dos atributos: aparência, cor, sabor e aroma (propriedades organolépticas).

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Leite

O leite é um alimento de grande importância na alimentação humana e tem sido utilizado desde épocas remotas, em suas diversas variedades: de cabra, búfala, ovelha e até o leite de vaca, hoje o mais processado e mais consumido em todo o mundo. O leite e o mel são os únicos produtos cuja função na natureza é exclusivamente a de servir como alimento, razão por que se assume serem esses dois produtos de elevado valor nutritivo (ABREU, 2005). Rico em proteínas de alta qualidade e fornecendo todos os 10 aminoácidos essenciais, assim como ácidos graxos, imunoglobinas e outros micronutrientes, o leite se torna também excelente meio para o crescimento de vários grupos de micro-organismos desejáveis e indesejáveis (VENTURINI et al., 2007).

De acordo com PEREDA et al., (2005) o leite pode ser definido sob dois pontos de vista: o biológico e o físico-químico; no primeiro aspecto, o leite é o produto da secreção das glândulas mamárias de fêmeas mamíferas cuja função natural é a alimentação dos recém-nascidos e, na definição físico-química, diz-se que o leite é uma mistura homogênea de grande número de substâncias (lactose, glicérides, proteínas, sais, vitaminas, enzimas), das quais algumas estão em emulsão (a gordura e as substâncias associadas), algumas em suspensão (as caseínas ligadas a sais minerais) e outras em dissolução verdadeira (lactose, vitaminas hidrossolúveis, proteínas do soro, sais).

Segundo BEHMER (1984), o leite é uma emulsão de glóbulos graxos, estabilizado por substâncias albuminóides em um soro que contém, em solução: um açúcar – a lactose, matérias protéicas, sais minerais e orgânicos e pequenas quantidades de vários produtos, tais como: lecitina, uréia, aminoácidos, ácido cítrico, ácido láctico, ácido acético, álcool, lactocromo, vitaminas, enzimas e outros.

São inúmeros os fatores que afetam as variações quanto à composição do leite, como, por exemplo: espécie animal, raça, individualidade animal, intervalo entre ordenhas, variação durante a ordenha, diferenças entre os quartos, período de lactação, influência das estações, alimentação, temperatura, doenças, idade do animal e condições climáticas (ROCHA, 2004).

Segundo GONZÁLEZ & CAMPOS (2003) mesmo durante a ordenha a composição do leite pode variar. A gordura do leite é menor no início da ordenha, aumentando gradualmente em percentagem quando o leite é retirado da glândula. O último leite da glândula é o mais alto em conteúdo de gordura. Este dado é importante quando se coletam amostras de leite para testes, de forma que a melhor amostra está representada pelo leite inteiro coletado durante toda a ordenha.

SOUZA et al. (2005) avaliaram a influência da ordenha na composição química do leite de ovelha da raça Corriedale e observaram que o percentual de gordura mais alto foi de 5%, na primeira semana de ordenha, enquanto os valores de acidez e pH foram considerados normais e a densidade apresentou maior variação quanto aos valores médios citados em literatura.

ROMA JÚNIOR et al. (2006) ao estudarem a quantidade de proteína do leite de vaca e o número de propriedades que atendem ao padrão mínimo exigido pela legislação, bem como a quantificação do problema de proteína instável na região sudeste, no período de outubro de 2005 a setembro de 2006, durante os doze meses, observaram que houve efeito de época sobre o teor de proteína e concluíram que a proteína instável tem sua ocorrência relacionada com o início do outono e final do inverno e observaram que este fato afetou diretamente o número de produtores que atendem ao padrão mínimo deste teor no leite, exigido pela legislação.

A produção nacional de leite cru produzido em 2008 é de 19.237.831 litros. No estado da Paraíba a produção anual é de 49.211 L de leite de vaca (IBGE, 2009).

2.2 - Leite de cabra

O leite caprino é largamente utilizado na alimentação humana, de acordo com o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do leite de cabra (BRASIL, 2000). Por definição, o leite de cabra é um produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de animais da espécie caprina sadios, bem alimentados e descansados e este é considerado integral quando não houver qualquer alteração do teor de gordura contido na matéria-prima.

Exceto nas regiões polares, a espécie caprina se encontra difundida em todo o mundo, com 74% dos rebanhos distribuídos nas regiões tropicais e áridas. Constitui-se

como espécie de expressiva economia, graças à sua rusticidade, que permite uma adaptação melhor às adversidades do meio, contribuindo para o desenvolvimento das zonas rurais, proporcionando renda direta pela comercialização de seus produtos para a alimentação e vestuário (DUBEUF et al., 2003). No Brasil, grande parte do leite de cabra é produzida em pequena escala e, muitas vezes, processada em condições artesanais, no próprio capril; nesses criatórios o leite é submetido a pasteurização e pode ser em seguida congelado, a fim de facilitar a distribuição e garantir o abastecimento durante a entressafra (ANDRADE et al., 2008).

Segundo COSTA (2005) a produção nacional diária de leite de cabra é de 22.000 L, sendo a produção mensal de 660.000 L e a produção anual de 7.920.000 L. O potencial de demanda, mesmo considerando que a clientela para o leite de cabra é formada por um público diferenciado é, com certeza, o dobro desses valores de produção havendo, portanto, um déficit de oferta de 22.000 L de leite por dia e 660.000 L de leite por mês. A região Nordeste produz diariamente 10.000 L de leite de cabra, ou seja, 45,4% da produção nacional. Aos poucos, o leite caprino ocupa o terceiro lugar, depois do leite de vaca e bubalino, com uma produção estimada em 7,3 milhões de toneladas/ano (SIQUEIRA, 2007).

A exploração dos caprinos para leite tem crescido, visto que, além do leite ser considerado um produto de alto valor nutritivo, os caprinos têm a capacidade de se adaptar às condições criatórias variáveis, podendo proporcionar, às famílias de baixa renda e à população em geral, melhoria do nível nutricional (RIBEIRO & RIBEIRO, 2001).

O leite de cabra é um dos alimentos mais nutritivos que existem, sendo rico em proteínas, vitaminas, gordura, carboidratos e sais minerais (principalmente cálcio), além de fonte essencial à saúde do homem e tem maior digestibilidade, razão pela qual o maior consumo ainda está associado ao consumo pediátrico por crianças com alergia ao leite de vaca ou indivíduos que necessitem de leite especial, devido às diferenças existentes entre a estrutura das proteínas do leite das duas espécies. De acordo com FISBERG et al. (1999) algumas pessoas apresentam reação alérgica ao leite de vaca em virtude da presença de antígenos de proteínas, o que ocorre com menos frequência com as proteínas do leite de cabra. Atualmente, o leite de cabra vem conquistando mercado crescente deixando, muitas vezes, como única opção, o congelamento, a esterilização e, mais recentemente, a

transformação do leite em pó e, assim, a caprinocultura brasileira vem ganhando papel significativo na sobrevivência de milhares de pessoas como mais uma alternativa de produção e devido ao seu potencial (FONSECA et al., 2006).

Alguns fatores podem influenciar os níveis de produção de cabras leiteiras, destacando-se a raça, a parição, a idade da fêmea, a estacionalidade, o tamanho da prole e a alimentação. Fatores genéricos e não genéricos, como hormônios, alimentação, clima, estresse, animais e meio ambiente, influenciam a produção e as características do leite (LUCENA, 2003).

Com a Instrução Normativa nº 37, de 31 de outubro de 2000, entrou em vigor a legislação federal, própria para leite de cabra, envolvendo aspectos de produção até a sua saída da indústria, obedecendo aos padrões estabelecidos pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), o qual determina padrões físico-químicos e microbiológicos para o leite de cabra cru, pasteurizado e esterilizado (BRASIL, 2000). Anteriormente, o leite de cabra era analisado segundo a legislação para leite de vaca ou por legislação específica dos estados.

2.2.1 – Características físicas e físico-químicas

O leite de cabra é uma emulsão de gordura em solução aquosa, contendo vários elementos, como lactose e minerais, os quais estão dissolvidos e outros em forma coloidal, como os componentes nitrogenados (MELO, 2007).

O leite é composto de água e é nessa porção que se encontram dispersos os componentes sólidos, denominados sólidos totais (ST). Os sólidos totais são constituídos de proteínas, lipídios, lactose e sais. Os sólidos totais são divididos em lipídeos (gorduras) e sólidos não gordurosos (SNG – proteínas, lactoses e cinzas) (VENTURINI et al., 2007).

Os teores de gordura inferior a 2,9%, para o leite de cabra integral e semidesnatado, só serão aceitos mediante comprovação de que o teor médio de determinado rebanho não atinge este nível, conforme a Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Requisitos mínimos da qualidade físico-química para o leite de cabra

REQUISITOS	Integral	Semi desnatado	Desnatado
Gordura, %	Teor original	0,6 a 2,9	Máx. 0,5
Acidez, % (ácido láctico)	0,13 a 0,18, para todas as variedades		
Sólidos não gordurosos	Mínimo de 8,20, para todas as variedades		
Densidade a 15 °C	1,0280 a 1,0340, para todas as variedades		
Índice crioscópico (°H)	- 0,550 a - 0,585, para todas as variedades		
Proteína total % m m ⁻¹	Mínimo 2,8, para todas as variedades		
Lactose % m v ⁻¹	Mínimo 4,3, para todas as variedades		
Cinzas, % m v ⁻¹	Mínimo 0,70, para todas as variedades		

Fonte: BRASIL (2000)

A composição do leite de cabra varia de acordo a raça, as condições ambientais, o estágio de lactação, a alimentação, os cuidados dispensados ao animal, o ciclo estral, o estado de saúde, a idade, a quantidade de leite produzida e a fisiologia de cada animal, possuindo em média 3,7% de gordura, 3,3% de proteína, 4,4% de lactose, 0,7% de cinzas, 12,4% de extrato seco total (EST) e 8,2% de extrato seco desengordurado (ESD) DOMINGOS et al. (2006).

A composição do leite de cabra, tal como o das outras espécies, varia com a componente genética do animal (raça e indivíduo), a alimentação, o clima, o estado sanitário e fisiológico, a ordenha e posteriores condições de manipulação e conservação. A adoção de um conjunto de medidas que promovam a manipulação correta do leite da produção até a conservação e posterior utilização, a escolha de uma alimentação adequada, a seleção e o melhoramento da raça produtora, são alguns dos pontos fundamentais onde através dos quais a intervenção humana pode fazer-se sentir, com vista à obtenção de matéria-prima de qualidade assegurada (SANCHEZ, 2004).

Existem diferenças na composição físico-química média do leite de diferentes espécie e raças como mostra ORDÓÑEZ (2005), por meio da Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Composição média do leite de diversas espécies

Espécie	Gordura (%)	Proteína (%)	Lactose (%)	Cinzas (%)	Extrato seco (%)
Mulher	4,5	1,1	6,8	0,2	12,6
Pardo suíço	4,0	3,6	5,0	0,7	13,3
Vaca					
Holstein	3,5	3,1	4,9	0,7	12,2
Jersey	5,5	3,9	4,9	0,7	15,0
Ovelha	6,3	5,5	4,6	0,9	17,3
Cabra	4,1	4,2	4,6	0,8	13,7
Canguru	2,1	6,2	Traços	1,2	9,5
Foca	53,3	11,7	2,6	0,7	67,7
Coelha	12,2	10,4	1,8	2,0	26,4

Fonte: ORDÓNEZ (2005)

O leite apresenta uma composição protéica total, sobretudo de várias proteínas específicas, dentre as quais a mais importante é a caseína. Existem vários tipos identificados de caseína α , β , γ e κ , todas similares em sua estrutura e se agregam, formando grânulos insolúveis chamados micelas; as demais proteínas do leite estão distribuídas de forma solúvel (PEREIRA, 2008). As proteínas do leite constituem ingredientes dos mais valorizados, pelas suas excelentes propriedades nutritivas, tecnológicas e funcionais (SGARBIERI, 2005). A lactose é o carboidrato mais significativo encontrado no leite; oscila com o tempo de lactação, raça dos animais, fatores climáticos e ambientais, não variando entre as diversas espécies de ruminantes (CUNHA, 2007).

A concentração total de minerais no leite está próxima de 1%, sendo que nem todos estão presentes na fase solúvel do leite. Esses elementos têm grande influência tecnológica por estarem relacionados à estabilidade do leite. As quantidades dos sais presentes não são constantes podendo variar, por exemplo, segundo o período de lactação e a ocorrência de mastite (LE MENS, 1985).

CUNHA (2007) relata que o leite de cabra, em comparação com o leite de vaca possuiu menores quantidades de sódio, ferro, enxofre, zinco e molibdênio. Por outro lado,

contém quantidades maiores de cálcio, potássio, magnésio, fósforo, cloro e manganês, sendo o citrato o principal sal.

A densidade e a temperatura de congelamento do leite são constantes físicas relevantes na inspeção da idoneidade do leite. Existem causas de variações normais da densidade, não afetando a qualidade como, por exemplo, a composição do leite em relação ao teor de gordura, valor protéico e a temperatura no momento da determinação. Dentre as causas anormais de variação da densidade pode-se destacar a adição de água, o que leva a uma diminuição na densidade do leite e, por outro lado, o desnatado e a adição de amido que aumentam a densidade (SIQUEIRA, 2007). O ponto de congelamento do leite ou ponto crioscópico, por sua vez, pode ser utilizado na investigação da sua integridade (BRASIL et al., 1999). O leite é uma emulsão de gordura em água cuja densidade fornece informações sobre a quantidade de gordura nele contida (BRASIL, 2005).

Uma importante característica do leite é a acidez, que pode estar relacionada ao aumento da contaminação por manipulação inadequada ou armazenamento e refrigeração deficientes. Com alta contagem de micro-organismos ocorre grande produção de ácidos, principalmente do ácido láctico, que estão em multiplicação no leite; a acidez tende, portanto, a aumentar, na medida em que o leite vai envelhecendo (BEHMER, 1984). O pH do leite de cabra recém ordenhado pode variar entre 6,5 a 6,7 e ser um indicador da qualidade sanitária e da estabilidade térmica do leite e seus derivados, haja vista que um pH acima de 6,7 indica uma possível infecção do úbere do animal, enquanto valores abaixo de 6,5 sinalizam a presença de colostro ou ação microbiana (MORETTO et al., 2002). Sendo a acidez do leite o resultado do somatório da acidez natural relacionada com o teor de proteína (caseínas) e de sais minerais presentes no leite e a acidez desenvolvida por ação da flora microbiana, os valores de acidez mencionados anteriormente podem vir a sofrer um acréscimo considerável, nomeadamente se não se assegurarem um conjunto de medidas que previnam a contaminação e o desenvolvimento dos micro-organismos (SANCHEZ, 2004).

A cor característica do leite branco-amarelado opaco é devida sobretudo à dispersão da luz pelas micelas de caseína, sendo que glóbulos de gordura dispersam a luz mas poucos contribuem para a cor branca do leite enquanto a cor amarelada se deve a substâncias lipossolúveis (caroteno e a hidrossolúveis) (VENTURINI et al., 2007).

2.3 – Métodos de conservação

2.3.1 – Pasteurização

A pasteurização está intimamente ligada ao tratamento térmico, que persegue duplo objetivo: obter um leite saudável e prolongar sua vida útil. O processo de pasteurização consiste na aplicação de um tratamento térmico no leite, com a finalidade de higienização, com vista apenas à destruição de bactérias patogênicas nele contidas e parte da flora banal, evitando a disseminação de doenças, preservando as características físico-químicas pela destruição quase total de sua microbiota normal ou saprófita, conjuntamente com a inativação de algumas enzimas que prejudicam a qualidade do produto (ROCHA, 2004). Nos alimentos pouco ácidos indica a destruição de micro-organismos patogênicos e não a sua conservação, isto é, naqueles cujo valor do pH é superior a 4,5; como exemplo, o leite, a manteiga e o sorvete (BARUFFALDI & OLIVEIRA, 1998).

Com relação ao tempo e à temperatura a ser utilizada, o processo de pasteurização pode ser realizado de três maneiras:

Pasteurização lenta (LTLT – baixa temperatura e longo espaço de tempo); determinado volume de leite é depositado em um recipiente no qual permanece em temperatura variando entre 62 e 65 °C, pelo tempo de 30 min. Este tipo de tratamento é recomendado para pequenas unidades industriais de fabricação de queijos e iogurtes (SILVA et al., 2006); a maneira seguinte é a pasteurização rápida (HTST – alta temperatura em curto espaço de tempo), caso em que o produto é submetido à temperatura de 72 °C, por 15 a 20 segundos e, em seqüência, é refrigerado a temperatura inferior 5°C, o que é possível pela passagem do líquido por trocadores de calor do pasteurizador a uma vazão que permita ao leite ser exposto a essa temperatura (SILVA, 2006); enfim, tem-se a pasteurização muito rápida: nesse tipo de pasteurização as temperaturas vão de 130 a 150 °C, durante 3 a 5 segundos, e é utilizada para o leite longa vida (SILVA et al., 2006).

O método de pasteurização foi ajustado de acordo com os parâmetros térmicos da bactéria patogênica não esporulada *Mycobacterium tuberculo* e a termoestabilidade da enzima fosfatase alcalina, que é desativada durante o processo. Após a pasteurização o leite

2.3.3.1 Comportamento da água e de um tecido biológico quando submetidos ao congelamento

Segundo MAFART (1994), ao se congelar água pura mediante um fluido refrigerante de temperatura T , observaram-se três fases.

I – Descendo a temperatura inicial da água até uma temperatura ligeiramente inferior à do ponto de fusão ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Antes da aparição dos primeiros cristais a água permanece líquida a uma temperatura inferior a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ antes de recomeçar até o ponto de fusão; depois ocorre o início da nucleação. Este fenômeno se denomina *sobrefusão*.

II – Fase da temperatura constante (meseta), é o ponto de fusão em que ocorre o processo de mudança de fase. Somente o calor latente troca com a mudança de fase, pois é absorvido pelo meio frigorífico e a água se encontra em equilíbrio bifase, ou seja, água líquida/gelo.

III – Uma vez completada a mudança de fase, o resfriamento do gelo ocorre a uma velocidade maior, pois a condutividade térmica da água aumenta consideravelmente durante a mudança de fase.

2.3.3.2. Tipos de congelamento quanto à sua velocidade

Segundo VICENTE et al. (1994), pode-se diferenciar, basicamente, dois métodos de congelamento o congelamento lento, conseguido com sistemas tradicionais, e o congelamento muito rápido, oriundo de gases criogênicos.

- **Congelamento lento**

O congelamento é, sem dúvida, um dos melhores métodos disponíveis para preservação dos alimentos, pois tem a vantagem de conservar, a longo prazo, grande parte de suas características químicas, organolépticas e nutritivas do produto o mais próximas possível das características iniciais e dificultar ações desfavoráveis de micro-organismos e

enzimas, conforme observado nos dados da Tabela 2.4 (ARAÚJO, 2000). Quando os alimentos congelados são processados, armazenados e manipulados de forma adequada, apresentam características organolépticas e nutritivas muito similares às que possuíam antes do seu congelamento (ORDÓÑEZ, 2005).

Tabela 2.4 – Vantagens e desvantagens do congelamento como método de conservação

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Não se acrescentam nem se eliminam componentes.	Os micro-organismos não são destruídos, embora seu número diminua.
Não transmite nem altera aroma natural	Os esporos são muito resistentes
Não reduz a digestibilidade	As toxinas não são destruídas.
Não causa perda significativa do valor nutritivo	Ocorre desidratação rápida e intensa quando não há acondicionamento adequado.

Fonte: ORDÓÑEZ, 2005

A conservação de alimentos mediante congelamento se produz devido a diferentes mecanismos. A redução da temperatura do produto a níveis abaixo de 0°C, produz queda significativa na velocidade de crescimento dos micro-organismos e, portanto, na deterioração do produto em virtude da atividade microbiana. A mesma influência da temperatura pode aplicar-se à maioria das reações passíveis de ocorrer no produto, tais como reações enzimáticas e oxidação. Além do mais, a formação de cristais de gelo dentro do produto diminui a disponibilidade de água para participar daquelas reações. Quanto menor a temperatura e mais água passe para o estado sólido, menos água se encontrará disponível para intervir nas reações químicas que podem causar a deterioração do produto (SING & HELDMAN, 1998).

No congelamento se utilizam temperaturas mais baixas que na refrigeração motivo pelo qual se inibi o crescimento microbiano e se retarda praticamente, todo o processo metabólico. Quanto menor a temperatura de armazenamento mais lenta será a atividade enzimática, até determinado ponto, no qual ocorra uma posição de paralisação; este fato é alcançado parcialmente mesmo em temperaturas extremas porque, a -20 °C ou temperaturas

inferiores, existem no alimento zonas com alta concentração de solutos não congelados devido a velocidade ser lenta durante o congelamento, GAVA (1979).

Algumas das mudanças indesejáveis que ocorrem nos alimentos durante o congelamento, poderão ser evitadas através de processos mais rápidos de congelamento (LARA et al., 1974).

- **Congelamento rápido**

Segundo VICENTE et al. (1994) a criogenia é um ramo da física dedicada à produção de baixas temperaturas em geral a baixo de $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$. A criogenia se refere ao frio originado por aplicações de gases liquefeitos (dióxido de carbono e o nitrogênio líquido); este último é o agente ideal para a execução do processo, por ser inerte, de baixo ponto de ebulição e destituído de toxidez.

O congelamento criogênico com nitrogênio líquido apresenta vantagens, tais como: menor desidratação do alimento durante o processo de congelamento, menores perdas de peso do produto ao se proceder ao descongelamento (menor retenção de água) melhores características organolépticas, tais como cor, odor, sabor e textura, com a cor e o odor mais parecidos ao que tinham o produto inicial, melhor qualidade microbiológica (detenção do desenvolvimento microbiano e enzimático); detenção dos processos de oxidação e rancificação provocados pelo oxigênio e pelo desenvolvimento bacteriano (VICENTE et al., 1994). Normalmente, alimentos submetidos a métodos criogênicos de congelamento apresentam qualidade superior devido principalmente à dimensão, número e localização dos cristais de gelo (CASTRO, 2004).

O congelamento rápido consiste em resfriar os alimentos a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, de maneira extremamente rápida; nessas condições, a água congela no centro das células como pequenas esferas arredondadas, que não rasgam suas paredes (LEDERER, 1991).

VICENTE et al. (1994) afirmam que o congelamento criogênico poderá trazer algumas vantagens para o produto antes de armazená-lo sob congelamento, tais como: evitar perda de peso excessiva e pegajosidade no produto; possibilitar a variação da capacidade de produção de uma instalação e aliviar o equipamento de congelamento mecânico, uma vez que o produto será armazenado já congelado.

O congelamento rápido de produtos alimentícios se conhece como “ultracongelamento” e se realiza no máximo em 120 min. Quando o ultracongelamento é feito por aplicação de gases criogênicos (nitrogênio líquido a baixa temperatura), o processo se realiza de 1 a 15 min (VICENTE et al., 1994).

O congelamento rápido é um método eficaz para conservar os alimentos no estado mais próximo do in natura. Quando congeladas cuidadosamente, as frutas retêm seu aroma e sabor característicos além de elevada porcentagem do seu valor nutritivo original (AGRA, 2006).

2.3.4 – Armazenamento a frio

A conservação de substâncias perecíveis por refrigeração envolve o uso de baixa temperatura como meio de eliminar ou retardar a atividade dos agentes de putrefação. Embora as baixas temperaturas não sejam tão eficazes para efetuar a destruição dos agentes de putrefação, como as temperaturas elevadas, a armazenagem de substâncias perecíveis a baixas temperaturas reduz grandemente a atividade, tanto das enzimas como dos microorganismos e, portanto, assegura um meio prático de conservar essas substâncias no seu estado original por um período variado de tempo. O grau de baixa temperatura requerida para conservação adequada varia com o tipo de produto armazenado e com o espaço de tempo em que ele vai ser armazenado (DOSSAT, 1980).

Sabe-se que o clima existente no local em que se armazenam congelados, é um dos fatores que mais exercem influência sobre a qualidade de alimentos submetidos ao congelamento. Este clima está constituído de variáveis como temperatura, umidade absoluta e relativa do ar e renovação e circulação deste (FERREIRA, 2000).

SING & HELDMAN (1998) comentam que a qualidade do alimento congelado varia significativamente em função das condições de armazenamento. A temperatura de armazenamento dos alimentos congelados é uma variável muito importante e influencia aqueles fatores que reduzem a qualidade do produto, quanto menor for a temperatura.

Segundo DOSSAT (1980), os fatores que regulam a qualidade máxima e a duração de armazenagem de qualquer produto congelado são: a natureza e a composição do produto

a ser congelado, o cuidado usado na seleção, na manipulação e preparo do produto para congelamento, o método de congelamento e as condições de armazenamento.

2.3.5 – Cinética de congelamento

De acordo com KASAHARA et al. (1986), uma maneira prática de se conhecer a evolução de um processo de congelamento é através da variação de temperatura do alimento em função do tempo durante o processo. Uma representação gráfica desta dependência dá origem às denominadas curvas de congelamento.

Para SILVA (2002) a relação entre os alimentos e os sistemas complexos geram em geral, curvas de congelamento típicas. A existência de mais de um soluto e a presença de diversas estruturas celulares explicam, em grande parte, este fenômeno.

A progressiva variação da temperatura do alimento em função do tempo de congelamento tem várias conotações e implicâncias em relação ao seu comportamento térmico. Segundo KASAHARA et al. (1986), durante o congelamento a fração de água congelada muda continuamente com a temperatura, a qual explica a constante mudança que se observa nas propriedades térmicas. Conforme os autores, quando um processo de transferência calórica toma lugar em uma condição transiente, a propriedade térmica que tem especial importância é a difusividade térmica α ; logo, este parâmetro permite que se estabeleça a rapidez com que o calor se difunde no produto.

A utilização das propriedades termofísicas depende de certo grau da temperatura, sendo imprescindível se conhecer essas propriedades, para estimar os fenômenos de altas e baixas temperaturas. As propriedades termofísicas necessárias de se conhecer, são: densidade, calor específico, difusividade térmica e condutividade térmica. Durante o congelamento essas propriedades têm grande mudança, como consequência da diminuição da temperatura e da mudança de estado da água dentro do produto, tornando-se oportuno conhecê-las por se tratar de parâmetros que influenciam na velocidade e no tempo de congelamento SINGH & HELDMAN (1998).

A velocidade de congelamento de um produto alimentício depende de alguns fatores: método de congelamento, tamanho, composição química, propriedades físicas do produto e tipo de embalagem. Devido a esses fatores, a curva de congelamento decorre

mais ou menos a linha horizontal que se desvia para cima ou para baixo GRUDA & POSTOLSKI (1986). Em cada caso pode-se determinar as três etapas, que correspondem às fases do processo de congelamento. A Figura 2.1 representa, graficamente, a curva típica do processo de congelamento de alimentos. O processo de redução de temperatura se divide em três fases: resfriamento (a-b), congelamento (b-c) e pós-congelamento (c-e) (DELGADO & SUN, 2001; RAHMAN et al., 2002).

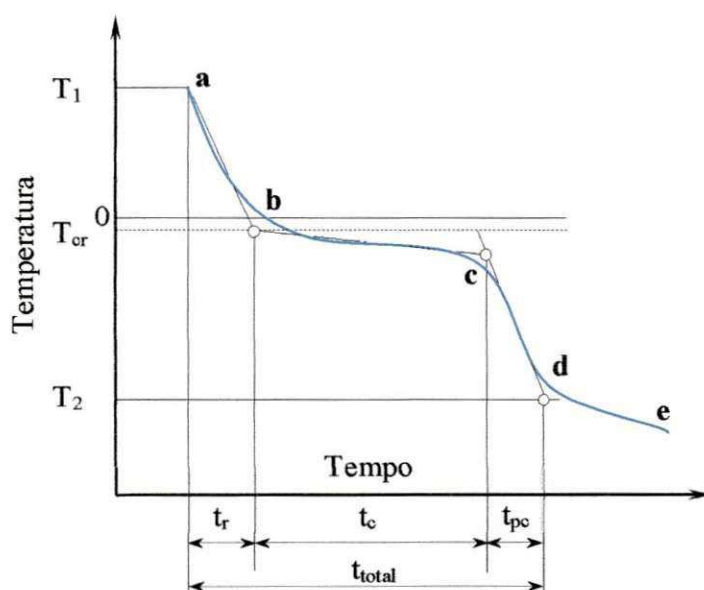


Figura 2.1 – Transferência de calor durante o resfriamento, congelamento e pós-congelamento de um produto alimentício; T_1 e T_2 – temperatura inicial e final do produto no centro; t_r – tempo de resfriamento; t_c – tempo de congelamento; t_{pc} – tempo de pós-congelamento

Na primeira fase, que se refere ao tempo decorrido de a até b, o produto é resfriado desde a temperatura inicial T_1 até a temperatura crioscópica (inicial de congelamento) T_{cr} .

Inicialmente, o tempo decorrido de b até c corresponde ao período de congelamento; esse estágio tende a decorrer horizontalmente, o suco celular aumenta, tal como ocorre, também, com a quantidade de água congelada, reduzindo constantemente o ponto crioscópico. Para substâncias puras este processo se dá a temperatura constante porém no caso de soluções complexas (solução aquosa no interior dos alimentos), o congelamento

ocorre em determinada faixa de temperatura produzindo, assim, uma curva diferente da horizontal: é o ponto onde a curva começa bruscamente a cair (ponto c) onde se inicia uma nova fase (pós-congelamento). Finalmente se tem, nesta fase, de c até e, o período de redução da temperatura na qual a maior parte da água já foi convertida em gelo até atingir a temperatura final, considerada a temperatura em qualquer parte do produto, inclusive seu centro térmico (SILVA et al., 2005).

2.3.6 – Difusividade térmica

Para um processo de transferência de calor que acontece em condição de regime transiente, a propriedade térmica de grande importância é a difusividade térmica (α); com este parâmetro é permitido, por um lado, estabelecer a rapidez com que o calor se difunde no material que se esfria e, por outro, conhecer o grau de dependência que existe em certo local do produto, entre a temperatura e o tempo (KASAHARA et al., 1986).

Segundo BROWMIK & HAYAKAWA (1979), a atividade térmica é necessária na determinação das curvas de temperatura de alimentos durante processos de transferência de calor para a delimitação dos próprios procedimentos usados nessas operações.

Experimentalmente, a difusividade térmica de um produto é obtida através de duas formas gerais (NEVES FILHO, 1991):

1. Calculando-se por meio da Equação 1:

$$\alpha = \frac{K}{\rho \cdot C_p} \quad (1)$$

em que:

α - difusividade térmica, $m^2 s^{-1}$

K - condutividade térmica, $w m^{-1} K^{-1}$

ρ - densidade, kgm^{-3}

C_p - calor específico do produto $Kj kg^{-1} K^{-1}$

2. Medindo-se diretamente através de equipamentos, em que uma sonda é introduzida no produto e são fornecidos os valores do α , K e C_p .

LEWIS (1993) afirma que os materiais que têm difusividade térmica alta, podem ser aquecidos ou resfriados rapidamente; no entanto, as substâncias que têm baixa difusividade térmica se aquecem ou resfriam lentamente; logo, a difusividade térmica é uma propriedade que requer especial importância quando se consideram situações de transferência de calor em estado não estacionário.

A variação de temperatura com o tempo é representada pela seguinte equação.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (2)$$

Segundo CRANK (1975), a solução analítica da equação (2) para produtos cuja forma se assemelha a uma placa plana de espessura $2L$, no instante $F_0 = \alpha t/L^2$ (tempo adimensional denominado número de Fourier) é dada por:

$$RT = \frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \exp(-\sigma_n^2 \cdot F_0) \quad (3)$$

Onde:

$$A_n = \frac{2 \cdot \text{sen} \sigma_1}{\sigma_n + \text{sen} \sigma_n \cos \sigma_n} \quad (4)$$

$$F_0 = \left(\frac{\alpha}{L^2} \right) t$$

donde:

RT - razão de temperatura, adimensional

T - temperatura em cada momento, °C

T_∞ - temperatura do meio de congelamento, °C

T_0 - temperatura inicial do produto, °C

F_0 - número de Fourier, adimensional

A_n - constante que depende do produto

σ_n - raiz transcendental

α - difusividade térmica, $m^2 \cdot s^{-1}$

L - espessura da amostra/2

t - tempo, s

2.3.7 – Análise sensorial

A partir da análise sensorial pode-se determinar a aceitação e a qualidade dos alimentos por parte dos consumidores, tomando-se ainda uma poderosa ferramenta nas pesquisas para o desenvolvimento de novos produtos. Por meio dos testes sensoriais se utilizaram os órgãos dos sentidos humanos como instrumentos, as sensações resultantes das interações desses órgãos com os alimentos são usadas para interferir e analisar as diferentes características organolépticas dos alimentos (TEIXEIRA et al., 1987).

Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), a análise sensorial é definida como uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar as reações humanas frente às características de alimentos e outros materiais, de forma como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, sabor, tato e audição (FERREIRA et al., 2000); logo, a combinação das sensações e interações desses sentidos é usada para medir a qualidade do provador (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Na indústria competitiva de alimentos o uso de técnicas modernas de análise sensorial tem sido um meio seguro para caracterizar diferenças e similaridades em produtos que disputam um mesmo mercado consumidor, em busca de manter a qualidade sensorial dos produtos e otimizar atributos de aparência, aroma, sabor e textura dos alimentos, em função de expectativas do mercador consumidor, além de avaliar alterações sensoriais que ocorrem em função do tempo e de condições de armazenamento, do tipo de embalagem, de variações no processamento e variações na matéria-prima (MINIM & DANTAS., 2004). Gradualmente, o uso de uma equipe de provadores substitui o experp, ou degustador treinado em determinado produto. A análise sensorial tem, como aplicações, controle das

etapas de desenvolvimento de um produto, avaliação do efeito das alterações nas matérias-primas ou no processamento tecnológico sobre o produto final, controle de efeito da embalagem sobre os produtos acabados, controle de qualidade, vida de prateleira e teste de mercado de um novo produto ou produto reformulado (DUTCOSKY, 1996).

A avaliação sensorial é o método mais simples, rápido e direto para o levantamento das causas de problemas de qualidade de alimentos. Os métodos sensoriais permitem apresentar respostas objetivas e subjetivas com a finalidade de qualificar e quantificar um produto alimentício. Os métodos considerados de respostas objetivas levam a uma reprodução mais fiel das características sensoriais do produto, como resultado do treinamento dos julgadores no qual há um controle maior da veracidade e consistência de suas respostas; o outro grupo é constituído de respostas subjetivas em que não há necessidade de treinamento, uma vez que as respostas são resultantes da reação espontânea de cada indivíduo ao degustar ou avaliar um alimento (ALMEIDA, 1999). Este aspecto de qualidade, que incide diretamente na reação do consumidor, é que denomina qualidade sensorial e é, ainda, o que leva às inovações, ao sucesso ou ao fracasso.

Para ZUROWIETZ (1996), todos os nossos sentidos e percepções sensoriais convergem para formar uma emoção total de aceitação.

2.3.7.1. Sabor

Na análise sensorial o sabor é uma experiência mista, mas unitária, de sensações gustativas fundamentais (azedo, doce, salgado e amargo), olfativas e táteis, percebidas durante a degustação. O sabor engloba as sensações de gosto, odor e táteis orais, podendo ser influenciado pelos efeitos táteis, térmicos, dolorosos e sinestésicos (CHAVES & SPROESSER, 1996).

O sabor e o aroma dos alimentos são determinantes críticos na sua escolha e consumo, além de possuírem potencial para regular a absorção e o metabolismo dos nutrientes. Os mecanismos fisiológicos implícitos que facilitam as interações entre o *flavour* e o metabolismo dos nutrientes, são conexões nervosas (neurais) entre a região da orofaringe, o cérebro e os tecidos periféricos. Estudos recentes têm mostrado que o *flavour* de alimentos pode melhorar o metabolismo dos nutrientes em seres humanos. Deste modo,

o melhoramento e a intensificação do *flavour* dos alimentos são de interesse principal para a indústria de alimentos. O que pode ser menos visível é que, em adição à contribuição para o valor hedônico de um alimento, o *flavour* tem potencial para influenciar a função fisiológica dos seres humanos (TEFF, 1996).

De acordo com BOBBIO & BOBBIO (1992), as substâncias que conferem aos alimentos o sabor ácido são os ácidos orgânicos como: tartárico, málico, cítrico, hidroclorídrico, láctico, succínico, propiônico, fórmico, acético, fosfórico e outros, encontrados nos tecidos vegetais e animais. Para o sabor doce, tem-se os açúcares (sacarose, glucose e frutose); os demais açúcares apresentam menor grau de doçura. O sabor salgado tem, como principal responsável, o cloreto de sódio, pois outros sais são menos eficientes; eles possuem, em sua grande maioria, certo grau de amargor. O sabor amargo é causado pelos alcalóides (quinino, cafeína, esticnina e solaninas), alguns peptídeos (proteína hidrolisada por enzimas de micro-organismos em alguns queijos), alguns flavonóides na forma de glicídeos (naringina e neo-hesperidinina) e também diversos sais.

CZYHRINCIW (1969), afirma que a intensidade do sabor das frutas pode depender de sua variedade, das condições de produção e de sua maturidade. Algumas substâncias são específicas para cada espécie e variedade e outras são comuns para todas as frutas.

2.3.7.2. Aroma

O aroma é o conjunto das sensações que se percebe por meio de células receptoras olfativas, quando estimuladas por substâncias voláteis que, em conjunto, conferem as características a cada produto que passam pela boca (CHAVES & STROESSER, 1996).

Segundo TEIXEIRA et al. (1987), a sensibilidade do olfato humano é bastante eficiente; quando treinado, consegue perceber a presença de certas substâncias em concentrações baixíssimas e distinguir milhares de odores diferentes. Degustadores de chá, café e vinho, parecem utilizar mais uma memória para odores que a hipersensibilidade. A sensibilidade varia com o indivíduo e diminui com a idade (MORI, 1991).

O aroma dos alimentos pode ser considerado componentes voláteis, que se despreendem e estimulam os quimiorreceptores olfativos das narinas e é percebido pelo

sentido do olfato. De acordo com a concentração do aroma, diferentes células sensoriais serão ativadas.

Tem-se, no olfato, a mesma célula nervosa que recebe o sinal via de uma molécula do odor do nariz que se manifesta e avança diretamente para o centro olfativo do cérebro; logo, o centro olfativo está muito próximo das regiões do cérebro, que processam os estímulos sexuais e emocionais tanto quanto com os centros para memória e consciência; como consequência, as impressões olfativas e gustativas podem evocar muitas emoções fortes ou memória (ZUROWIETZ, 1996).

2.3.7.3. Aparência

A aparência dos alimentos é o fator de qualidade com maior importância do ponto de vista de comercialização. É feita uma avaliação através dos diferentes atributos, como grau de frescor, tamanho, forma, cor, higiene, maturidade e ausência de defeitos (CHITARRA, 1998).

Para BOBBIO & BOBBIO (2001), quando o consumidor entra em contato com o alimento, a cor e a aparência são as duas primeiras sensações que o atingem, e é o que o levará à aceitação, indiferença ou rejeição.

A aparência é um dos parâmetros para se avaliar um alimento em relação à sua aceitabilidade, razão pela qual a cor talvez seja a propriedade mais importante dos alimentos, tanto os naturais quanto os processados (ALMEIDA, 1999).

2.3.7.4. Cor

A cor é um parâmetro essencial na indústria de alimentos podendo variar consideravelmente de lugar para lugar e de estação para estação, dependendo de numerosos fatores; deste modo, pode ser empregado não só no controle de qualidade mas também como indicador de vários tipos de mudanças deteriorativas sofridas pelo produto.

A cor é adicionada aos alimentos para conferir ou aumentar sua apetitosidade; a cor da polpa de frutas está relacionada com sua qualidade e com o tipo e quantidade de pigmentos presentes. Nos processos industriais, nos comerciais ou puramente de ordem

emocional, utilizam-se os olhos na escolha de produtos competitivos, motivo pelo qual sofisticados métodos objetivos de medição da cor têm sido desenvolvidos (TORREZA et al., 2000).

Segundo IADEROZA & DRAETTA (1991), a cor natural da maioria dos alimentos é proporcionada pela presença de clorofila, carotenóides, antocianinas etc, os quais são susceptíveis às mudanças durante a estocagem no estado fresco e durante o processamento.

A clorofila é responsável pela cor verde, abundante principalmente em frutos e nas folhas; sua degradação é causada por vários fatores, tais como alterações de pH, atividade enzimática da clorofilase, oxidantes e outros. Em geral, os carotenóides são de cor amarela e laranja, podendo apresentar cor vermelha. As antocianinas são pigmentos responsáveis por sua coloração vermelha e elas também podem ocultar a clorofila e os carotenóides devido à sua coloração acentuada (FIGUEIREDO et al., 2001).

3 – MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se o presente trabalho no Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (LAPPA/UAEA/UFCG).

3.1 – Matéria-prima

A matéria-prima utilizada foi o leite de cabra oriundo da Usina de Beneficiamento de Leite da cidade de Gurjão, PB, localizado na microrregião do Cariri Oriental da Paraíba, a 179 km da capital João Pessoa.

3.2 – Processamento do leite de cabra

Após sua recepção o leite de cabra foi analisado quanto à densidade e acidez para aceitação na Usina de Beneficiamento de Gurjão; em seguida, foi pasteurizado e empacotado em sacos de plástico, com capacidade de 1 kg, a 4 °C, e acondicionado em caixas de poliestireno “isopor” com gelo, adequada ao transporte para o laboratório (LAPPA) da Unidade de Engenharia Agrícola da UFCG, onde foi congelado nas temperaturas de -20 e -30 °C em freezer convencional, -170 °C no vapor de nitrogênio líquido e -196 °C na imersão de nitrogênio; em seguida, foi armazenado a -20 °C em freezer convencional.

As etapas do processamento do leite de cabra estão no fluxograma da Figura 3.1.



Figura 3.1 – Fluxograma das etapas realizadas durante o processamento do leite de cabra pasteurizado

A amostra de leite de cabra a 4 °C, foi congelada em um freezer convencional a -20 °C, o qual foi monitorado até a amostra alcançar temperatura de -20 °C; em seguida, a amostra foi transferida para um freezer para ser armazenada a -20 °C; já a amostra de leite de cabra a -30 °C foi congelada em um freezer convencional a -30 °C e logo após armazenada a -20 °C, enquanto as amostras de leite de cabra congeladas a -170 °C e -196 °C foram congeladas através do vapor de nitrogênio líquido e por imersão no nitrogênio líquido, respectivamente, e armazenadas a -20 °C em um freezer. O recipiente (Figura 3.2) utilizado para o congelamento a -170 e -196 °C foi isolado termicamente para que não houvesse troca de calor do nitrogênio líquido com o ambiente.



Figura 3.2 – Congelamento do leite de cabra a -170 e 196 °C

3.3 – Determinação das análises físico-químicas.

As análises físico-químicas do leite de cabra foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba e conduzidas de acordo com as metodologias recomendadas pela legislação (BRASIL, 2000) e pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.3.1 – Conteúdo de água

Determinou-se o conteúdo de água por meio da metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005) como mostrado a seguir.

$$\%Ubu = \frac{M_{H_2O}}{M_T} \times 100 \quad (1)$$

em que:

Ubs – Umidade em base seca (%)

M_{H_2O} - Massa de água (g)

M_T – Massa total (g), sendo $M_T = M_s + M_{H_2O}$

3.3.2 - Proteína bruta (%)

Os valores de proteína foram determinados segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005) indicado a seguir.

A análise de proteína se Baseia na transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônio através da digestão com ácido sulfúrico p.a. e posterior destilação com liberação da amônia, que é fixada em solução ácida e titulada com ácido clorídrico padronizado. Os resultados foram expressos em protídeos, da seguinte forma:

$$Pb\% = NT\% \times 6,38 \quad (2)$$

em que:

N_{HCl} - normalidade do HCl padrão

f_{HCl} - Fator de correção da solução padrão de ácido clorídrico

V_a - volume do ácido clorídrico gasto durante a titulação com a amostra

V_b - volume do ácido clorídrico gasto durante a titulação com a prova em branco

V_A - volume da amostra

6,38 é o fator específico para leite.

3.3.3 – Resíduo mineral (cinzas)

Fundamenta-se na eliminação da matéria orgânica a temperatura de 550 °C em forno mufla durante 3 h ou até obter as cinzas totalmente brancas. Os resultados foram calculados a partir da equação (3):

$$\%cinzas = [(m_2 - m_1) / m_0] \times 100 \quad (3)$$

em que:

m_0 - massa inicial da amostra, g;

m_1 - massa do cadinho vazio, g;

m_2 - massa do cadinho com amostra após incineração, g.

3.3.4 – Lactose (%)

Determinaram-se os valores de lactose a partir da metodologia de Lane & Eynon (BRASIL, 2005).

O método se fundamenta na redução dos íons cúpricos pelo açúcar redutor em meio alcalino, a quente. O teor de lactose (açúcar redutor expresso em lactose) foi calculado a partir da equação abaixo:

$$L\% = \frac{100 \times V_b \times f_c}{P_a \times V_g} \quad (4)$$

em que:

V_b - volume de diluição;

f_c - fator de correção do padrão de lactose;

P_a - peso da amostra, g;

V_g - volume gasto da amostra durante a titulação.

3.3.5 – Densidade a 15 °C

Os valores de densidade foram definidos de acordo com a metodologia de BRASIL (1981), através do termolactodensímetro de Quevene a 15 °C.

3.3.6 – Acidez total titulável

Obteve-se o teor de acidez titulável do leite de cabra pela técnica de titulação de NaOH padronizada de acordo com a metodologia de BRASIL (1981).

3.3.7 – Lipídios

Definiu-se o teor de gordura do leite de cabra em consonância com o Método de LANARA (BRASIL, 1981).

3.3.8 – Extrato seco desengordurado ou sólidos não gordurosos (SNG)

O extrato seco desengordurado foi determinado pela diferença entre a percentagem de lípidios e o extrato seco total do leite de cabra, de acordo com a equação (5).

$$\%SNG = \%EST - \%G \quad (5)$$

em que:

% SNG - sólidos não gordurosos

%EST - percentagem de extrato seco total

%G - percentagem de gordura

3.3.9 - pH

O valor de pH foi determinado através da leitura direta em peagâmetro.

3.3.10 – Extrato seco total

Utilizou-se o método gravimétrico, que consiste na perda de conteúdo de água e de voláteis por dessecação e pesagem do resíduo em balança analítica para obtenção do extrato seco total (BRASIL, 1981), de acordo com a equação (6).

$$\% EST = [(m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)] \times 100 \quad (6)$$

donde:

% EST - Extrato seco total

m_0 - massa inicial da cápsula, g

m_1 - massa da cápsula com a amostra, g

m_2 - massa da cápsula com a amostra seca, g

3.4 – Armazenamento do leite de cabra

O armazenamento das amostras de leite de cabra congeladas a -20, -30, -170 e -196 °C foi realizado em um freezer comercial a -20 °C, durante 90 dias, analisado nos primeiros 30 dias; depois, a cada 15 dias até 90 dias, os parâmetros físico-químicos: conteúdo de água, proteína, acidez, lipídios, sólidos não gordurosos, extrato seco total, cinzas, densidade, pH e lactose.

3.5 – Cinética de congelamento do leite de cabra a -20, -30, -170 e -196 °C

A preparação das amostras de leite de cabra para a obtenção da cinética de congelamento consistiu, inicialmente, no descongelamento do leite de cabra embalado em sacos de 1 kg até a temperatura ambiente, que havia sido armazenado a -20 °C, e na elaboração de amostras com 100 g de leite de cabra em formato laminar em sacos.

As amostras de leite de cabra foram congeladas a -20 e -30 °C em freezer doméstico horizontal da Marca Fricon e em freezer doméstico vertical da Marca Elegance Continental FC 23, respectivamente, enquanto as amostras de leite de cabra congeladas a -170 e -196 °C foram congeladas em vapor de nitrogênio líquido e em imersão no nitrogênio líquido, respectivamente.

A temperatura das amostras foi monitorada por meio de um medidor de temperatura com um termopar localizado no centro do produto, como mostra a Figura 3.3. A leitura das temperaturas das amostras congeladas a -20 e -30 °C foi realizada a cada 5 min, enquanto a -170 °C foi realizada em intervalos de 60 s; já a temperatura das amostras congeladas a -196 °C foi feita a cada 5 s.

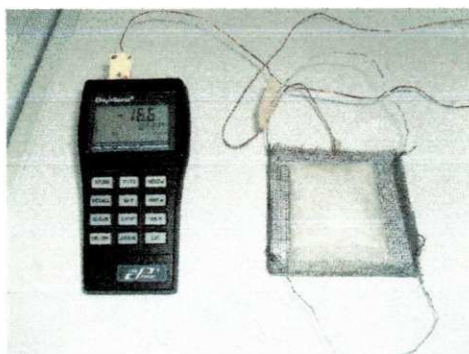


Figura 3.3 – Termopares monitorando a temperatura no centro da amostra do leite de cabra

No modelo matemático utilizado para descrever o resfriamento cuja forma se assemelha a uma placa plana, a variação da temperatura com o tempo é representada pela seguinte equação:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial X^2} \quad (7)$$

Realizou-se o cálculo da transferência de calor em regime transiente do leite a partir da solução da equação (8), cuja forma se assemelha a uma placa plana de espessura $2L$, no instante $F_0 = \alpha t/L^2$ (tempo adimensional denominado número de Fourier), é dado segundo (CRANK, 1975):

$$RT = \frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \exp(\sigma_n^2 - F_0) \quad (8)$$

donde:

$$A_n = \frac{2 \cdot \text{sen} \sigma_1}{\sigma_1 + \text{sen} \sigma_1 \cos \sigma_1} \quad (9)$$

$$F_0 = \left(\frac{a}{L^2} \right) t \quad (10)$$

em que:

RT - razão de temperatura adimensional

T - temperatura em cada momento, °C

T_∞ - temperatura no meio congelamento, °C

T_0 - temperatura inicial do ponto, °C

F_0 - número de Fourier adimensional

A_n - constante que depende do produto

σ_n - raiz transcendental

α - difusividade térmica, mm^2s^{-1}

L = Espessura da amostra/2

t = Tempo, s

3.6 – Análise sensorial

Realizou-se a análise sensorial das amostras de leite de cabra foi realizada na Instituição Federal de Ensino, no Campus de Belo Jardim, PE. As amostras de leite de cabra foram analisadas durante todo o armazenamento do produto, nos tempos de 0, 30, 45, 60, 75 e 90 dias, quanto aos atributos: aparência, cor, sabor e aroma (Figura 3.4).



Figura 3.4 – Análise sensorial do leite de cabra durante o armazenamento

Os 30 provadores não foram treinados e eram de ambos os sexos com faixa etária de 20 a 50 anos, e receberam as amostras codificadas com números de três dígitos aleatórios, ofertadas para análise em copos plásticos descartáveis com capacidade de 40 mL; os degustadores respondiam após cada análise, respondiam as perguntas do formulário classificado como escala hedônica (Figura 4.5). A temperatura da amostra codificada servida para os degustares ficou em entorno de 5 °C. Os dados da análise sensorial relatados nos formulários foram multiplicados por dois e colocados em 100% para fazer a análise estatística dos dados.

PROVADOR: _____ Idade: _____ DATA: ____ / ____ / ____ Você está recebendo uma amostra de leite de cabra. Avalie-a utilizando as escalas abaixo para demonstrar o quanto você gostou ou desgostou, colocando sua nota quanto aos atributos sensoriais.	
AMOSTRA Nº _____	
SABOR 1- Sem sabor característico do leite 2- Leve sabor característico do leite 3- Gosto característico do leite 4- Gosto intenso característico do leite 5- Gosto concentrado característico do leite	Nota: _____
AROMA 1- Sem odor característico do leite 2- Leve odor característico do leite 3- Odor característico de leite 4- Odor intenso característico do leite 5- Odor concentrado característico	Nota: _____
APARÊNCIA 1- Desgostei muito 2- Desgostei ligeiramente 3- Indiferente 4- Gostei ligeiramente 5- Gostei muito	Nota: _____
COR 1- Creme 2- Creme claro 3- Branco cremoso 4- Branco 5- Branco leitoso	Nota: _____

Figura 3.5 – Formulário padrão utilizado na análise sensorial do leite de cabra congelado

3.7 – Análise estatística

A análise estatística dos dados experimentais obtidos na caracterização das amostras de leite de cabra congeladas a -20, -30, -170 e -196 °C, no armazenamento e na análise sensorial, foi executada por meio do programa computacional ASSISTAT, versão 7.5 beta (SILVA & AZEVEDO, 2006), a partir do delineamento inteiramente casualizado, com comparações entre as médias pelo teste de Tukey.

Os dados do congelamento das amostras de leite de cabra foram tratados através do programa computacional STATISTICA 5.0, a partir do qual se fez uma regressão não linear dos dados experimentais utilizando-se o método de Quasi-Newton.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização do leite de cabra

Tem-se nas Tabelas A.1 a A.10 (Apêndice A) as análises de variância dos parâmetros químicos e físico-químicos do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C, no tempo inicial. Observa-se, neste apêndice, efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, das temperaturas de congelamento sobre as variáveis químicas e físico-químicas do leite de cabra analisado, com exceção dos teores de cinza e acidez total titulável, que não sofreram efeitos significativos.

Encontram-se, na Tabela 4.1, os valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C.

Tabela 4.1 – Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C

Parâmetros	Temperatura de congelamento (°C)			
	-20	-30	-170	-196
Conteúdo de água (%)	88,41 a	87,72 b	87,75 b	87,82 b
Proteínas (%)	3,35 a	3,31 a	3,38 a	3,12 b
Cinzas (%)	0,76 a	0,79 a	0,80 a	0,80 a
Lactose (%)	3,39 c	4,18 b	4,28 b	4,76 a
Densidade a 15/15 °C (g cm ⁻³)	1,027 c	1,029 a	1,029 a	1,028 b
Acidez total titulável (% ac. Láctico)	0,15 a	0,14 a	0,15 a	0,15 a
Lipídios (%)	4,10 a	4,00 a	3,80 b	3,50 c
Sólidos não gordurosos (%)	7,80 b	8,30 a	8,30 a	7,80 b
pH	6,38 a	6,36 b	6,30 c	6,36 b
Extrato seco total (%)	7,50 c	8,28 b	8,47 b	8,69 a

Valores seguidos de mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Observa-se, na Tabela 4.1, que o leite de cabra congelado a -20 °C obteve valor médio de conteúdo de água igual a 88,41%, sendo estatisticamente diferente, de acordo

com o teste de Tukey a 1% de probabilidade, que os valores obtidos no congelamento a -30 (87,72%), -170 (87,75%) e a -196 °C (87,82%), porém estes valores estão muito próximos do encontrado por LORA et al. (2006), que obtiveram 87,4% de conteúdo de água para o leite de cabra.

Observa-se que as temperaturas de congelamento não influenciaram, de forma significativa o teor de proteínas do leite de cabra, com exceção da temperatura de -196 °C, em que este teor apresentou o menor valor (3,12%) diferenciando-se estatisticamente das demais. Todos os valores médios de proteínas encontrados para o leite de cabra congelado estão de acordo com BRASIL (2000), que estabelece o valor mínimo de proteína igual a 2,8%. COSTA (2008) encontrou o valor de 3,72% de proteína para o leite de cabra da raça Moxotó, valor superior ao encontrando neste trabalho, para as amostras de leite de cabra.

Verifica-se que o leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C, não apresentou diferenças significativas quanto ao teor de cinzas. Os valores de cinza encontrados para o leite de cabra congelado a -20, -30, -170 e -196 °C foram, respectivamente, iguais a 0,76, 0,79, 0,80 e 0,80%, valores esses superiores ao valor mínimo estabelecido pela legislação vigente (BRASIL, 2000) que é de 0,70%. BESSA et al. (2005) também encontraram o valor do teor de cinza igual a 0,80% para o leite de cabra Serrana, semelhante aos valores encontrados para as amostras congeladas a -170 e -196 °C.

Observa-se, na Tabela 4.1, que houve diferenças significativas entre os teores de lactose de acordo com a temperatura de congelamento e que a temperatura de -196 °C apresentou o maior teor de lactose (4,76%). Tem-se, ai, tendência de maior retenção de lactose do leite de cabra com o aumento da temperatura de congelamento. De acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2000), o valor mínimo de lactose deve ser igual a 4,3%, o que é observado apenas nas amostras de leite de cabra congeladas a -196 °C, enquanto as demais amostras apresentam valores inferiores ao valor estabelecido pela legislação. COSTA et al. (2007) também encontraram o mesmo valor de lactose observado na amostra congelada a -196 °C, para o leite de cabra da raça Anglo Nubiana.

Não houve diferenças significativas apenas para a densidade do leite de cabra nas temperaturas de congelamento de -30 e -170 °C. Comparando esses valores de densidade do leite de cabra com os valores estabelecidos para a densidade (1,028-1,034 g cm⁻³) conforme BRASIL (2000), percebe-se que o valor de densidade da amostra congelada a -20 °C (1,027 g cm⁻³) está muito próximo ao valor estabelecido pela

legislação. Provavelmente, a razão da desconformidade no valor da densidade da amostra congelada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ tenha sido causada pelo alto teor de conteúdo de água da mesma, quando comparado com os valores de conteúdo de água das outras amostras congeladas. SILVA et al. (2006), obtiveram o valor de $1,0285\text{ g cm}^{-3}$ para a densidade do leite de cabra da raça Saanen, similar aos valores encontrados neste trabalho para a amostra congelada a -30 , -170 e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Os valores para a acidez se encontram entre 0,14 e 0,15% de ácido láctico. Esses valores foram similares ao valor de acidez encontrado por QUEIROGA et al. (2007), que obtiveram 0,15% de ácido láctico para o leite de cabra da raça Saanen. Segundo BRASIL (2000), a acidez do leite de cabra se encontra no intervalo de 0,13 a 0,18% de ácido láctico, estando os valores de acidez deste trabalho em conformidade com BRASIL (2000).

As amostras congeladas a -20 e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ não apresentaram diferença estatística entre si, em relação aos teores de lipídios. Observa-se também que os valores de lipídios do leite de cabra tendem a diminuir com o aumento da temperatura de congelamento. Esses resultados foram superiores aos encontrados por RIBEIRO et al. (1997), cujo valor médio dos lipídios foi de 3,29% para o leite de cabra da raça Saanen e inferiores ao valor reportado por AMORIM et al. (2006), que obtiveram valor igual a 4,39% de lipídios para o leite de cabra da raça Toggenburg. Segundo COSTA et al. (2007), a gordura do leite é o fator que mais sofre influência da alimentação, em que variáveis intrínsecas ao sistema de produção podem exercer impacto na composição do leite. Apenas os valores de sólidos não gordurosos encontrados para as amostras de leite de cabra, congeladas a -30 e $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$, estão de acordo com BRASIL (2000), que estabelece o valor mínimo de 8,20% para os sólidos não gordurosos, valores similares ao encontrado por LORA et al. (2006), que obtiveram 8,3% de sólidos não gordurosos para o leite de cabra.

Os valores do pH obtido para o leite de cabra congelado na temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ foram de 6,38, de 6,36 nas temperaturas de -30 e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e de 6,30 para $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ inferiores, portanto, ao obtido por BESSA et al. (2005), que foi 6,7, enquanto, os valores de extrato seco total das amostras de leite de cabra congeladas a -20 , -30 , -170 e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ foram iguais a 7,50, 8,28, 8,47 e 8,69%, respectivamente. MELO et al. (2008), obtiveram para o extrato seco total, valor igual a 9,55% para o leite de cabra, valor superior aos relatados neste trabalho. Segundo COSTA (2008), o extrato seco total é um índice importante que influencia nos rendimentos dos produtos lácteos.

4.2 – Armazenamento

Nos Itens de 4.2.1 a 4.2.10 se encontram os dados dos parâmetros avaliados do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C, durante o armazenamento a -20 °C.

Nas Tabelas B.1 a B.40 (Apêndice B) são apresentadas as análises de variância dos parâmetros das amostras de leite de cabra estudados nos Itens 4.2.1 a 4.2.10. Constata-se que, neste apêndice, houve efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, das temperaturas de congelamento sobre as variáveis químicas e físico-químicas do leite de cabra analisados com exceção dos valores de acidez a -30 °C e extrato seco total a -170 °C que apresentaram significância a 5% de probabilidade enquanto os valores de lactose a -30 °C e acidez a -196 °C não sofreram efeitos significativos.

4.2.1 – Conteúdo de água

Na Tabela 4.2 se encontram os valores médios do conteúdo de água (%) das amostras de leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C, durante 90 dias.

Tabela 4.2 – Valores médios do conteúdo de água (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de congelamento (°C)			
	-20	-30	-170	-196
0	88,41 c	87,72 b	87,75 bc	87,82 ab
30	89,45 a	88,44 a	88,06 a	87,79 ab
45	87,69 d	87,76 b	87,91 ab	87,91 a
60	86,93 e	87,87 b	87,78 bc	87,53 bc
75	88,83 b	87,82 b	87,79 bc	87,41 c
90	88,13 c	87,75 b	87,64 c	87,79 ab
MG	88,24	87,89	87,82	87,71
DMS	0,28	0,20	0,22	0,35
CV (%)	0,11	0,08	0,09	0,14

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Observa-se, na Tabela 4.2, que a amostra de leite de cabra congelada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ não apresentou comportamento definido quanto ao parâmetro conteúdo de água durante o armazenamento porém, comparando-se o valor inicial (0 dia) com o valor final (90 dias) do conteúdo de água, percebe-se que os valores de conteúdo de água não apresentaram diferenças significativa ao final do armazenamento.

Os valores de conteúdo de água das amostras de leite de cabra congeladas a -30 e $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$, aumentaram significativamente apenas entre o tempo 0 e 30 dias, 87,72 e 88,44 e 87,75 e 88,66%, respectivamente, permanecendo os valores de conteúdo de água nos tempos 0, 45, 60, 75 e 90 dias, estatisticamente sem alteração. Nota-se de forma geral, tendência de estabilidade das amostras de leite de cabra congeladas a -30 e $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante o armazenamento, quanto ao parâmetro conteúdo de água, não existindo diferença estatística entre o valor inicial (87,72 e 87,75%) e o final (87,75 e 87,64%) do conteúdo de água, respectivamente.

Os valores de conteúdo de água da amostra de leite de cabra congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, apresentaram diferença significativa aos 75 dias de armazenamento em relação ao valor inicial, diferente do comportamento dos demais tempos de armazenamento, que se apresentaram inalterados em referência ao valor inicial do conteúdo de água. Observa-se tendência de estabilidade do conteúdo de água do leite de cabra durante o armazenamento quando se compara o valor inicial do conteúdo de água da amostra de leite de cabra com os valores das amostras armazenadas nos demais tempos.

4.2.2 – Proteínas

Na Tabela 4.3 se encontram os valores médios de proteína (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20 , -30 , -170 e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 90 dias.

Tabela 4.3 – Valores médios de proteína (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C, durante 90 dias

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de congelamento (°C)			
	-20	-30	-170	-196
0	3,35 b	3,31 ab	3,38 b	3,12 c
30	2,82 d	3,24 bc	3,40 b	3,34 b
45	3,19 c	3,11 cd	3,37 b	3,57 a
60	3,44 ab	3,42 a	3,30 bc	3,41 b
75	3,16 c	3,04 d	3,14 c	3,14 c
90	3,52 a	3,21 bc	3,60 a	3,39 b
MG	3,25	3,22	3,37	3,33
DMS	0,09	0,14	0,16	0,15
CV (%)	1,04	1,60	1,75	1,60

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Os valores médios de proteínas observados na Tabela 4.3 da amostra de leite de cabra congeladas a -20 °C, oscilaram durante todo o período de estocagem, não apresentando tendência definida no seu comportamento ao longo do armazenamento. Comparando-se os valores de proteína inicial (3,35%) e final (3,52%), tem-se um aumento de 5,07% de proteínas, ao final do armazenamento.

Na estocagem da amostra de leite de cabra congelada a -30 °C, percebe-se que as amostras não indicaram alterações significativa entre 0 (3,35%) e 30 (3,24%) dias e entre 30 (3,24%) e 45 (3,11%) dias; já entre 45 (3,11%) e 60 (3,42%), 75 (3,04%) e 90 (3,21%) dias, os valores de proteína aumentaram. Percebe-se que os valores médios das proteínas não mostraram diferença significativas entre o valor inicial (3,31%) e o final (3,21%). Este comportamento se deve, provavelmente, ao fato do valor do conteúdo de água, ao final do armazenamento, não ter apresentado alteração significativa concernente ao valor inicial na amostra congelada a -30 °C.

Os valores de proteína da amostra de leite de cabra congelada a -170 °C permaneceram sem alteração durante os 75 dias iniciais do armazenamento; entre 75 e 90 dias o valor de proteína aumentou de 3,14 para 3,60%. Observa-se que o valor final (3,60%) de proteína aumentou em relação ao valor inicial (3,38%) de 6,51%; desta

forma, o valor do conteúdo de água da amostra de leite de cabra congelado a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ apresentou diferença significativa entre os tempos final e inicial do armazenamento.

No armazenamento da amostra de leite de cabra congelado a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, tem-se um aumento significativo do valor de proteína entre os tempos 0 (3,12%) a 45 (3,57%) dias, e 75 (3,14%) e 95 (3,39%) dias; já para 45 (3,57%) e 75 (3,14%) dias, o valor de proteína diminuiu significativamente. Comparando-se o valor inicial (3,12%) e o final (3,39%) de proteína, percebe-se um aumento significativo de 8,65%. Diferente do observado neste trabalho para o comportamento da proteína, WENDORFF (2001) não verificou diferença significativa nos valores de proteína do leite de ovelha armazenado durante os 90 dias, na temperatura de $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Percebe-se que todos os valores de proteína das amostras de leite de cabra congeladas a -20 , -30 , -170 e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas durante 90 dias, ainda permanecem superiores ao valor mínimo estabelecido pela legislação (BRASIL, 2000), que é de 2,8%.

4.2.3 – Cinzas

Na Tabela 4.4 se acham os valores médios de cinza das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20 , -30 , -170 e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 90 dias.

Tabela 4.4 – Valores médios de cinzas (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20 , -30 , -170 e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 90 dias

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de congelamento			
	$-20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-30\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-170\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-196\text{ }^{\circ}\text{C}$
0	0,76 a	0,79 a	0,80 a	0,80 a
30	0,55 b	0,67 b	0,63 c	0,55 c
45	0,73 a	0,75 ab	0,74 ab	0,72 ab
60	0,71 a	0,68 b	0,68 bc	0,70 b
75	0,74 a	0,77 a	0,69 bc	0,71 ab
90	0,74 a	0,73 ab	0,74 ab	0,75 ab
MG	0,70	0,73	0,71	0,70
DMS	0,09	0,08	0,09	0,09
CV (%)	5,16	4,06	4,82	4,89

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. a 1% de probabilidade

Os valores de cinza da amostra de leite de cabra congelada a -20 °C e armazenada durante 90 dias apresentaram tendência constante durante o armazenamento, embora aos 30 dias o valor de cinza tenha diminuído em relação aos demais valores.

Observa-se que os valores de cinza da amostra de leite de cabra congelada a -30 °C, diminuíram significativamente no período entre 0 (0,79%) e 30 (0,67%) dias, permaneceram constantes entre 30 (0,67%) e 60 (0,68%) dias e entre 75 (0,77%) e 90 (0,73) dias. Percebe-se que o valor inicial (0,79%) e o final (0,73%) são estatisticamente iguais, não apresentando alteração entre esse dois tempos.

Nota-se que os valores de cinza das amostras de leite de cabra congelada a -170 e -196 °C diminuíram significativamente de 0 a 30 dias, e após os 45 até 90 dias de armazenamentos não sofreram mais alterações. Observa-se que os valores iniciais (0,80 e 0,80%) e finais (0,74 e 0,75%), respectivamente, não apresentaram alterações entre os dois tempos.

Embora os teores de cinza das amostras de leite de cabra tenham apresentado, em alguns períodos do armazenamento, valores inferiores ao valor reportado por BRASIL (2000), todas as amostras de leite de cabra se encontram com valores de cinza superiores ao valor mínimo (0,70%) estabelecido pela legislação após os 90 dias de armazenamento.

4.2.4 – Lactose

Na Tabela 4.5 são apresentados os valores médios da lactose (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C, durante 90 dias.

Tabela 4.5 – Valores médios de lactose (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de congelamento (°C)			
	-20	-30	-170	-196
0	3,39 cd	4,18 ab	4,28 ab	4,76 a
30	3,17 d	4,19 ab	3,86 c	4,41 ab
45	4,33 b	4,19 ab	4,06 abc	3,90 c
60	4,70 a	4,03 b	4,23 ab	4,32 abc
75	3,45 cd	4,25 ab	4,33 a	4,72 a
90	3,68 c	4,29 a	4,00 bc	4,04 bc
MG	3,79	4,19	4,13	4,36
DMS	0,35	0,25	0,22	0,46
CV	3,40	2,17	1,99	3,85

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Observa-se, na Tabela 4.5, que os valores de lactose da amostra de leite de cabra congelada a -20 °C, permaneceram estatisticamente sem alterações durante os primeiros 30 dias; entre 30 (3,17%) e 60 (4,70%), os valores de lactose aumentaram significativamente e entre 60 (4,70%) e 90 (3,68%) os valores de lactose indicaram tendência de diminuição com o tempo de armazenamento.

Os valores de lactose da amostra de leite de cabra congelada a -30 °C não mostraram variação significativa ao longo de todo o armazenamento em relação ao valor inicial da lactose, permanecendo inalterados.

Nota-se que os valores de lactose da amostra de leite de cabra congelado a -170 °C, diminuíram entre os tempos 0 (4,28 %) e 30 (3,86%) dias, enquanto nos demais tempos de armazenamento os valores permaneceram estatisticamente inalterados quando comparados com o valor inicial (0 dia).

Durante o armazenamento da amostra de leite de cabra congelada a -196 °C os valores de lactose apresentaram tendência de diminuição durante os 45 dias de armazenamento; já entre 45 (3,90%) e 75 (4,72%) dias, os valores tenderam a aumentar, enquanto entre 75 (4,75%) e 90 (4,04%) dias os valores de lactose voltam a diminuir. Nota-se, também, que ocorreu diminuição de 15,13% no valor da lactose ao fim dos 90 dias de armazenamento em relação ao tempo zero.

No final do armazenamento apenas as amostras congeladas a -30 e -170 °C apresentaram valores estatisticamente próximos ao valor estabelecido por BRASIL (2000), que é de 4,3%, já que os valores iniciais e finais dessas amostras não apresentaram diferenças significativas.

4.2.5 – Densidade

Tem-se, na Tabela 4.6, os valores médios de densidade (g/cm^3) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C, durante 90 dias.

Tabela 4.6 – Valores médios de densidade (g/cm^3) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C, durante 90 dias

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de congelamento (°C)			
	-20	-30	-170	-196
0	1,027 c	1,029 d	1,029 b	1,028 c
30	1,028 c	1,031 bc	1,032 a	1,031 b
45	1,031 b	1,031 bc	1,032 a	1,033 a
60	1,033 a	1,033 a	1,033 a	1,032 ab
75	1,030 b	1,032 ab	1,031 a	1,031 b
90	1,030 b	1,030 cd	1,031 a	1,032 ab
MG	1,030	1,031	1,031	1,031
DMS	0,001	0,001	0,002	0,001
CV (%)	0,04	0,04	0,06	0,04

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Observa-se, na Tabela 4.6, que o valor de densidade no armazenamento do leite de cabra congelado a -20 °C apresentou tendência de aumento entre os tempos 0 ($1,027 \text{ g/cm}^3$) e 60 ($1,033 \text{ g/cm}^3$); para os tempos de 60 ($1,033 \text{ g/cm}^3$) e 90 ($1,030 \text{ g/cm}^3$) dias, os valores tenderam a diminuir. Comparando-se os valores de densidade nos tempos iniciais e finais das amostras congelada a -20 °C, percebe-se um aumento de 0,29%.

Verifica-se, na amostra de leite de cabra congelada a -30 °C que o valor de densidade apresentou tendência de aumento entre 0 ($1,029 \text{ g/cm}^3$) e 75 ($1,032 \text{ g/cm}^3$)

dias, entretanto, de 75 e 90 dias de armazenamento o valor de densidade permaneceu sem alteração. Observa-se, ao se comparar os valores iniciais e finais da densidade, que não houve alteração no valor da densidade após os 90 dias de armazenamento em relação ao tempo inicial.

Os valores de densidade da amostra de leite de cabra congelada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ apresentaram aumento significativo nos primeiros 30 dias de armazenamento, permanecendo estável após este período. Observa-se que o aumento da densidade no final do armazenamento foi de 0,19% em relação ao valor inicial da densidade; já os valores de densidade apresentaram tendência de aumento até os 60 dias de estocagem e após os 60 dias os valores de densidade permaneceram estatisticamente constantes; observa-se, porém, um aumento de 0,39% no valor da densidade após os 90 dias de armazenamento em relação ao tempo inicial. BRASIL (2000) estabelece que o valor de densidade esteja no intervalo de 1,0280 a 1,0340 g/cm^3 para o leite de cabra, o que se pode constatar em todos os valores finais das densidades das amostras armazenadas deste trabalho.

4.2.6 – Acidez total titulável

A Tabela 4.7 mostra os valores médios da acidez total titulável das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20 , -30 , -170 e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 90 dias.

Os valores de lipídios da amostra de leite de cabra congelada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Tabela 4.8) permaneceram estatisticamente inalteradas entre 0, 30 e 45 dias e entre 45 e 60 dias, os valores de lipídios aumentaram; já entre 60 e 90 dias os lipídios sinalizaram tendência de diminuição. Percebe-se que houve redução de 4,88% nos valores de lipídios ao se comparar o valor inicial (4,10%) com o valor final (3,90%).

Observa-se que os valores de lipídio da amostra de leite de cabra congelada a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, nos períodos 0, 45, 60, 75 e 90 dias, não apresentaram diferença significativas em relação ao valor inicial dos lipídios, enquanto a amostra de leite de cabra congelado a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ apresentou alteração apenas nos primeiros 45 dias de armazenamento, mostrando-se inalterado após os 60 dias de estocagem. Comparando-se o valor inicial (3,80%) e o final (4,00%) dos lipídios, percebe-se um aumento de 5,26%.

Os valores de lipídio da amostra congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ apresentaram tendência de aumento com o tempo de armazenamento. Analisando-se o valor inicial (3,50%) e o final (4,00%), nota-se que o valor de lipídios após os 90 dias de armazenamento aumentou 14,19%.

4.2.8 – Sólidos não gordurosos

Na Tabela 4.9 se acham os valores médios dos sólidos não gordurosos (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20 , -30 , -170 e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 90 dias.

Tabela 4.9 – Valores médios dos sólidos não gordurosos (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de congelamento (°C)			
	-20	-30	-170	-196
0	7,80 e	8,30 e	8,30 f	7,80e
30	8,60 c	8,60 d	9,70 a	8,80 d
45	8,83 b	8,83 c	9,05 c	10,00 a
60	9,34 a	9,32 a	9,32 b	8,98 c
75	8,52 d	9,10 b	8,81 e	8,82 d
90	8,55 d	8,58 d	8,82 d	9,60 b
MG	8,61	8,79	9,00	9,00
DMS	0,03	0,06	0,006	0,06
CV (%)	0,13	0,27	0,026	0,26

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Observa-se, na Tabela 4.9, que os valores dos sólidos não gordurosos da amostra de leite de cabra congelada a -20 °C, aumentaram significativamente desde o tempo 0 até 60 dias e permaneceram inalterados entre 75 e 90 dias. Nota-se portanto, um aumento nos sólidos não gordurosos de 9,61% em relação ao valor inicial da amostra do leite de cabra.

Os valores dos sólidos não gordurosos da amostra de leite de cabra congelada a -30 °C, aumentaram significativamente desde o tempo 0 até 60 dias e diminuíram de 60 a 90 dias. Nota-se um aumento de 3,37% no valor de sólidos não gordurosos no final do armazenamento em relação ao valor inicial.

A amostra de leite de cabra congelada a -170 °C apresentou valores de sólidos não gordurosos oscilando muito durante o armazenamento, não havendo um comportamento definido quanto aos sólidos não gordurosos. Comparando-se o valor inicial com o valor final dos sólidos não gordurosos, percebe-se um aumento de 8,43% em relação ao valor inicial de sólidos não gordurosos.

Os valores dos sólidos não gordurosos da amostra de leite de cabra congelada a -196 °C aumentaram significativamente desde o tempo 0 até 45 dias diminuindo de 45 a

75 dias, voltando a aumentar entre 75 a 90 dias. Nota-se um aumento de 18,7% no valor de sólidos não gordurosos no final do armazenamento em relação ao valor inicial.

Os valores dos sólidos não gordurosos obtidos inicialmente para as amostras congeladas a -20 e -196 °C, não se encontravam dentro dos padrões estabelecidos por BRASIL (2000); no entanto, no final do armazenamento todas as amostras mostraram valores de sólidos não gordurosos superiores ao estabelecido pela legislação. Provavelmente, a redução do conteúdo de água das amostras, mesmo não sendo considerada estatisticamente significativa, tenha causado o aumento nos valores de sólidos não gordurosos, haja vista que a redução do teor de conteúdo de água tende a concentrar os valores dos parâmetros físico-químicos dos alimentos.

4.2.9 – pH

Na Tabela 4.10 estão os valores médios do pH das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C, e armazenadas a -20 °C, durante 90 dias.

Tabela 4.10 – Valores médios do pH das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C, durante 90 dias

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de congelamento (°C)			
	-20	-30	-170	-196
0	6,38 f	6,36 f	6,30 f	6,36 f
30	6,42 e	6,46 e	6,48 d	6,51 d
45	6,60 a	6,63 a	6,61 a	6,61 b
60	6,44 d	6,61 b	6,55 c	6,62 a
75	6,57 b	6,53 d	6,47 e	6,50 e
90	6,55 c	6,58 c	6,57 b	6,57 c
MG	6,49	6,53	6,50	6,53
DMS	0,006	0,006	0,006	0,006
CV (%)	0,036	0,036	0,036	0,03

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Tabela 4.11 – Valores médios do extrato seco desengordurado (%) das amostras de leite de cabra congeladas nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Tempo de armazenamento (dias)	Temperatura de congelamento (°C)			
	-20	-30	-170	-196
0	7,50 d	8,28 a	8,47 a	8,69 a
30	6,55 e	8,16 ab	7,94 c	8,31 bc
45	8,31 b	8,24 ab	8,19 b	8,29 bc
60	8,87 a	8,14 ab	8,23 b	8,47 abc
75	7,37 d	8,08 b	8,21 b	8,59 ab
90	7,93 c	8,25 ab	8,36 ab	8,21 c
MG	7,76	8,19	8,23	8,43
DMS	0,28	0,19	0,22	0,35
CV (%)	1,33	0,83	0,99	1,50

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Os valores médios do extrato seco desengordurado da amostra de leite de cabra congelado a -20 °C apresentados na Tabela 4.11, oscilaram em todo o armazenamento, não sendo possível observar tendência definida no comportamento do extrato seco desengordurado durante a estocagem. Tem-se que o aumento do valor de extrato seco desengordurado no final do armazenamento, foi de 5,73% em relação ao valor inicial.

Observa-se que os valores de extrato seco desengordurado da amostra congelada a -30 °C apresentaram tendência a não apenas permanecer constante durante o seu armazenamento mas também estável; enquanto, à amostra congelada -170 °C, no período de 0 a 30 dias de armazenamento o valor do extrato seco desengordurado diminuiu significativamente e entre os tempos de 45 e 90 dias o valor de extrato seco desengordurado se manteve inalterado; já a amostra de leite de cabra congelada a -196 °C apresentou tendência de estabilidade do valor de extrato seco desengordurado após os 30 dias de armazenamento; percebe-se, então, que houve diminuição do extrato seco desengordurado de 5,52% no final da estocagem, em relação ao valor inicial.

4.3 – Cinética de congelamento do leite de cabra

4.3.1 - Cinética de congelamento do leite de cabra na temperatura de -20 °C.

Na Figura 4.1 se encontra a curva de congelamento do leite de cabra na temperatura de -20 °C, para uma amostra com 16,3 mm de espessura e se nota que as três fases do congelamento de leite de cabra congelado a -20 °C, estão bem definidas, ou seja, resfriamento (fase I), congelamento ou cristalização (fase II) e pós-congelamentos (fase III); este mesmo comportamento é observado para as curvas de congelamento lento da água pura e ele é devido, provavelmente, ao fato do leite de cabra apresentar alto conteúdo de água, em torno de 87%. O mesmo comportamento foi apresentado para a polpa de mamão estudada por KASAHARA et al. (1986), em que os autores justificaram a similaridade da curva através do alto conteúdo de água (92,43%) apresentado pela amostra.

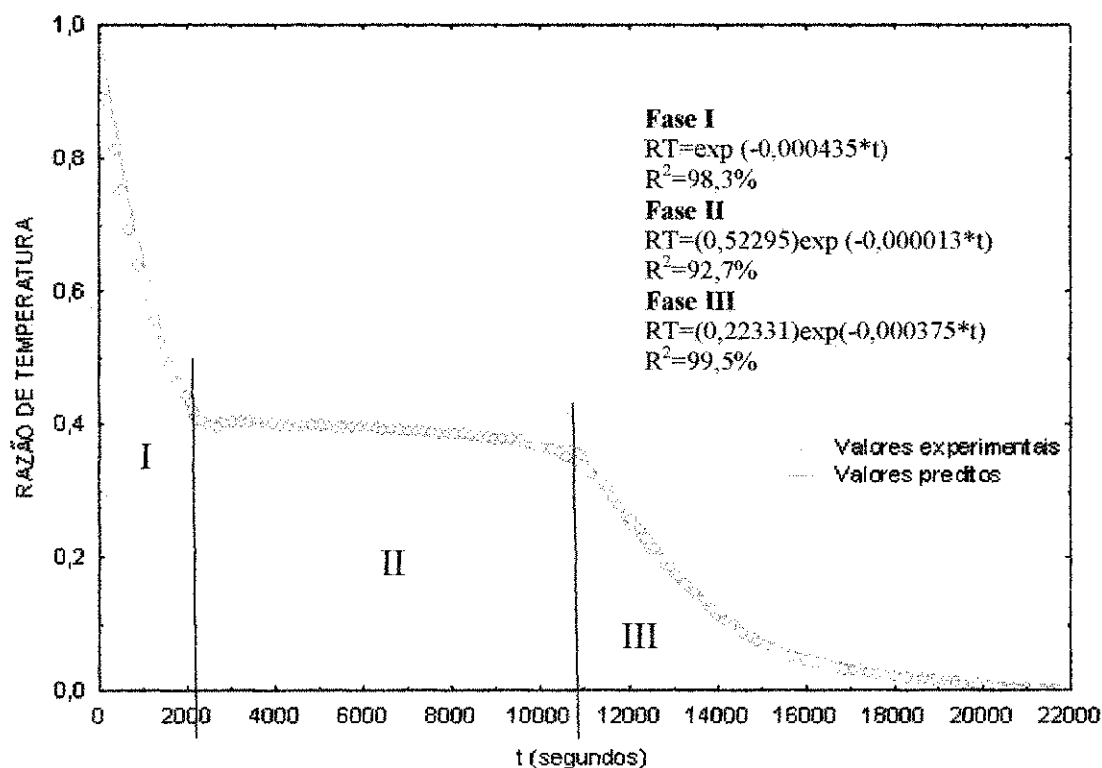


Figura 4.1 - Curva de congelamento do leite de cabra na temperatura de -20 °C, para uma amostra com 16,3 mm de espessura

Durante a Fase I, que corresponde à fase de resfriamento da amostra de leite de cabra, o tempo foi de aproximadamente 2300s, com os valores de temperatura adimensional da amostra baixando de 1 (27 °C) a aproximadamente 0,4 (-0,27 °C). Segundo SUM (2006) o ponto de congelamento inicial do leite é em torno de -0,5 °C concordando então com os resultados deste trabalho. VALESCO & RUIZ (2008) obtiveram, para a nogada (mistura composta de noz, amêndoa e leite) congelada a -5 °C, na fase I do congelamento, o tempo de 480 segundos, até atingir o início da cristalização a -2,1 °C, enquanto na Fase II, chamada fase de congelamento ou cristalização, o período de tempo necessário para atingir o completo congelamento foi de aproximadamente 8320 s com o valor da temperatura adimensional aproximadamente igual a 0,4 (-0,27 °C a -2,80 °C). A fase de pós-congelamento (Fase III), que corresponde à diminuição da temperatura após o congelamento do produto, é realizada em aproximadamente 10800 s, com os valores de temperatura adimensional da amostra baixando de 0,4 (-2,80 °C) a 0,0 (-18,9 °C). CIABOTTI et al. (2000) estudando a cinética de congelamento do suco de maracujá na temperatura de -22,6 °C e espessura de 9 mm observaram, na fase de resfriamento (Fase I) que o período de tempo foi de aproximadamente de 1200 s, com a temperatura baixando de 19,9 para -2,3 °C; na fase de cristalização (Fase II), o tempo foi de 5700 s e a temperatura decaiu de -2,3 para -6,4 °C, enquanto na fase de pós-congelamento (Fase III), o tempo foi de 10980 s com a temperatura do produto igual a -18,7 °C.

Considerando-se alguns parâmetros da amostra de leite, como: temperatura de congelamento (-20 °C), sua espessura (16,3 mm) e a temperatura inicial e se comparando com os mesmos parâmetros do maracujá, já se supunha que a amostra de leite apresentasse tempos maiores nas três fases da curva de congelamento com relação aos tempos observados para a curva de congelamento do suco de maracujá, mesmo a temperatura de congelamento estando próxima.

Pode-se observar, na curva de congelamento do leite de cabra na temperatura de -20 °C, com espessura de 16,3 mm, que a Fase III (pós-congelamento) foi a mais longa com 10800 s em relação às fases de refrigeração (Fase I) e cristalização (Fase II).

4.3.2 - Cinética de congelamento do leite de cabra na temperatura de -30 °C

Na Figura 4.2 se tem a curva de congelamento do leite de cabra na temperatura de -30 °C, para uma amostra com 17,7 mm de espessura.

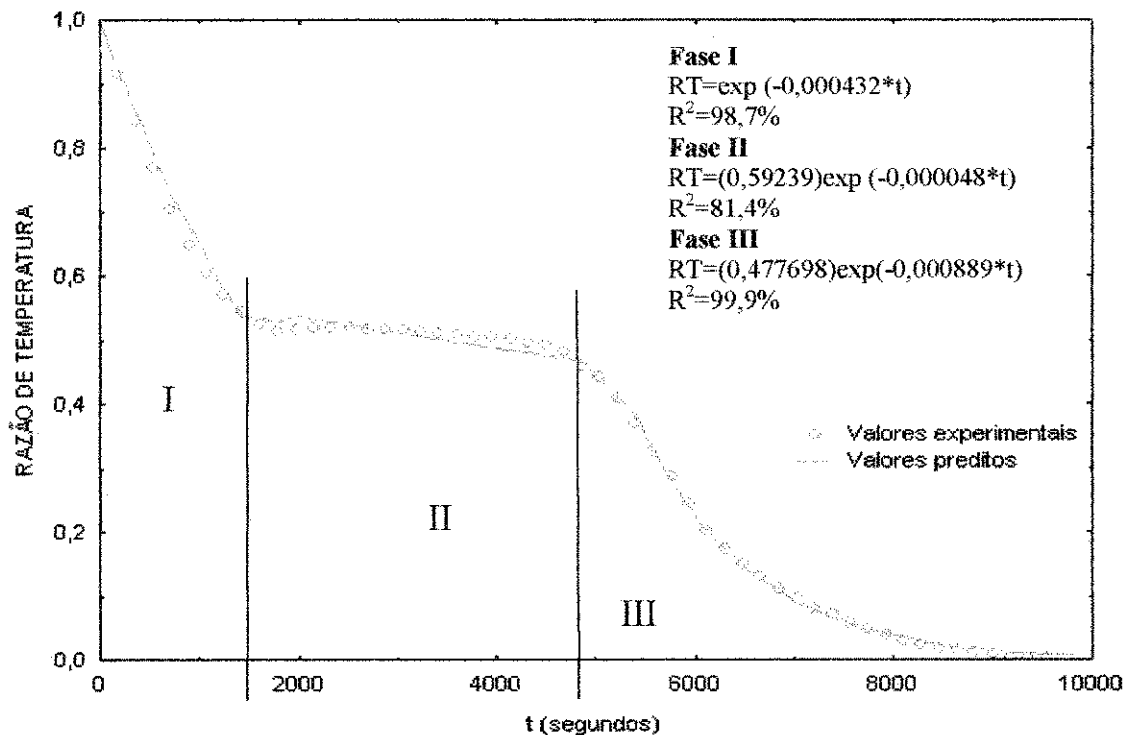


Figura 4.2 - Curva de congelamento do leite de cabra na temperatura de -30 °C, para uma amostra com 17,7 mm de espessura

Observa-se, na Figura 4.2, que a curva de congelamento da amostra de leite de cabra na temperatura de -30 °C com 17,7 mm de espessura, apresenta as três fases do congelamento bem definidas: resfriamento (Fase I), congelamento ou cristalização (Fase II) e pós-congelamento (Fase III), tal como verificado na temperatura de -20 °C.

Verifica-se na Fase I (resfriamento) que o tempo de resfriamento foi aproximadamente igual a 1620s, com a temperatura adimensional do leite de cabra baixando de 1 (27,03 °C) para aproximadamente 0,5 (-0,20 °C). Na Fase II (congelamento ou cristalização), o tempo de congelamento foi aproximadamente de 3240 s, com a temperatura adimensional próxima a 0,5 (-0,20 a -4,23 °C); já na Fase III o tempo de pós-congelamento foi igual a 4700 s, com os valores das temperaturas adimensionais da amostra diminuindo de 0,5 (-4,23 °C) a 0,0 (-30,00 °C). CAVALCANTI MATA et al. (2005), estudando a curva de congelamento da polpa de graviola na temperatura de -50 °C e espessura de 15 mm, observaram que na fase de resfriamento (Fase I) o tempo foi de aproximadamente 420 s, baixando a temperatura da

amostra de 25 para 0 °C. Na fase de cristalização ou congelamento (Fase II) o tempo foi de 1140 s, com a temperatura da amostra baixando de 0 a -7 °C, enquanto na fase de pós-congelamento (Fase III), o tempo foi de 3240 s, com a temperatura da amostra reduzindo de -7 C para -46 °C, verificando-se também que a Fase III é a mais demorada em relação às outras fases.

Comparando-se as curvas de congelamento da amostra de leite de cabra nas temperaturas de -20 e -30 °C (Figura 4.1 e Figura 4.2, respectivamente), com relação ao tempo de congelamento observa-se, na Fase I, que a diferença do tempo de resfriamento foi de aproximadamente 680 s. Na Fase II a diferença foi de 5080 s e, na Fase III, a diferença foi aproximadamente de 6460 s; logo, os menores tempos foram verificados para a curva de congelamento a -30 °C, já esperado, pois a difusividade efetiva do leite de cabra nas três fases do congelado a -30 °C é superior aos valores de difusividade efetiva nas três fases do congelamento -20°C, causando um congelamento mais rápido nas três fases a -30 °C. De acordo com ORDÓNEZ (2005), quanto maior a velocidade de congelamento da amostra menor será o tempo de congelamento.

4.3.3 - Cinética de congelamento do leite de cabra na temperatura de -170 °C

Na Figura 4.3 se observa a curva de congelamento do leite de cabra na temperatura de -170 °C, para uma amostra com 18,7 mm de espessura.

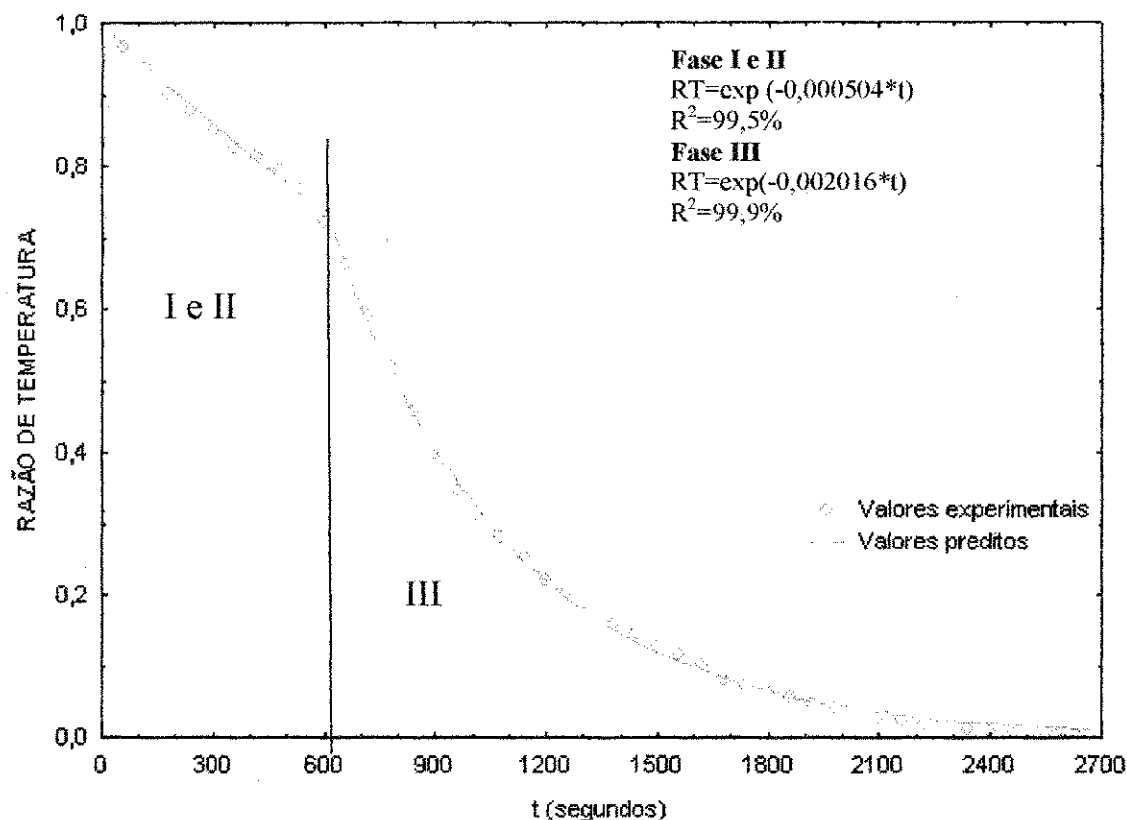


Figura 4.3 - Curva de congelamento do leite de cabra na temperatura de - 170 °C, para uma amostra com 18,7 mm de espessura

Tem-se, na Figura 4.3, a curva de congelamento da amostra de leite de cabra na temperatura de -170 °C, com 18,7 mm de espessura. Observam-se duas fases na curva de congelamento: a primeira fase corresponde ao resfriamento e congelamento (Fase I e II), pois a -170 °C o congelamento ocorre muito rápido, não sendo possível a distinção entre a Fase I e a Fase II; a segunda fase se refere ao pós-congelamento (Fase III), caracterizada pela maior taxa de congelamento do produto na curva de congelamento, diferente de FERREIRA (2000), que observou as três fases de congelamento da polpa de umbu maduro, quando submetido ao congelamento a -110 °C, por meio do vapor de nitrogênio líquido. Talvez o congelamento a -110 °C não seja suficiente para modificar a curva de congelamento da polpa de umbu.

Observa-se, nas Fases (I e II), que o tempo de resfriamento foi de 600 s, com a temperatura adimensional baixando de 1 (26,57 °C) a aproximadamente 0,7 (-28,07 °C); para a fase III, o tempo de pós-congelamento foi de 2100 s, com a temperatura adimensional baixando de 0,7 (-28,07 °C) a 0,0 (-169,83 °C).

4.4.4 - Cinética de congelamento do leite de cabra na temperatura de -196 °C

Na Figura 4.4 se observa a curva de congelamento do leite de cabra na temperatura de -196 °C, para uma amostra com 18,8 mm de espessura.

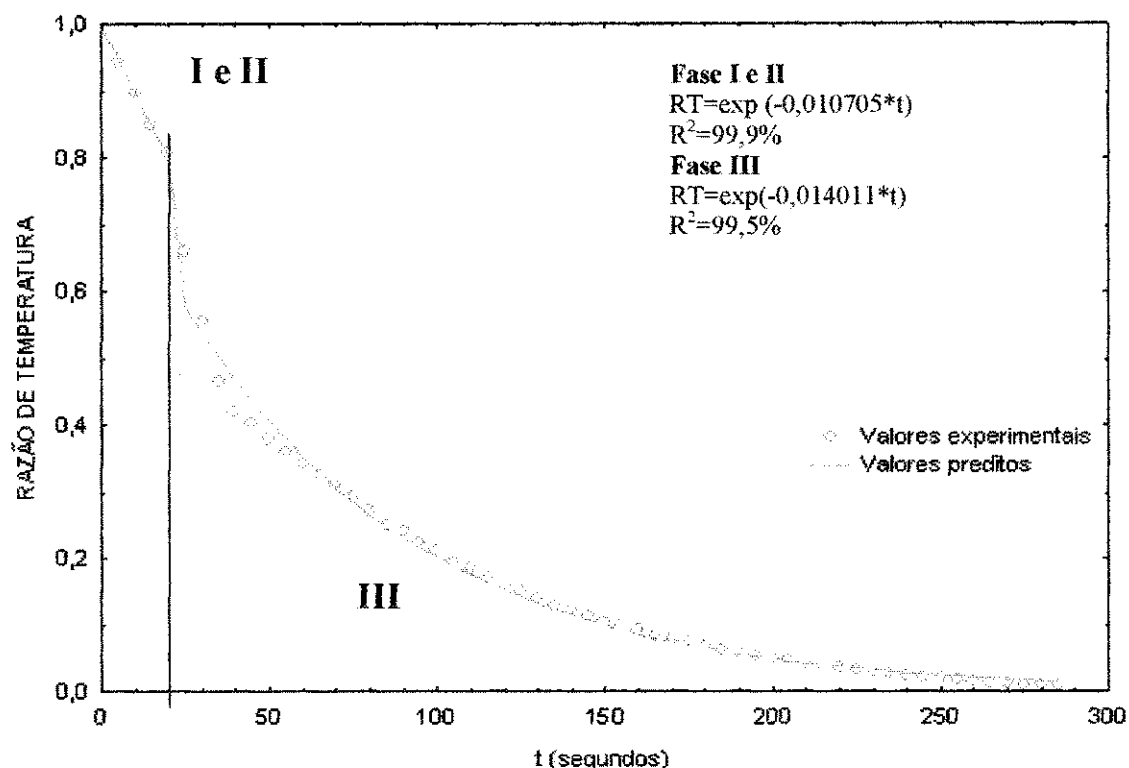


Figura 4.4 - Curva de congelamento do leite de cabra na temperatura de -196 °C, para uma amostra com 18,8 mm de espessura

Observa-se, ainda, na Figura 4.4, que a curva de congelamento da amostra de leite de cabra na temperatura de -196 °C com 18,8 mm de espessura, apresenta duas fases: a primeira, que corresponde às Fases I e II, e a segunda, que se refere à Fase III. O mesmo comportamento foi relatado por ARAÚJO et al. (2000) ao estudarem a curva de congelamento da polpa de acerola a temperatura de -196 °C, verificando que o comportamento da curva de congelamento não apresentou com clareza os três períodos típicos da curva. De acordo com esses autores, tal comportamento ocorreu em razão da

maior velocidade de congelamento e maior gradiente térmico a que o produto está exposto. Comportamento semelhante foi observado também por AGRA (2006) ao estudar o congelamento de manga a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Na primeira Fase (Fases I e II) da curva de congelamento da amostra do leite de cabra, na temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, o resfriamento e o congelamento ocorreram em aproximadamente 20 s, atingindo a temperatura adimensional em aproximadamente 0,8 ($-17,0\text{ }^{\circ}\text{C}$); já na segunda Fase, que corresponde à Fase III (pós-congelamento da amostra de leite), observa-se que o tempo foi igual a 285 s para a amostra atingir a temperatura adimensional de 0 ($-192\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Comparando-se as curvas de congelamento da amostra de leite de cabra nas temperaturas de -170 e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 4.3 e Figura 4.4), observa-se que o tempo de congelamento da amostra a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi 8 vezes inferior ao tempo do congelamento a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$; o que era esperado, haja vista que a difusividade efetiva média do leite a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi maior no congelamento a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ pois, quanto maior for a difusividade efetiva média, mais rápido é o congelamento.

4.4. Difusividade térmica

Verificam-se, na Tabela 4.12, os valores dos coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média do leite de cabra, nos três estágios de congelamento, quando o leite de cabra foi ao congelamento em freezer convencional a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, em Freezer convencional a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, em vapor de nitrogênio a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e em imersão em nitrogênio a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabela 4.12 – Valores dos coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média do leite de cabra nas três fases de congelamento nas temperaturas de -20 °C, -30°C, -170 °C e -196 °C

Congelamento do leite de cabra a -20 °C				
Fases *	L/2** (mm)	Coeficiente de difusão	Difusividade efetiva mm ² s ⁻¹	Difusividade efetiva Média mm ² s ⁻¹
I	8,15	4,35 X10 ⁻⁴	2,887	
II	8,15	0,13 X10 ⁻⁴	1,333x10 ⁻⁰⁴	
III	8,15	3,75 X10 ⁻⁴	3,067x10 ⁻⁰³	0,306
Congelamento do leite de cabra a -30 °C				
Fases *	L/2** (mm)	Coeficiente de difusão	Difusividade efetiva mm ² s ⁻¹	Difusividade efetiva Média mm ² s ⁻¹
I	8,85	4,32 X10 ⁻⁴	3,149	
II	8,85	0,48 X10 ⁻⁴	5,613x10 ⁻⁰⁴	
III	8,85	8,89 X10 ⁻⁴	9,583x10 ⁻⁰³	0,538
Congelamento do leite de cabra a -170 °C				
Fases *	L/2** (mm)	Coeficiente de difusão	Difusividade efetiva mm ² s ⁻¹	Difusividade efetiva média mm ² s ⁻¹
I	9,35	0,50 X10 ⁻³	4,405	
II	9,35	-	-	
III	9,35	2,02 X10 ⁻³	17,630	14,688
Congelamento do leite de cabra a -196 °C				
Fases *	L/2** (mm)	Coeficiente de difusão	Difusividade efetiva mm ² s ⁻¹	Difusividade efetiva média mm ² s ⁻¹
I	9,40	1,07 X10 ⁻²	94,590	
II	9,40	-	-	
III	9,40	1,40 X10 ⁻²	123,80	121,888

*Fases I – Resfriamento; II – Cristalização; III – Pós-congelamento

** L – Espessura da amostra

No congelamento convencional da amostra de leite de cabra a -20 °C, os coeficientes de difusão, referentes às fases I, II e III, foram iguais a $4,35 \times 10^{-4}$, $0,13 \times 10^{-4}$ e $3,75 \times 10^{-4}$, respectivamente, e a difusividade térmica efetiva média da amostra do leite de cabra, relativo às três fases de congelamento, foi de $0,306 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$.

Para o congelamento convencional da amostra de leite de cabra a -30 °C, os coeficientes de difusão referentes às fases I, II e III, foram de $4,32 \times 10^{-4}$, $0,48 \times 10^{-4}$ e $8,89 \times 10^{-4}$, respectivamente, e a difusividade térmica efetiva média, referente às fases I, II e III, foi igual a $0,538 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$.

A amostra de leite de cabra congelado no vapor de nitrogênio a -170 °C apresentou os coeficientes de difusão iguais a $0,50 \times 10^{-3}$ e $2,02 \times 10^{-3}$, referente às fases I e III, respectivamente, e a difusividade térmica efetiva média foi igual a $14,688 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$.

Para a amostra de leite de cabra imersa em nitrogênio a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, os coeficientes de difusão referentes às Fases I e III, foram iguais a $1,07 \times 10^{-2}$ e $1,40 \times 10^{-2}$, respectivamente, enquanto a difusividade térmica efetiva média foi igual a $121,888\text{ mm}^2\text{s}^{-1}$.

Pode-se observar, na Tabela 4.12, que os valores de difusividade térmica aumentam com a diminuição da temperatura de congelamento das amostras de leite de cabra. Este comportamento ocorre, em razão provavelmente, do aumento da diferença de temperatura entre a temperatura da amostra e a temperatura do meio ao qual a amostra está sendo submetida.

4.5 - Análise sensorial

Nas Tabelas C.1 e C.4 (Apêndice C) se encontram as análises de variância dos atributos da análise sensorial (aparência, cor, aroma e sabor) do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20 , -30 , -170 e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e se apresentam, se na Tabela 4.13, os valores das médias da análise sensorial do leite de cabra quanto à aparência, cor, aroma e sabor, em função do método de congelamento (-20 , -30 , -170 e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Tabela 4.13 – Comparação entre as médias da análise sensorial do leite de cabra congelado a -20 , -30 , -170 e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, dos atributos aparência, cor, odor e sabor

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Aparência	Cor	Aroma	Sabor
-20	7,31 ab	7,60 a	4,69 a	5,61 b
-30	7,53 a	7,10 ab	3,99 b	6,38 a
-170	6,83 bc	7,03 ab	5,23 a	5,57 b
-196	6,42 c	6,60 b	4,83 a	6,31 a
DMS	0,66	0,67	0,65	0,67

DMS: Desvio mínimo significativo.

Obs.: Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade

Observa-se que a aparência e a cor não apresentaram diferença significativa entre as amostras de leite de cabra congeladas a -20 e -30 °C nem -20 e -170 °C porém se percebe, entre as amostras congeladas a -20 e -196 °C, diferença significativa; no entanto, todas as amostras avaliadas pelos degustadores quanto à aparência e à cor, se acham entre as escalas, “indiferente” e “gostei ligeiramente” e “branco cremoso” e “branco”, respectivamente. De acordo com LUCENA (2003) a cor do leite de cabra é branca devido à ausência de betacaroteno.

Com relação ao aroma, a única temperatura de congelamento que mostrou diferença significativa em relação à amostra congelada a -20 °C, foi a amostra congelada a -30 °C, porém todas as amostras se encontram na escala “leve odor característico do leite” e “odor característico do leite”. As notas referentes ao aroma atribuídas pelos degustadores foram baixas em relação aos demais atributos, o que pode ser explicado pelo odor intenso característico do leite de cabra. LISSERE et al. (2007) não só constataram que o aroma do leite de cabra foi o atributo menos apreciado em relação aos demais atributos mas justificaram este comportamento em razão da distancia mínima estabelecida, de 150 m, que separa a ordenha do leite da cabra e o local onde se encontra o bode não ter sido respeitada a qual pode ser responsável pela produção de odores desagradáveis possíveis de serem absorvidos pelo leite. VIGNOLA et al. (2002), relataram que os triglicérides do leite de cabra contêm uma porcentagem muito elevada de ácidos graxos, tais como: capríco, caprilico e o cáprico, responsáveis pelo odor característico do leite de cabra.

Quanto ao sabor, apenas a amostra de leite de cabra congelada a -170 °C não apresentou alteração em referência à amostra padrão (-20 °C), enquanto as demais indicaram diferença significativa mais todas as amostras se encontram na escala “leve sabor característico do leite” e “gosto característico do leite”; este comportamento deve ter ocorrido, sem dúvida, pela falta de maior sensibilidade dos degustadores quanto ao atributo sabor, em função dos degustadores não serem treinados.

Tem-se, na Tabela 4.14, os resultados das comparações entre as médias da análise sensorial do leite de cabra em função do armazenamento de 90 dias, quanto à aparência, cor, aroma e sabor.

Tabela 4.14 – Comparação entre as médias da análise sensorial do leite de cabra congelado para o fator tempo de armazenagem para os atributos aparência, cor, aroma e sabor

Tempo (dias)	Aparência	Cor	Aroma	Sabor
0	6,45 b	6,47 b	4,60 a	6,23 ab
30	7,43 a	7,53 a	4,68 a	6,05 ab
45	6,53 b	6,75 ab	4,80 a	5,52 b
60	7,13 ab	7,23 ab	4,75 a	6,05 ab
75	7,27 ab	7,32 ab	4,58 a	6,52 a
90	7,33 ab	7,20 ab	4,70 a	5,43 b
DMS	0,90	0,91	0,88	0,92

DMS: Desvio mínimo significativo

Obs.: Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a nível de 1% de probabilidade

Verifica-se que os valores atribuídos para aparência, cor e sabor tendem a permanecer estatisticamente constantes com o tempo de armazenamento, ou seja, os provadores não perceberam diferenças significativas desses atributos ao longo do armazenamento do leite de cabra; já o atributo aroma permaneceu sem nenhuma alteração em todo o armazenamento, no entanto, foi o atributo com menor nota. COSTA et al. (2008) constataram que o odor do leite caprino obteve média muito baixa na escala hedônica de 3,09, dentro da escala (1 a 9) remetendo a uma intensidade moderada.

Este comportamento do leite de cabra se deve, provavelmente, ao fato da amostra ter sido pasteurizada antes do congelamento, nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C, sendo este, então, um dos fatores decisivos para que a diferença entre as médias não fossem significativas entre os atributos sensoriais.

5. CONCLUSÕES

5.1. Caracterização dos parâmetros físico-químicos

As amostras se mantiveram nos padrões recomendados pela legislação atual Brasileira.

5.2. Armazenamento das amostras

Os valores de conteúdo de água e cinzas, das amostras, apresentaram tendência de estabilidade ao final do armazenamento; já os valores de sólidos solúveis totais e pH sugeriram aumento ao final do armazenamento, para todas as amostras.

Nas amostras congeladas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ os valores de proteína, densidade, acidez e extrato seco total, aumentaram ao final do armazenamento, enquanto os valores de lactose e lipídios diminuíram; por outro lado no armazenamento a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, os valores de proteína, lactose, densidade, lipídios e extrato seco total, não sofreram alteração no final do armazenamento em referência aos valores finais, porém os valores de acidez aumentaram. Os valores de proteína, acidez e lipídios das amostras congeladas a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ aumentaram enquanto os valores de lactose e extrato seco total permaneceram inalterados, ao final do armazenamento. Os valores de proteínas densidade e lipídios aumentaram; entretanto, os valores de lipídios e o extrato seco total diminuíram e os valores de acidez e lactose permaneceram inalterados ao final do armazenamento das amostras congeladas a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

As amostras congeladas a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ foram aqueles cujos parâmetros físico-químicos apresentaram maior estabilidade ao final do armazenamento em relação às demais temperaturas de congelamento.

5.3. Cinética de congelamento

Observaram-se, na cinética de congelamento das amostras congeladas a -20 e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, as três fases de congelamentos bem definidas, com a fase de resfriamento (Fase I) atingindo 2300 e 1620 s, a fase de congelamento (Fase II) atingindo 8860 e 3240 s e a fase de pós-congelamento (Fase III) alcançando 10980 e 4700 s, respectivamente.

Para a cinética de congelamento das amostras congeladas a -170 e -196 °C, as três fases do congelamento não ficaram bem definidas, vista que a primeira Fase (resfriamento/congelamento), durou 600s (-170 °C) e 20s (-196 °C), e a fase III (pós-congelamento) durando 2100s (-170 °C) e 285s (-196 °C).

Os valores de difusividade efetiva média das amostras congeladas a -20 , -30 , -170 e -196 °C foram iguais, respectivamente, a 0,306, 0,538, 14,688 e 121,888 $\text{mm}^2 \text{s}^{-1}$.

5.4. Análise sensorial

Observou-se quanto à aparência, cor, aroma e sabor, em função do método de congelamento (-20 , -30 , -170 e -196 °C), que em todas a aparência e a cor se encontraram entre as escalas “indiferente” e “gostei ligeiramente” e “branco cremoso” e “branco”, respectivamente. Em relação ao aroma, a análise mostrou aroma com “leve odor característico do leite” e “odor característico do leite”. O sabor ficou na escala “leve sabor característico do leite” e “gosto característico do leite”.

Os valores atribuídos, em função do armazenamento de 90 dias, para à aparência, cor e sabor, permaneceram estatisticamente constantes com o tempo de armazenamento. O atributo aroma permaneceu sem qualquer alteração em todo o armazenamento.

Sugestões para futuros trabalhos

- Utilização de aditivos antifloculantes;
- Fazer análise microbiológica ao longo do armazenamento.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L. R. de Tecnologia de leite e derivados. Lavras, MINAS GERAIS, UFPA /FAEPE, 2000, 205p.

ABREU, L. R. Leite e derivados: caracterização físico-química, qualidade e legislação. Lavras: FAEPE, 2005. 151 p.

AGRA, N. G. Secagem e liofilização de manga: Características físico-químicas e sensoriais. 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande.

ALMEIDA, T. C. A. Análise sensorial: Efeitos da memória. Tese (Doutorado em Tecnologia de alimentos) – Faculdade de Engenharia de alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999. 121f.

ANDRADE, P. V. D.; SOUZA, M. R.; PENNA, C. F. A. M.; FERREIRA, J. M. Características microbiológicas e físico-químicas do leite de cabra submetido à pasteurização lenta pós-embalagem e ao congelamento. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 5, p. 1424-1430, 2008.

AMORIM, E. A. M.; TORRES, C. A. A.; BRUSCHI, J. H.; FONSECA, J. F.; GUIMARÃES, J. D.; CECON, P. R.; CARVALHO, G. R.; Produção e composição do leite, metabólitos sanguíneos e concentração hormonal de cabras lactantes da raça Toggenburg tratadas com somatotropina bovina recombinante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.1, p. 147-153, 2006.

ARAÚJO, M. S. O.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. Cinética de congelamento de polpa de acerola a baixas temperaturas. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 27-34, 2000.

ARAÚJO, M. S. O. Avaliação das características físico-químicas e sensoriais de polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) submetidas a diferentes técnicas de congelamento.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina –Grande, 2000.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M.N. de. Conservação de alimentos pelo emprego do frio. In: Fundamentos de Tecnologia de Alimentos. São Paulo: Atheneu, 1998. v.3, p.63-80.

BEHMER, M. L. A.; Tecnologia do leite: leite, queijo, manteiga, caseína, iogurte, sorvetes, instalações: produção industrialização, análise. 15. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 320 p.

BESSA, R.; ALVES, M.; RAVASCO, F.; VITAL, A.; DUTHOIT, M.; MIRANDA, R.; ASSIS, G.; BARBOSA, M. Queijo de Cabra Transmontano. Aprofundamento da caracterização do leite de cabra Serrana, ecotipo transmontano e do respectivo queijo DOP, 20005. Disponível em: <<http://www.uacris.gov.br/102-07/Mapa%20da%20Bacia%20de%20Cabra%20de%20Serra.pdf>>. Acesso em: 08 Abril. 2009.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. Química do processamento de alimentos. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001. 143p.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. Introdução á química de alimentos. 2º ed. São paulo: Varella, 1992. 223p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1017 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Regulamento técnico de identidade e qualidade do leite cru refrigerado (RTIQ). Brasília, 2002a. (Instrução Normativa 51 de 18/09/2002).

BRASIL. Ministério da Agricultura e do abastecimento. Instrução normativa nº 37, de 31 de outubro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade de Qualidade de leite de Cabra. Diário Oficial [da] República federativa do Brasil, Brasília, DF, 8 nov. 2000. Seção 1, p. 23.

BRASIL, L. H. A.; BONASSI, I. A.; JUNIOR, F. B.; WECHSLER, F. S. Efeito da temperatura ambiental na densidade e ponto de congelamento do leite de cabra. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 19, n. 3, p. 333-337, 1999.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Laboratório Nacional de Referência Animal (LANARA). Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: II – Métodos físicos e químicos. Brasília: Ministério da Agricultura, 1981, 188 p.

BROWMIX, S.; HAYAOKAWA, K. A. A.; new method for determining the apparent thermal diffusivity of thermally conductive food. *Journal of Food Science*. v. 44, n. 2, p. 464-469. 1979.

CASTRO, A. A. Propriedades térmicas, qualidade e armazenabilidade de camarão (*Litopenaeus vannamei*, Boone) congelados em temperaturas criogênicas. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal da Paraíba, Campina-Grande, 2004.

CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; SILVA, M. Curvas de congelamento de frutos de cajá (*Spondias lutea* L.) a temperaturas semi-criogênicas. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 5, n. Especial, p. 53-60, 2003.

CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; ANSELMO, G. C.; RODRIGUES, A. E. ; GUEDES, M. A.; CAVALCANTI, A. S. R. R. M.; OLIVEIRA, C. C. A. Obtenção de graviola em pó pelo processo de liofilização. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 7, p. 165-172, 2005.

CICO - Centro Internacional de Caprinos e Ovinos, 2007. Disponível em: <http://www.cico.org.br/>. Acesso em 5 de setembro de 2007.

CHAVES, J. P. B. SPROESSER, R. L. Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas. Viçosa: Imprensa Universitária, 1996. 81p.

CHITARRA, M. I. F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27. Poços de Calda, Anais... Poços de Calda: SBEA, 1998. p. 01-58.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio. Lavras, MG: ESAL/faepe, 1990, 320p.

CIABOTTI, E. D.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. Alterações das características físico-químicas da polpa de maracujá amarelo submetido a diferentes técnicas de congelamento inicial. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande-PB, v. 2, n. 1, p. 51-60, 2000.

COSTA A. L. Leite caprino: um novo enfoque de pesquisa. Embrapa Caprinos, 2005. Disponível em: <http://www.portaldoagronegocio.com.br>. Acesso em: 01 de Agosto de 2008.

COSTA, R. G.; MESQUITA, Í. V. U.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MEDEIROS, A. N.; CARVALHO, F. F. R.; BELTRÃO FILHO, E. M. Características químicas e sensoriais do leite de cabras Moxotó alimentadas com silagem de maniçoba. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 37, n. 4, 2008.

COSTA, R. G.; BELTRÃO FILHO, E. M.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MEDEIROS, A. N.; OLIVEIRA, C. J. B.; GUERRA, I.C.D.; Características físico-químicas do leite de cabra comercializado no Estado da Paraíba, Brasil. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 66, p. 136-141, 2007.

CRANK, J. The mathematics of diffusion, Claredon Press. Oxford. 1975.

CUNHA, F. L. Avaliação da qualidade microbiológica, físico-química e contagem de células somáticas em leite de cabra produzido na região de nova friburgo-rj. metodologia tradicional versus metodologia eletrônica. Niterói, RJ: UFF, 2007. 83p. (Dissertação de Mestrado).

CZYHRINCIW, N. Tropical fruit technology. Advances in Food Research, New York, v. 17, p. 153-208, 1969.

DELGADO, A. E.; SUN, D. W. Heat and mass transfer models for predicting freezing processes – a review. Journal of Food Engineering, n.47, p.157-174, 2001.

DOSSAT, R. J. Princípios de refrigeração: Teoria, prática, exemplos, problemas, soluções. São Paulo: Hemus, 1980. 884p.

DOMINGO, E. C.; VIDIGAL, R. B.; FRANCISCO, K. C.; LOPES, J. P.; FERREIRA, D. S.; OLIVEIRA, K. A. M.; MARTINS, A. D. O.; MENDONÇA, R. C. S. Características físico-química do leite de cabra cru produzido na zona da mata mineira. *Anais... XXIII Congresso Nacional de Laticínios. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes* n.351, v. 61, p.122-124, Juiz de Fora, 2006.

DUBEUF, J. P.; MORAND-FEHR, P.; RUBINO, R. Situation changes and future of goat industry around the world. *Small Ruminant Research*, 2003.

DUTCOSKY, J. D. Análise sensorial de alimentos. Curitiba: Ed. Universitária Champagnat, 1996. 123p.

FERREIRA, J. C. Efeito do congelamento ultra-rápido sobre as características físico-químicas e sensoriais de polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) durante a armazenagem frigorífica. 2000. 112f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000.

FERREIRA, J. C.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; BRAGA, M. E. D. Análise sensorial da polpa de umbu submetida a congelamento inicial em temperaturas criogênicas e armazenadas em câmaras frigoríficas. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande-PB, v. 2, n. 1, p. 7-17, 2000.

FIGUEIRÊDO, R. M. F de.; GRANDIN, A.; MARTUCCI, E. T. Armazenamento do suco de acerola microencapsulado. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.3, n. 1, p. 1-6, 2001.

FISBERG, M.; NOGUEIRA, M.; FERREIRA, A.M.A.; FISBERG, R.M. Aceitação e tolerância de leite de cabra em pré-escolas. Separata da Revista *Pediatria Moderna*, São Paulo, v. 35, n. 7, 1999.

FONSECA, C. R.; PORTO, E.; DIAS, C. T. S.; SUSIN, I. Qualidade do leite de cabra in natura e do produto pasteurizado armazenados por diferentes períodos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.26, n.4, p. 944-949, 2006.

GAVA, A. J. Princípios da tecnologia de alimentos, São Paulo, Editora Nobel, 2ª Edição, 1979.283p.

GONZÁLEZ, F. H. D.; CAMPOS, R. Indicadores metabólico-nutricionais do leite. In: SIMPÓSIO DE PATOLOGIA CLÍNICA VETERINÁRIA DA REGIÃO SUL DO BRASIL, 1, 2003, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: p. 2002, p.31-45.

GRUDA, Z.; POSTOLSKI, J. Tecnologia de la congelación de los alimentos. Trad. De Jaime Esain Escolar. Zaragoza: Editorial Acribia, 1986. 631p.

HAENLEIN, G. F. W. Got milk in humam nutrition, Small ruminante research, Amsterdam, v.51, nd, p.155-163, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal, Rio de Janeiro, 32, p.1-35, 2009.

KASAHARA, G. I.; GARRIDO, B. F. SIMPSON, R. R.; ALDUNATE, M. M. I.; CORNEJO, F. F.; Cinética de congelacion y propiedades termofísicas em dos espécies de frutales menores. In: KASAHARA G., I. Tópicos em transferência de calor y propiedades termofísicas en: refrigeracion y congelacion de alimentos. Santiago de Chile: Maval, 1986. Cap. 4. p.81-109.

IADEROZA, M.; DRAETTA, I. S. Ênzimos e pigmentos – Influência e alterações durante o processamento. In: SOLER, M. P.; BLEINRORTH, E. W.; IADEROZA, M.; DRAETTA, I. S.; LEITÃO, M. F. F.; RADOMILLE, L. R.; TOCCHINI, R. P.; FERREIRA, V.L.P.; MORI, E. E. M.; SOLER, R. M.; ARDITO, E. F. G.; XAVIER, R. L.;

NETO, R. O. T. Industrialização de frutas. Campinas: ITAL, 1991. Cap. 2, p. 17-29 (Manual Técnico, 8).

LARA, J. C. C.; SOUZA JÚNIOR, A. J.; FARIA, J. B.; TOCCHINI, R. B.; EIROA, M. N. U.; FERREIRA, V. L. P. Estudo comparativo das técnicas de esterilização de suco simples de maracujá. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Recife: SBPC, 1974. p. 5-6 (SBPC, Boletim informativo, 29).

LEDERER, J. Enciclopédia moderna de higiene alimentar. Editora Manole Dois. Tomo III, 1991, 121p.

LE MENS, P. Propriedades físico-químicas, nutricionais e químicas. In: LUQUET, F. M. O leite : do úbere à fábrica de laticínios. Sintra: Publicações Europa-América, 1985. v.1, p.403-422

LEWIS, M. J. Propriedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Zgaroza: Acribia, 1993. 494p.

LISERRE, A. M. ; GARCIA, A. O. ; YOTSUYANAGI, K. ; RODRIGUES, C. F. C. ; IAPICHINI, J. E. C. B. ; VAN DENDER, A. G. F. . Avaliação sensorial de leite de cabra em Itapetininga, SP. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v. 62, p. 341-348, 2007.

LORA, S. C. P.; PRUDÊNCIO, E. S.; BENEDET, H. D. Avaliação sensorial de sorvetes elaborados com leite de cabra. Semina: Ciências agrárias, Londrina-PR, v. 27, n. 2, p. 221-230, 2006.

LOPES, A. S.; MATTIETTO, R. A.; MENEZES, H. C. Estabilidade da polpa de pitanga sob congelamento. Ciência e Tecnologia dos Alimentos. v. 25, n. 3, p. 553-559. 2005.

LUCENA, J. A. Efeito da somatotropina bovina recombinante (BST) da raça e da alimentação sobre a produção e a qualidade do leite de cabra na região nordeste do Brasil. Tese (Doutorado em Nutrição) Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2003.

MAFART, P. *Ingeniería Industrial Alimentaria; Procesos Físicos de Conservación*. Vol. 1 ed. ACRIBIA. Zaragoza – España, 1994, 285p.

MELO, J. C. S. *Produção e armazenamento de formulações de leite de cabra e polpa de umbu-cajá*. 189 f. 2007. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande*.

MELO, J. C. S.; FIGUEIREDO, R. M. F de.; QUEROZ, A. J. M de.; FEITOSA, R. M. *Physico-chemical characterization of emulsions with goat milk, umbu-cajá pulp and maltodextrin*. In: *International Conference of Agricultural Engineering (CIGR), 37., 2008, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu: ASABE/IBEA, 2008*.

MINM, V. P. R.; DANTAS, M. I. S. *Avaliação sensorial de produtos minimamente processados*. *Anais de Palestras, Resumos e Oficinas. III Encontro nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, Viçosa, p. 33-37, 2004*.

MORETTO, E. F. R.; GONZAGA, L. V.; KUSKOSKI, E. M. *Introdução à ciência de alimentos*. Florianópolis: UFSC, 2002. 255 p.

MORI, E. E. M.; *Avaliação organoléptica*. In: SOLER, M. P.; BLEINRORTH, E. W.; IADEROZA, M.; DRAETTA, I. S.; LEITÃO, M. F. F.; RADOMILLE, L. R.; TOCCHINI, R. P.; FERREIRA, V.L.P.; MORI, E. E. M.; SOLER, R. M.; ARDITO, E. F. G.; XAVIER, R. L.; NETO, R. O. T. *Industrialização de frutas*. Campinas: ITAL, 1991. Cap. 6, p. 121-130 (Manual Técnico, 8).

NEVES FILHO, L. C. *Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos*. São Paulo: IBF/ ABRAVA/SINDRATAR, 1991, 176p.

OLIVEIRA, M. E. B. ; BORGES, M. F.; NASSU, R. T.; SAAVEDRA, G. A.; RODRIGUES, L. J.; ALMEIDA, G. B.; ANDRADE, L. O.; ASSUNÇÃO, G. B. *Influência do branqueamento sobre as características químicas, físico-químicas, microbiológicas e sensoriais da polpa congelada de caju*. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, v. 48, p. 34-36, 2004a*.

OLIVEIRA, M. E. B.; BORGES, M. F.; NASSU, R. T.; PINTO, G. A. S.; RODRIGUES, L. J.; ALMEIDA, G. B.; ANDRADE, L. O.; ASSUNÇÃO, G. B. Branqueamento: Avaliação do efeito sobre as características da polpa Congelada de Manga. Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, v. 48, p. 56-58, 2004.

ORDÓÑEZ, J. A. Tecnologia de alimentos de origem animal. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2, 280 p.

PEREIRA, T. B. B.; Desidratação em secador por aspersão da mistura de leite de cabra com polpa de umbu-cajá. 118 f. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

PEREDA, J. A. O.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLON, G. D. G. de F.; PERALES, L. de L. H.; CORTECERO, M. D. S. Tecnologia de alimentos: Alimentos de origem animal. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. cap. 2, p. 41-47.

QUEIROGA, R. C. R. E.; COSTA, R. G.; BISCONTINI, T.M.B.; MEDEIROS, A. N.; MADRUGA, M. S.; SCHULER, A. R. P. Influência do manejo do rebanho, das condições higiênicas da ordenha e da fase de lactação na composição química do leite de cabras Saanen. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, n.2, p.430-437, 2007.

RAHMAN, K. S. M.; LAKSHMANAPERUMALSAMY, P.; TAHIRA, R. J. BANAT, I. M. Towards Efficient Crue Oil Degradation by a Mixed Bacterial Consortium. Bioresource Technology. V. 85, p. 257-261, 2002.

RIBEIRO, E. L. A.; RIBEIRO, H. J. S. S.; Uso nutricional e terapêutico do leite de cabra nutritional and therapeutic use of goat milk. Ciências Agrárias, Londrina, v. 22, n. 2, p. 229-235, 2001.

RIBEIRO, A. C.; PRATA, L.F.; BARBIERI, M. R. Variação da composição do leite de cabra ao longo do ano, em um critério da região sudeste do Brasil. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34, 1997. Juiz de Fora, Anais...Juiz de Fora : SBZ, 1997. p. 331-333.

ROCHA, G. L. Influência do tratamento térmico no valor nutricional do leite fluido. 2004 65 f Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) Universidade Católica de Goiás, Goiânia.

RODRIGUES, A.; QUINTANS, L. J. Produção e beneficiamento do leite de cabra na Paraíba. In: Simpósio internacional sobre caprinos e ovinos, 2., 2003, João Pessoa, Anais... João Pessoa: EMEPA, 2003. p. 291-302.

ROMA JÚNIOR L. C.; ZAGO, C. A.; RODRIGUES, A. C. O.; CASSOLI, L. D.; MACHADO, P. F. Estudo da proteína do leite em termos de qualidade e quantidade. In: II Congresso Brasileiro de Qualidade do Leite, 2, 2006, Goiânia. Anais... Congresso Brasileiro de Qualidade do Leite. Goiânia, 2006.

SANCHEZ, M. A. P. Influência da matéria-prima no fabrico de queijo de cabra. 2004 62f Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Alimentar) Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

SGARBIERI, V. C. Revisão: Propriedades estruturais e físico-químicas das proteínas do leite. *Brasilian Journal of Food Tecnology*, v. 8, n. 1, p. 43-56, 2005.

SILVA, H. G. O.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; VELOSO, C. M.; CARVALHO, G.G. P.; CEZÁRIO, A. S.; SANTOS, C. C. Características físico-químicas e custo do leite de cabras alimentadas com farelo de cacau ou torta de dendê. *Arquivo Brasileiro de Medicina e Zootecnia*, v.58, n.1, p.116-123, 2006.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. A new version of the Assistat-Statistical assistance software. In: *World Congress on Computers in Agriculture*, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p.393-396.

SILVA, F. C.; GUIMARÃES, D. H. P.; GASPARETTO, C. A.; Reologia do suco de acerola: Efeitos da concentração e temperatura. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 25, n. 1, p. 121-126, 2005.

SILVA, M. Cinética de resfriamento e congelamento dos frutos de cajá (*Spondia lútea* L.). Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina-Grande, 2002, 100f.

SIMPLÍCIO, A. A.; WANDER, A. E.; LEITE, E. R. A caprino-ovinocultura como alternativa para geração de emprego e renda. In: XI Congresso Latinoamericano de Buiatria / V Congresso Brasileiro de Buiatria / III Congresso Nordestino De Buiatria, 2003, Salvador-BA. Livro de Resumos e Palestras. Salvador-BA: Associação Brasileira de Buiatria, p.146-147. 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, 2005.

SING, R. P.; HELDMAN, D.R. *Introducción a la ingeniería de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1998. 544p.

SIQUEIRA, I. N. Características físico-química e pesquisa de resíduos de antibióticos no leite de cabra cru mini-usinas do cariri paraibano. (Curso de Pós-graduação) Medicina Veterinária Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2007.

TEXEIRA, E.; MENINERT, E. M.; BARBETTA, P.A. *Análise sensorial de alimentos*. Santa Catarina: Editora da UFSC, 1987.

TEEF, K. L. Physiological effects of flavour perception. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 7, p. 448, 1996.

VALESCO, K. M. M.; RUIZ, J. F. V. Estudio de propiedades físicas de alimentos mexicanos durante la congelacion y el almacenamiento congelado. *Revista Mexicana de Ingenieria Química*, v.7, n. 1, p. 41-54, 2008.

VENTURINI, K. S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C. Características do leite. *Boletim Técnico – PIE UFES:01007* Editado: 26.08.2007.

VICENTE, A. M.; RUBIO, J. M. G. P.; REGIDOR, F. S. VICENTE, J. M. M. Refrigeracion, congelacion e envasado de los alimentos. Madrid: Iragra S. A./ Bardala, 1994. 227p.

VIGNOLA, C. L.; AMIOT, J.; ANGERS, P.; BAZINET, L.; BOUTONNIER, J. L.; BRITTEN, M.; CASTAIGNE, F.; CHAMPAGNE, C.; DUPUIS, C.; FLISS, I.; FOURNIER, S.; GARDNER, N.; JEAN, J.; LAMONTAGNE, M.; LAMOUREUX, M.; LEBEUF, Y.; MICHEL, J. C.; MOINEAU, S.; POULIOT, Y.; POULIOT, M.; AUSSEUR, J. R.; RICHARD, J.; St-GELAIS, D.; SIMPSON, R.; TARDIF, R.; COLLET, T. P.; VERGE, J. Science et technologie du lait. Montreal: Polytechnique, 2002, v.1, p. 600.

WENDORFF, W. L. Freezing Qualities of Raw Ovine Milk for Further Processing. Journal of Dairy Science. v.84, n. suplemento, p. 74-78, 2001.

ZUROWIETZ, V. The word of senses. Fruit processing, Maribor, Slovenia, v. 6, n. 6, p. 227-231, 1996.

APÊNDICE A

Tabela A.1 – Análise de variância da umidade (%) do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	0.94649	0.31550	40.4484 **
Resíduo	8	0.06240	0.00780	
Total	11	1.00889	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.2 – Análise de variância da proteína do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	0.12300	0.04100	10.1235 **
Resíduo	8	0.03240	0.00405	
Total	11	0.15540	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.3 – Análise de variância das cinzas (%) do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	0.00380	0.00127	1.1429 ns
Resíduo	8	0.00887	0.00111	
Total	11	0.01267	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.4 – Análise de variância de lactose do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	2.91409	0.97136	48.3466 **
Resíduo	8	0.16073	0.02009	
Total	11	3.07483	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.5 – Análise de variância da densidade a 15/15 °C do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	0.00001	0.00000	12384898973,3333**
Resíduo	8	0.00000	0.00000	
Total	11	0.00001	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.6 – Análise de variância da acidez total titulável (% de ácido láctico) do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	0.00023	0.00008	0.5000 ns
Resíduo	8	0.00120	0.00015	
Total	11	0.00143	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.7 – Análise de variância de gorduras totais do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	0.63000	0.21000	42.0000 **
Resíduo	8	0.04000	0.00500	
Total	11	0.67000	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.8 – Análise de variância dos sólidos não gordurosos do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	0.75000	0.25000	5864062014803,56**
Resíduo	8	0.00000	0.00000	
Total	11	0.75000	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.9 – Análise de variância de pH do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	0.01080	0.00360	168884986024,889**
Resíduo	8	0.00000	0.00000	
Total	11	0.01080	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.10 – Análise de variância do extrato seco total do leite de cabra congelado nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	2.42262	0.80754	117.8893 **
Resíduo	8	0.05480	0.00685	
Total	11	2.47742	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

APÊNDICE B

Tabela B.1 – Análise de variância da umidade (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -20 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	11.54776	2.30955	221.1273 **
Resíduo	12	0.12533	0.01044	
Total	17	11.67309	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.2 – Análise de variância da umidade (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -30 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	1.10733	0.22147	40.4711 **
Resíduo	12	0.06567	0.00547	
Total	17	1.17300	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.3 – Análise de variância da umidade (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -170 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.31764	0.06353	9.4428 **
Resíduo	12	0.08073	0.00673	
Total	17	0.39838	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.4 – Análise de variância da umidade (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.54869	0.10974	6.5494 **
Resíduo	12	0.20107	0.01676	
Total	17	0.74976	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.5 – Análise de variância de proteína (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -20 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.95798	0.19160	168.2302 **
Resíduo	12	0.01367	0.00114	
Total	17	0.97164	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.6 – Análise de variância de proteína (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -30 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.27963	0.05593	21.1483 **
Resíduo	12	0.03173	0.00264	
Total	17	0.31136	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.7 – Análise de variância de proteína (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -170 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.33932	0.06786	19.5134 **
Resíduo	12	0.04173	0.00348	
Total	17	0.38105	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.8 – Análise de variância de proteína (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.44680	0.08936	31.7254 **
Resíduo	12	0.03380	0.00282	
Total	17	0.48060	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.9 – Análise de variância de cinzas (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -20 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.09236	0.01847	13.9706 **
Resíduo	12	0.01587	0.00132	
Total	17	0.10823	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.10 – Análise de variância de cinzas (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.03371	0.00674	7.6327 **
Resíduo	12	0.01060	0.00088	
Total	17	0.04431	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.11 – Análise de variância de cinzas (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.05443	0.01089	9.1991 **
Resíduo	12	0.01420	0.00118	
Total	17	0.06863	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.12 – Análise de variância de cinzas (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.10898	0.02180	18.3336 **
Resíduo	12	0.01427	0.00119	
Total	17	0.12325	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.13 – Análise de variância de lactose (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -20 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	5.34324	1.06865	64.4843 **
Resíduo	12	0.19887	0.01657	
Total	17	5.54211	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.14 – Análise de variância de lactose (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -30 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.11898	0.02380	2.8709 ns
Resíduo	12	0.09947	0.00829	
Total	17	0.21845	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.15 – Análise de variância de lactose (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -170 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.49418	0.09884	14.6303 **
Resíduo	12	0.08107	0.00676	
Total	17	0.57524	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.16 – Análise de variância de lactose (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	1.81584	0.36317	12.8809 **
Resíduo	12	0.33833	0.02819	
Total	17	2.15418	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.17 – Análise de variância de densidade (g/cm³) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -20 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.00007	0.00001	82.2000 **
Resíduo	12	0.00000	0.00000	
Total	17	0.00007	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.18 – Análise de variância de densidade (g/cm³) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -30 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.00003	0.00001	36.0000 **
Resíduo	12	0.00000	0.00000	
Total	17	0.00003	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.19 – Análise de variância de densidade (g/cm^3) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de $-170\text{ }^\circ\text{C}$ e armazenadas a $-20\text{ }^\circ\text{C}$ durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.00002	0.00000	11.5429 **
Resíduo	12	0.00000	0.00000	
Total	17	0.00003	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.20 – Análise de variância de densidade (g/cm^3) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de $-196\text{ }^\circ\text{C}$ e armazenadas a $-20\text{ }^\circ\text{C}$ durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.00004	0.00001	53.4000 **
Resíduo	12	0.00000	0.00000	
Total	17	0.00005	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.21 – Análise de variância de acidez (% de ácido láctico) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de $-20\text{ }^\circ\text{C}$ e armazenadas a $-20\text{ }^\circ\text{C}$ durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.00224	0.00045	80.8000 **
Resíduo	12	0.00007	0.00001	
Total	17	0.00231	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.22 – Análise de variância de acidez (% de ácido láctico) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -30 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.00105	0.00021	4.2000 *
Resíduo	12	0.00060	0.00005	
Total	17	0.00165	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.23 – Análise de variância de acidez (% de ácido láctico) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -170 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.00036	0.00007	13.0000 **
Resíduo	12	0.00007	0.00001	
Total	17	0.00043	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.24 – Análise de variância de acidez (% de ácido láctico) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -196 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.00040	0.00008	0.6857 ns
Resíduo	12	0.00140	0.00012	
Total	17	0.00180	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.25 – Análise de variância dos lipídios (%) das amostras de leite de cabra congeladas na temperatura de -20 °C e armazenadas a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.30278	0.06056	27.2500 **
Resíduo	12	0.02667	0.00222	
Total	17	0.32944	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.26 – Análise de variância do lipídio (%) da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -30 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.97111	0.19422	87.4000 **
Resíduo	12	0.02667	0.00222	
Total	17	0.99778	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.27 – Análise de variância do lipídio (%) da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -170 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.09778	0.01956	35.2000 **
Resíduo	12	0.00667	0.00056	
Total	17	0.10444	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.28 – Análise de variância do lipídio (%) da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -196 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.55111	0.11022	99.2000 **
Resíduo	12	0.01333	0.00111	
Total	17	0.56444	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.29 – Análise de variância do sólido não gorduroso (%) da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -20 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	3.71818	0.74364	5354.1760 **
Resíduo	12	0.00167	0.00014	
Total	17	3.71984	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.30 – Análise de variância do sólido não gorduroso (%) da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -30 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	2.03709	0.40742	733.3540 **
Resíduo	12	0.00667	0.00056	
Total	17	2.04376	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.31 – Análise de variância do sólido não gorduroso (%) da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -170 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	3.45383	0.69077	124337.80 **
Resíduo	12	0.00007	0.00001	
Total	17	3.45389	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.32 – Análise de variância do sólido não gorduroso (%) da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -196 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	8.42118	1.68424	3031.6240 **
Resíduo	12	0.00667	0.00056	
Total	17	8.42784	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.33 – Análise de variância do pH da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -20 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.12309	0.02462	4431.4000 **
Resíduo	12	0.00007	0.00001	
Total	17	0.12316	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.34 – Análise de variância do pH da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -30 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.15704	0.03141	5653.6000 **
Resíduo	12	0.00007	0.00001	
Total	17	0.15711	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.35 – Análise de variância do pH da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -170 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.18369	0.03674	6613.0000 **
Resíduo	12	0.00007	0.00001	
Total	17	0.18376	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.36 – Análise de variância do pH da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -196 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.14071	0.02814	5065.6000 **
Resíduo	12	0.00007	0.00001	
Total	17	0.14078	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.37 – Análise de variância do extrato seco total da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -20 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	9.69611	1.93922	183.3298 **
Resíduo	12	0.12693	0.01058	
Total	17	9.82304	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.38 – Análise de variância do extrato seco total da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -30 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.08878	0.01776	3.8141 *
Resíduo	12	0.05587	0.00466	
Total	17	0.14465	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.39 – Análise de variância do extrato seco total da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -170 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.47484	0.09497	14.1627 **
Resíduo	12	0.08047	0.00671	
Total	17	0.55531	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

B.40 – Análise de variância do extrato seco total da amostra de leite de cabra congelada na temperatura de -196 °C e armazenada a -20 °C durante 90 dias

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	5	0.51884	0.10377	6.4231 **
Resíduo	12	0.19387	0.01616	
Total	17	0.71271	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

APÊNDICE C

Tabela C.1 – Análise de variância de sabor para as diferentes técnicas de congelamento em função do tempo de armazenamento.

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	25.83333	8.61111	5.5693 **
Tempo	5	26.23333	5.24667	3.3933.**
Trat. X tempo	15	39.60000	2.64000	1.7074 *
Resíduo	696	1076.13333	1.54617	
Total	719	1167.80000	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela C.2 – Análise de variância de aroma para as diferentes técnicas de congelamento em função do tempo de armazenamento.

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	145.30556	48.43519	8.5074 **
Tempo	5	4.22778	0.84556	0.1485 *
Trat. X tempo	15	56.99444	3.79963	0.6674 ns
Resíduo	696	3962.53333	5.69330	
Total	719	4169.06111		

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela C.3 – Análise de variância de aparência para as diferentes técnicas de congelamento em função do tempo de armazenamento.

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	133.26111	44.42037	7.4522 **
Tempo	5	108.51667	21.70333	3.6411.**
Trat. X tempo	15	137.10556	9.14037	1.5334 ns
Resíduo	696	4148.66667	5.96073	
Total	719	4527.55000	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela C.4 – Análise de variância de cor para as diferentes técnicas de congelamento em função do tempo de armazenamento.

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	90.60000	30.20000	4.9224 **
Tempo	5	94.13333	18.82667	3.0686 **
Trat. X tempo	15	132.13333	8.80889	1.4358 ns
Resíduo	696	4270.13333	6.13525	
Total	719	4587.00000		

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo