

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

BRUNA COUTO NICARETTA

**PROPOSTA DE FORMULAÇÃO DE SORVETE COM BAIXO TEOR DE LACTOSE
UTILIZANDO LEITE CAPRINO COMO MATÉRIA-PRIMA**

Bagé

2021

BRUNA COUTO NICARETTA

**FORMULAÇÃO DE SORVETE COM BAIXO TEOR DE LACTOSE UTILIZANDO
LEITE CAPRINO COMO MATÉRIA-PRIMA**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Professor Dr. Estevão Martins de Oliveira

**Bagé
2021**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

N583f Nicaretta, Bruna Couto

Formulação de sorvete com baixo teor de lactose utilizando
leite caprino como matéria-prima / Bruna Couto Nicaretta.

66 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 2021.

"Orientação: Estevã Martins de Oliveira".

1. Sorvete. 2. Leite de Cabra. 3. Hidrólise da Lactose. 4.
Hipolactasia. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

BRUNA COUTO NICARETTA

**FORMULAÇÃO DE SORVETE COM BAIXO TEOR DE LACTOSE UTILIZANDO
LEITE CAPRINO COMO MATÉRIA-PRIMA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Dissertação defendida e aprovada em: 12, maio de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Estevã Martins de Oliveira

Orientador

UNIPAMPA

Profa. Dra. Fernanda Germano Alves Gautério

UNIPAMPA

Profa. Dra. Miriane Lucas Azevedo

UNIPAMPA

Prof. Dr. Paulo Fernando Marques Duarte Filho

UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **PAULO FERNANDO MARQUES DUARTE FILHO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/05/2021, às 17:53, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ESTEVAN MARTINS DE OLIVEIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/05/2021, às 09:00, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MIRIANE LUCAS AZEVEDO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/05/2021, às 10:24, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **FERNANDA GERMANO ALVES GAUTERIO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/05/2021, às 20:53, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0523099** e o código CRC **030AC057**.

AGRADECIMENTO

A Deus, por todas as Graças a mim concedidas.

A meus pais e irmã, por todo apoio.

A Maurício, por todo amor e pela nossa família.

Ao Prof. Dr. Estevão Martins de Oliveira, pela orientação, dedicação e benevolência.

A todos os professores de integram a grade do curso de Engenharia de Alimentos.

As minhas queridas amigas Raphaela Moreira, Ana Paula Chiaretto, Gabriela Cristina, Nathalia Brasil, minha vida se tornou mais leve por tê-las ao meu lado.

Aos Amigos, Diogo, Rodolfo, Leones, Rogério, Diegho, Mateus S., Ana Mássia, Fernanda B., Tayná, pelos momentos de amizade.

“[...]Se és capaz de, entre a plebe, não te corromperes,
e, entre Reis, não perder a naturalidade.
E de amigos, quer bons, quer maus, te defenderes,
se a todos podes ser de alguma utilidade.

Se és capaz de dar, segundo por segundo,
ao minuto fatal todo valor e brilho.
Tua é a Terra com tudo o que existe no mundo,
e - o que ainda é muito mais - és um Homem, meu filho!”

Rudyard Kipling

RESUMO

A intolerância a lactose é o nome dado aos sintomas que uma pessoa apresenta após consumir lactose. Esta doença é avaliada através da persistência da lactase, a enzima responsável por hidrolisar este açúcar no intestino humano. Pessoas que apresentam baixa persistência de lactase apresentam sintomas de intolerância a lactose mais severos. O leite caprino comercializado no Brasil deve apresentar pelo menos 4,3% de lactose, valor ligeiramente inferior a quantidade presente no leite bovino que é geralmente superior a 4,7%. Uma nova formulação de sorvetes advindos de leite de caprinos, tem como foco o favorecimento do público que possui limitações para consumir produtos lácteos e cooperar com o mercado de caprinos, bem como contribuir com o setor de caprinos no Brasil. O objetivo deste trabalho foi a partir de uma revisão de literatura propor uma formulação de sorvete com baixo teor de lactose utilizando leite de cabra como matéria-prima. Foram encontrados poucos trabalhos na literatura envolvendo a hidrólise da lactose com leite caprino e nenhuma pesquisa envolvendo a produção de sorvete com baixo teor de lactose utilizando leite caprino como matéria prima, o que mostra a relevância deste trabalho quanto à inovação. Portanto, como resultados propôs-se a realização hidrólise da lactose do leite caprino em temperaturas de refrigeração utilizando a enzima β -galactosidase proveniente de *Kluyveromices lactis* em concentração de 0,2% por 24 horas. A fim de reduzir o tempo de processamento, foi proposto que a hidrólise seja realizada já na calda do sorvete na etapa de maturação que ocorre entre 1 e 24 horas a 4°C. A formulação foi proposta visando a formulação de um sorvete de ótima qualidade, refrescante, devido ao baixo teor de gordura, mas mantendo a cremosidade devido a elevada concentração de açúcar. Assim, a formulação proposta apresenta 9% de gordura, 9% de sólidos não gordurosos do leite, 18,5% de açúcar e 37% de sólidos totais. Para o balanceamento dessa formulação foi utilizado o método do ponto de soro e foram considerados os parâmetros de temperatura de serviço e a influência da hidrólise da lactose no poder edulcorante e poder anticongelante da mistura.

Palavras-Chave: Sorvete. Leite de Cabra. Hidrólise da Lactose. Hipolactasia.

ABSTRACT

Lactose intolerance is the name given to the symptoms that a person experiences after consuming lactose. This disease is evaluated through the persistence of lactase, the enzyme responsible for hydrolyzing this sugar in the human intestine. People who have low lactase persistence have more severe symptoms of lactose intolerance. Goat milk marketed in Brazil must have at least 4.3% lactose, a value slightly lower than the amount present in bovine milk, which is generally greater than 4.7%. A new formulation of ice cream from goat's milk, focuses on favoring the public that has limitations to consume dairy products and cooperate with the goat market, as well as contributing to the goat sector in Brazil. The aim of this work was from a literature review to propose a low lactose ice cream formulation using goat's milk as raw material. Few studies have been found in the literature involving lactose hydrolysis with goat milk and no research involving the production of low-lactose ice cream using goat milk as raw material, which shows the relevance of this work in terms of innovation. Therefore, as a result, it was proposed to carry out lactose hydrolysis of goat milk at refrigeration temperatures using the enzyme β -galactosidase from *Kluyveromyces lactis* in a concentration of 0.2% for 24 hours. In order to reduce the processing time, it has been proposed that the hydrolysis be carried out in the ice cream syrup in the maturation stage that occurs between 1 and 24 hours at 4 ° C. The formulation was proposed aiming at the formulation of an ice cream of excellent quality, refreshing, due to the low-fat content but maintaining the creaminess due to the high concentration of sugar. Thus, the proposed formulation has 9% fat, 9% non-fat milk solids, 18.5% sugar and 37% total solids. To balance this formulation, the serum point method was used and the operating temperature parameters and the influence of lactose hydrolysis on the sweetening and anti-freezing power of the mixture were considered.

Keywords: Ice cream. Goat milk. Lactode hydrolysis. Hypolactasia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Microfotografia de varredura eletrônica que apresenta bolhas de ar, cristais de gelo e solução de açúcar.	26
Figura 2- Fluxograma do processo de fabricação do sorvete de massa.....	31
Figura 3 - Fluxograma de etapas de revisão integrativa de literatura	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de estabilizantes utilizados em formulações de sorvetes.....	28
Quadro 2 - Buscadores utilizados para o levantamento de dados da literatura	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações do padrão de identidade e de qualidade do leite de cabra.....	17
Tabela 2 - Eficiência de hidrólise de lactose de <i>Aspergillus oryzae</i> e <i>Kluyveromyces lactis</i> em diferentes condições de processamento	39
Tabela 3 - Eficiência de hidrólise da lactose por enzimas imobilizadas em diferentes condições.....	40
Tabela 4 - Valores médios para teor de gordura e sólidos totais, entre as categorias de sorvete	43
Tabela 5 - Composição aproximada de sorvetes com diferentes teores de gordura	44
Tabela 6 - Propriedades de diferentes açúcares	45
Tabela 7 - Relação entre a temperatura de serviço e poder anticongelante	46
Tabela 8 - Formulação de sorvete de morango à base de leite caprino	47
Tabela 9 - Formulações de sorvete de leite caprino sabor maracujá	48
Tabela 10 - Formulação inicial de sorvete proposta pela autora	50
Tabela 11 - Tabela de Prova	52
Tabela 12 - Formulação de sorvete de leite caprino proposta	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%(m/m) - Relação de massa do composto por massa de leite.

(g/L) - Relação de massa em gramas por volume em litros.

ABIS - Associação Brasileira de Indústrias do Setor de Sorvete.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

LPD – Leite em pó desnatado.

PAC – Poder Anticongelante.

POD – Poder edulcorante.

PPM - Pesquisa Pecuária Municipal.

SLNG - Sólidos Lácteos Não Gordurosos.

SLT - Sólidos Lácteos Totais.

ST – Sólidos Totais.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE QUADROS	11
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	13
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Leite de cabra.....	15
2.1.1 Aspectos físico-químicos e morfológicos do leite de cabra.	16
2.1.2 Intolerância à lactose	18
2.1.3 Hidrólise da lactose	20
2.2 Sorvete.....	24
2.2.1 Origem do sorvete	24
2.2.2 Classificação e composição	24
2.2.3 Tecnologia de fabricação do sorvete de massa.....	30
3 METODOLOGIA.....	34
4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	37
4.1 Hidrólise da lactose	37
4.2 Balanceamento e formulação do sorvete	41
CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

Os caprinos são animais que foram domesticados pelo ser humano há milênios, a grande facilidade de adaptação em diferentes climas contribuiu para a difusão da espécie por praticamente quase todos os continentes (AMILLS; CAPOTE; TOSSER-KLOPP, 2017). O Brasil apresentava em 2018 um rebanho caprino de aproximadamente 10 milhões de cabeças, das quais 93% estão presentes na região Nordeste, seguido pela região Norte, que possui 188 mil animais. Devido à adaptabilidade, esses animais vivem na região semiárida em condições em que outros animais não suportariam, sendo muitas vezes essa a principal fonte de renda de pequenos agricultores (EMBRAPA, 2018).

Dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) sobre a aquisição alimentar domiciliar per capita anual de grupos, subgrupos e produtos em 2008, o consumo de sorvetes no Brasil era de 0,687 kg, e os laticínios em geral estavam em décimo primeiro lugar no *ranking* de produtos mais adquiridos pelos brasileiros (IBGE, 2008).

Via de regra a maior produção de sorvete se utiliza de produtos lácteos como principal matéria prima, são produtos com elevado teor de proteína, gordura e açúcar (Kibon..., 2010). Uma pesquisa realizada com diferentes países, mostrou que a média do teor de lactose no leite de cabra é de aproximadamente 4,1% de lactose, enquanto o leite bovino fornece 4,7% a 6% de lactose. Além disso, os leites caprino e bovino possuem outras características bastante distintas, quanto ao tamanho de micelas de caseína e glóbulos de gordura, sendo estas menores no leite de cabra. O leite de cabra possui quantidades superiores de ácidos graxos de cadeias média e curta, o que proporciona melhor digestibilidade e hipoalergenicidade quando comparados ao leite de vaca (PARK *et al.*, 2007).

A lactose é um carboidrato, também chamado de açúcar do leite, um dissacarídeo que pode ser hidrolisado pela enzima β -galactosidase, em glicose e galactose, tornando este produto apto a ser consumido por pessoas intolerantes, e ainda convertendo um carboidrato de baixo poder adoçante em um carboidrato de maior poder adoçante (GAVA, 1984).

A intolerância à lactose atinge diversos grupos étnicos em todo o mundo, de maneira heterogênea, onde alguns povos como a população do norte europeu e do mediterrâneo apresentam maior tolerância a lactose quando comparados a povos do leste asiático ou americanos (HARRISON, 1975; HOLDEN; MACE, 1977; INGRAM, *et al.*, 2009; ITAN *et al.*, 2010). No Brasil um estudo realizado em 2004 pela Universidade da Região de Joinville, mostrou a incidência de 44,1% de intolerância a lactose em indivíduos que apresentavam distúrbios gastrointestinais, suspeitos da doença, sendo a maior porcentagem no público de 0 a 10 anos, correspondendo a mais de 23% dos pacientes suspeitos (PEREIRA;FURLAN, 2004).

Portanto, uma nova formulação de sorvetes advindos de leite de caprinos, terá como foco o favorecimento do público que possui limitações para consumir produtos lácteos e cooperar com o mercado de caprinos, ajudando assim o pequeno agricultor, bem como os fabricantes de sorvete que poderão aumentar o leque de produtos oferecidos aos seus consumidores. O presente trabalho tem como objetivo a realização de uma revisão integrativa de literatura com a proposta de uma formulação de sorvete com baixo teor de lactose utilizando leite de cabra como matéria-prima.

Objetivos específicos

- Realizar uma pesquisa de revisão de literatura sobre os métodos de redução do teor de lactose em alimentos;
- Realizar uma pesquisa de revisão de literatura sobre tecnologia de produção de sorvete.
- Propor uma formulação de sorvete caprino com baixo teor de lactose.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Leite de cabra

Não se tem notícias de quando precisamente a domesticação da espécie caprina teve início, mas de acordo com Amills *et al.*, (2017) existem evidências de que fósseis que datam 10.000 anos, os bezoares seriam animais selvagens ancestrais de cabras, que foram domesticados na região do crescente fértil. Após a domesticação esses animais teriam se espalhado pelo Mediterrâneo até a Europa em um ritmo não linear e envolvendo mudanças morfológicas, como a forma do chifre e das orelhas, o crescimento de pelo e mudança na coloração da pelagem destes animais, gerando uma gama extensa de cores após a domesticação.

Os caprinos são animais que se adaptam bem a diferentes regiões e climas, talvez por isso sua domesticação tenha sido bastante difundida em praticamente todas as regiões do mundo. O rebanho efetivo mundial em 2018 era de aproximadamente 1,06 bilhão de caprinos, deste efetivo a maior concentração foi observada em países em desenvolvimento, sendo que o Brasil ocupava a 22^o posição no rebanho mundial de caprinos (FAO, 2016).

A Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostrou que em 2018 a caprinocultura apresentou aumento de 4,3% no Brasil, totalizando 10,7 milhões de cabeças, com destaque para a Região Nordeste com 93,9% do rebanho nacional. Juntos os estados da Bahia e Pernambuco detêm mais da metade do rebanho caprino nacional, o IBGE justifica esse domínio do rebanho pela maior adaptabilidade dos caprinos em clima onde outras culturas são desfavorecidas. O município de Santana do Livramento no Rio Grande do Sul se encontra entre os 20 municípios com maior número de cabeças de caprinos no Brasil (IBGE, 2019).

O rebanho de caprinos no Brasil é composto por animais de raças comuns como Moxotó, Canindé, Repartida e ainda animais sem raça definida, que compõem a maior parte do efetivo. Além dessas raças são encontradas algumas exóticas, como Anglo Nubiana, Saanen e outras (SANTOS; SALLES, VALGUEIRO, 2001). A caprinocultura apresenta três produtos principais que podem ser oferecidos ao ser humano, o couro, a carne e o leite, sendo divididas em caprinocultura de corte e leiteira. Estes produtos apresentam, para algumas regiões grande importância socioeconômica, principalmente em regiões onde outras culturas animais não se habitam tão bem, como a região nordeste (SUASSUNA, 2003).

De acordo com Suassuna (2003) uma vaca criada no semiárido nordestino é capaz de produzir 3,5 litros de leite diários, e no mesmo espaço em que se cria uma vaca, é possível

realizar a criação de oito cabras, geneticamente melhoradas, produzindo 1,7 litros de leite cada, totalizando em média 13,6 litros diários de leite.

No Brasil o rebanho caprino ordenhado apresentou uma redução de 150 mil cabeças em 2006 para 100 mil cabeças em 2017, em contrapartida houve uma melhoria tecnológica nos estabelecimentos produtores de leite, assim a média de produção leiteira passou de 231,2 litros de leite por animal por ano em 2006 para 237,9 litros em 2017 (EMBRAPA, 2018).

Neste sentido, buscando uma maior clareza quanto à utilização efetiva a nível tecnológico e benefícios nutricionais do leite caprino, cabe analisar mais profundamente os seus aspectos físico-químicos e morfológicos.

2.1.1 Aspectos físico-químicos e morfológicos do leite de cabra.

O leite de cabra é o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de animais da espécie caprina sadios, bem alimentados e descansados. De acordo com a legislação brasileira, o leite de cabra deve ter aspecto líquido ou, quando for o caso, congelado, apresentando sabor e odor característicos e coloração branca, devido a ausência de betacaroteno, precursor da vitamina A, responsável pela coloração amarelada no leite de vaca (BRASIL, 2000; RIBEIRO e RIBEIRO, 2001).

A composição do leite de cabra pode variar de acordo com a raça, manejo, estágio de lactação, alimentação, e outros fatores, mas em geral o leite caprino ordenhado em diversos países possui em média 8,68% de sólidos não gordurosos, 4,1% de lactose, 3,8 % de gordura, 3,4 % de proteínas, 0,8 % de cinzas (PARK, 2007).

A Instrução Normativa nº 37 de 2000 define o padrão de identidade e de qualidade do leite de cabra. A Tabela 1 apresenta as especificações necessárias para a comercialização do leite de cabra em território nacional, quanto aos padrões de qualidade e características físico-químicas. O leite de cabra pode ser classificado em integral, com o teor original de matéria gorda expresso em % m/m, semi-desnatado com até 2,9% de gordura e desnatado com no máximo 0,5% de gordura. Para qualquer classificação, o leite caprino deve possuir no mínimo 2,8% de proteínas totais, 4,3% de lactose, 8,20% de sólidos não gordurosos e 0,7 % de cinzas (BRASIL, 2000).

Se comparados os leites de cabra e bovino, observa-se que a principal diferença quanto aos componentes presentes é o teor e a estrutura de lipídeos, que exercem influência significativa na textura, sabor e consistência de produtos derivados do leite (PARK *et al.*, 2007). Os lipídeos encontram-se presentes no leite em forma de emulsão, no leite de cabra os glóbulos de gordura em emulsão apresentam diâmetro consideravelmente menor, inferior a 3,5 µm, e

mais de 60% dos glóbulos de gordura apresentam diâmetro inferior a 3,0 μm , do que os presentes no leite bovino que é em média 4 μm . Esses tamanhos diminutos dos glóbulos de gordura auxiliam na manutenção da estabilidade da emulsão, pois oferecem melhor dispersão e, conseqüentemente, uma mistura mais homogênea (CHACÓN VILLALOBOS, 2005).

Tabela 1 - Especificações do padrão de identidade e de qualidade do leite de cabra

Especificações	Leite Integral	Leite Semi-Desnatado	Leite Desnatado
Gordura % (m/m)	Teor Original	0,6-2,9	máximo 0,5
Acidez, % ácido láctico		0,13 a 0,18 *	
SNG % (m/m)		Mínimo 8,20 *	
Densidade, g/L (a 15°C)		1,0280 a 1,0340 *	
Índice crioscópico, °H		-0,550 a -0,585 *	
Proteína, % m/m		Mínimo 2,8 *	
Lactose, % m/v		Mínimo 4,3 *	
Cinzas, % m/v		Mínimo 0,70 *	

Fonte: Brasil (2000). * -Os mesmos valores para as classificações integral, semi-desnatado e desnatado

O leite de cabra destaca-se também, quanto ao seu maior conteúdo de ácidos graxos de cadeia média e curta, quando comparado ao leite bovino, bem como na quantidade de ácidos graxos poli e monoinsaturados, o que torna o leite caprino um produto de digestão mais facilitada. Cinco aminoácidos são responsáveis por 75% do total de ácidos graxos no leite de cabra, onde 35% de ácidos graxos são de cadeia média, contra 17% no leite bovino, dos quais 15% no leite de cabra são constituídos dos ácidos caprónico (C6:0), caprílico (C8:0) e cáprico (C10:0), contra apenas 5% no leite bovino. Estes ácidos graxos são responsáveis pelo sabor e odor do leite, e podem ser utilizados para detectar a mistura de leite de animais de espécies diferentes (CHACÓN VILLALOBOS, 2005; PARKER, 2007).

Ainda se observa que o leite de cabra não contém aglutinina, uma proteína responsável por unir os glóbulos de gordura formando uma estrutura maior. Com a ausência dessa proteína,

o leite de cabra é mais estável, pois possui coagulação reduzida, ao ponto de ter sido denominado de “leite naturalmente homogeneizado”, e é mais fácil de ser digerido devido aos glóbulos de gordura estarem mais dispersos e mais disponível para serem atacados pelas enzimas lipases (RODDEN, 2004).

No leite caprino a lactose é o carboidrato encontrado em maior quantidade, assim como no leite bovino, porém o teor de lactose presente no leite caprino costuma ser menor do que o encontrado no leite de vaca. Mas a relevância dessa diferença é difícil de quantificar exatamente, pois não existe um consenso exato sobre os métodos de análises, e alguns métodos podem induzir uma variação de cinco pontos percentuais na quantidade efetiva de lactose presente no leite; além da lactose são encontradas pequenas quantidades de inositol (RODDEN, 2004).

A lactose apresenta um aspecto tecnológico bastante importante em produtos lácteos, é muito significativa nos processos de fermentação, no qual é convertida em ácido lático através dos processos de homofermentação (SOARES, 2014).

A proteína do leite de cabra se destaca por apresentar elevado valor nutricional, possui relação de aminoácidos essenciais e totais de 46%, e relação de aminoácidos essenciais e não essenciais de 87%. A fração de caseína presente no leite caprino é composta de 19% α -s-1-caseína, 21% α -s-2-caseína e 60% de α -caseína. Em geral os pacientes alérgicos ou que apresentam alguma sensibilidade ao leite de vaca, toleram bem o leite de cabra. O coalho que se forma quando o leite entra em contato com o ácido estomacal é menos firme que o coalho produzido ao ingerir leite bovino tornando, assim, a digestão bastante facilitada (CHÁCON VILLALOBOS, 2007).

No entanto, apesar da digestão do leite caprino ser mais facilitada, muitas pessoas não conseguem digerir adequadamente a lactose presente nos diversos produtos lácteos, como será apresentado no item 2.1.2 deste trabalho.

2.1.2 Intolerância à lactose

Mamíferos se caracterizam principalmente pelo consumo de leite em seus primeiros estágios de vida, o que os levou a desenvolverem a capacidade de decompor a lactose, o principal carboidrato do leite. Essa decomposição é mediada por uma enzima, a β -galactosidase, conhecida como lactase, presente no intestino delgado destes animais, que hidrolisa a lactose em galactose e glicose. Em diversos animais a atividade da lactase diminui após o desmame, realidade que não é manifestada em boa parte dos seres humanos. A persistência da lactase (PL) é o termo utilizado para designar que o indivíduo mantém a expressão da enzima lactase mesmo

por anos após o desmame, e essa expressão é irregular entre diversas populações, podendo variar de 5% a 100% (SAHI, 1978).

A não persistência da lactase recebe outras denominações na literatura como, deficiência primária de lactase adquirida e hipolactasia adulta ou má absorção de lactose. O termo intolerância a lactose é utilizado para designar sintomas que um indivíduo apresenta após o consumo de lactose, independentemente de manifestar ou não a persistência de lactase. Isto significa que a intolerância a lactose abrange, também, os grupos de indivíduos que apresentam subexpressão de lactase desde o nascimento, ou subexpressão secundária resultante de doenças inflamatórias, uso de drogas ou cirurgias (SÉGUREL; BON, 2017).

Existem diferentes técnicas utilizadas para testar se o indivíduo possui intolerância à lactose. A mais eficiente, porém, mais invasiva é a realização de uma biópsia de uma parte do intestino delgado. Há outras abordagens mais convenientes como a análise de glicose no sangue pré e pós consumo de lactose, ou de galactose na urina, onde o indivíduo consome em jejum aproximadamente 50 gramas de lactose, o equivalente a beber 1 litro de leite. Como a lactose é hidrolisada pela lactase em glicose e galactose a elevação significativa destes açúcares nos exames indica que a lactose foi eficientemente hidrolisada (SAVIANO; LEVITT, 1987; SÉGUREL; BON, 2017).

A intolerância a lactose pode ser avaliada também pelo teor de hidrogênio emitido pela respiração. Isso porque indivíduos que possuem baixa ou nenhuma atividade enzimática de lactase não são capazes de digerir adequadamente a lactose provocando acúmulo deste açúcar no intestino. A lactose fica então disponível como substrato para bactérias da microbiota intestinal, que fermentam a lactose e geram como subprodutos, em especial, dióxido de carbono, metano e ácido láctico, o hidrogênio produzido é transportado pela corrente sanguínea até os pulmões e então liberado. A investigação dos sintomas intestinais também é possível, pois essa fermentação gera flatulência e irritação, causada principalmente pelo ácido láctico, onde o meio intestinal se torna desequilibrado osmoticamente e provoca aumento de água, causando maior hidratação do bolo fecal e, conseqüentemente, diarreia nos indivíduos intolerantes (SAVIANO; LEVITT, 1987).

Diversos grupos étnicos ao redor do mundo foram avaliados quanto à capacidade de absorver a lactose, estes estudos analisaram a atividade da lactase na mucosa do intestino delgado dos pacientes. Os resultados publicados por diferentes autores relatam resultados parecidos, os quais mostram que a persistência da lactase não se dá de maneira uniforme entre os povos. Elevadas taxas de persistência da lactase prevalecem entre populações do norte da Europa, do Mediterrâneo (>60%), já nas regiões do leste e sudeste asiáticos, da África

Subsaariana e em parte das Américas, a prevalência da lactase em indivíduos adultos é muito baixa (<25%). Apenas uma minoria da população apresenta baixa intolerância a lactose (0 a 70% de absorção), ou seja, são pessoas que após ingerir a lactose não irão apresentar distúrbios gastrointestinais, ou os apresentarão de forma moderada (HARRISON, 1975; HOLDEN; MACE, 1977; INGRAM *et al.*, 2009; ITAN *et al.*, 2010).

Uma matéria publicada pela *Euromonitor International* sugere que devido ao aumento de doenças digestivas, alergias e intolerâncias, os consumidores passaram a buscar mais informações e consumir alimentos que auxiliam o bom funcionamento do intestino. De acordo com a pesquisa, há também uma maior percepção de que alimentos sem glúten e sem lactose são mais saudáveis e mais facilmente digeríveis, o que amplia o leque de público alvo para além dos que possuem especificamente alguma restrição alimentar (MASCARAQUE, 2019).

A Associação Paulista de Supermercados divulgou em 2016 uma pesquisa, feita em parceria com as empresas Nielsen e Kantar Worldpanel, mostrou que a segunda maior preocupação dos consumidores brasileiros é em relação à saúde. A pesquisa apontou uma queda de 6% nas vendas de leite comum e um crescimento de 78% nas vendas de leite zero lactose (APAS..., 2016).

O segmento de produtos sem lactose representa o ramo de maior crescimento na indústria de laticínios, a estimativa é que até 2022 haja um faturamento de € 9 bilhões, com crescimento de mais de 7% contra 2,3% de laticínios em geral. Atualmente o leite é o maior produto vendido na categoria de produtos sem lactose, seguido por iogurte e queijos. Os Estados Unidos da América são o maior mercado de produtos livres de lactose, com aproximadamente 29% das vendas em 2015, o que representou faturamento de US \$6,7 bilhões (BAROKE, 2016).

A Resolução da ANVISA nº135 de 08 de fevereiro de 2017 determina que alimentos que possuem a denominação de “baixo teor de lactose” devem apresentar níveis iguais ou inferiores a 1g de lactose para cada 100g ou 100mL do produto final. Para serem classificados como alimentos isentos de lactose devem possuir no máximo 100mg por 100g ou 100mL do alimento (BRASIL, 2017).

2.1.3 Hidrólise da lactose

As técnicas de hidrólise de lactose na indústria de alimentos têm se mostrado vantajosas, especialmente pelos produtos desta hidrólise apresentarem características de maior dulçor, solubilidade e serem mais facilmente digeríveis. As principais aplicações tecnológicas são destinadas à produção de derivados lácteos, como iogurte, sorvete, queijos, processamento de leite como um alimento pré-digerido para aqueles indivíduos que são intolerantes à lactose, e

ainda a fabricação de xaropes na formulação de adoçantes, principalmente provenientes do soro, que seria descartado, reduzindo assim os impactos ambientais (LONGO, 2006).

A redução do teor de lactose em produtos lácteos pode se dar de diferentes maneiras, que incluem desde processos fermentativos onde aproximadamente 30% da lactose é convertida em ácido láctico, como produção de iogurtes, até métodos de hidrólise catalisada por processos químicos, enzimáticos ou por utilização de tecnologia de membranas (HARJU; KALLIOINEN; TOSSAVAINEN, 2012). O método fermentativo sozinho não é suficiente para produzir um alimento a níveis seguros de consumo para pessoas intolerantes, neste sentido, Rodriguez, Cravero e Alonso (2008) buscaram elaborar um iogurte deslactosado de leite de cabra, para isto os autores realizaram simultaneamente a hidrólise e fermentação, utilizando β -Galactosidase em diferentes concentrações proveniente de *Aspergillus oryzae*. Os ensaios ocorreram a 38°C por 5 horas. Houve também, para controle, um ensaio sem adição de enzima. Os melhores resultados apresentaram hidrólise de 82,6% para a amostra que foi processada com enzima na concentração de 2506 U/L, quando comparada a redução de 48,5% de lactose apenas com a fermentação.

A hidrólise química da lactose é realizada através da utilização de ácidos minerais ou orgânicos, em condições de pH muito ácido e elevadas temperaturas, em geral acima de 100°C. De acordo com Harju, Kallioinen, Tossavainen (2012) este método é adequado apenas para insumos não proteicos, como soro de leite, soluções de lactose ou permeados de ultrafiltração, pois as condições muito severas de processamento promovem desnaturação proteica. Além disso, é necessário realizar a neutralização do pH, e correções como desmineralização e descoloração, o que torna o método caro e de difícil aplicação comercial (HARJU; KALLIOINEN; TOSSAVAINEN, 2012; MORIWAKI; MATIOLI, 2000).

A hidrólise enzimática é catalisada pela enzima β -D-galactosidase (E.C.3.2.1.23), também conhecida como enzima lactase. O tratamento enzimático pode utilizar a enzima de forma solúvel ou imobilizada. Entretanto, fatores como pH e temperatura devem ser levados em consideração, pois condições muito severas podem inativar a enzima, ou a velocidade de reação pode se tornar drasticamente reduzida. É importante atentar também para a concentração inicial de lactose e grau de hidrólise desejado, para conseguir determinar as condições de processamento, isso porque concentrações muito baixas de enzimas podem aumentar significativamente o tempo de reação e, conseqüentemente, a contaminação microbiana do leite (MAHONEY, 1997).

Segundo Harju, Kallioinen e Tossavainen (2012) a hidrólise de lactose por enzimas solúveis possui como particularidade o fato da metodologia se utilizar de enzimas lactases em

apenas uma aplicação, de forma que não é possível fazer a recuperação destas enzimas. É uma técnica relativamente simples, na qual não se faz necessário o emprego de equipamentos específicos, e pode ser aplicada a qualquer quantidade de substrato. Em contrapartida, a utilização de enzimas imobilizadas apresenta potencial para produção em larga escala, pois a vida útil de um reator dessa natureza pode ultrapassar mais de mil horas, mantendo uma eficiência significativa.

Na prática o uso comercial da enzima solúvel e imobilizada vai depender da quantidade de matéria-prima a ser processada e do grau de investimento que a empresa deseja aplicar. Zadow (1984) *apud*. Harju, Kallioinen e Tossavainen (2012) destacou a aplicabilidade da enzima solúvel para uso interno, como produção de sorvete ou iogurte, quando a quantidade é pouca ou irregular. Já para grandes produções, como leite sem lactose em grande escala, ou produção de xarope hidrolisado do soro do leite é recomendável o investimento em um sistema imobilizado.

Existe ainda uma terceira abordagem no uso de enzimas para hidrólise da lactose, que se trata da recuperação por utilização de membranas. A tecnologia de membranas pode ser usada tanto na separação da lactose de uma determinada mistura, quanto para recuperar a enzima após já ter ocorrido a hidrólise. Trata-se de um processo no qual se utiliza uma barreira (membrana) de permeabilidade seletiva, capaz de separar uma ou mais espécies químicas presentes em uma solução, sem que haja modificações químicas na estrutura da espécie. Os métodos mais utilizados são eletrodeionização, osmose reversa, microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração; sendo que a seleção do método adequado leva em consideração as propriedades da membrana e da substância que se deseja separar, como tamanho da molécula, forma e difusividade (LAPOLLI, 1998 *apud* MAESTRI, 2007).

A principal propriedade de uma membrana é a permeabilidade, ou seja, quanto do fluxo de filtrado que passa pela membrana é retido. A seletividade da membrana por uma espécie química pode se dar devido a um fluxo em meio poroso, ou por difusividade. No primeiro modelo o permeante é forçado a passar por um “filtro” de poros muito pequenos, de modo que a separação ocorre quando uma molécula de tamanho superior ao poro fica retida na membrana, enquanto o permeante consegue fluir através dos poros. No segundo modelo, a seletividade ocorre devido à solubilidade de uma determinada espécie química com a membrana, por isso há um gradiente de solubilidade, onde a espécie irá se dissolver na membrana até o ponto de saturação, a fase permeante que não possui atração com a membrana não será retida (BAKER, 2004).

Entre as principais vantagens de utilizar tecnologia de membranas estão o fato de não precisar utilizar elevadas temperaturas, pois a maior parte das membranas podem operar em temperatura ambiente. Além disso, as membranas possuem elevada seletividade e não necessitam de grande área construída para operar. Entre as desvantagens estão o alto custo e a remoção periódica das membranas, devido à saturação do material retido, o que não tornou a técnica atraente do ponto de vista comercial (CHANG *et. al*, 2002). Além disso, Harju, Kallioinen, Tossavainen (2012) justificam a não aplicação dessa tecnologia a nível industrial devido ao preço decrescente das enzimas lactases comerciais, e que a aplicação de enzimas solúveis é economicamente mais viável do que o investimento em reatores complexos.

As enzimas β -galactosidases podem ser provenientes de diversas fontes, vale ressaltar que toda lactase é uma β -galactosidase, mas nem toda β -galactosidase é uma lactase, ou seja, nem toda β -galactosidase tem a capacidade de hidrolisar a lactose. O interesse comercial na hidrólise da lactose surgiu a partir dos anos 1960, com objetivo de expandir o mercado consumidor de leite, atingindo o público que possui intolerância e para agregar valor ao soro do leite. Desde então, diversos microrganismos foram identificados como potenciais produtores de lactases, as quais têm sido estudadas de forma profunda com objetivo de obter enzimas com melhor desempenho operacional (MAHONEY, 1997).

Apesar de muitos microrganismos serem produtores de β -galactosidase, é escasso o número daqueles que podem ser aplicados para fins alimentícios, pois a grande maioria deles não têm comprovação de segurança. É o caso de muitas bactérias produtoras de β -galactosidase, entretanto algumas bactérias como *Streptococcus thermophilus* têm aplicação considerada adequada quando se trata de segurança alimentar, tanto que é utilizado na fabricação de alimentos fermentados como iogurte (MAHONEY, 1997).

De maneira geral, as enzimas de origem fúngica atuam melhor em substratos de pH mais baixo, e são fortemente inibidas pela galactose, enquanto as enzimas de levedura têm sua atividade ótima em meio neutro e são ativadas pelos íons cálcio e magnésio presentes no leite, são mais baratas por serem obtidas mais facilmente por processos fermentativos, porém a taxa de conversão não é tão elevada, o que pode ocasionar contaminação do leite dependendo do tempo de reação (MAHONEY, 1997).

A legislação brasileira determina através da Resolução RDC N° 53/2014 que a enzima lactase empregada na indústria de alimentos deve ser de origem microbiana, oriunda dos microrganismos *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus oryzae* expresso em *Aspergillus niger*, *Candida pseudotropicalis*, *Kluyveromyces fragilis*, *Kluyveromyces lactis*, *Kluyveromyces marxianus*, *Saccharomyces sp.* (BRASIL, 2014).

A hidrólise da lactose pode ser realizada em um produto antes ou após o tratamento térmico, no entanto aqueles produtos que são direcionados ao tratamento térmico após a hidrólise tendem a sofrer reações de Maillard de forma mais acentuada, devido a presença dos açúcares redutores, glicose e galactose (MAHONEY, 1997). Neste sentido, Harju, Kallioinen e Tossavainen (2012), propõem a combinação de diferentes métodos para reduzir custos de processo e permitir a utilização de condições tênues.

2.2 Sorvete

2.2.1 Origem do sorvete

A invenção do sorvete não foi creditada a uma pessoa específica, a história por trás da origem do sorvete é rodeada de mitos e poucas evidências científicas. Acredita-se que o sorvete teve origem na China, uma mistura de suco de frutas com neve, sendo a receita então passada aos árabes que criaram o *sorbet* (RENHE; WEISBERG; PEREIRA, 2015).

Outras versões sobre a origem do sorvete contam que esse alimento foi inventado pelo povo Mongol, que realizava longas viagens e como alimento carregavam leite em intestinos de animais durante o inverno no deserto de Gobi. Nessas viagens o leite era vigorosamente batido devido ao galope dos animais, a temperaturas negativas, logo essa mistura era congelada. O povo Mongol teria levado à receita até a China, donde Marco Polo em suas viagens levou a receita para a Itália (CLARKE, 2005).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes (ABIS) a primeira produção de sorvete a nível industrial aconteceu nos Estados Unidos há mais de 40 anos, e são eles hoje os detentores da maior produção mundial de sorvete. No Brasil o sorvete ganhou fama em 1834, porém como não havia como conservar o sorvete num país de clima tropical como o Brasil, comerciantes compravam toneladas de gelo, e o sorvete era servido logo após a sua fabricação, com data e hora marcada (ABIS, 2013).

2.2.2 Classificação e composição

O sorvete é elaborado a partir de uma calda base, cuja formulação é definida através da porcentagem de cada composto, uma mistura constituída de água, ar, leite, gordura, saborizantes, emulsificantes e outros compostos que podem ou não ser adicionados à mistura. Para a elaboração de uma boa formulação de sorvete, devem ser levados em consideração fatores como a preferência do público ao qual o produto será comercializado, custos envolvidos no processo de fabricação, disponibilidade de insumos e concorrência (MARSHALL; GOFF; HARTEL, 2003).

A legislação brasileira classifica o sorvete na categoria de gelados comestíveis, que são alimentos servidos congelados obtidos através de uma emulsão de gorduras e proteínas, podendo ser adicionados de outros ingredientes, desde que não descaracterize o produto (ANVISA, 2005).

Existe, ainda, uma classificação que foi extinta pela legislação brasileira em 2005, mas que ainda é utilizada pelo mercado de gelados comestíveis no Brasil, essa classificação tem como base tanto o método de fabricação do produto, ou quanto sua composição básica, portanto os gelados comestíveis no Brasil também são conhecidos por (BRASIL, 2005):

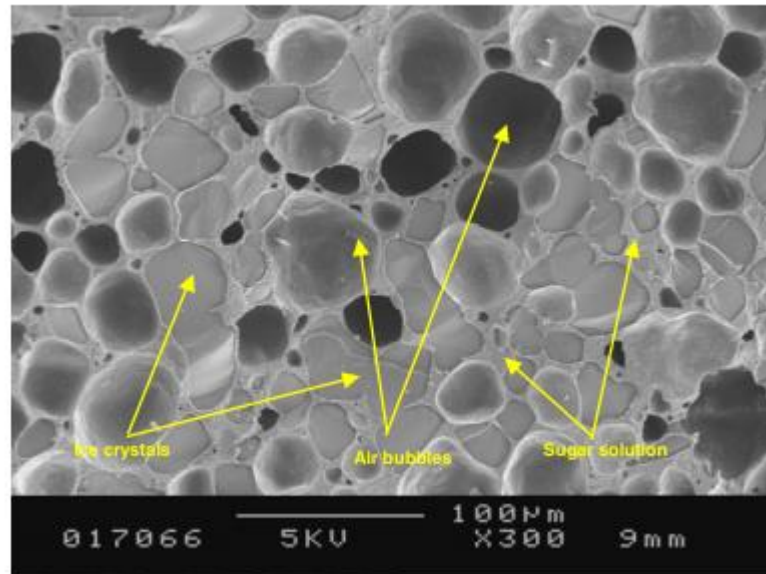
- A. Sorvete de massa: Um alimento de massa aerada, resultado do batimento de ingredientes alimentares misturados homogeneamente ou não.
- B. Picolé: Produto congelado obtido por batimento ou não, de mistura homogênea ou não, comercializados em porções individuais.
- C. *Sherbet*: Produto que tem como base leite e/ou derivados de leite, podendo ser adicionado ou não de outros ingredientes. Possui pequena quantidade de gorduras e proteínas que podem ser advindas ou não, total ou parcialmente do leite ou outros ingredientes.
- D. Gelados: Produtos congelados elaborados com açúcar, basicamente, podendo ou não ser adicionados de outros ingredientes.
- E. *Sorbet*: Produtos congelados, sem adição de leite, elaborado basicamente com açúcar e polpa de frutas ou suco de frutas.

Uma gama de diferentes ingredientes é utilizada na fabricação do sorvete, estes podem ser de origem láctea ou não láctea. Os ingredientes de origem láctea são de fundamental importância na formulação de sorvetes, pois fornecem compostos que contribuem significativamente na textura e sabor do produto final, como as gorduras e sólidos não gordurosos. Os produtos não lácteos incluem adoçantes, estabilizantes, açúcares, produtos derivados de ovos, saborizantes naturais ou artificiais e água (ARBUCKLE, 1986).

Os diversos componentes do sorvete encontram-se em diferentes estados, neste produto estão dispostos em suspensão coloidal de proteínas, açúcares e estabilizantes, já os sais minerais e lactose se encontram em solução verdadeira, e a gordura está presente em forma de emulsão. A água no sorvete está presente tanto na forma de pequenos cristais de gelo, como na forma líquida, atuando como solvente para compostos como o açúcar. A Figura 1 apresenta uma microfotografia de varredura eletrônica de uma amostra de sorvete em escala de 100 micrômetros. Nesta figura é possível identificar cristais de gelo, bolhas de ar e solução de

açúcar, as gotículas de gordura não podem ser observadas nesta escala de ampliação (SOUZA *et al.*, 2010; CLARKE, 2003).

Figura 1- Microfotografia de varredura eletrônica que apresenta bolhas de ar, cristais de gelo e solução de açúcar.



Fonte: Clarke (2003)

Alguns países utilizam o percentual de gordura láctea para a classificação do sorvete, nos Estados Unidos da América, por exemplo, o mínimo teor de gordura presente no sorvete é de 10%. No Brasil a legislação não estipula um intervalo de gordura a ser utilizado, de modo que cada fabricante pode utilizar a quantidade de gordura que achar adequado na formulação de seu produto (RENHE *et al.*, 2015). Porém, a quantidade de gordura adequada a ser utilizada no sorvete é importante para não desestabilizar a mistura, pois o excesso de gordura eleva o teor energético do alimento e aumenta o custo, enquanto a formulação com diminutas quantidades de gordura pode ocasionar um produto duro e de textura não agradável (ARBUCKLE, 1986).

O teor de gordura láctea presente nos sorvetes encontrados no mercado é em torno de 10 a 12%, e pode ser oriunda tanto do creme de leite fresco ou tratado termicamente, do leite líquido, leite condensado e manteiga. O sorvete fabricado com gordura láctea apresenta qualidades superiores àqueles fabricados com gordura de origem vegetal devido à presença em pequenas quantidades de fosfolípidos como a lecitina (ARBUCKLE, 1986).

Outros compostos de origem láctea presentes no sorvete são os sólidos não gordurosos, dentre os quais se encontram as proteínas, lactose e sais minerais. Estes últimos contribuem

para o sabor levemente salgado no produto. A lactose, embora não influencie tanto no sabor adocicado, torna o alimento mais palatável, porém quando presente em excesso ocorre a formação de cristais, devido à baixa solubilidade deste açúcar, resultando num defeito conhecido como arenosidade. As proteínas conferem corpo ao sorvete, o que o torna mais compacto e suave (MARSHALL; GOFF; HARTEL, 2003). O excesso de sólidos não gordurosos pode resultar num produto final de sabor salgado e/ou cozido, aumenta a viscosidade e confere maior resistência ao calor e, conseqüentemente, ao derretimento, porém diminui o ponto de congelamento (ARBUCKLE, 1986).

O leite contém dois tipos principais de proteínas, a caseína, aproximadamente 80%, e as proteínas do soro do leite (20%), contudo, a maior parte das formulações de sorvete inclui também outras fontes, geralmente proteínas melhoradas ou modificadas do soro do leite, com fins funcionais ou econômicos. No sorvete essas proteínas têm como funcionalidade a estabilização de espumas e emulsões, pois possuem alta atividade superficial, e contribuem para o sabor característico dos produtos derivados de leite (CLARKE, 2005; MARSHALL; GOFF; HARTEL, 2003).

Das proteínas do soro do leite, as quatro principais são a lactoglobulina, albumina, lactalbumina e imunoglobulinas, proteínas globulares superficialmente ativas, porém mais sensíveis ao calor do que as caseínas e podem ser desnaturadas, perdendo sua atividade superficial. As enzimas, também são encontradas no leite e agem como catalisadores em reações químicas (CLARKE, 2005).

Assim como o leite pode ter composição variável de acordo com o estágio de lactação do animal, clima, alimentação e outros fatores, o sorvete também pode ter sua composição de micronutrientes variável conforme o leite utilizado. O sorvete é fonte de vitaminas, as lipossolúveis como as vitaminas A, D, E e K, que são ausentes em leites desnatados, e as hidrossolúveis, cujo teor é proporcional a concentração de sólidos não gordurosos. A maior concentração de vitaminas hidrossolúveis é esperada em leites desnatados e, também, riboflavina, tiamina, piridoxina e ácido pantotênico. Além do leite, outros ingredientes podem atuar como fonte de vitaminas, como frutas, nozes ou outras sementes (MARSHALL; GOFF; HARTEL, 2003).

Quando empregados em uma formulação, os estabilizantes têm como finalidade impedir a formação de grandes cristais de gelo. Possuem elevada capacidade de reter água, por isso proporcionam suavidade e uniformidade ao produto, melhoram as propriedades do manuseio. Os estabilizantes podem ser de origem animal, oriundos de pele e ossos de animais e fornecem aminoácidos de interesse, são os estabilizantes de gelatina, e os de origem vegetal como alginato

de sódio, carragenina e diversas gomas, como guar, alfarroba e pectina (MARSHALL; GOFF; HARTEL, 2003).

Os estabilizantes são utilizados no sorvete com fins funcionais, são empregados em quantidades tão pequenas, de 0 a 0,5%, que não interferem diretamente no sabor e aroma do produto, nem no ponto de congelamento. Além de elevar a viscosidade, devido sua capacidade de retenção de água, seu emprego é de fundamental importância no processo pós-expedição, pois auxilia proporciona a manutenção da textura, evitando o encolhimento do produto nos pontos de venda de varejo, onde pode haver elevada flutuação na temperatura (ARBUCKLE, 1986). No Quadro 1 estão representados os tipos de estabilizantes usualmente utilizados na fabricação de sorvetes.

Quadro 1 - Tipos de estabilizantes utilizados em formulações de sorvetes

Origem	Estabilizante
Proteína	Gelatina
Derivados de algas	carragenina (musgo irlandês, <i>Chondrus crispus</i>)
	alginatos (<i>Laminaria ssp.</i>)
	agar-agar (<i>Gelidium amansii</i>)
Derivados de celulose	carboximetil celulose
	celulose microcristalina
Gomas	guar (<i>Cyamopsis spp.</i>)
	Alfarroba
	xantana (<i>Xanthomonas campestris</i>)

Fonte: Varnam; Sutherland (1994).

No processo de homogeneização da calda base do sorvete ocorre a desestabilização e o rompimento dos glóbulos de gordura em diversos glóbulos menores, devido a grande tensão de cisalhamento ao qual a mistura é submetida. Esse processo gera uma tensão superficial bastante elevada, assim os compostos mais tensoativos predominam na superfície dos glóbulos de gordura por adsorção. No sentido de minimizar essa ação, são utilizados emulsificantes, que têm como função a formação de uma emulsão, com gotículas de gordura em suspensão, e de espuma, com moléculas de ar suspensas, para que óleo e água antes imiscíveis na mistura não

mais se separem e, conseqüentemente, gere um produto mais estável (BASTIDA-RODRÍGUEZ, 2013).

Os emulsificantes utilizados na fabricação do sorvete em geral são mono e diglicerídeos ou ésteres, compostos de uma parte hidrofílica, que interage com a fase aquosa, e uma parte lipofílica, que interage com a fase gorda, atuando na interface desses dois compostos imiscíveis, diminuindo a tensão superficial. Além disso, as próprias proteínas do leite apresentam função emulsionante. Esses compostos produzem o deslocamento de proteínas para a interface óleo-água e são de fundamental importância na formação de compostos lipídicos que assegurem a incorporação de ar adequada no batimento, para o desenvolvimento de um produto com textura macia e aveludada, com boas características de derretimento (MARSHALL; GOFF; HARTEL, 2003).

No preparo de um sorvete podem ser utilizadas substâncias aromatizantes naturais ou produzidas artificialmente e os licorosos. Na categoria de aromas naturais estão incluídos principalmente os aromas de frutas não-cítricas, frutas cítricas, frutas tropicais, especiarias, nozes, cacau, café, aromas naturais de baunilha. Já os aromas artificiais englobam aqueles que são manipulados quimicamente com objetivo de imitar algum sabor natural ou que o próprio composto químico apresente aroma desejável. Os aromas licorosos abrangem aqueles produzidos através de aromas de licor de frutas, bebidas destiladas e aguardentes. Além do tipo de aroma empregado no sorvete, outra característica que merece atenção especial é o sabor e sua intensidade, que pode ser mais suave ou mais intenso. Os primeiros podem ser facilmente dispersos na mistura e não tornam desagradáveis, enquanto os mais intensos requerem um maior cuidado no momento da dosagem (ARBUCKLE, 1986).

A cor empregada no sorvete auxilia na associação do produto ao seu sabor. Corantes são adicionados intencionalmente, pois muitas vezes a quantidade dos outros ingredientes adicionados, como frutas naturais, não é o suficiente para proporcionar coloração adequada aos produtos. A grande maioria dos agentes corantes é de origem sintética, excetuando-se aqueles produzidos biologicamente e o urucum vegetal, porém há uma grande tendência na busca de produtos naturais ou idênticos aos naturais (VARNAM; SUTHERLAND, 1994).

Os açúcares têm a funcionalidade de tornar o sorvete um produto mais adocicado e controlar a quantidade de gelo, o que proporciona maior suavidade ao produto. Os açúcares mais simples são os monossacarídeos, de fórmula molecular $(CH_2O)_n$, as hexoses $(CH_2O)_6$ são o grupo de monossacarídeos mais importantes na indústria de sorvetes, fazem parte desse grupo os açúcares de ocorrência natural como a dextrose, frutose e galactose. A lactose é um dissacarídeo presente naturalmente no leite, é formado pela união de dois monossacarídeos. A

maior parte dos estabilizantes utilizados em sorvetes são polissacarídeos, formados pela união de mais de dez monossacarídeos. A massa molar do açúcar e a quantidade utilizada influencia diretamente a textura do sorvete devido a sua interferência na viscosidade da matriz (CLARKE, 2005).

A lactose é um dissacarídeo composto por glicose e galactose, e apresenta-se como um composto de coloração branca e inodora. É um açúcar redutor e possui baixa solubilidade em água, o que pode provocar cristalização e tornar o produto com defeito de arenosidade ou granulosidade, quando presente em grandes quantidades. A arenosidade provocada pelo excesso de lactose é considerada defeito bastante severo pois os cristais de lactose não se dissolvem na boca, provocando bastante incômodo ao consumidor. Seu poder adoçante de 16% é baixo quando comparado a açúcares como a sacarose que tem poder edulcorante de 100 (REINECCIUS, 1995).

Na indústria de alimentos é comum o uso de açúcares de álcool, também conhecidos como adoçantes, porém, a legislação não os considera açúcares e o fabricante que optar por usar exclusivamente um ou mais desses adoçantes pode apresentar em seu rótulo a denominação de produto sem adição de açúcar, estão incluídos nessa categoria o sorbitol, xilitol e dulcitol (REINECCIUS, 1995).

Além da escolha correta dos ingredientes utilizados na formulação de um gelado comestível, para a obtenção de um produto de qualidade é preciso manter corretamente os parâmetros de processos. Estes não serão aprofundados neste trabalho, mas o item 2.2.3 apresenta de forma resumida os processos envolvidos na fabricação de um sorvete de massa.

2.2.3 Tecnologia de fabricação do sorvete de massa

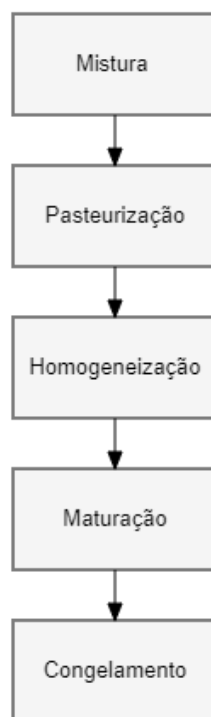
Um sorvete de qualidade possui uma microestrutura de cristais de gelo, gotículas de gordura e bolhas de ar bastante organizadas e unidas por uma matriz, por isso simplesmente misturar todos os ingredientes nas quantidades corretas e congelar a mistura não irá proporcionar um sorvete de qualidade, é preciso que haja as condições para que essa matriz seja formada. O processo, apresentado na Figura 2, pode variar a nível de produção e equipamentos utilizados, mas o princípio da fabricação do sorvete de massa é partilhado pelas diversas operações (CLARKE, 2005).

A primeira etapa do processamento consiste na composição da mistura dos ingredientes a serem colocados na cuba. A quantidade de cada ingrediente a ser utilizado pode ser feita através de um medidor de fluxo volumétrico ou de massa, outra opção é a aferição individual da quantidade de cada um a ser utilizado. Essa etapa tem como objetivo misturar, dissolver e

hidratar os ingredientes, devidamente dosados e para obter uma calda base homogênea. Uma mistura desequilibrada pode ocasionar defeitos como a baixa concentração de sabor no produto, um alimento com textura arenosa e ainda um alimento de corpo fraco (MARSHALL; GOFF; HARTEL, 2003).

Ingredientes secos como cacau, ovos desidratados, açúcar e soro de leite desidratado precisam ser dissolvidos antes que a calda atinja 50°C para evitar a formação de grumos. A utilização de estabilizantes e emulsionantes merece atenção especial quanto às instruções recomendadas pelo fabricante, pois alguns compostos podem perder sua capacidade estabilizante quando submetido à elevadas temperaturas, enquanto outros não conseguem uma boa dissolução em temperaturas inferiores a 65°C (ARBUCKLE, 1986).

Figura 2- Fluxograma do processo de fabricação do sorvete de massa



Fonte: Autora, 2021

A pasteurização da calda é necessária para a destruição de microrganismos patogênicos, garantindo um alimento seguro ao consumidor. A pasteurização acrescenta também a vantagem de destruir enzimas hidrolíticas naturalmente presentes no leite cru, elas são responsáveis por prejudicar o sabor e a textura, além do mais a homogeneização é facilitada quando a calda base se encontra com temperaturas próximas a da pasteurização (MARSHALL; GOFF; HARTEL, 2003).

De acordo com a portaria, da Secretaria de Vigilância Sanitária, N° 266, de 22 de setembro de 2005, Gelados Comestíveis e os Preparados para Gelados Comestíveis elaborados com produtos de laticínios ou ovos devem passar, obrigatoriamente, por tratamento térmico por processo contínuo a pelo menos 80°C por 25 s, por processo em batelada a pelo menos 70°C por 30 min ou condições equivalente em poder de destruição de microrganismos patogênicos. Esta portaria estipula ainda que não é obrigatório o tratamento térmico a outros ingredientes e aditivos utilizados na fabricação de gelados comestíveis, desde que o produto final atenda aos padrões microbiológicos previstos na legislação (BRASIL, 2005).

A homogeneização é necessária para qualquer mistura que contenha gordura ou óleo que não esteja em uma emulsão estável, como manteiga, gordura anidra do leite e óleos de origem vegetal. No caso de formulações contendo gordura vegetal hidrogenada a homogeneização deve ser realizada com o produto ainda quente, logo após a pasteurização. A homogeneização consiste em reduzir os tamanhos dos glóbulos de gordura para tamanhos menores ou iguais a 2 micrômetros, o resultado desse processo é uma suspensão estável e homogênea, com densidade necessária para que não ocorra mais a separação dos ingredientes da mistura (ARBUCKLE, 1986).

O processo de homogeneização é realizado forçando, com auxílio de uma bomba de deslocamento positivo, a mistura a passar através de um pequeno orifício sob determinadas condições de pressão e temperatura, provocando o rompimento do glóbulo de gordura. Quando o produto não é devidamente homogeneizado pode ocorrer na parte superior a formação de uma camada de gordura devido a agregação de glóbulos de gordura, além de aparência gordurosa ou sabor amanteigado na boca (MARSHALL; GOFF; HARTEL, 2003).

A calda do sorvete sofre mudanças estruturais, principalmente nos sólidos em suspensão, após passar pelas operações de pasteurização e homogeneização. A primeira liquefaz toda gordura existente, enquanto a segunda reduz o tamanho dos glóbulos de gordura, e em decorrência disso são formadas novas e diferentes membranas e de glóbulos de gordura. Quando a mistura é resfriada a temperaturas inferiores a 4°C a gordura presente na mistura começa a cristalizar, porém, devido à emulsificação a gordura cristaliza de forma mais lenta do que no estado bruto, geralmente é requerido um tempo de até 4 horas para a cristalização completa. Por isso, a mistura ainda não está plenamente desenvolvida para ser congelada, é recomendável que essa calda seja submetida a um processo de maturação (GOFF; HARTEL, 2013).

É na etapa de maturação que ocorre a solidificação de gorduras, a hidratação de proteínas e estabilizantes, a partir da água que se encontra livre na mistura. Nessa fase são

adicionados os ingredientes que não passam pelo tratamento térmico dada sua sensibilidade ao calor. A maturação ocorre por um período entre 1 a 24 horas à 4°C com a calda mantida sob agitação lenta. Frequentemente 4 horas é um período suficiente para que as mudanças físico-químicas, necessárias para um produto final de qualidade, aconteçam. O congelamento de uma calda de sorvete indevidamente maturada gera um produto de derretimento rápido e de maior deformação (ARBUCKLE, 1986).

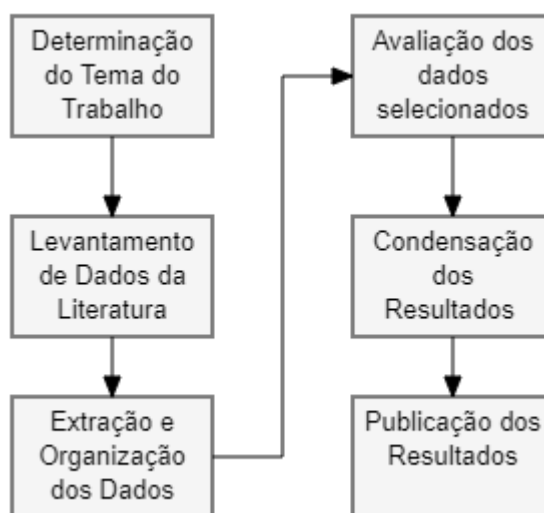
A adição de saborizante e corantes pode ser realizada na fase inicial de todo processamento, como é o caso dos sabores chocolate ou baunilha, ou pode ser feita após a maturação, durante a etapa de congelamento na máquina produtora de sorvete. É o caso de aromatizantes líquidos ou pastosos, frutas, nozes e confeitos, para que haja uma distribuição uniforme. Depois de passar pela produtora o sorvete está pronto para ser enviado para câmaras de congelamento onde deve ser mantido em temperatura máxima de -18°C em embalagens da escolha do fabricante (GOFF; HARTEL; 2013).

3 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado através de uma pesquisa executada por meio de uma revisão integrativa de literatura e posterior realização de uma proposta de formulação de sorvete com reduzido teor de lactose utilizando leite caprino. A revisão integrativa da literatura é uma metodologia de pesquisa científica que busca a síntese de resultados obtidos em pesquisas, permitindo a combinação e revisão de dados, revisão de análise de metodologias sobre diversas temáticas e áreas do conhecimento, de forma sistemática, ordenada e abrangente (ERCOLE; MELO; ALCOFORADO, 2014).

Os autores Mendes, Silveira e Galvão (2019) propõem seis etapas para o desenvolvimento de uma revisão integrativa de literatura com elevado rigor metodológico, conforme a Figura 3. A primeira fase consiste na determinação do tema do trabalho, através da pergunta do que se pretende investigar, a partir de então é feito um levantamento de dados da literatura por meio da busca e seleção de estudos primários. A terceira etapa da pesquisa consiste na extração e organização do conjunto de dados dos estudos primários, para que seja aproveitado o que é pertinente para o estudo, para que na etapa seguinte, a quarta, se avaliem os dados selecionados. As etapas cinco e seis da revisão integrativa da literatura consistem na condensação dos resultados obtidos através da revisão, e apresentação dos resultados, respectivamente.

Figura 3 - Fluxograma de etapas de revisão integrativa de literatura



Fonte: Adaptado de Mendes, Silveira e Galvão (2019)

Para a busca e seleção dos dados primários nas bases de dados foram considerados como critérios primário de inclusão as publicações de trabalhos disponíveis nas bases de dados *PubMed*, *Portal Periódicos Capes*, *Sringer Link*, *Science Direct*, *Scientific Eletronic Library*

Online (SCIELO) e Elsevier. Para a busca do trabalho foram utilizados descritores nas línguas: português, inglês e espanhol. Os buscadores utilizados estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Buscadores utilizados para o levantamento de dados da literatura

Português	Inglês	Espanhol
Gelados comestíveis	<i>Ice cream</i>	<i>Helados</i>
Produção de sorvete	<i>Ice cream production</i>	<i>Producción de helados</i>
Zero lactose	<i>Lactose Free</i>	<i>Sin lactosa</i>
Hidrólise da lactose	<i>Lactose hydrolysis</i>	<i>Hidrólisis de lactosa</i>
Leite bovino	<i>Cow milk</i>	<i>Leche de vaca</i>
Leite de cabra	<i>Goat milk</i>	<i>Leche de cabra</i>
Produtos Lácteos	<i>Dairy foods</i>	<i>Productos lácteos</i>

Fonte: Autora, 2021.

A proposta inicial de metodologia era utilizar como critério de inclusão na revisão, trabalhos publicados entre os anos de 2010 a 2021, entretanto devido à escassez de trabalhos na área, a data de publicação foi ampliada para os anos de 1991 a 2021 para que fosse possível enriquecer o trabalho. O trabalho foi dividido em duas partes, a de hidrólise da lactose e a parte de formulação do sorvete, assim simultaneamente ao levantamento dos dados, foi realizada a leitura e separação dos trabalhos em categorias, de acordo com as metodologias que foram empregadas pelos autores para a realização dos trabalhos.

Para a parte de hidrólise da lactose foram selecionados trabalhos cujas metodologias se utilizavam de hidrólise enzimática por apresentarem maior viabilidade de aplicação comercial. Assim, as categorias de separação iniciais foram: metodologias de hidrólise com enzima solúvel e hidrólise com enzima imobilizada. Além disso, foram selecionados os trabalhos desenvolvidos com enzimas de fonte microbiana, autorizadas pela ANVISA para uso em alimentos.

A segunda parte do trabalho envolveu a pesquisa de revisão de literatura envolvendo a formulação de sorvete com baixo teor de lactose. A partir dos resultados obtidos com a revisão integrativa da literatura, foi proposta uma formulação de sorvete de massa, incluindo a hidrólise

da lactose presente leite de cabra integral. Para o cálculo do balanceamento da formulação foi utilizado o método do ponto de soro como apresentado por Goff e Hartel (2013). O cálculo do poder edulcorante e poder anticongelante da mistura foi realizado de acordo com metodologia proposta por Corvitto (2004).

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Hidrólise da lactose

Nesta revisão foram encontrados poucos estudos envolvendo leite caprino como matéria prima. No entanto, como o leite caprino se assemelha muito ao leite de vaca em termos de concentração de lactose (BRASIL, 2000), o conhecimento das melhores condições de reação para utilização de enzimas como catalisadores da hidrólise da lactose pode ajudar a percorrer um caminho com maior segurança, no que se refere às aplicações industriais. Para a hidrólise enzimática acontecer de forma adequada, a metodologia, a fonte enzimática e parâmetros de processo tais como temperatura, tempo de reação e pH são variáveis de grande importância.

Dentre as metodologias empregadas na hidrólise enzimática do leite, as mais estudadas são a hidrólise utilizando β -galactosidases solúveis ou na forma imobilizada. A hidrólise de lactose por enzimas solúveis é uma técnica simples, dispensando a utilização de equipamentos específicos e geralmente é empregada em operações em batelada, no entanto apresenta como desvantagem a impossibilidade de utilização das enzimas, que são inativadas no tratamento térmico, ou pela galactose, dependendo da fonte enzimática. Além disso, a recuperação das enzimas por filtração torna o processo mais caro. A imobilização de β -galactosidases é comumente mais empregada em processos contínuos e permite que a enzima seja utilizada por várias horas, mantendo boa estabilidade operacional e reduzindo significativamente os custos a longo prazo, porém é necessário um maior investimento inicial (HARJU; KALLIOINEN; TOSSAVAINEN, 2012).

A variação térmica exerce forte influência sobre a taxa de hidrólise, pois a maior parte das lactases apresenta atividade enzimática ótima em temperaturas acima da ambiente, desse modo, a taxa de hidrólise tende a aumentar com o aumento da temperatura, desde que não atinja valores de inativação da enzima. Entretanto algumas enzimas têm sido utilizadas abaixo da temperatura ideal de processo para evitar contaminação no leite (CAMPOS *et al.*, 2009).

A relação entre a concentração enzimática e tempo de processamento foi identificado como um dos principais parâmetros de processo no tratamento com enzimas solúveis (HORNER *et al.*, 2011; BOSSO *et al.*, 2016;). Algumas enzimas apresentam níveis de hidrólise satisfatórios, mesmo quando empregados abaixo da temperatura ideal, desde que seja aumentado o tempo de reação (CAMPOS *et al.*, 2009). Isto foi observado por Horner *et al.*, (2011) que identificaram hidrólise de 99% de lactose a 2°C em 72 horas utilizando lactase de *Kluyveromyces lactis* com 0,5% da dosagem recomendada pelo fabricante, e 95% para as mesmas condições com 0,25% da dosagem indicada. Na dosagem indicada pelo fabricante, a

hidrólise de 98% foi obtida em temperatura de refrigeração em 24h. Neste sentido os autores apontam a possibilidade de a enzima ser adicionada ao leite já nos próprios tanques nas fazendas leiteiras, que apresentam temperatura de aproximadamente 4°C, permitindo que haja tempo de contato suficiente para ocorrer a hidrólise antes do processamento térmico.

Rosolen *et. al.*, (2015) analisaram a influência da concentração enzimática de β -galactosidases comerciais de *K. lactis*, em temperaturas de 10°C e 37°C, e *Aspergillus oryzae*, em temperaturas de 10°C e 55°C, na hidrólise da lactose em leite, soro de queijo e permeado de soro, ambas enzimas empregadas com concentrações de 3, 6 e 9 U/mL. Após duas horas de reação na concentração enzimática de 9 U/mL foi observada eficiência de 73,84% para a enzima de *K. lactis* a 37°C contra 30,70% para a enzima de *A. oryzae* a 55°C. Para a mesma concentração e temperatura de 10°C para ambas as enzimas observou-se eficiência de 68,60% para a enzima de *K. lactis* contra 11,48% para a enzima de *A. oryzae*. Para todas as outras concentrações e temperaturas a eficiência da enzima de *K. lactis* foi maior, no período de duas horas.

Diferentes fontes enzimáticas também foram avaliadas por Bosso *et al.*, (2016), utilizando como substrato leite UHT e desnatado. Os autores encontraram altas taxas de hidrólise para a enzima de *K. lactis* em pH 7,0 a 40 °C (97,9%), e de *A. oryzae* em pH 5,0 a 55 °C (67,5%), utilizando ambas as enzimas 5000 U/g na concentração de 1,5%. Entretanto, os autores não recomendam o uso de lactase de *A. oryzae* para hidrólise da lactose do leite, pois esta enzima apresenta atividade ótima em pH muito diferente do substrato alvo, o que acarretaria longos períodos e altas temperaturas para eficiência desejada industrialmente.

Os trabalhos analisados apontam o pH do substrato como principal fator que interfere nessa discrepância de atividade enzimática das enzimas oriundas de diferentes fontes, uma vez que a enzima de *A. oryzae* tem atividade otimizada em pH mais baixo, entre 4,5 e 5,0, e apresenta atividade reduzida a partir de pH 6,0. Já a enzima proveniente de *K. lactis* apresenta pH ótimo na faixa de 7,3 e 7,7 (GUIDINI *et al.*, 2011).

De maneira geral, as enzimas de origem fúngica são mais resistentes termicamente e apresentam atividade enzimática ótima em valores mais baixos de pH, 4,5 - 5,0, portanto são usadas para hidrolisar lactose em produtos lácteos mais ácidos como o soro do leite (ROSOLEN *et al.*, 2015). Por outro lado, enzimas de leveduras têm melhor atividade em pH neutro e são mais indicadas para hidrólise no leite, apesar de serem menos resistentes a alterações de temperatura (PANESAR; KUMARI; PANESAR, 2010). A Tabela 2, sintetiza as melhores condições de processamento de hidrólise de lactose por enzimas comerciais utilizadas na forma livre em diferentes trabalhos.

Tabela 2 - Eficiência de hidrólise de lactose de *Aspergillus oryzae* e *Kluyveromyces lactis* em diferentes condições de processamento

Enzima empregada na forma livre					
Fonte	Nome comercial	Concentração (%)	Temperatura/ Tempo/pH	Eficiência de hidrólise (%)	Referência
<i>A. oryzae</i>	Bio-Cat	1,5%	55°C / N.I*/ 5,0	67,4%	Bosso <i>et al.</i> , 2016
	Lactomax F30	0,03%	55°C / 2h / 5,9	50,74%	Rosolen <i>et al.</i> , 2015
<i>K. lactis</i>	Maxilact® LX5000	1,5%	40°C / N.I* / 7,0	97,9%	Bosso <i>et al.</i> , 2016
	Maxilact® L500	0,08%	30°C / 4 h	90%	Campos <i>et al.</i> , 2009
	Maxilact® L500	0,16%	4°C / 7 h	92%	Campos <i>et al.</i> , 2009
	Lactozym	0,2%	2°C / 24h / 6,8	95%	Horner <i>et al.</i> , 2011
	GODO-YNL2	0,1%	2°C / 24h / 6,8	99%	Horner <i>et al.</i> , 2011
	Prozyn	0,11%	37°C / 2h / 6,8	73,84%	Rosolen <i>et al.</i> , 2015

N.I* - Não informado

Fonte: Adaptado de Zolnere; Ciprova (2017)

É interessante notar que mesmo enzimas obtidas a partir do mesmo microrganismo podem apresentar diferentes atividades enzimáticas, isso pode ocorrer devido ao grau de pureza para obtenção da enzima, quanto mais pura é a lactase, melhor a taxa de hidrólise. No entanto, enzimas mais puras apresentam custos mais elevados (HORNER *et al.*, 2011).

Algumas propriedades das β -galactosidases, como estabilidade térmica e estabilidade a variação de pH podem ser melhoradas por técnicas de imobilização enzimática a níveis que permitam que essas enzimas possam ser reutilizadas (MAHONEY, 1997).

A imobilização das enzimas β -galactosidases pode ocorrer por diferentes métodos, dentre os quais a adsorção física é considerada um dos métodos mais simples de imobilização,

mas apresenta como desvantagem a pouca força do poder de adsorção, podendo ocasionar desprendimento da enzima. O aprisionamento é outro método utilizado na imobilização de enzima, é um método considerado simples, o qual pode ser realizado por gotejamento de um determinado polímero em um meio carregado positivamente, entretanto a passagem do fluido por este meio no processo de hidrólise se torna bastante lento, o que limita o uso desta técnica. Além desses métodos citados, a enzima pode ser imobilizada por ligação covalente na superfície do suporte (PANESAR; KUMARI; PANESAR, 2010).

Enzimas β -galactosidase de *A. oryzae* foram imobilizadas em esferas de amido- alginato de cálcio em camada de concanavalina A. A enzima apresentou melhor estabilidade à galactose e a ureia, $MgCl_2$, $CaCl_2$, bem como melhor estabilidade térmica, sendo possível atingir a melhor atividade enzimática em temperaturas de 60°C. Quanto à hidrólise, 79% da lactose do leite foi hidrolisada, contra 61% utilizando enzimas solúveis, em 4 horas. Valor bastante significativo quando comparado aos resultados encontrados por Rosolen *et al.*, (2015) utilizando enzima livre (HAIDER, HUSAIN, 2009).

A imobilização de lactase proveniente de *Kluyveromyces fragilis* em sílica-alumina comercial não modificou o pH ótimo da enzima (7,0), no entanto promoveu maior estabilidade da enzima em pH ácido, quando comparada à enzima livre (LADERO; SANTOS; GARCÍA-OCHOA, 2000). A Tabela 3 apresenta a eficiência da hidrólise da lactose utilizando enzimas imobilizadas em diferentes condições e meios.

Tabela 3 - Eficiência de hidrólise da lactose por enzimas imobilizadas em diferentes condições

Enzima empregada na forma imobilizada				
Fonte	Agente imobilizante	Temperatura / tempo	Eficiência de hidrólise (%)	Referência
<i>A.oryzae</i>	Esferas híbridas de amido- alginato de cálcio e concanavalina A	4°C / 3h	89%	Toshiba, Husain (2008)
<i>K. lactis</i>	Quitosana ativada com glutaraldeído	37°C / 11,3 min	>90%	Klein <i>et al.</i> , 2013
<i>K. fragilis</i>	Grânulos de celulose	30°C/ 5 h	>90%	Roy, Gupta, 2003

Fonte: Adaptado de PANESAR et al., (2010)

Os reatores de enzima imobilizada apresentam problemas envolvendo aumento de escala, como contaminação microbiana e adesão da proteína do leite na superfície do reator. Por isso, se faz necessário limpezas periódicas dos reatores. O uso de enzimas estáveis em maiores temperaturas e enzimas ativadas a frio podem ser uma forma de contornar estes problemas (PANESAR; KUMARI; PANESAR, 2010).

Dentre todos os trabalhos analisados, verificou-se que há uma ampla gama de metodologias que são viáveis às aplicações industriais, que variam de acordo com o substrato em que se pretende realizar a hidrólise, a enzima utilizada e as condições de operação. As principais condições envolvem temperatura e pH de processo, concentração enzimática e tempo. Neste sentido, conforme apresentado por Campos *et al.*, (2009) e Horner *et al.*, (2011) é possível realizar a hidrólise da lactose no leite em temperaturas de refrigeração utilizando enzima livre, com boa eficiência aumentando a concentração enzimática.

Assim, como proposta inicial sugere-se que a hidrólise da lactose do leite caprino para desenvolvimento de sorvete com baixo teor de lactose seja realizada no tanque de maturação, seguindo metodologias apresentadas por Horner *et al.*, (2011), adaptando a temperatura para 4°C. Acredita-se que o tempo de maturação ao qual a calda do sorvete é submetida seja suficiente para realizar hidrólise da lactose de forma eficiente. Outro objetivo de adicionar a enzima após a pasteurização é impedir a formação de compostos da reação de Maillard na calda. Além disso, não seria necessário inativar as enzimas termicamente, visto que após a maturação a calda do sorvete passa por congelamento, cessando assim a atividade enzimática devido as temperaturas de congelamento (-18°C) serem significativamente inferiores à temperatura de ótima atividade enzimática. Este método permitirá ao fabricante reduzir o tempo e custos de processo, visto que seria possível unir duas etapas de processo em uma única etapa.

No entanto, cabe colocar aqui algumas condicionantes, no caso de o pequeno ou médio empresário optar por desenvolver os procedimentos aqui apresentados em seu estabelecimento, este deve buscar auxílio de organizações, como Universidades ou organizações de apoio ao pequeno produtor, que possam avaliar os produtos e atestar a redução nos níveis de lactose. Além disso, esta é uma revisão de literatura e fica aberta a possibilidade para buscar a elaboração prática desta pesquisa para confrontar os resultados aqui apresentados.

4.2 Balanceamento e formulação do sorvete

No mundo inteiro diferentes países adotam diretrizes que servem de parâmetros para a formulação de sorvetes, algumas delas são mais restritivas enquanto outras são mais

abrangentes. O fato é que houve ao longo dos anos tendências de maior liberalização destes padrões, o que permite que o fabricante tenha mais flexibilidade para modificar a composição, ou desenvolver novos produtos (MULLAN, 2016).

A legislação brasileira, através da Portaria N° 379, de 26 de abril de 1999, fixava a identidade e características mínimas que um gelado comestível deveria apresentar para ser comercializado no Brasil. Especificamente o sorvete, deveria apresentar no mínimo 28% de sólidos totais, no mínimo 8% de gordura, sendo 3% de gordura láctea, além de 2,5% de proteína. No entanto, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária entendeu que o foco deve ser a inspeção do processo produtivo, com ênfase em aspectos sanitários. Neste sentido a Portaria 379, de 26 de abril de 1999, foi revogada, sendo mantida a densidade aparente mínima de 475 g/litro como padrão para a comercialização de gelados comestíveis no Brasil (Brasil, 2005).

Apesar de não estarem expressos na legislação, os parâmetros como o sabor, cor, incorporação de ar, derretimento e textura, interferem diretamente na qualidade do produto. Estes parâmetros são determinados pela qualidade dos ingredientes utilizados, equilíbrio da mistura e o processo produtivo propriamente dito (MARSHALL, GOFF, HARTEL, 2003).

Uma formulação corretamente balanceada é aquela onde a proporção dos constituintes irá possibilitar a produção de um sorvete sem defeitos, visto que estes, quando ocorrem, são de difícil correção. O balanceamento de uma calda de sorvete é feito por meio de cálculos que permitem ao fabricante determinar os custos, a quantidade de ingredientes necessários para fabricação, volume de produto e principalmente equilibrar a mistura (ARBUCKLE, 1986).

De acordo com Corvitto (2004), o primeiro equilíbrio que deve ser conhecido ao elaborar a formulação de um sorvete é a relação entre a quantidade de água e sólidos totais. Este equilíbrio é importante pois caso o sorvete apresente excesso de água livre pode haver a formação de grandes cristais de gelo, e caso haja excesso de sólidos o sorvete tende a apresentar textura arenosa. Ambos os casos resultam em um sorvete considerado defeituoso. Corvitto (2004), afirma também que deve-se buscar em uma formulação de sorvetes o equilíbrio dos sólidos entre si, para que toda água livre seja capturada e também para que o sorvete possa ter adequada incorporação de ar.

Há na literatura certa divergência sobre a composição ideal para a fabricação de sorvetes. No entanto, os autores reforçam que a preferência do público é muito afetada pelo fator geográfico, pois sorvetes com menor teor de gordura são mais refrescantes, enquanto os mais gordurosos transmitem a sensação de serem “menos frios”. Assim, em regiões mais quentes o público tende a preferir sorvete com menor percentual de gordura. Goff e Hartel

(2013), classificaram os sorvetes em diferentes categorias de acordo com o teor de gordura e sólidos totais utilizados, os valores são apresentados na Tabela 4.

O teor de gordura, entre 8 e 10%, e sólidos totais, 36%, apresentado por Corvitto (2004) como sendo ideal para a formulação de um ótimo sorvete é classificado por Goff e Hartel (2013) na categoria de sorvetes econômicos, aqueles que são fabricados no limite mínimo exigido pela legislação dos países.

Tabela 4 - Valores médios para teor de gordura e sólidos totais, entre as categorias de sorvete

Composto	Econômica	Padrão	Premium	Super Premium
Gordura	8-10%	10-12%	12-15%	15-18%
Sólidos totais	35-36%	36-38%	38-40%	>40%

Fonte: Goff e Hartel (2013)

As concentrações de gordura mais utilizadas no mercado brasileiro estão entre 6 e 10%. Então, para atingir o balanceamento esperado, deve-se atentar para o equilíbrio com os demais compostos da mistura. A Tabela 5 mostra a composição geral de sorvetes com quantidade de gordura distinta e sua proporção de equilíbrio com os demais ingredientes (DUAS RODAS, 201?).

Mcghee, Jone e Park (2015) realizaram um estudo para verificar a influência de sorvetes desenvolvidos a partir de misturas comerciais para sorvete utilizando leite caprino com baixo teor de gordura na formulação. Foram realizadas análises sensoriais após 0, 2, 8 e 4 semanas para três formulações utilizando leite caprino com 3,64%, 2% e 0,71% de gordura. Os autores notaram que houve ligeiro declínio de aceitabilidade para os três tipos de sorvete com aumento do tempo de armazenamento, e relacionam este efeito ao aumento da firmeza e consistência ao longo do período de armazenamento (MACGHEE; JONE; PARK, 2015).

Guinard et. al, (1997), já haviam desenvolvido estudos para identificar a influência da gordura e do açúcar em sorvete de baunilha. Os resultados sensoriais apontaram que a gordura utilizada na faixa de 10 e 18% não apresentou influência tão significativa ao paladar quanto o açúcar, utilizado entre 8 e 18%. No entanto, Stampanoni Koeferli *et al.* (1996) *apud.* Guinard *et al.* (1997), identificaram que quando utilizada em níveis inferiores, entre 3 e 12%, o aumento da gordura promoveu aumento de cremosidade e características amanteigadas do produto e reduzidas taxas de percepção de cristais de gelo, derretimento e sensação de frieza.

Tabela 5 - Composição aproximada de sorvetes com diferentes teores de gordura

Gordura %	Sólidos não gordurosos %	Açúcar %	Sólidos totais %
3	14 – 15	14 a 18	31 – 36
4	12 – 14	14 a 18	30 – 36
5	11 – 13	14 a 18	30 - 36
6	11 – 13	14 a 18	31 – 37
8	10 – 12	16 a 18	34 – 38
10	10 – 11	16 a 18	36 – 39
12	9 – 10	16 a 18	37 - 40
14	8 – 9	16 a 18	38 - 41
16	7 – 8	16 a 18	39 – 42
18	6 – 7	16 a 18	40 – 43
20	5 – 6	16 a 18	41 – 44

Fonte: Duas Rodas (201?).

De fato, o tipo e a quantidade de açúcar utilizado na formulação influenciam a percepção de sabor doce, propriedade que é conhecida como poder edulcorante (POD), e também na percepção de frio e textura do sorvete, através da propriedade de poder anticongelante (PAC). Os valores de PAC e POD de alguns açúcares são apresentados na tabela 6. Neste sentido, a temperatura de serviço também apresenta grande importância para a formulação de um sorvete pois, a partir de então, é possível calcular o PAC para garantir que ao servir, o sorvete esteja com boa textura para ser retirado com concha ou espátula e ainda, que esteja na mesma consistência de todos os outros sorvetes expostos na mesma vitrine (MULLAN, 2013).

O aumento da concentração de sacarose produz um sorvete macio, porém caso seja adicionado em excesso, este açúcar pode tornar o sorvete mais doce do que esperado e mascarar sabores e aromas desejáveis no produto. Para Goff e Haterl (2013), a opção de utilizar a combinação de 10 a 12% de sacarose e 3 a 5% de xaropes de milho, e é a mais comum entre os fabricantes de sorvete. Valores inferiores aos teores de 17 a 22% indicados por Corvitto (2004). Também pode-se utilizar frutose, açúcar invertido ou outro açúcar de interesse do fabricante.

Tabela 6 - Propriedades de diferentes açúcares

Açúcares	POD	PAC	Sólidos totais(%)
Sacarose	100	100	100
Dextrose	70	190	92
Açúcar invertido	130	190	77
Frutose	170	190	100
Glicose	74	190	100
Galactose	30	190	100
Xarope de milho 64 DE	68	115	82
Xarope de milho 36 DE	42	72	80
Maltodextrina 15 DE	17	29	95
Mel	32	146	74

Fonte: adaptado de Goff e Hartel (2013).

A depressão do ponto de congelamento ocorre devido ao efeito coligativo, quanto maior o número de moléculas de um adoçante, maior será a depressão no ponto de congelamento. Por isso, para soluções com a mesma concentração utilizando diferentes açúcares, aquele com menor peso molecular oferece maior depressão do ponto de congelamento, logo maior PAC (MULLAN, 2013).

De acordo com Corvitto (2004), conhecendo o poder anticongelante dos açúcares e a quantidade de açúcar que se pretende adicionar em uma formulação é possível calcular o PAC da mistura através do somatório da quantidade de cada açúcar adicionado multiplicado pelo seu PAC conforme Equação 1:

$$PAC = \sum(\text{quantidade de cada açúcar} \times PAC \text{ do açúcar}) \quad (1)$$

A temperatura de serviço pode variar de acordo com o refrigerador ou câmara onde o sorvete será exposto. Em geral, vitrines de *gelato* possuem uma temperatura de serviço de -11°C, enquanto os sorvetes expostos em freezers são mantidos a aproximadamente -15°C. O conhecimento da temperatura de serviço permite formular uma mistura em que apenas 75% da água esteja congelada, o que irá permitir uma boa degustação. A relação do PAC da mistura

com a temperatura de serviço está exposta na Tabela 7. A temperatura de serviço diminui em 1°C para cada 20 pontos de aumento do PAC (CORVITTO, 2004).

Tabela 7 - Relação entre a temperatura de serviço e poder anticongelante

Temperatura de serviço (°C)	Poder anticongelante (PAC)
-10	241 a 260 pontos
-11	261 a 280 pontos
-12	281 a 300 pontos
-13	301 s 320 pontos
-14	321 a 340 pontos
-15	341 a 360 pontos
-16	361 a 380 pontos
-17	381 a 400 pontos
-18	401 a 420 pontos

Fonte: Corvitto (2004).

Lora, Prudêncio e Benedet (2006), realizaram análise sensorial de sorvetes elaborados com leite caprino em pó e leite caprino pasteurizado. As variáveis utilizadas no delineamento experimental da pesquisa foram gordura vegetal hidrogenada, quantidade de leite de cabra e aroma sabor morango. Os autores realizaram 27 formulações diferentes para o sorvete desenvolvido com leite de cabra em pó e submeteram o produto dessa formulação à análise sensorial. Dentre as 27 formulações desenvolvidas foram selecionadas as três que obtiveram as maiores notas pelos provadores e então foram replicadas utilizando leite caprino integral pasteurizado. Os autores submeteram novamente as três formulações à análise sensorial a fim de definir uma resposta confiável. A formulação que obteve melhor nota pelos painelistas é apresentada na Tabela 8.

Lora, Prudêncio e Benedet (2006) identificaram como aspecto em comum entre as três formulações que obtiveram maior nota, o maior teor de gordura hidrogenada, aroma e valores intermediários de leite caprino. Os autores acreditam que os sorvetes com maior teor de gordura tenham sido escolhidos, pois este composto oferece maior cremosidade e melhora no *off flavor* de produtos lácteos e quando associados a utilização de aromas o sorvete pode obter maior aceitabilidade.

Tabela 8 - Formulação de sorvete de morango à base de leite caprino

Ingredientes	Quantidade
Leite de cabra integral	72,20%
Leite de cabra em pó (a ser reconstituído)	5,78%
Açúcar	14,48%
Emulsificante	0,72%
Espessante	0,21%
Aroma	0,87%
Gordura vegetal hidrogenada	5,78%

Fonte: Lora, Prudêncio e Benedet (2006)

Realizando o cálculo do poder anticongelante do sorvete desenvolvido por Lora, Prudêncio e Benedet (2006), o valor encontrado é de 200 pontos, bem abaixo dos valores indicados por Corvitto (2004), para temperaturas de -18°C na qual o sorvete foi servido. Neste sentido, é provável que os autores pudessem ter contornado esse problema na qualidade da textura do sorvete servido aumentando o teor de açúcar na formulação, ou utilizando outros tipos de açúcares que não afetem significativamente o poder adoçante, apenas o poder anticongelante.

Resultados similares foram encontrados por Macedo *et. al*, (2014) que desenvolveram um sorvete sabor frutas tropicais, maracujá, cajá e bacuri, à base de leite integral de cabra. Através do resultado das análises sensoriais, os autores identificaram que os provadores solicitaram a intensificação da quantidade de polpa de maracujá (Tabela 9), que foi o sabor que recebeu maior nota pelos painelistas, e de dulçor. Os autores relacionaram essas solicitações ao sabor intenso do leite caprino. O produto também foi bem avaliado quanto a textura, mas os provadores sugeriram melhoria, os autores afirmam que houveram dificuldades para atingir uma melhor textura devido ao processo ter sido artesanal que promoveu a formação de maiores cristais de gelo.

Tabela 9 - Formulações de sorvete de leite caprino sabor maracujá

Ingredientes	Ingredientes (%) - Formulação 1	Ingredientes (%) - Formulação 2	Ingredientes (%) - Formulação 3
Leite de cabra integral	43	36	29
Leite de cabra em pó	6	6	6
Açúcar	15	18	21
Emulsificante	2	2	2
Espessante	1	1	1
Polpa de fruta	26	30	34
Gordura vegetal hidrogenada	7	7	7

Macedo *et. al.*, (2014);

O sabor característico do leite caprino é dado pelo alto teor de ácidos graxos livres presentes no leite de cabra, principalmente ácidos graxos capríco (C6:0), caprílico (C8:0) e cáprico (C10:0), que são quase o dobro da quantidade presente no leite de vaca. O *off flavor* relatado pelos painelistas nos trabalhos de Lora, Prudêncio e Benedet (2006) e Macedo *et al.* (2014) não é muito bem aceito pelos consumidores e pode ser evitado através do controle da qualidade microbiológica do leite, emprego de boas práticas na ordenha, melhor seleção de raças leiteiras, manutenção da boa saúde do animal, alimentação rica em antioxidantes e o controle da qualidade das condições ambientais visando impedir a migração de compostos voláteis para o leite (GOAT ..., 2018).

Quando o *off flavor* do leite caprino é controlado, é possível obter um sorvete de alta qualidade. A análise sensorial de sorvetes com diferentes quantidades de leite caprino e bovino mostrou que o sorvete mais desejável em termos de aparência, textura, sabor e odor foi aquele produzido com 100% de leite caprino, além disso foi identificado que o aumento da proporção de leite de cabra na formulação, proporcionou aumento da acidez, teor de gordura e viscosidade (GÜZELER *et al.*, 2017).

Outro parâmetro que deve ser previsto ao formular uma mistura de sorvete é o *overrun*. Trata-se da quantidade de ar que é incorporada na mistura de sorvete. Esse parâmetro está relacionado diretamente ao aumento de volume do produto e conseqüentemente ao lucro. No entanto, valores excessivos de *overrun* podem prejudicar a qualidade do sorvete, mesmo após a embalagem, pois bolhas de ar podem escapar da mistura ou estourar, provocando encolhimento

do sorvete. Para uma mistura de sorvete sem material particulado, ou seja, uma mistura homogênea, o overrun pode ser calculado através da Equação 2:

$$\%overrun = \frac{\text{volume de sorvete produzido} - \text{volume da mistura}}{\text{volume da mistura}} \times 100 \quad (2)$$

O *overrun* máximo para uma mistura de sorvetes pode ser estimado utilizando a Equação 3, proposta por Iversen (1983) *apud* Mullan (2007), que relaciona o teor de gordura, sólidos não gordurosos do leite (SNGL) e sólidos totais de uma mistura de sorvete.

$$\%overrun \text{ máximo} = (\%gordura + SNGL + \text{Sólidos totais}) \times 2 \quad (3)$$

De acordo com Goff e Hartel, (2013) um dos primeiros passos a ser seguido para formular uma mistura de sorvete é determinar o volume da mistura com a qual se pretende trabalhar. O volume de fabricação é definido pelo o fabricante de acordo com a demanda produtiva, mas os autores recomendam, para fins de facilitação de cálculo utilizar valores exatos, para que se torne mais simples de trabalhar, como 100 kg. Após a formulação, se necessário é feito a escala para quantidade desejada.

O teor de sólidos totais de uma formulação tem relação direta com a maciez e cremosidade de um sorvete. Neste sentido, quanto maior a quantidade de sólidos totais, menos água estará disponível para a formação de cristais de gelo. De acordo com a classificação de dos sorvetes apresentada por Goff e Hartel (2013) na tabela 4, o teor de sólidos totais deve ser superior a 35%, no entanto o autor não expõe um limite máximo. Na apostila “empreendedor de sorvete” os valores de sólidos totais apresentados variam de 30% a 44%, com ênfase nos valores mais utilizados no mercado nacional para 31 a 37% (Duas Rodas, 201?).

As formulações de sorvete devem incluir algum composto cuja a principal contribuição para a mistura seja o teor de sólidos não gordurosos do leite, como por exemplo o leite em pó, pois outros compostos adicionados como o creme de leite, que geralmente é utilizado como fonte de gordura, contribuem com teores de sólidos não gordurosos do leite em níveis insuficiente para fornecer a funcionalidade necessária das proteínas e os teores de sólidos totais necessário ao produto (GOFF; HARTEL, 2013).

Utilizando os parâmetros propostos por Goff e Hartel (2013) para a formulação de um sorvete padrão, foi estabelecido para propor a formulação de leite caprino com baixo teor de lactose um volume de produção de 100 kg, com composição apresentada na Tabela 10. Essa composição foi proposta para produzir um sorvete de ótima qualidade, que tenha boa

cremosidade e seja mantido a refrescância, mantida pelo teor mais baixo de gordura. Por outro lado, a cremosidade é equilibrada pelo teor de açúcares.

Tabela 10 - Formulação inicial de sorvete proposta pela autora

Componente	Quantidade (%)
Gordura	9%
SNGL	9%
Açúcar	18,5%
Estabilizante/emulsificante	0,5%
Sólidos totais	37%

Fonte: Autora, 2021

Existem diversos métodos para calcular o balanceamento de uma mistura de sorvete, dentre eles os mais conhecidos e utilizados são o método algébrico e o método do ponto de soro. O método algébrico consiste em relacionar algebricamente os componentes necessários para a formulação da mistura e os ingredientes disponíveis e a composição destes ingredientes. O método que foi utilizado para apresentar os cálculos da formulação proposta neste trabalho é o método do ponto de soro que parte do princípio de que o soro da mistura de sorvete é calculado pelo teor de gordura, açúcar, estabilizante, emulsificante e demais ingredientes, exceto o soro, subtraídos de 100, conforme a Equação 4 (GOFF; HARTEL, 2013; MULLAN, 2007).

$$\text{Soro} = 100 - (\text{gordura} + \text{açúcar} + \text{emulsificante} + \text{estabilizante}) \quad (4)$$

$$\text{Soro} = 100 - (9 + 18,5 + 0,5) \quad (5)$$

$$\text{Soro} = 72 \text{ kg} \quad (6)$$

Para o caso da proposta de formulação aqui apresentada o soro da mistura será 72 Kg. Portanto, para cada 100 kg de mistura de sorvete, 72 kg é composto de água e sólidos não gordurosos do leite. O método do ponto de soro assume que a porção de sólidos não gordurosos do leite é constante, em torno de 9%. O cálculo é feito a partir da fonte mais concentrada de sólidos não gordurosos do leite, que em geral é o leite em pó desnatado. A quantidade de leite em pó desnatado pode ser determinada pela equação 7.

$$\text{LPD} = \text{SNGL necessários} - \frac{(\text{soro da mistura} \times 0,09)}{\% \text{SNGL no LPD} - 9} \times 100 \quad (7)$$

$$LPD = 9 - \frac{(72 \times 0,09)}{97-9} \times 100 \quad (8)$$

$$LPD = 2,86 \text{ kg} \quad (9)$$

A quantidade de leite em pó desnatado necessária para oferecer o aporte de sólidos não gordurosos do leite é 2,86 kg. Então de forma direta, calcula-se a quantidade desejada de açúcar, estabilizante/ emulsificante. Assim, a quantidade de açúcar, emulsificante/ estabilizante necessária é, respectivamente, 18,5 kg e 0,5 kg. O resultado do somatório de todos os ingredientes já calculados até agora subtraído de 100, é a quantidade de leite e creme de leite que faltam para completar o balanceamento, conforme equação 10.

$$\text{Leite} + \text{creme de leite} = 100 - (18,5 + 2,86 + 0,5) \quad (10)$$

$$\text{Leite} + \text{creme de leite} = 78,14 \text{ kg} \quad (11)$$

A quantidade necessária de creme pode ser determinada através da equação 12:

$$\text{creme (kg)} = \frac{a - [b \times (c/100)]}{d - c} \times 100 \quad (12)$$

Onde a é a quantidade de gordura desejada na mistura, b é a quantidade de leite e creme somados, necessários na formulação, c é o teor de gordura no leite e d é o teor de gordura no creme. Desta maneira, a quantidade de creme necessário para o correto balanceamento da formulação é:

$$\text{creme} = \frac{9 - [72 \times (3/100)]}{45 - 3} \times 100 \quad (13)$$

$$\text{creme} = 15,84 \text{ kg} \quad (14)$$

A quantidade necessária de leite, é a diferença entre a quantidade de soro, subtraído da quantidade de creme conforme equação 15:

$$\text{Leite} = 78,14 - 15,84 \quad (15)$$

$$\text{Leite} = 62,3 \text{ kg} \quad (16)$$

Neste sentido, para verificar se todos os ingredientes estão corretamente balanceados é crucial elaborar uma tabela de prova. A Tabela 11 mostra os ingredientes utilizados na formulação, a massa de cada um e o quanto contribuem para o teor de gordura, SNGL, açúcar e sólidos totais. A tabela está de acordo com os valores desejados, confirmando a eficiência do método de cálculo.

Tabela 11 - Tabela de Prova

Ingredientes	Massa (kg)	Gordura (kg)	SNGL (kg)	Açúcar (kg)	Sólidos totais (kg)
Leite caprino	62,3	1,87	5,10	-	6,97
Leite em pó desnatado	2,86	-	2,77	-	2,77
Nata 45%	15,84	7,12	1,13	-	8,25
Sacarose	18,5	-	-	18,5	18,5
Emulsificante e estabilizante	0,5	-	-	-	0,5
Total	100	8,99	9,00	18,5	36,99

Fonte: Autora 2021.

O método do ponto de soro não leva em conta o teor de lactose, pois esta já está inclusa no soro da mistura. No entanto para responder um dos objetivos específicos deste trabalho que é a formulação de um sorvete com leite caprino com baixo teor de lactose e considerando a importância de calcular o poder anticongelante de uma mistura de sorvete, cabe analisar a influência da hidrólise da lactose neste parâmetro. O leite caprino para ser comercializado no Brasil necessita ter no mínimo 4,3% de lactose (BRASIL, 2000), na prática esses valores costumam ser superiores, em torno de 4,52% para o leite integral. Considerando que os outros compostos lácteos são fontes de lactose, como o leite em pó desnatado que fornece aproximadamente 54,5% de lactose, e para fins de facilitação de cálculo, será admitido que formulação de sorvete aqui apresentada possui 5,0% de lactose (GOFF; HARTEL, 2013).

Ao ser hidrolisada em condições ideais a lactose é dividida em glicose e galactose em partes iguais, portanto para uma formulação de 100 kg de mistura, os valores de glicose e galactose após a hidrólise será 2,5 kg respectivamente. Ao calcular PAC da mistura, através da equação 17, o valor encontrado para a formulação, desconsiderando a lactose, foi:

$$PAC = \left(\frac{18,5 \times 100}{10} \right) \quad (17)$$

$$PAC = 185 \text{ pontos} \quad (18)$$

O valor de 185 pontos é considerado muito abaixo do ideal para ser degustado (CORVITTO, 2004) e resulta em um sorvete duro e difícil de ser servido com concha ou espátula. No entanto, se for calculado o PAC da mistura após a hidrólise da lactose, o valor encontrado é de 280 pontos.

$$PAC = \left(\frac{18,5 \times 100}{10} \right) + \left(\frac{5,00 \times 190}{10} \right) \quad (19)$$

$$PAC = 280 \text{ pontos} \quad (20)$$

O valor de 280 pontos para o poder anticongelante do sorvete é considerado um valor adequado para ser servido em vitrines expositoras a -11°C (CORVITTO, 2004). No entanto, se o fabricante desejar expor este produto em freezers entre -15°C e -18°C , o valor ainda é muito baixo. Neste sentido, é possível utilizar outros açúcares para aperfeiçoar o produto, tornando adequado para ser consumido nestas temperaturas de serviço.

O uso da dextrose e do açúcar invertidos é tido pelos sorveteiros como uma magnífica combinação para a substituição parcial da sacarose, pois ambos são incristalizáveis. Além disso, o POD de 70 pontos da dextrose e 130 pontos do açúcar invertido, somam juntos 200 pontos, que divididos em duas partes resultam exatamente no mesmo POD da sacarose 100. No entanto, os dois açúcares possuem o mesmo poder anticongelante de 190 pontos, que equivale a quase duas vezes o poder anticongelante da sacarose. Por este motivo, parte da sacarose pode ser substituída por partes iguais de dextrose e açúcar invertido. Neste caso, se 5,00 kg de sacarose for substituída por 2,5 kg de dextrose mais 2,5 kg de açúcar invertido, a mistura apresentará um poder anticongelante de 375 pontos, ideal para ser servido a temperaturas abaixo de -15°C . Assim, a proposta final de formulação do sorvete está apresentada na Tabela 12.

O dulçor de uma formulação é calculado através do somatório da quantidade de cada açúcar adicionado individualmente multiplicado pelo poder adoçante do açúcar dividido por 100. Neste sentido, o dulçor da formulação aqui proposta foi calculado através da contribuição do dulçor dos açúcares sacarose, dextrose, açúcar invertido, glicose e galactose, como apresentado na equação 21:

$$Dulçor = (13,5 \times 1) + \left(2,5 \times \frac{70}{100} \right) + \left(2,5 \times \frac{130}{100} \right) + \left(2,5 \times \frac{30}{100} \right) + \left(2,5 \times \frac{74}{100} \right) \quad (21)$$

$$Dulçor = 21,1 \% \quad (22)$$

Percebe-se que de acordo com Corvitto (2004), o dulçor está dentro do limite esperado, entre 17 e 22%. Entretanto, se em testes preliminares for detectado dulçor muito

intenso, pode-se optar por substituir um dos açúcares por um açúcar de menor poder adoçante ou reduzir o teor de sacarose na formulação, mas será necessário reavaliar os cálculos de formulação.

Tabela 12 - Formulação de sorvete de leite caprino proposta

Ingredientes	Quantidade (kg)
Leite de cabra 3,0% de gordura	62,3
Leite em pó desnatado	2,86
Sacarose	13,5
Dextrose	2,5
Açúcar invertido	2,5
Liga Neutra	0,5
Nata 45% gordura	15,84
Total	100

Fonte: Autora 2021

O overrun máximo recomendado para esta formulação, calculado a partir da equação 3 é de 110%, caso o fabricante opte por trabalhar com overrun acima dessa faixa pode ser que a qualidade do produto seja afetada.

CONCLUSÃO

Foi proposto neste trabalho a hidrólise da lactose presente no leite caprino, leite em pó e outros produtos lácteos utilizados na formulação de sorvetes durante a etapa de maturação, trabalhando com uma concentração de lactase de 0,2% na forma livre a temperatura de refrigeração por 24 horas. Este método visa eliminar uma etapa de processo, e consequentemente reduzir os custos envolvidos. A partir de então foi proposto também uma formulação de sorvete com 9% de gordura, 9% de sólidos não gordurosos do leite, 18,5% de açúcar e 37% de sólidos totais, para a qual considerou-se a temperatura de serviço, o poder anticongelante e poder edulcorante, bem como a contribuição dos açúcares glicose e galactose para estes parâmetros após a hidrólise da lactose. Cabe ressaltar que esta é uma proposta elaborada após extensa revisão da literatura e que se faz necessário confrontar na prática os resultados aqui apresentados. Destaca-se ainda que o fabricante que desejar utilizar-se das metodologias aqui apresentadas deverá valer-se de testes que comprovem a hidrólise da lactose à níveis aceitos pela legislação. Propõe-se também como sugestão para futuros trabalhos investigar a possibilidade reduzir o tempo de processo aqui indicado, bem como a utilização da lactase imobilizada durante o processo de maturação para maiores escalas.

REFERÊNCIAS

AMILLS, M.; CAPOTE, J.; TOSSER-KLOPP, G. Goat domestication and breeding: a jigsaw of historical, biological and molecular data with missing pieces. **Journal Animal Genetics**, v. 48, p. 631-644, 2017. Disponível em: <https://europepmc.org/article/med/28872195>. Acesso em: 02 jun. 2020.

Associação Brasileira Das Indústrias e Do Setor De Sorvetes. **História do sorvete**. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://m.abis.com.br/noticias/voce-conhece-a-historia-do-sorvete/>. Acesso em: 28 maio 2020.

Associação Paulista De Supermercados. **APAS revela pesquisa inédita sobre tendências do consumidor e dados do setor supermercadista durante feira e congresso**. Expo Center Norte, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://portalapas.org.br/wp-content/uploads/2016/06/COLETIVA-Pesquisa-APAS-Nielsen-Kantar.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2021.

ARBUCKLE, W. S. **Ice cream**. 4. ed. Boston: Springer, 1986. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-7222-0>. Acesso em: 02 jun. 2020.

BAKER, R. W. **Membrane technology and applications**. 2. Ed. California: John Wiley & Sons, c2004. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/0470020393.fmatter>. Acesso em: 28 jan. 2021

BAROKE, S. **Does Lactose-free Dairy Have a Future?** Euromonitor International Database. set. 2016. Disponível em: <https://blog.euromonitor.com/does-lactose-free-dairy-have-a-future/>. Acesso em: 26 jan. 2021.

BASTIDA-RODRÍGUEZ, J. The food additive polyglycerol polyricinoleate (E-476): structure, applications, and production methods. **International Scholarly Research Notices**, v. 2013, p. 1-21, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2013/124767>. Acesso em: 10 jun. 2020.

BOSSO, A. *et al.* Lactose hydrolysis potential and thermal stability of commercial β -galactosidase in UHT and skimmed milk. **Food Science Technology**, Campinas, v. 36, n. 1, p. 159-165, Mar. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612016000100159&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 01 maio 2021.

BRASIL. **Instrução Normativa MAPA nº 37, de 18 de setembro de 2002**. Aprova regulamento técnico de produção, identidade e qualidade de leite de cabra. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 8 nov. 2000, p. 23. Disponível em: <https://sidago.agrodefesa.gov.br/site/adicionaispropios/protocolo/arquivos/408781.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2020.

BRASIL. **Instrução Normativa MAPA Nº 76, De 26 de novembro de 2018**. Regulamento técnico de identidade e qualidade de leite cru refrigerado. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-

2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN%2076.
Acesso em: 16 maio 2020.

BRASIL. **Resolução ANVISA RDC n° 266, de 22 de setembro de 2005.** Aprova o Regulamento técnico para gelados comestíveis e preparados para gelados comestíveis. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 23 set. 2005. Seção 1. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/res0266_22_09_2005.html . Acesso em: 28 maio 2020.

BRASIL. **Resolução ANVISA RDC N° 53, de 07 de outubro de 2014.** Dispõe sobre a lista de enzimas, aditivos alimentares e veículos autorizados em preparações enzimáticas para uso na produção de alimentos em geral. Diário Oficial da União nº194. Brasília-DF, quarta-feira, 08 de outubro de 2014. Disponível em: <http://www.conass.org.br/ci-n-271-publicada-a-rdc-anvisa-n-53-que>. Acesso em: 29 maio 2020.

BRASIL. **Resolução ANVISA RDC N° 135, de 08 de fevereiro de 2017.** Altera a Portaria SVS/MS nº 29, de 13 de janeiro de 1998, para regulamentar o parágrafo único do art. 19-Ado Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969, que institui normas básicas sobre alimentos. Diário Oficial da União nº194. Brasília-DF, quarta-feira, 09 de fevereiro de 2017. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20794561/do1-2017-02-09-resolucao-rdc-n-135-de-8-de-fevereiro-de-2017-20794490. Acesso em: 26 jan 2020.

CAMPOS, T. C. A. S. et al. Use of β -galactosidase on hydrolysis of milk lactose in low temperature. **Unopar Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 11, p. 51–54, 2009. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:alQ1Wvk8YM0J:https://revista.pgskroton.com/index.php/JHealthSci/article/view/1437/1380+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 02 maio 2021.

CARMINATTI, C. A. **Ensaio de hidrólise enzimática da lactose em reator a membrana utilizando beta-galactosidase *Kluyveromyces lactis*.** 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/81434>. Acesso em: 21 jun. 2020.

CASTEL, A. P. *et al.* Desenvolvimento de requeijão cremoso sem lactose. **Revista Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 72, n.2, p. 58-66. Juiz de Fora, 2017. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/560>. Acesso em: 01 mar 2021

CHACÓN VILLALOBOS, A. Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus variaciones em el proceso agroindustrial. **Revista Agronomía Mesoamericana**, Alajuela, v. 16, n. 2, p. 239- 252, 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43716214>. Acesso em: 21 jun. 2020.

CHACÓN VILLALOBOS, A. La leche de cabra: un alimento lleno de sorpresas: Análisis y opinión. **Revista Actualidad Zootécnica**, v.2 , n. 2, p. 30- 34, 2007. Disponível em: http://eeavm.ucr.ac.cr/Documentos/ARTICULOS_PUBLICADOS/2007/84.pdf. Acesso em: 21 jun. 2020.

CHANG I. *et al.* Membrane Fouling in Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment. **Journal of Environmental Engineering**, v. 128, Issue 11, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2002\)128:11\(1018\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2002)128:11(1018)). Acesso em: 04 fev. 2021.

CLARKE, C. The physics of ice cream. **Journal Physic Education**: IOP Publishing, c2003. v. 38, n. 3, p. 248-253, 2003. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/38/3/308>. Acesso em: 20 nov. 2020.

CLARKE, C. **The science of ice cream**: Royal Society of Chemistry, 2005. v. 36. 1. ed., 2005 [E-book]. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/9781847552150>. Acesso em: 20 abr. 2020.

CORVITTO, A. **Secretos del helado**: helados sin secretos. 2 ed. Barcelona: Vilbo Ediciones Y Publicidad, 2004.

DUAS RODAS. **Empreendedor do sorvete: Universidade do Sorvete, Selecta**. [s.l.], [201?]. Disponível em: <https://universidadedosorvete.com/course/index/4/4#>. Acesso em: 01 fev. 2021.

EMBRAPA Caprinos e Ovinos. **Novo censo agropecuário mostra crescimento de efetivo de caprinos e ovinos no Nordeste 2018**. [s.n.], [s.l.], 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cim-inteligencia-e-mercado-de-caprinos-e-ovinos/busca-de-noticias/-/noticia/36365362/novo-censo-agropecuario-mostra-crescimento-de-efetivo-de-caprinos-e-ovinos-no-nordeste>. Acesso em: 29 abr. 2020.

ERCOLE F.F.; MELO L.S.; ALCOFORADO C.L.G.C. Revisão integrativa versus revisão sistemática. **Revista Mineira de Enfermagem**. 2014; v.18.1, p.9–11. Disponível em: <http://www.dx.doi.org/10.5935/1415-2762.20140001>. Acesso em: 28 set. 2020.

FAO. **FAOSTAT Production live animals**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QA>. Acesso em: 08 maio 2020.

GAVA, A. J.. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984.

Goat Milk: Composition & processing technology. **National Dairy Development Board**. [s.n.], [s.l.], v. 96, 2018. Disponível em: https://www.dairyknowledge.in/sites/default/files/96._goat_milk_composition_and_processing_technology.pdf. Acesso em: 22 abr. 2021

GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. **Ice cream**. 7. ed. New York: Springer, 2013. DOI 10.1007/978-1-4614-6096-1. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4614-6096-1>. Acesso em: 03 maio 2020

GUIDINI, C. Z. *et al.* β -galactosidase of *Aspergillus oryzae* immobilized in an ion exchange resin combining the ionic-binding and crosslinking methods: Kinetics and stability during the hydrolysis of lactose. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 71, p.139-145, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.molcatb.2011.04.010>. Acesso em: 16 mar. 2021.

GÜZELER N. *et al.* **Some Physicochemical and Sensory Properties of Ice Cream Samples Produced by Different Milk Types with Different Amounts.** 2 ed. International Energy And Engineering Conference 2017. Gaziantep, Turkey, p.817-822, 2017. Disponível em: https://7e5f9f31-6e38-498e-ace9-ed3e34bb48c4.filesusr.com/ugd/315b3d_c1d489c420e641b0bda8bcd05e9ad846.pdf. Acesso em: 02 maio 2021.

HAIDER, T.; HUSAIN, Q. Immobilization of β -galactosidase by bioaffinity adsorption on concanavalin A layered calcium alginate-starch hybrid beads for the hydrolysis of lactose from whey/milk. **International Dairy Journal**, v. 19, n. 3, p. 172–177, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.10.005>. Acesso em: 16 mar. 2021

HARJU, M.; KALLIOINEN, H.; TOSSAVAINEN, O. Lactose hydrolysis and other conversions in dairy products: Technological aspects. **International Dairy Journal**. v. 22, p. 104-109, 2012 SSN 0958-6946,. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.09.011>. Acesso em: 04 fev. 2021.

HARRISON, G.G. Primary adult lactase deficiency: a problem in anthropological genetics. **American Anthropological**. v. 77 p.812-35, 1975. Disponível em: <https://anthrosource.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1525/aa.1975.77.4.02a00050>. Acesso em: 21 jun. 2020.

HOLDEN, C.; MACE, R. Phylogenetic analysis of the evolution of lactose digestion in adults. **Journal Human Biology**. v. 69 p. 605-28, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.3378/027.081.0609>. Acesso em: 21 jun 2020.

HORNER, T.W. *et al.* β -Galactosidase activity of commercial lactase samples in raw and pasteurized milk at refrigerated temperatures. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 3242-3249, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3742>. Acesso em: 16 mar. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de orçamentos familiares. Tabela 2393 -Aquisição alimentar domiciliar per capita anual por grupos, subgrupos e produtos.** 2008. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2393>. Acesso em: 14 nov. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção pecuária municipal 2018.** 2019 ISSN 0101-4234. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2018_v46_br_informativo.pdf. Acesso em: 05 maio 2020.

INGRAM C. J. E. *et al.* Lactose digestion and the evolutionary genetics of lactase persistence. **Journal Human Genetics**. v. 124 p. 579-591, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00439-008-0593-6>. Acesso em: 20 maio 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf> Acesso em 10 jun. 2020.

ITAN, Y. *et al.* Worldwide correlation of lactase persistence phenotype and genotypes. **BMC Evolutionary Biology**. v. 10 p. 36, 2010. Disponível em: <https://bmcevolbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2148-10-36>. Acesso em: 11 jun. de 2020.

KIBON, o sorvete do Brasil alimentando paixões. **Food Ingredients Brasil**. n.15, p. 50-53, 2010. Disponível em: https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060245773001465320341.pdf. Acesso em: 20 nov. 2020.

KLEIN, P. M.; JONG, E.V.; RÉVILLION, J. P. P. Utilização da β -galactosidase para prevenção da cristalização em doce de leite. **Revista ciência e agrotecnologia**, v. 34, n. 6, p. 1530-1535, Lavras, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n6/25.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2021.

LADERO M; SANTOS A; GARCÍA-OCHOA F. Kinetic modeling of lactose hydrolysis with an immobilized beta-galactosidase from *Kluyveromyces fragilis*. **Enzyme Microbial Technology**. v.27, p.583-592, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(00\)00244-1](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(00)00244-1). Acesso em: 02 maio 2021.

LADERO, M. *et al.* Studies on the activity and the stability of β -galactosidases from *Thermus* sp strain T2 and from *Kluyveromyces fragilis*. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 30, n. 3, p. 392–405, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141022901005063?via%3Dihub>. Acesso em: 16 mar. 2021

LONGO, G. **Influência da adição de lactase na produção de iogurtes**. 2006. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Curitiba, 2006 Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/4949>. Acesso em: 29 ago. 2020.

LORA, S. C. P. **Utilização do leite de cabra como matéria-prima no processamento de sorvete**. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal De Santa Catarina. Centro De Ciências Agrárias. Departamento De Ciência E Tecnologia De Alimentos, Florianópolis, 1999. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/80991>. Acesso em: 15 ago. 2020.

LORA, S.C.P.; PRUDÊNCIO, E.L.; BENEDET, H.D.; Avaliação sensorial de sorvetes elaborados com leite de cabra. **Revista Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n.2, p.221-230, 2006. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/2424/2071>. Acesso em: 16 fev. 2021.

MACEDO, L. S. O. *et al.* Desenvolvimento e avaliação sensorial de sorvete à base de leite de cabra com sabor de frutas tropicais. **Revista publicações em medicina veterinária**, v.8, n.21. ed. 270, Londrina, 2014. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/uploads/c145995f7e168066c14847c4a3a319ff.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2021

MACGHEE, C.E.; JONES, J.O.; PARK, Y.W. . Evaluation of textural and sensory characteristics of three types of low-fat goat milk ice cream. **Small Ruminant Research**, v. 123, p. 293-300, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921448814003460?casa_token=JiiQQIohmeAAAAAA:4RpsDYR_edt-Gvx1MQBnsy5LNxYvrsyOJpHcT6sNG_hW9FAt5u1F2WccUPqZAVJ1TY8GtxxGgE5e#aep-article-footnote-id7. Acesso em: 19 abr. 2021.

MAESTRI, R. S. **Biorreator à membrana como alternativa para o tratamento de esgotos sanitários e reúso da água**. 2007. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89968/244815.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 set. 2020.

MAHONEY, R. R. **Lactose**: enzymatic modification. Advanced dairy chemistry, Lactose, water, salts and vitamins. London: Chapman & Hall. 2 ed. vol. 3, p. 77-125, 1997 [E-book]. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4757-4409-5_3. Acesso em: 04 fev. 2021.

MAIA, M. C.; PFÜLLER, E. E. **Produção de gelados comestíveis na indústria de sorvetes e picolés gaúcho – Sananduva / RS**. Ramvi, v. 02, n. 04, 2015. Disponível em: https://www.bage.ideau.com.br/wp-content/files_mf/32315d806017d0e4678f84625781d100305_1.pdf. Acesso em: 25 abr. 2020

MARSHALL, R. T.; GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. **Ice cream**. 6 ed. New York: Kluwer Academic; Plenum Publishers, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0163-3>> . Acesso em: 02 jun. 2020.

MASCARAQUE, M. **Digestive Health: Leveraging Consumer Trends**. Euromonitor International Database. 2019. Disponível em: <https://blog.euromonitor.com/digestive-health-leveraging-consumer-trends>. Acesso em: 26 Jan. 2021

MATIOLI, G.; MORAES, F.F.; ZANIN, G.M; Operational stability and kinetics of lactose hydrolysis by β -galactosidase from *Kluyveromyces fragilis*. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 7-12, 2003. Disponível em: <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciHealthSci/article/view/2244/1465>. Acesso em: 01 mar 2021

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVAO, C. M. Use of the bibliographic reference manager in the selection of primary studies in integrative reviews. **Texto contexto - enfermagem.**, Florianópolis , v. 28, e20170204, 2019 . Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-07072019000100602&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 25 set. 2020.

MORIWAKI, C.; MATIOLI, G. **Influência de β -galactosidase na tecnologia do leite e na má digestão da Lactose**. Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR, v.4, p. 283-290, 2000. Disponível em: <https://www.revistas.unipar.br/index.php/saude/article/view/1042>. Acesso em: 03 ago. 2020.

MULLAN, W.M.A. **Designing ice cream and gelato mixes and how to undertake mix calculations.** [s.l.], 2007. Disponível em: <https://www.dairyscience.info/index.php/ice-cream/154-ice-cream-mix.html>. Acesso em: 12 Abr. 2021.

MULLAN, W.M.A. **Perfect ice cream or gelato: Getting the hardness or "scoopability" just right.** [s.l.], 2013. Disponível em: <https://www.dairyscience.info/index.php/ice-cream/228-ice-cream-hardness.html>. Acesso em: 14 abr. 2021

MULLAN, W.M.A. **Compositional standards for ice cream.** [s.l.], 2016. Disponível em: <https://www.dairyscience.info/index.php/202-uncategorised-sp-269/296-standards.html> . Acesso em: 12 abr., 2021

PARK, Y.W. *et al.* Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Journal Small Ruminant Research**, v.68, p.88-113, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448806002549?via%3Dihub>. Acesso em: 20 abr. 2020.

PANESAR, P. S.; KUMARI, S.; PANESAR, R. Potential applications of immobilized β -Galactosidase in food processing industries. Hindawi Publishing Corporation. **Journal Enzyme Research**. v. 2010, p. 1-16, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.4061/2010/473137>. Acesso em: 16 mar. 2021.

PEREIRA FILHO, D.; FURLAN, S. A. **Prevalência de intolerância à lactose em função da faixa etária e do sexo: experiência do laboratório Dona Francisca.** 2004. Dissertação (Mestrado em Saúde e meio ambiente). Universidade da Região de Joinville. Programa de Mestrado em Saúde e Meio Ambiente, 2004. Disponível em: http://antigo.univille.br/arquivos/1572_V5n1Prevalencia.pdf. Acesso em: 02 maio 2020.

REINECCIUS G. **Flavoring Materials Contributing to Taste.** In: Reineccius G. (eds) Source Book of Flavors. Boston: Springer. 1985. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-7889-5_12. Acesso em: 16 jun. de 2020.

RENHE, I. R. T; WEISBERG, E.; PEREIRA, D. Indústria de gelados comestíveis no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.36, n.284, p.81-86, 2015. Disponível em: <http://cozinhafitefat.com.br/wp-content/uploads/2017/01/aqui-3.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2020.

RIBEIRO, E. L. A.; RIBEIRO, H. J. S. S. **Uso nutricional e terapêutico do leite de cabra.** Semana de Ciências Agrárias, Londrina, v. 22, n.2, p. 229-235, 2001. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:gj6pJi15xREJ:www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/2057/1766+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=opera>. Acesso em: 03 maio 2020.

RODDEN, D. **Dairy goat composition.** [s.l.], 2004. Disponível em: <https://drinc.ucdavis.edu/goat-dairy-foods/dairy-goat-milk-composition>. Acesso em: 19 maio 2020.

RODRIGUEZ, V. A.; CRAVERO, B. F.; ALONSO, A. Proceso de elaboración de yogur deslactosado de leche de cabra. **Revista ciência e tecnologia de alimentos**, v. 28, p. 109-115, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v28s0/18.pdf>. Acesso em: 10/02/2021.

ROSOLEN, M. D. *et al.* **Lactose hydrolysis in milk and dairy whey using microbial β -Galactosidases.** [s.l.]: Hindawi Publishing Corporation. **Journal Enzyme Research**, v. 2015, p. 1-7. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/806240>. Acesso em: 16 mar. 2021.

SANTOS, D. O.; SALLES, H. O.; VALGUEIRO, D. E. A. **Mapeamento do efetivo caprino e ovino de raças naturalizadas do nordeste do Brasil:** resultados parciais. Embrapa Caprinos, Sobral, 3 ed. do Simpósio de Recursos Genéticos para América Latina e Caribe, p. 615 – 616, 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51794/1/rac-Mapeamento-do-efetivo.pdf>. Acesso em: 05 maio 2020.

SANTOS, A. C. *et al.* Adição de lactase na caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de iogurte de leite de cabra. **Revista Ciência Animal**, v. 29, p.59-71, 2019. Disponível em: <http://www.uece.br/cienciaanimal/dmdocuments/06.%202019%20-%20ARTIGO%20ORIGINAL.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2021.

SAVAIANO, D. A; LEVITT, M. D. Milk intolerance and microbe-containing dairy foods. **Journal Dairy Science**, v.70, p.397-406, 1987. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(87\)80023-1/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(87)80023-1/pdf). Acesso em: 02 maio 2020.

SÉGUREL, L.; BON C. On the evolution of lactase persistence in humans. **Annual Review of Genomics and Human Genetics**, v. 18, p. 297-319, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-genom-091416-035340>. Acesso em: 01 maio 2020.

SILVA, A. C. C. *et al.* Desenvolvimento e aceitação de sorvete de leite de cabra enriquecido com alfarroba. **Revista Higiene Alimentar**, v. 30, n.258/259, p. 114-118, 2016. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2016/11/2622/separata-114-118.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2021.

SOARES, C. D. M.. **Avaliação do leite de cabra cru, cru congelado, queijo minas frescal e do soro por diferentes períodos de tempo.** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Centro de Ciências Rurais.Santa Maria, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5766>. Acesso em: 28 abr. 2020.

SOUZA, J. C. B. *et al.* Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. **Revista Alimentos e Nutrição**, v.21, n.1, p.155-165, Araraquara, 2010. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/1401/923>. Acesso em: 07 jun. 2020.

SUASSUNA, J. **Cabra Murciana: importante alternativa para o combate a fome no Nordeste.** Fundação Joaquim Nabuco, [s.l.], 2003. Disponível em: <https://www.fundaj.gov.br/index.php/artigos-joao-suassuna/9635-caprinos-uma-pecuaria-necessaria-no-semiarido-nordestino>. Acesso em: 08 maio 2020.

CAMPOS, T. C. A. S. *et al.* **Use of β -galactosidase on Hydrolysis of Milk Lactose in Low Temperature.** UNOPAR Científica, Ciências Biológicas e da Saúde. v. 11, p. 51-54, 2009

Disponível em:

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:alQ1Wvk8YM0J:https://revista.pgskroton.com/index.php/JHealthSci/article/view/1437/1380+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 16 mar 2021

TREVISAN, A. P. **Influência de diferentes concentrações de enzima lactase e temperaturas sobre a hidrólise da lactose em leite pasteurizado**. 2008. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Santa Maria, 2008.

Disponível em:

<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5654/ANAPAU LATREVISAN.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2021.

THARP, B. **Diretrizes para a formulação de sorvete lácteo**. Revista sorvetes casquinhas. São Paulo: Insumos, 2010, p. 32-40. Disponível em:

http://insumos.com.br/sorvetes_e_casquinhas/materias/121.pdf. Acesso em: 15 fev. 2021.

SAHI, T. **Dietary lactose and the aetiology of human small-intestinal hypolactasia**. Gut 1978; v.19, p. 1074–1086, 1978. Disponível em:

<https://gut.bmj.com/content/gutjnl/19/11/1074.full.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2020

VARNAM A.H.; SUTHERLAND J.P. **Ice cream and related products**. In: Milk and Milk Products. Boston: Springer, 1994. Disponível em:

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-1813-6_9 . Acesso em: 20 jun. 2020.

W. S. **Ice cream**. 4 ed. New York: Springer Science, 1986. 495 p., 1986 [E-book]. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5447-6>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

ZOLNERE, K.; CIPROVICA, I. The comparison of commercially available β -galactosidases for dairy industry: review. **Journal Food Science**, research for rural development, 2017. v. 1, p 215-222. Disponível em: https://llufb.llu.lv/conference/Research-for-Rural-Development/2017/LatviaResRuralDev_23rd_2017_vol1-215-222.pdf. Acesso em: 16 mar. 2021