

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO LEITE E DERIVADOS
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO LEITE E
DERIVADOS

AURÉLIA FARIA RAMOS

AVALIAÇÃO DE ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS, SENSORIAIS E
REOLÓGICOS DE SORVETE GOURMET ELABORADO COM TEOR
REDUZIDO DE LACTOSE.

JUIZ DE FORA

2016

AURÉLIA FARIA RAMOS

**AVALIAÇÃO DE ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS, SENSORIAIS E
REOLÓGICOS DE SORVETE GOURMET ELABORADO COM TEOR
REDUZIDO DE LACTOSE.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre

Orientador: Prof. DSc. Luiz Carlos Gonçalves Costa Júnior

JUIZ DE FORA

2016

Avaliação de aspectos físico-químicos, sensoriais e reológicos de sorvete gourmet elaborado com teor reduzido de lactose.

Aurélia Faria Ramos

ORIENTADOR: Prof. DSc. Luiz Carlos Gonçalves Costa Júnior

Dissertação de Mestrado submetida ao Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. DSc. Renata Golin Bueno Costa

Prof. DSc. Fernando Antônio Resplande Magalhães

Prof^ª. DSc. Sandra Maria Pinto

Prof. DSc. Maximiliano Soares Pinto

Prof. DSc. Luiz Carlos Gonçalves Costa Júnior

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo que fez. Por me fazer crescer com as pequenas e grandes coisas. Pela Sua maravilhosa graça, pelo consolo e constante companhia.

Ao meu marido, Carlos Alberto, por ser meu suporte. Pelas palavras de encorajamento, orações, amor e pela dedicação incondicional à nossa família.

Aos meus filhos, João Vítor e Pedro Henrique, por ocuparem todos os espaços do meu tempo com muita alegria. Cuidar de vocês é minha maior missão.

Aos meus pais, Addson e Sônia, pelo cuidado diário e dedicação ao longo da vida. Esta vitória dedico a vocês.

Ao meu irmão, Luciano, que mesmo distante contribui para o que sou hoje.

Aos meus sogros, Carlos Alberto e Joanilza, que como pais, participam da minha vida e torcem por mim.

Ao professor Luiz Carlos Gonçalves Costa Júnior pela orientação durante todo o desenvolvimento deste trabalho, pelas sugestões e disposição constante. Muito Obrigada!

Aos professores Renata Golin Bueno Costa e Fernando Antônio Resplande Magalhães pela disposição e empenho em participar das etapas do experimento.

Ao professor Marcio Roberto Silva e Leticia Scafutto pela fundamental colaboração nas análises estatísticas.

Aos professores participantes da banca pela disponibilidade e contribuição neste trabalho.

A todos os professores da EMBRAPA, ILCT e UFJF pelos ensinamentos e prazerosos momentos em sala de aula.

A sorveteria Ebenezer por ceder o espaço e tempo de produção para a fabricação dos sorvetes.

A Lorena Fernandes e Raphaella do Carmo Silva pela ajuda na execução do experimento.

Aos funcionários do laboratório de físico-química do ILCT pela dedicação e compromisso durante as análises.

A todos os que fizeram parte deste sonho, meu muito obrigada!

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo elaborar um sorvete gourmet à base de leite com teor reduzido de lactose. Foram fabricados, um sorvete tradicional de chocolate e outro sorvete de mesmo sabor com lactose hidrolisada. A quantidade de enzima lactase utilizada foi de 0,07% (m/m) sobre o volume da calda preparada. A hidrólise foi realizada a 45 °C/três horas nas três repetições experimentais. O binômio tempo e temperatura utilizados foram suficientes para a completa hidrólise da lactose na calda para elaboração do sorvete, o que foi comprovado pela análise do perfil de carboidratos empregando cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC) e que permite ao intolerante à lactose, seu consumo mantendo em sua alimentação as propriedades nutritivas do leite sem prejuízos à saúde. As análises físico-químicas e sensorial foram realizadas após a fabricação dos sorvetes. A análise reológica, determinação de pH e acidez titulável foram realizados após a fabricação e aos 20 e 40 dias de armazenamento dos sorvetes com e sem lactose. A hidrólise da lactose não influenciou os teores de gordura, proteína, cinzas, *overrun* e viscosidade ($p > 0,05$), quando comparado aqueles com lactose. Diferenças significativas ($p < 0,05$) para os teores de açúcar redutor, expresso como lactose, e não redutor, expresso como sacarose, entre os dois tratamentos foram identificadas. Os resultados ainda demonstraram aumento de acidez titulável ($p < 0,05$) durante armazenamento em ambos tratamentos. Para o sorvete sem lactose houve uma elevação da acidez no produto recém-fabricado até o 20º dia. O pH alterou significativamente ($p < 0,05$) no tempo, mas não entre os tratamentos. O sorvete sem lactose apresentou maior taxa de derretimento que o sorvete com lactose ($p < 0,05$). Dos atributos sensoriais avaliados, o sabor, gosto doce e aparência apresentaram-se com maior aceitação ($p < 0,05$) no sorvete com lactose, além da maior intenção de compra, porém, a textura e cremosidade tiveram iguais aceitação ($p > 0,05$) nos produtos com e sem lactose. Para a análise de perfil de TPA, dureza e elasticidade se comportaram de forma semelhante ($p > 0,05$) para em ambos os sorvetes. Para a gomosidade e adesividade, somente no sorvete sem lactose houve redução durante armazenamento ($p < 0,05$), sendo que logo após a fabricação somente a gomosidade foi maior no produto com lactose hidrolisada. A coesividade

comportou-se de forma similar nos dois tratamentos, não alterando-se entre eles ($p > 0,05$) e aumentando em ambos, e posteriormente estabilizando ($p < 0,05$).

Palavras-chave: Hidrólise da lactose. Intolerância à lactose. B-galactosidade. Gelado comestível.

ABSTRACT

This study aimed to prepare a gourmet ice cream from milk with reduced lactose content. They were made, a traditional chocolate ice cream and other ice cream of the same flavor with hydrolyzed lactose. The amount of lactase enzyme used was 0.07% (m/m) over the volume of the prepared syrup. The Hydrolysis was performed at 45°C/three hours for the three experimental replicates. The binomial time and temperature used temperature were sufficient to complete hydrolysis of lactose in the syrup to prepare the ice cream, which was confirmed by analyzing the carbohydrate profile using liquid chromatography high performance (HPLC), which allows the lactose intolerant, consumption keeping in their diet the nutritional properties of milk without damage to health. The physicochemical and sensory analyzes were performed after the manufacture of ice cream. The rheological analysis, determination of pH and titratable acidity were carried out after manufacture and after 20 and 40 days of storage of ice cream with and without lactose. The hydrolysis of lactose did not affect the levels of fat, protein, ash, overrun and viscosity ($p>0.05$) when compared to those with lactose. Significant differences ($p<0.05$) for the reducing sugars content, expressed as lactose, non-reducing and expressed as sucrose, between the two treatments were identified. The results also demonstrated increased acidity ($p<0.05$) during storage in both treatments. For the lactose-free ice cream there was a rise in acidity newly manufactured product until the 20th day. The pH significantly changed ($p<0.05$) in time, but not between treatments. The lactose-free cream showed higher melting rate of the ice cream with lactose ($p<0.05$). The assessed sensory attributes, flavor, sweet taste and appearance were presented with greater acceptance ($p<0.05$) in ice cream with lactose, and the higher purchase intent, but the texture and creaminess have equal acceptance ($p>0,05$) with products and lactose. To profile analysis TPA, hardness and elasticity behaved similarly ($p>0.05$) in both ice creams. For the tackiness and adhesiveness only on lactose cream during storage was reduced ($p<0.05$), that after manufacturing only tackiness was higher in the product with hydrolyzed lactose. The cohesiveness behaved similarly in the two treatments is not changing between them ($p>0.05$) increase in both, and then stabilizing ($p<0.05$).

Keywords: Hydrolysis of lactose. Lactose intolerance. B-galactosidase. Edible ice cream.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura química dos isômeros de lactose.....	17
Figura 2 - Hidrolise da lactose pelo método químico.....	19
Figura 3 - Hidrólise da lactose pelo método enzimático.....	20
Figura 4 - Patogênese da intolerância à lactose.....	21
Figura 5 - Consumo em milhões de litros de sorvete no Brasil.....	25
Figura 6 - Consumo per capita em litros de sorvete no Brasil.....	26
Figura 7 - Gotícula de gordura durante a maturação.....	28
Figura 8 - Curva típica de uma análise instrumental do Perfil de Textura..	31
Figura 9 - Fluxograma de produção dos sorvetes experimentais.....	37
Figura 10 - Modelo de ficha de avaliação para a escala hedônica de sete pontos aplicada para os sorvetes tradicional e adicionado de lactase.....	42
Figura 11 - Comportamento da amostra no início do derretimento.....	48
Figura 12 - Comportamento da amostra após 10 minutos.....	48
Figura 13 - Comportamento da amostra após 20 minutos.....	49
Figura 14 - Comportamento da amostra após 30 minutos.....	49
Figura 15 - Comportamento da amostra após 40 minutos.....	49
Figura 16 - Comportamento da amostra após 50 minutos.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição do leite bovino de raças ocidentais.....	15
Tabela 2 – Porcentagem (m/m) de ingredientes utilizados na produção dos sorvetes.....	36
Tabela 3 – Composição centesimal dos sorvetes elaborados com e sem lactose.....	44
Tabela 4 – Perfil de carboidrato do sorvete sem lactose.....	45
Tabela 5 – Teor de acidez titulável dos sorvetes com e sem lactose.....	46
Tabela 6 – Valores de pH nos sorvetes com e sem lactose.....	46
Tabela 7 – Escala hedônica de 1 a 7 pontos dos atributos sensoriais dos sorvetes.....	50
Tabela 8 – Escala de intenção de compras de 1 a 5 pontos dos sorvetes com e sem lactose.....	52
Tabela 9 – Perfil médio de textura dos sorvetes com lactose e sem lactose com 0, 20 e 40 dias de armazenamento.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIS - Associação Brasileira das Indústrias de Sorvetes

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CCQA - Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos

CV - Coeficiente de Variação

EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

HPLC - High Performance Liquid Chromatography

ILCT - Instituto de Laticínios Cândido Tostes

ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

RDC - Resolução da Diretoria Colegiada

TPA - Texture Profile Analysis

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 O Leite.....	14
2.2 Lactose.....	17
2.2.1 Hidrólise da lactose.....	18
2.2.2 Intolerância à lactose.....	20
2.3 Lactase.....	23
2.4 Sorvetes.....	24
2.4.1 Processamento dos sorvetes.....	26
2.4.2 Qualidade do sorvete.....	28
2.5 Reologia aplicada ao sorvete.....	30
2.5.1 Análise do Perfil de Textura (TPA).....	31
2.6 Análise sensorial.....	32
3 OBJETIVOS.....	33
3.1 Objetivo Geral.....	33
3.2 Objetivos Específicos.....	33
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4.1 Seleção da lactase.....	34
4.2 Formulação do sorvete.....	35
4.3 Processamento das formulações de sorvete.....	36
4.4 Composição centesimal.....	39
4.5 Resistência ao derretimento.....	40
4.6 Análises reológicas.....	40
4.7 Cálculo do <i>Overrun</i>	41
4.8 Análise sensorial.....	41
4.9 Viscosidade.....	43
4.10 Análise estatística.....	43
5 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	44
5.1 Determinações físico-químicas.....	44
5.1.1 Composição centesimal, pH e acidez titulável.....	44
5.1.2 <i>Overrun</i>	47
5.1.3 Avaliação da taxa de derretimento (g/min).....	47

5.2 Análise sensorial.....	50
5.3 Análise reológica.....	52
5.3.1 Análise do Perfil de Textura (TPA).....	52
5.3.2 Viscosidade.....	55
6 CONCLUSÃO.....	56
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

O leite é um alimento importante à alimentação humana por conter nutrientes essenciais à saúde do organismo, sua composição é rica em proteínas, gordura, carboidratos, sais minerais e vitaminas que proporcionam nutrientes e proteção imunológica ao neonato. Entretanto, grande parte da população mundial não pode consumir este alimento por ser incapaz de digerir adequadamente a lactose, principal açúcar do leite.

A intolerância à lactose ou hipolactasia é uma patologia comum entre a população mundial que decorre da incapacidade de digerir o dissacarídeo lactose devido à deficiência ou ausência da enzima β -galactosidase, popularmente conhecida como lactase. A enzima lactase hidrolisa lactose em glicose e galactose que são absorvidas pela mucosa intestinal. A lactose, não sendo hidrolisada, não é absorvida no intestino delgado e passa rapidamente para o cólon, aumentando a carga osmótica. No cólon, a lactose é convertida em ácidos graxos de cadeia curta, gás carbônico e gás hidrogênio pelas bactérias da microbiota produzindo acetato, butirato e propionato.

Os sintomas típicos incluem dor abdominal, sensação de inchaço no abdome, flatulência, diarreia, borborigmos e, particularmente nos jovens, vômitos. A severidade desses sintomas depende da quantidade ingerida e do tanto que cada pessoa pode tolerar.

A recomendação dietética para indivíduos com hipolactasia é a redução ou exclusão de alimentos que contenham lactose. Entretanto, a restrição do consumo de leite e derivados devido à intolerância à lactose é discutida em função de seu alto valor nutricional.

Vários estudos indicam que a hidrólise enzimática por meio da enzima lactase, é um dos métodos mais interessantes para a redução do teor de lactose em leites e derivados, reduzindo os sintomas em pessoas com intolerância a esse carboidrato e possibilitando a ingestão de adequada de nutrientes.

Produtos à base de leite, como os sorvetes, são apontados como alimentos de excelente valor nutritivo e de características sensoriais desejáveis, o que o torna um alimento bem consumido em todas as faixas etárias.

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Sorvetes (ABIS), o Brasil, em 2014, encontrava-se em décimo lugar em escala de produção e em décimo primeiro em produção mundial, com um consumo *per capita* de 6,50L/ano, dando ao mercado de sorvetes ótimas perspectivas de crescimento.

Para o mercado produtor de sorvetes, além dos aspectos econômicos, torne-se necessário um estudo do comportamento do consumidor no que diz respeito ao consumo de sorvetes diante diferentes conceitos, que sejam adicionados de nutrientes benéficos à saúde ou com teores reduzidos de gorduras ou açúcares a fim de identificar possíveis nichos de mercado.

Diante do exposto, entende-se que o mercado crescente de sorvetes carece de um produto que possua um elevado valor nutricional e que seja, opcionalmente, isento de lactose a fim de atender ao indivíduo com intolerância a este dissacarídeo. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sorvete á base de leite com teor reduzido de lactose e avaliar as características físico-químicas, sensoriais e reológicas.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 O Leite

Segundo a legislação brasileira entende-se por leite o produto oriundo da ordenha completa e ininterrupta, em condições de higiene, de vacas saudáveis, bem alimentadas e descansadas (Brasil, 2002). O leite é considerado um alimento fluido secretado das fêmeas de todas as espécies de mamíferos, sendo sua principal função atender os requerimentos nutricionais dos neonatos (FOX, 1998). Contém aproximadamente 86% de água e está constituído por uma mistura de várias substâncias como lactose e minerais em solução, gorduras em forma de emulsão, vitaminas e gases (ORNELAS, 2001).

O leite é considerado o mais nobre dos alimentos, por sua rica composição e proteção imunológica para o neonato. Além de suas propriedades nutricionais, o leite oferece elementos anticarcinogênicos, presentes na gordura, como o ácido linoleico conjugado, esfingomielina, ácido butírico, β caroteno, vitaminas A e D (MULLER, 2002).

O hábito de consumir leite de outras espécies pelo homem iniciou com a domesticação dos primeiros mamíferos, após o estabelecimento da agricultura. Desde então, o consumo do leite nas dietas tradicionais varia bastante entre as diferentes regiões do mundo, sendo as regiões mais ao norte do globo os maiores consumidores, como a Europa e os Estados Unidos (ANTUNES e PACHECO, 2009).

A composição do leite é diferente para cada raça e também varia de acordo com a alimentação do animal, a individualidade, a estação do ano, a época de lactação, doenças, estado nutricional do animal, fisiologia, ordenhas (número, intervalo e processo) fraudes e adulterações (ORNELAS, 2001; SILVA, 1997; FOX 1998)

Vários são os componentes do leite e o que apresenta em maior proporção é a água sendo os demais formados principalmente por gordura, proteínas e carboidratos, todos sintetizados nas glândulas mamárias. Ainda existem pequenas quantidades de substâncias minerais, substâncias hidrossolúveis transferidas diretamente para o plasma sanguíneo e traços de enzimas (TREVISAN, 2008). A composição média do leite com relação as

principais classes de compostos e a faixa de valores médios do leite de raças bovinas ocidentais (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição do leite bovino de raças ocidentais

Componente	Porcentagens médias	Variação entre as raças ocidentais (porcentagens médias)
Água	86,6	85,4 – 87,7
Lipídeos	4,1	3,4 – 5,1
Proteínas	3,6	3,3 – 3,9
Lactose	5,0	4,9 – 5,0
Cinzas	0,7	0,68 – 0,74

Fonte: FENNEMA, 2010

A água é o componente mais abundante onde se encontram em solução os demais constituintes. o leite bovino contém os mais complexos lipídeos conhecidos. Os triacilgliceróis estão presentes como glóbulos de 2 a 6 μ m de diâmetro, envoltos por material da membrana, eles representam a maior porção destes lipídeos em torno de 96-98% do total (FENNEMA, 2010). Os glóbulos de gordura estão protegidos por uma membrana de natureza proteica, na qual ficam associados fosfolipídeos, proteínas e outras substâncias (TREVISAN, 2008). A gordura é o constituinte que sofre mais variação em razão de alimentação, raça, estação do ano e período de lactação (SILVA, 1997).

As proteínas do leite de vaca possuem alta qualidade nutritiva constituindo uma ótima fonte de aminoácidos essenciais e, ainda, contém um conjunto de proteínas com diversas atividades biológicas, incluindo fatores de crescimento e agentes microbianos, além de hormônios, enzimas, anticorpos e imunomoduladores (TOMBINI et al., 2012).

As caseínas encontram-se unidas ao fosfato de cálcio em um complexo esférico específico altamente hidratado, podendo ser coagulada por ação de ácidos, coalho e ou álcool e é formada por várias submicelas α (α_{s1} , α_{s2}) β , κ e γ (FENNEMA, 2010). As caseínas representam 80% das proteínas totais e sua principal função biológica é carrear cálcio e fosfato. As soroproteínas são formadas pelas frações: albumina do soro, α -lactoalbumina e β -lactoglobulina,

imunoglobulinas e proteases-peptonas (ANTUNES e PACHECO, 2009). Representam em média 20% da proteínas totais presentes no leite (TREVISAN 2008).

O leite contém quantidades significativas de cloro, fosfato, potássio, sódio, cálcio e magnésio e baixos teores de ferro, alumínio, bromo, zinco e manganês, formando sais orgânicos e inorgânicos. A estabilidade das caseínas depende da associação entre os sais e as proteínas do leite (SILVA, 1997).

Dentre os minerais presentes no leite, a importância do cálcio se deve a alta absorção do elemento em alimentos lácteos quando comparado a outros alimentos (TOMBINI et al., 2012).

O leite contém ainda diversas vitaminas, classificadas como lipossolúveis (A, D, E e K) e hidrossolúveis (B e C). A concentração das vitaminas lipossolúveis depende da alimentação do gado, exceto a vitamina K, pois esta é sintetizada no sistema digestório dos ruminantes. Por ser rico em muitas vitaminas, o leite é considerado um importante alimento de fortificação, fundamental no combate a carências nutricionais específicas como, por exemplo, a carência de vitamina A (TOMBINI et al., 2012).

O leite um alimento extremamente favorável ao crescimento microbiano devido à disponibilidade de nutrientes, sua alta atividade de água e seu pH próximo da neutralidade (ARCURI et. al., 2006). A taxa de multiplicação dos diferentes tipos de microrganismos está diretamente relacionada com a temperatura de armazenamento do leite. Por exemplo, a taxa de coliformes duplica a cada 20 a 30 minutos quando o leite é submetido à temperatura de 25 a 40 °C, enquanto que mantido sob temperaturas de 2 a 5 °C, reduz-se a possibilidade de multiplicação das bactérias capazes de transformar a lactose em ácido láctico (TREVISAN, 2008).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou a Instrução Normativa nº 51, que estabelece o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite Tipo A, do Leite Tipo B, do Leite Tipo C e do Leite Cru Refrigerado. Sendo assim, constam na legislação os requisitos de qualidade, incluindo a contagem padrão de bactérias no leite (BRASIL, 2002).

As principais propriedades físico-químicas do leite são: pH que variam de 6,4 a 6,9, acidez titulável que varia de 0,14 a 0,18 g de ácido láctico em 100

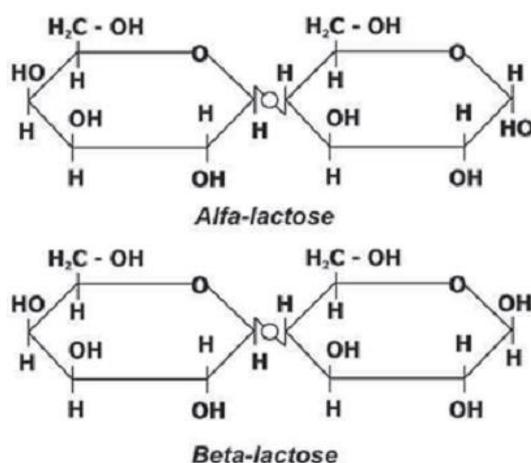
mL; densidade relativa a 15 °C, que varia de 1.028 a 1.034 g/mL e índice crioscópico máximo de -0,512 °C. Essas propriedades auxiliam na caracterização do leite e determinação de sua qualidade. (BRASIL, 2002).

2.2 Lactose

A lactose (4-O- β -D-galactopiranosil-D-glicose) é o principal carboidrato do leite e encontra-se presente em grande quantidade no soro, em torno de 70 %, e no leite integral, 5 % em base seca. Aproximadamente 50 % do extrato seco desengordurado do leite de vaca são compostos por lactose, que representa 30 % do valor energético do produto. (PEREIRA et al., 2012). A lactose é um dissacarídeo formado por glicose e galactose, este dissacarídeo é hidrolisado pela enzima intestinal β -D-galactosidase ou lactase. (BARBOSA e ANDREAZZI, 2011).

A lactose é sintetizada nas células alveolares da glândula mamária a partir de glicose sanguínea produzida essencialmente no fígado a partir do ácido propiônico proveniente da fermentação ruminal (LONGO, 2006).

A lactose é encontrada sob duas formas isoméricas cristalinas α hidratada e β anidra as quais apresentam propriedades físicas distintas. Em solução, há a transformação de uma na outra até alcançar o equilíbrio (Figura 1), fenômeno denominado mutarrotação (PEREIRA et al., 2012).



Fonte: PEREIRA et al., 2012

Figura 1 – Estrutura química dos isômeros de lactose

Apesar de ser um açúcar, a lactose tem baixo poder edulcorante quando comparado aos da frutose, sacarose, glicose e galactose. É um açúcar classificado como redutor por possuir grupos capazes de se oxidarem na presença de agentes oxidantes em soluções alcalinas, sendo esta propriedade importante para análise dos açúcares. Por possuir um grupo aldeído livre reage com aminas de proteínas, peptídeos e aminoácidos dos produtos lácteos ocasionando a reação de Maillard (reação de escurecimento não enzimático) responsável pela formação de compostos escuros denominados melanoidinas (CAMPOS, 2014; BACELAR JUNIOR, 2013; PEREIRA, 2012).

A lactose tem como característica a baixa solubilidade em água (15 a 20 %). Quando comparada à sacarose é cerca de dez vezes menos solúvel. Faz parte, juntamente com substâncias minerais, como fósforo, sódio e cloretos, das substâncias com atividade osmótica do leite. A sua retirada pode provocar uma redução de mais de 50 % do ponto de congelamento. (TREVISAN, 2008).

Fisiologicamente, a lactose é uma substância energética e seus monossacarídeos entram na constituição dos cerebrosídeos. No organismo humano participa como promotor da absorção e retenção do cálcio no intestino e na absorção de magnésio e manganês (TREVISAN, 2008). Estudos indicam que a lactose da dieta aumenta a absorção de cálcio e, inversamente, que a dieta isenta de lactose resulta na menor absorção de cálcio (BARBOSA E ANDREAZZI, 2011).

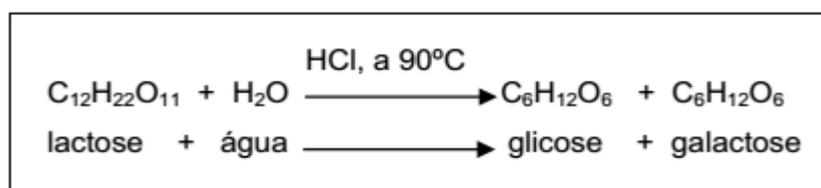
Na indústria alimentícia, a lactose tem várias aplicações. É utilizada em doces, confeitos, pães e recheios, e também fornece boa textura, cor e liga para a água (TREVISAN, 2008).

2.2.1 Hidrólise da lactose

A hidrólise da lactose é um processo crescente e promissor para a indústria de alimentos por possibilitar a fabricação de produtos sem lactose em sua formulação. Contribui para a redução deste carboidrato para pessoas com intolerância à lactose, além de prevenir a cristalização desse carboidrato na produção de sorvetes e produtos fermentados. O interesse comercial desta

enzima tornou-se mais elevado na década de sessenta, devido ao crescimento do comércio de produtos lácteos (LONGO, 2006; CHIQUETTI, 2014).

A redução do teor de lactose pode ser conseguida por meio da remoção física (ultrafiltração), hidrólise ácida e por catálise enzimática, com utilização da lactase. A hidrólise ácida necessita de alta temperatura (90 °C a 150 °C) e pH ácido (1,2) durante três minutos, não podendo ser aplicada à hidrólise da lactose em leite e a soluções contendo proteína livre por causar a desnaturação proteica. A adição de ácidos fortes como ácido clorídrico ou ácido sulfúrico associados às altas temperaturas podem provocar alteração na coloração e odor o que impede sua utilização nos alimentos (Figura 2) (ILHA, 1992; CHIQUETTI, 2014; PEREIRA, 2014).

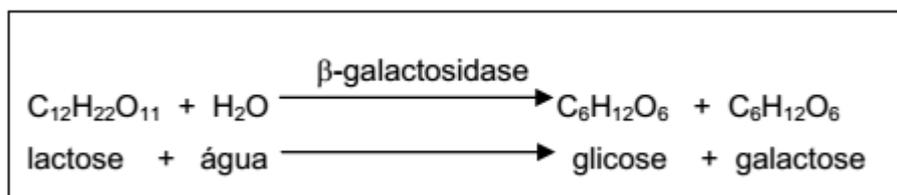


Fonte: LONGO, 2006

Figura 2 - Hidrolise da lactose pelo método químico

A remoção física da lactose, por ultrafiltração, provoca mudanças no sabor e também em perdas de minerais, vitaminas e no valor energético do leite (ILHA, 1992).

A hidrólise enzimática é um dos métodos mais interessantes para redução do teor de lactose em leite e derivados. Esse processo é conhecido e utilizado em escala industrial por permitir a fabricação de produtos mais facilmente digeríveis por pessoas portadores de intolerância à lactose (PEREIRA, 2014). Nele a enzima β -galactosidase, na forma livre ou imobilizada, hidrolisa a ligação β (1-4) da molécula de lactose, dando origem aos seus monômeros glicose e galactose (Figura 3) (FISCHER, 2010).



Fonte: LONGO, 2006

Figura 3 – hidrólise da lactose pelo método enzimático

Na hidrólise enzimática a reação se processa a temperatura relativamente baixa, numa faixa que pode variar de 4 °C a 40 °C, sendo a temperatura ótima de 30 °C a 40 °C, permitindo economia energética, além de não formar produtos colaterais (LONGO, 2006). Da hidrólise resultam aumento da doçura, da solubilidade, maior pressão osmótica e fermentabilidade (ILHA, 1992). Outra vantagem da utilização da enzima lactase deve-se da redução da concentração da lactose em níveis aceitáveis e o aumento da concentração de glicose e galactose, açúcares com propriedades mais solúveis e menos propensos a cristalização. (CHIQUETTI, 2014).

2.2.2 Intolerância à lactose

Denomina-se intolerância alimentar quaisquer respostas anormais do organismo mediante o consumo de determinados alimentos sem que ocorra uma resposta imunológica. No caso da intolerância à lactose, ocorre uma deficiência na produção da enzima β-D-galactosidase popularmente conhecida como lactase, que é a enzima responsável pela degradação da lactose (BACELAR JUNIOR, KASHIWABARA e SILVA, 2013; PINTO et. al. 2015)

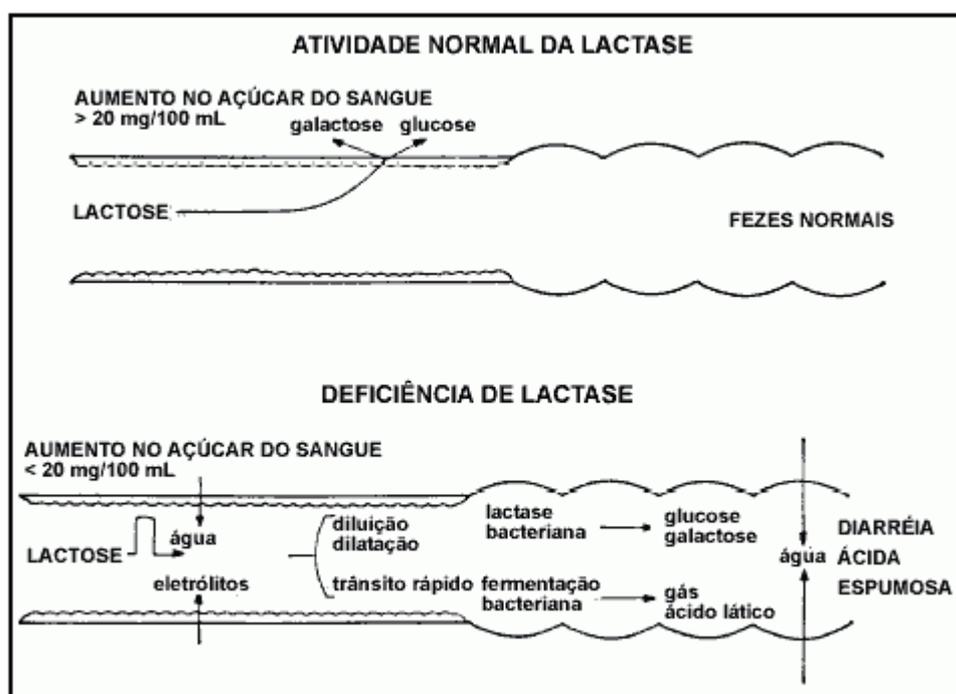
O açúcar proveniente do leite e derivados não é absorvido pelo organismo na forma de lactose. Para que este seja absorvido no intestino ele deve ser hidrolisado, dando origem à glicose e à galactose. Estes monossacarídeos são absorvidos pelas células epiteliais, por transporte ativo, e a galactose é metabolizada em glicose no fígado (ILHA, 1992).

A lactase, enzima responsável pela hidrólise da lactose, situa-se na nas vilosidades da parede intestinal. A produção de lactase intestinal pode começar a diminuir a partir da época do desmame até atingir teores muito baixos, podendo até mesmo tornar-se ausente, ocasionando a má digestão da lactose.

A diminuição na atividade da enzima lactase recebe o nome de hipolactasia ou lactase não persistente (BACELAR JUNIOR, KASHIWABARA e SILVA, 2013; ILHA, 1992; PEREIRA 2012)

Quando a quantidade de lactose ingerida é maior do que a quantidade suportada pelo organismo são evidenciados os sintomas de intolerância à lactose e o indivíduo começa a manifestar sintomas de desconfortos gastrointestinais (PEREIRA et. al. 2012).

A lactose não hidrolisada permanece no intestino e atua osmoticamente para atrair água para a luz intestinal, onde as bactérias fermentam a lactose não digerida, gerando ácidos graxos de cadeia curta, dióxido de carbono e gás hidrogênio. Os sintomas mais comuns são inchaço, flatulência, borborismo, vômitos, cólicas e diarreia. A severidade dos sintomas depende da quantidade ingerida e da quantidade de lactose que cada pessoa pode tolerar (Figura 4) (TREVISAN, 2008; FAEDO et al 2013, PARRA, 2015).



Fonte: OLIVEIRA, 2013.

Figura 4 - Patogênese da intolerância à lactose

A intolerância à lactose e a alergia à proteína do leite de vaca são comumente confundidas e possuem distintos mecanismos fisiopatológicos. A alergia em recém-nascidos é causada por uma reação imunológica, onde a

proteína presente no leite, mais frequentemente a β - lactoglobulina e as caseínas são reconhecidas pelo sistema imune, provocando assim o desenvolvimento da alergia (PINTO et. al. 2015).

A má absorção de lactose ou hipolactasia possui três formas distintas: primária, secundária e deficiência congênita. (ILHA, 1992; MATTAR e MAZO, 2010).

A intolerância à lactose tipo primária é a deficiência que ocorre, geralmente em adultos, os quais tiveram níveis normais de lactase durante a infância. Com o passar dos anos a diminuição na produção de lactase em humanos é geneticamente programada e irreversível. A deficiência primária é de transmissão autossômica e recessiva. (ILHA, 1992; OLIVEIRA, 2013).

A intolerância secundária à lactose é mais comum e pode ocorrer em consequência de doenças que causam algum tipo de dano à mucosa intestinal como infecções gastrointestinais, após cirurgias no aparelho digestivo ou também em prematuros em que uma imaturidade enzimática associada a um processo infeccioso que pode levar à intolerância. Neste caso, ao ser tratada a doença que deu origem à lesão, desaparecem os sintomas da intolerância e o indivíduo poderá voltar a ingerir alimentos que contenham lactose (MATTAR e MAZO, 2010; TREVISAN, 2008; ILHA, 1992; ANTUNES e PACHECO, 2009).

A deficiência congênita é um distúrbio raro e herdado geneticamente em que o indivíduo desenvolve grave diarreia fermentativa e flatulência, que se manifesta na ingestão da lactose. Ela está presente desde o nascimento e resulta de uma modificação do gene que codifica a enzima lactase. A histologia da mucosa intestinal é normal, e a atividade nas microvilosidades é baixa ou totalmente ausente. (ANTUNES e PACHECO, 2009; MATTAR e MAZO, 2010).

Estima-se que 65% da população adulta mundial fazem parte de um grupo que manifesta sinais e sintomas de má digestão da lactose. A intolerância à lactose varia entre diferentes raças e populações, sendo mais prevalente em indivíduos de cor negra, parda ou amarela, e taxas menores em indivíduos de cor branca. Quanto às populações está presente em 15% de pessoas descendentes de norte europeus, 80% nos negros e latinos e 100% dos índios americanos e asiáticos. Na África, a incidência é variável, sendo menor que 40% em nômades, e maior que 70% em outras populações. Na

Ásia, atinge de 60 a 100% dos indivíduos. Na América Latina, oscila entre 45 e 94% a população de indivíduos com hipolactasia (PEREIRA et. al. 2012)

2.3 Lactase

As enzimas são catalizadores biológicos de natureza proteica, que intervêm em todas as reações metabólicas energeticamente possíveis, as quais aceleram por ativação específica. (BACELAR JUNIOR et al, 2013)

A enzima β -D-galactosidase, popularmente conhecida como lactase, hidrolisa a lactose em suas moléculas de D-glicose e D-galactose, os quais são açúcares mais solúveis e de absorção mais rápida no intestino. Essa enzima está presente na mucosa do intestino dos mamíferos jovens, principalmente nos lactentes, e vai diminuindo após o desmame e o crescimento do indivíduo (BACELAR JUNIOR et al, 2013; RECH, 2003).

A β -galactosidase apresenta um sítio ativo caracterizado por uma ligação -SH e um grupo amidazol. O número de sítios ativos por molécula desta enzima é dependente da temperatura, sendo que a baixas temperaturas diminui a quantidade de sítios ativos, motivo pelo qual a atividade máxima da enzima ocorre em temperaturas mais elevadas (ILHA, 1992).

A β -galactosidade é amplamente distribuída na natureza, podendo ser encontrada em plantas, órgãos animais, leveduras, bactérias e fungos. As melhores fontes de lactase são: *Kluyveromyces lactis*, *Kluyveromices fragilis*, *Aspergillus niger* e de *Escherichia coli* (ILHA, 1992; RECH, 2009).

De acordo com a legislação brasileira, por meio da Resolução RDC nº 348/2003, a enzima lactase utilizada na indústria de alimentos deve ser de origem microbiana, proveniente da levedura *Kluyveromyces lactis* (BRASIL, 2003).

As propriedades das β -galactosidases, como temperatura e pH ótimos, diferem de acordo com sua fonte e com o método de preparação comercial. O pH ótimo pode variar de 3,0 a 7,5, e a temperatura ótima, de 35 a 80 °C, dependendo de qual microrganismo ela foi isolada (CAMPOS, 2009).

A hidrólise da lactose realizada com a enzima lactase é um processo usado em escala industrial e que conduz à formação de produtos mais facilmente digeríveis, mais doces e que previnem a cristalização da lactose

na produção, por exemplo, de sorvetes e doces de leite, além de ser um importante processo na indústria de alimentos devido aos efeitos potencialmente benéficos de boa aceitabilidade e que pode ser consumido por pessoas com intolerância à lactose (CAMPOS et. al. 2009; MARIOTTI et. al. 2008).

A lactose é aplicada na indústria de laticínios na fabricação de leite com baixo teor de lactose, na fabricação de doces de leite, leites aromatizados e concentrados, em leites fermentados, queijo e na fabricação de sorvetes. Outra importância da hidrólise da lactose é evitar a modificação de produtos lácteos como cristalização e textura arenosa. (RECH, 2009; ALVES, 2009)

2.4 Sorvetes

O sorvete é considerado uma mistura muito complexa. Do ponto de vista físico- químico, é estruturalmente considerado uma espuma, na qual bolhas de ar estão cobertas por cristais de gelo, glóbulos de gordura individualizados ou parcialmente fundidos e cristais de lactose. A estrutura dos glóbulos parcialmente fundidos e sua união às bolhas de ar dão ao sorvete firmeza residual depois da fusão dos cristais de gelos. Além disso, pode conter outros ingredientes, tais como emulsificantes e estabilizantes (PEREIRA, 2014; SANTOS, 2009).

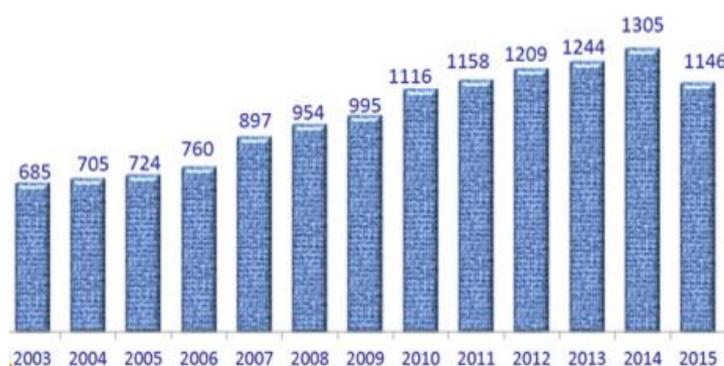
A Resolução RDC nº 266 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária define sorvete ou gelado comestível como “um produto alimentício obtido a partir de uma emulsão de gordura e proteínas, com ou sem adição de outros ingredientes e substâncias, ou de uma mistura de água, açúcares e outros ingredientes e substâncias que tenham sido submetidas ao congelamento, em condições tais que garantam a conservação do produto no estado congelado ou parcialmente congelado, durante a armazenagem, o transporte e a entrega ao consumo” (BRASIL, 2005).

O sorvete deve ser mantido a uma temperatura máxima de armazenamento de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, a qual deve ser mantida no produto. Quando o produto é exposto à venda, é tolerada a temperatura de $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ no produto (SOUZA, et. al., 2010).

Do ponto de vista físico-químico, em geral o sorvete é constituído basicamente de 10 a 17% de gordura, 8 a 12% de extrato seco desengordurado 12 a 17% de açúcares ou adoçantes, 0,2 a 0,5% de estabilizantes e emulsificantes e 55 a 65% de água. Cada componente contribui em aspectos particulares nas características do produto final (PAZIANOTTI et al., 2010; PEREIRA, 2014).

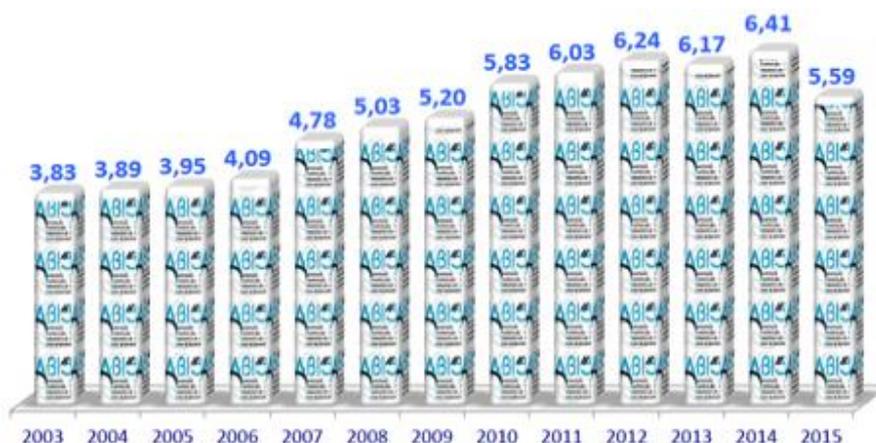
No Brasil, o mercado de sorvetes ainda é baixo quando comparado ao de países como a Suíça, onde se faz muito frio em boa parte do ano e o consumo chega a mais de 14 litros/habitante/ano. Porém, a tendência do mercado brasileiro é crescer ainda mais (SU, 2012).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Sorvetes (ABIS), o consumo total entre 2003 e 2015 cresceu 76%, passando 685 milhões de litros para mais de 1 bilhão de litros por ano (Figura 5). No mesmo período, o consumo *per capita* em litros por ano cresceu 46%, passando de 3,82 para 5,59 litros por pessoa (ABIS, 2015) (Figura, 6).



Fonte: ABIS, 2016

Figura 5 - Consumo em milhões de litros de sorvete no Brasil.



Fonte: ABIS, 2016

Figura 6 - Consumo per capita em litros de sorvete no Brasil

2.4.1 Processamento dos sorvetes

A característica de qualidade dos sorvetes é influenciada pelos diferentes ingredientes utilizados na formulação da calda. A matéria-prima utilizada na fabricação do sorvete deve ter boa procedência e ser conservada de maneira adequada com a finalidade de garantir a qualidade do produto final. (SANTOS, 2009; PEREIRA, 2014).

As etapas da elaboração de sorvetes variam de acordo com a técnica escolhida, sendo de uma forma geral agrupadas em três etapas fundamentais: (1) mistura dos ingredientes e seu aquecimento, seguida de pasteurização; (2) congelamento após a homogeneização com o propósito de aerar a mistura; (3) endurecimento, estágio em que a água não congelada do sorvete se deposita sobre os cristais de gelo (SANTOS, 2009; PEREIRA, 2014).

A mistura de sorvete representa um complexo sistema coloidal, onde algumas substâncias ocorrem em solução (açúcares e sais), outras em suspensões coloidais (caseínas, estabilizantes e alguns fosfatos de cálcio e magnésio), e os glóbulos de gordura em emulsão (SOUZA, et al., 2010).

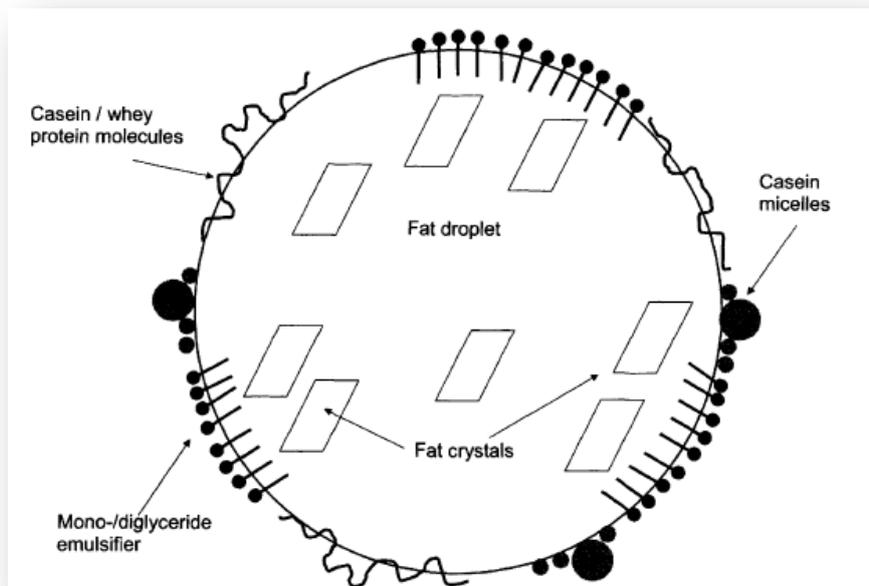
A elaboração do sorvete inicia com a mistura de ingredientes, previamente pesados e dosados, de acordo com a formulação. Os componentes líquidos são dosados em primeiro lugar e então se inicia o aquecimento e agitação. Em seguida os ingredientes secos são adicionados. A

etapa da mistura tem o propósito de liquefazer a gordura, dissolver a sacarose e o estabilizante. É importante que os componentes secos sejam previamente misturados entre si para evitar a formação de grumos (SILVA, 2012; SANTOS, 2009).

A seguir a mistura é pasteurizada entre 70 e 80 °C durante 20 a 40 segundos com a finalidade de destruir microrganismos patogênicos. No processo em batelada a pasteurização é realizada no equipamento homogeneizador à temperatura de 69 a 70 °C por 30 minutos com resfriamento rápido imediatamente após o aquecimento. Quando não há o equipamento pasteurizador os sorvetes podem ser pasteurizados artesanalmente, aquecendo a mistura a 70 °C por 30 minutos e resfriando-a rapidamente. (PEREIRA, 2014; SANTOS 2009).

O processo de maturação consiste no resfriamento da calda a uma temperatura de 0 a 4 °C por 12 a 24 horas com a finalidade de promover a solidificação da gordura e a hidratação das proteínas (Figura 7), aumentando a viscosidade da calda e melhorando a incorporação de ar e resistência ao derretimento. O processo de maturação garante mudanças desejáveis nos aspectos sensoriais do sorvete (PEREIRA, 2014; SANTOS 2009; SILVA, 2012).

A etapa de congelamento converte a mistura em sorvete pela simultânea aeração, congelamento e batimento para a geração dos cristais de gelo, das bolhas de ar e da matriz do produto. Quanto menor for a temperatura de congelamento, maior será a proporção de água congelada, formando minúsculos cristais de gelo, proporcionando a remoção do calor da mistura e estabilizando a incorporação de ar (*overrun*). A partir desta etapa obtém o sorvete, que será transferido para a câmara fria a uma temperatura de -25 °C, onde o congelamento e o endurecimento serão completados (SANTOS, 2009; SILVA, 2012; PEREIRA, 2014)



Fonte: SILVA, 2012.

Figura 7 - Gotícula de gordura durante a maturação

2.4.2 Qualidade do sorvete

A qualidade do sorvete pode ser avaliada principalmente por seu sabor, textura, consistência e “corpo”. Entende-se por “corpo” o comportamento do sorvete quando a temperatura é elevada e começa a derreter, sendo classificado em viscoso e esponjoso ou aguado e compacto. O tamanho dos cristais de gelo influencia o tipo de textura; cristais superiores a 55 μm produzem uma textura grosseira. (SANTOS, 2009; SILVA, 2012; PEREIRA, 2014)

Os ingredientes utilizados no “mix”, mistura dos ingredientes, têm extrema importância na qualidade do produto final. A gordura possui um papel essencial na textura, sabor do sorvete e consistência, que são os principais aspectos a serem considerados para o seu sucesso no mercado. Ela está presente na mistura como uma fina emulsão que coalesce parcialmente durante o congelamento. (SU, 2012).

A melhor fonte de gordura para o aumento da qualidade do sabor é o creme de leite. Outras fontes incluem manteiga sem sal, gordura láctea anidra, gordura láctea fracionada e mistura de leite condensado (SILVA, 2012).

As proteínas contribuem para o desenvolvimento da estrutura do sorvete, inclusive para emulsificação, aeração, desenvolvimento do corpo, além de apresentar propriedades funcionais tais como a interação com outros estabilizantes, estabilização da emulsão depois da homogeneização, contribuição para a formação da estrutura do gelado e capacidade de retenção de água (SOUZA et. al. 2010).

A sacarose tem como principal função conferir sabor doce, aumentar o teor de sólidos, contribuir com a textura e regular o ponto de congelamento do sorvete. Por muitos anos a sacarose foi o único edulcorante adicionado em sorvetes, porém existe uma tendência de se obter uma doçura adequada a partir da mistura da sacarose com outros agentes adoçantes. Essa mistura é desejada por causa da melhoria da qualidade edulcorante economicamente mais baratos e oportunidade de aumentar o teor de sólidos totais sem exceder a doçura desejada (SANTOS, 2009; SILVA, 2012).

A lactose intervém na textura do sorvete, dá sabor doce, mas, como é pouco solúvel, quando está em excesso pode cristalizar e produzir alterações indesejáveis na textura. (SOUZA et. al., 2010).

Sais minerais são usados há muito tempo como neutralizantes da acidez. Certos sais são utilizados para ajudar a controlar a separação da gordura na calda durante o processo de congelamento (SOUZA et. al., 2010).

Estabilizantes (goma guar, goma xantana, carragenanas e alginatos), comercialmente denominado de liga neutra, são usados em pequenas quantidades (0,1-0,5%) na mistura de sorvete, conferindo uniformidade e maciez ao corpo do produto (SILVA, 2012).

Os emulsificantes são usados para promover a uniformidade durante o batimento e reduzir o tempo dessa etapa da calda, controlar a aglomeração e o reagrupamento da gordura durante o congelamento (estabiliza a emulsão de gordura) e facilitar a distribuição das bolhas de ar, produzindo um sorvete com corpo e textura cremosa típica (SOUZA et. al., 2010).

A água constitui de 60 a 75% (m/m) da formulação do sorvete, sendo o meio em que todos os ingredientes são dissolvidos ou dispersos. Durante o

congelamento e endurecimento, a maioria da água é convertida em gelo (SILVA, 2012).

2.5 Reologia aplicada ao sorvete

A reologia é o estudo da maneira como materiais respondem a uma tensão ou a um estresse aplicado. Atualmente é considerada como a ciência da deformação e fluxo da matéria. O foco principal da reologia é avaliar a forma como os materiais respondem quando aplicada uma força. Todos os materiais possuem propriedades reológicas, de modo que a reologia pode ser aplicada em diversas áreas de estudo (SU, 2012; OLIVEIRA, 2005; TONELI et. al. 2005).

A deformação ocorre quando a matéria está no estado sólido e o escoamento, quando a matéria está no estado líquido. A propriedade reológica de interesse no caso dos sólidos é a elasticidade e no caso dos líquidos é a sua viscosidade. (GALLO, 2013).

A viscosidade da mistura é afetada pela composição (principalmente gordura e estabilizante), tipo e qualidade dos ingredientes, processamento e manuseio da mistura. Em sorvetes, com o aumento da viscosidade, a resistência ao derretimento e a cremosidade do sorvete aumentam (OLIVEIRA, 2005).

Na área de alimentos, o conhecimento do comportamento reológico tem várias aplicações: para projetos e avaliações de processos industriais, controle de qualidade, correlação com avaliação sensorial, testes de vida de prateleira, entre outros (OLIVEIRA, 2005).

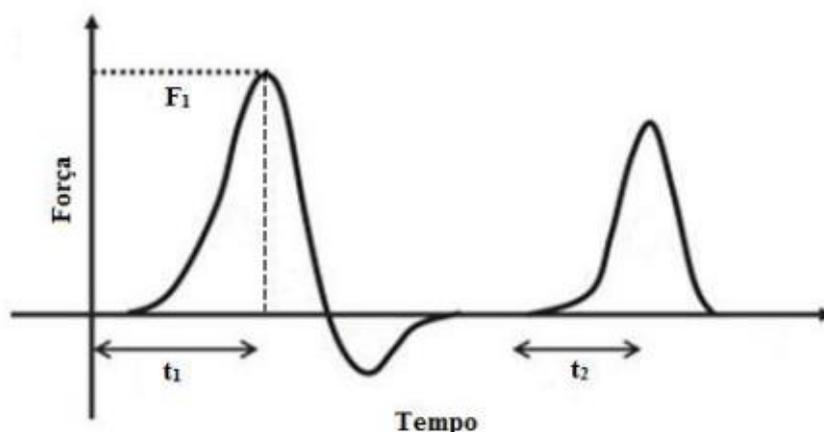
A maioria dos trabalhos abordando na reologia de sorvetes trata os resultados como aspecto qualitativo, como complemento de estudos envolvendo análise sensorial e a vida de prateleira. A literatura relata poucos estudos com o objetivo de caracterização reológica e obtenção dos seus parâmetros (OLIVEIRA, 2005).

2.5.1 – Análise do Perfil de Textura (TPA)

Conhecer as características texturais dos produtos é fundamental para a melhoria contínua da qualidade. O objetivo final da indústria de alimentos é conhecer as necessidades dos consumidores e atender sua satisfação por meio de sua percepção positiva acerca de um produto.

Um dos principais testes para estudar o comportamento mecânico de alimentos é a Análise do Perfil de Textura (TPA), *Texture Profile Analysis* (SOUZA, 2011). Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, a textura é definida como todas as propriedades reológicas e estruturais (geométricas e de superfície) de um alimento, perceptíveis pelos receptores mecânicos, táteis e eventualmente pelos receptores visuais e auditivos (ABNT, 1993).

A submissão de uma amostra de alimento a um ensaio de TPA permite a geração de um gráfico força x tempo (figura 8) e a mensuração de parâmetros mecânicos que são classificados como primários (dureza, coesividade, elasticidade, resiliência e adesividade) e secundários (gomosidade, mastigabilidade e fraturabilidade) (FOGAÇA, 2014)



Fonte: FOGAÇA, 2014

Figura 8 – Curva típica de uma análise instrumental do perfil de textura

O ponto máximo do primeiro ciclo de compressão representa a dureza (N) da amostra no TPA, ou seja, a força necessária para provocar uma

determinada deformação e por meio dessa interferência na integridade do alimento que se pode obter, através da relação entre as áreas do primeiro e do segundo ciclo de compressão, a noção dos parâmetros mecânicos, geométricos e de composição (FOGAÇA, 2014; TEIXEIRA, 2009).

2.6 Análise Sensorial

A análise sensorial é uma ciência interdisciplinar na qual os avaliadores que se utilizam da complexa interação dos órgãos dos sentidos (visão, gosto, tato e audição), medem as características sensoriais e a aceitabilidade dos produtos, como os alimentícios (GALLO, 2013).

A norma brasileira (NBR) nº 12806, define como sendo uma ciência que evoca, mede, analisa, e interpreta as reações humanas frente as características dos alimentos e materiais percebidos pelos cinco sentidos: paladar, olfato, tato, visão e audição (ABNT, 1993).

A análise sensorial normalmente é realizada por uma equipe montada para analisar as características sensoriais de um produto para um determinado fim. Pode-se avaliar a seleção da matéria prima a ser utilizada em um novo produto, o efeito de processamento, a qualidade da textura, o sabor, a estabilidade de armazenamento, a reação do consumidor, entre outros (TEIXEIRA, 2009).

Os sistema sensoriais humanos são responsáveis por avaliar os atributos dos alimentos que caracterizam sua propriedades sensoriais, sendo elas: cor, odor, gosto, textura e som. Para se fazer uma análise sensorial de um produto, existem vários métodos com objetivos específicos, que são selecionados conforme o objetivo da análise (TEIXEIRA, 2009).

Diversos estudos têm sido realizados com sorvetes utilizando a análise sensorial para avaliar formulações e processamento, seja descrevendo atributos sensoriais ou analisando o comportamento dos consumidores (SILVA, 2012)

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Elaborar sorvete sabor chocolate, à base de leite, com teor reduzido de lactose, a partir de mesma tecnologia do produto tradicional e utilizando a enzima lactase como promotor da hidrólise, verificando possíveis variações na composição físico-química, sua aceitação sensorial e aspectos reológicos, comparando ao produto tradicional.

3.2 Objetivos Específicos

- Fazer ensaios preliminares para avaliar a atuação de marcas comerciais de lactase e sua seleção para adição ao leite e comportamento na tecnologia de produção;
- Adaptar a tecnologia de produção de sorvete sem lactose a partir da tradicional empregada em sorveteria local onde foi desenvolvido o trabalho;
- Determinar e comparar as características físico-químicas dos sorvetes (sem lactose e tradicional);
- Acompanhar a vida prateleira dos sorvetes fabricados por meio do pH e acidez titulável e análises reológicas até os 40 dias;
- Avaliar e comparar as características sensoriais dos sorvetes produzidos, sem lactose e tradicional;
- Avaliar a intenção de compra dos sorvetes produzidos, sem lactose e tradicional pelos consumidores;
- Determinar e comparar o *overrun* durante a produção dos sorvetes tradicional e sem lactose;
- Acompanhar a taxa de derretimento e a viscosidade do sorvete tradicional e sem lactose após a produção.
- Determinar a análise de perfil de carboidratos para o sorvete sem lactose, para constatação da eficiência da hidrólise proposta.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido segundo um delineamento em blocos ao acaso com três repetições para análise físico-química e sensorial e delineamento em parcelas subdivididas para as análises reológicas. Duas formulações de sorvetes foram desenvolvidas, uma com a formulação tradicional de sorvete sabor chocolate e outra formulação com teor reduzido de lactose, de mesmo sabor. O sorvete foi produzido na sorveteria Ebenézer Indústria e Comércio de Sorvetes Ltda., localizada na cidade de Juiz de Fora, MG.

As análises de composição físico-química, derretimento, viscosidade e reológicas foram desenvolvidas nos laboratórios de pesquisa da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Instituto de Laticínios Cândido Tostes (ILCT). A análise sensorial foi conduzida também na EPAMIG/ILCT.

A análise de perfil de carboidratos foi realizada no Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos (CCQA) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), em Campinas, SP.

4.1 Seleção da lactase

Para a execução do experimento foram cedidas duas enzimas lactases de fabricantes distintos. O critério de escolha da lactase foi feito por meio da determinação da diferença dos índices crioscópicos do leite em pó integral reconstituído antes e após hidrólise da lactose. O leite em pó integral foi cedido pela empresa produtora do sorvete, e empregado posteriormente nas fabricações experimentais.

Utilizou-se leite em pó integral, reconstitui-se a 10% (m/v) em água. Foram feitos três testes com três repetições cada. No primeiro, um controle, e nos dois outros, após a redução da lactose com a adição das enzimas lactase distintas.

Para a redução da lactose as amostras foram mantidas em banho-maria a temperatura de 45 °C durante três horas. A quantidade de lactase

recomendada pelos fabricantes foram de 0,07% pela Global Food e 0,08% pela Christian Hansen.

A enzima lactase usada foi escolhida pelo critério de maior variação de índice crioscópico do leite reconstituído e por avaliação de um grupo de pesquisadores e técnicos da EPAMIG/ILCT, com os sorvetes já produzidos.

A enzima lactase utilizada no experimento foi de origem microbiana proveniente da levedura *Kluyveromyces lactis* conforme especificado na legislação brasileira Resolução RDC nº 348/2003 sobre utilização de enzimas na indústria de alimentos (BRASIL, 2003)

A enzima escolhida foi cedida pela empresa Global Food. Segundo o fabricante, esta enzima apresenta atividade ótima em pH entre 6,9-7,7; podendo atuar em temperatura de até 45 °C. A quantidade de lactase recomendada pelo fabricante foi de 0,07% sobre o volume da calda preparada. As informações técnicas do produto estão apresentadas.

4.2 Formulação do sorvete

Foram utilizados os seguintes ingredientes: Açúcar refinado Caravelas®, xarope de glicose de milho desidratado Cargil®, leite em pó integral Nutricon®, creme de leite em pó Cremapanna Leagel®, liga neutra HS90 Leagel®, melhorador de cremosidade Panamonte Leagel®, cacau em pó Mavalério®, lactase Maxilact®.

O sorvete tradicional foi elaborado a partir da formulação utilizada continuamente pela sorveteria. Para o sorvete com teor reduzido de lactose foram reduzidos os teores de açúcar e glicose em pó em 2% (m/m) da formulação tradicional com a finalidade de amenizar o sabor doce ocasionado pela hidrólise da lactose. As duas formulações foram produzidas com três repetições (Tabela 2).

Tabela 2 – Porcentagens (m/m) de ingredientes utilizados na produção dos sorvetes

Ingredientes	Tradicional	Sem lactose
Leite em pó integral (%)	14,5	14,5
Açúcar (%)	13	11
Glicose em pó (%)	3	1
Creme de leite em pó (%)	4	4
Liga HS90 (%)	0,5	0,5
Pannamont (%)	1	1
Cacau (%)	4	4
Água (%)	60	64
Lactase (%)	-	0,07

4.3 Processamento das formulações de sorvete

O sorvete foi preparado conforme a proposta da empresa onde se conduziu a experimentação. As condições de processamento e equipamentos foram fixadas e determinadas a partir de testes preliminares. Os processamentos foram feitos em sistema tipo descontínuo. A temperatura ambiente permaneceu controlada a 23 °C e o fluxo de produção manteve-se controlado seguido pelo preparo da mistura, homogeneização, batimento, congelamento, envase e endurecimento, exceto no tratamento sem lactose, onde aconteceu a hidrólise com a enzima lactase após homogeneização e resfriamento.

As etapas do processamento foram esquematizados da seguinte forma (Figura 9):

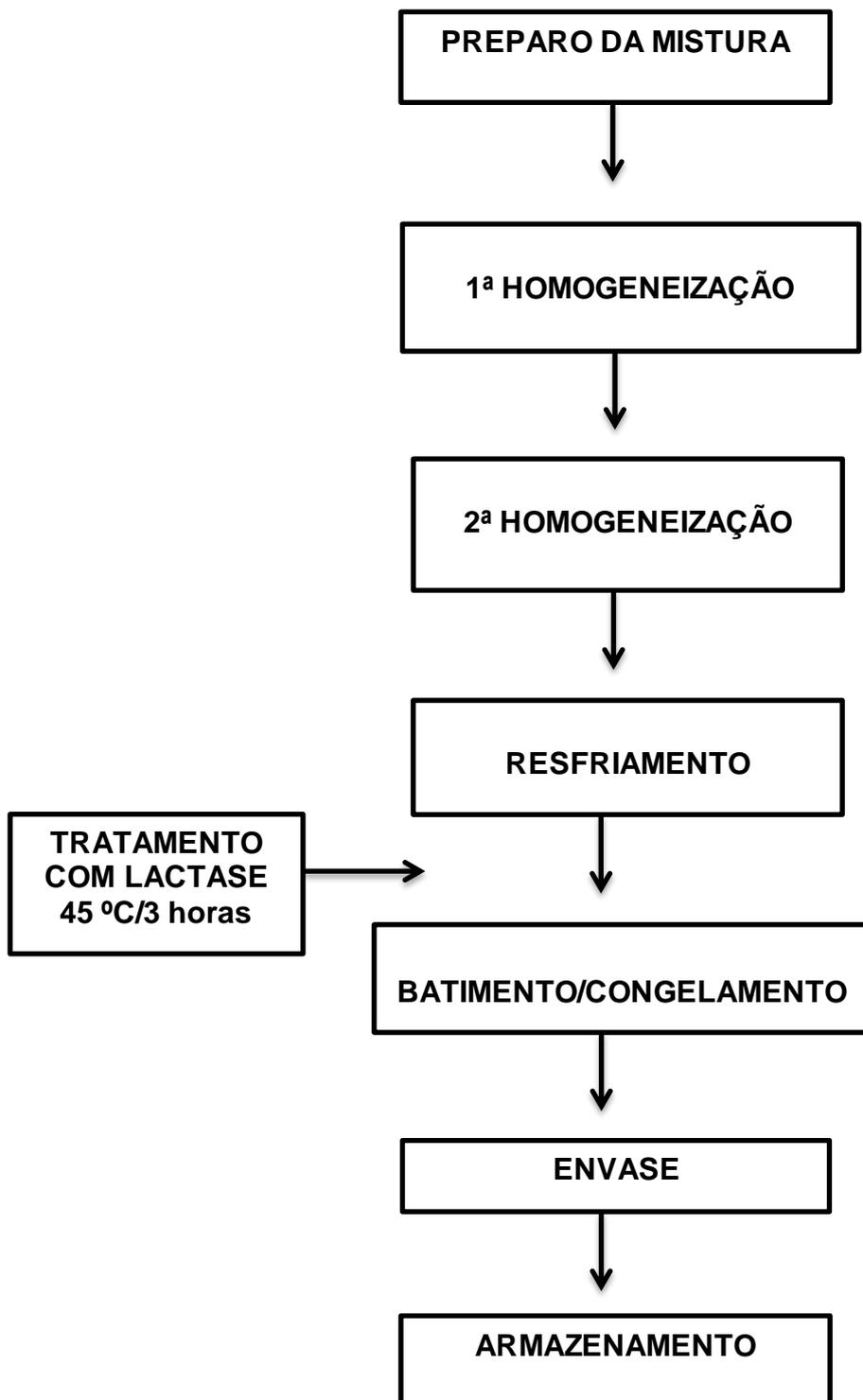


Figura 9 - Fluxograma de produção dos sorvetes experimentais.

Preparo da mistura: Os ingredientes secos foram pesados em balança digital com capacidade para cinco quilogramas e então acrescida parte da água com temperatura aproximada de 90 °C. Em seguida foram agitados durante cinco minutos em mixer aerador específico para sorvetes e picolés, modelo MIXER 15 (Minasmac).

Homogeneização: A mistura foi primeiramente homogeneizada em mixer aerador da marca Minasmac modelo MIXER 15 com capacidade para bater oito litros de calda por aproximadamente dez minutos com a água na temperatura inicial de 90 °C. Posteriormente, fez-se a segunda homogeneização, acrescentando-se a liga, o açúcar e o restante da água gelada, por mais dez minutos.

Resfriamento: A calda homogeneizada foi resfriada até aproximadamente 37 °C numa troca de calor com água gelada.

Adição da lactase: a enzima lactase foi acrescida com uso de pipeta volumétrica, capacidade 5 mL, de acordo com a formulação. A temperatura da calda estava em 37 °C. A hidrólise ocorreu em três horas a 45 °C em estufa.

Batimento/congelamento: A mistura foi agitada e congelada em batedeira de sorvete da marca Minasmac modelo PRO 16 PLUS com capacidade de 12 litros por batida até as condições de congelamento serem alcançadas (-9 °C por 30 minutos).

Envase: O sorvete foi retirado da batedeira e imediatamente colocado em baldes plásticos exclusivos para o procedimento e transferidos para recipientes plásticos de dois litros.

Armazenamento: O armazenamento foi feito em *freezers* horizontais a uma temperatura de - 18 °C por 24 horas.

4.4 – Composição centesimal

As amostras de sorvete tradicional e com adição de lactose foram avaliadas, após fabricação, quanto aos teores de:

Proteína: O percentual de proteína foi calculado após determinação do teor de nitrogênio proteico pelo método de Kjeldahl (BRASIL, 2006).

Gordura: foi determinada pelo método de Mojonnier (BRASIL, 2006).

Extrato seco total: em estufa a $102\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Brasil, 2006).

Açúcares redutores e não redutores: foi utilizado o método da Cloramina T (Brasil, 2006).

Cinzas: o teor de cinzas foi determinado pelo método gravimétrico utilizando forno de mufla a $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ (BRASIL, 2006).

Também foram determinados após a fabricação aos 20 e 40 dias, os seguintes aspectos:

pH: empregando medidor de pH marca Tecnal, modelo Tec 3MP. O sistema foi calibrado com solução tampão de pH e ajuste de temperatura (BRASIL, 2006).

Ácido titulável: por meio da titulação da amostra com solução de NaOH 0,1 mol/L, em presença de indicador fenolftaleína 1% (m/v) neutralizada. O resultado foi expresso em % de ácido láctico (BRASIL, 2006).

Para a determinação do perfil de carboidratos, foi encaminhada amostra congelada a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ em caixa de isopor devidamente lacrada para o Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). A técnica de análise utilizada foi por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC) conforme metodologia descrita por Burgner & Feinberg, 1992.

4.5 Resistência ao derretimento

Para o teste de resistência ao derretimento foram pesados em balança analítica, diretamente em béqueres, capacidade 200 mL, 100 g de cada amostra de sorvete, armazenados em *freezer* comum até o exato momento do início da análise. A amostra foi transferida do béquer para uma peneira metálica, de 100 mm de diâmetro, apoiada por um suporte, de forma que ficasse presa e firme e escoasse a amostra derretida para dentro de um funil de vidro, que finalmente escoava para um erlenmeyer, capacidade 125 mL. O funil de vidro foi colocado sobre um erlenmeyer com capacidade de 100 mL que recebia a massa de sorvete derretida.

Dois erlenmeyers foram previamente pesados. A massa de sorvete derretida foi pesada após 30 minutos, descontada a massa do erlenmeyer, que foi substituído por outro, para continuidade da análise, até o final. A análise foi acompanhada e registrada por fotografia a cada 10 minutos até o derretimento total das amostras de sorvete. A temperatura do ambiente durante as análises estava em 25 °C como recomenda a metodologia.

4.6 Análises reológicas

Para a determinação das características reológicas dos sorvetes após processamento foi utilizado um texturômetro Brookfield Modelo CT3 disponível no laboratório de físico-química do ILCT/EPAMIG.

Foram preparadas amostras de cada repetição dos dois tratamentos, com e sem lactase, com antecedência às avaliações no texturômetro, acondicionadas em recipientes cilíndricos (cadinhos de porcelana) com 40 mm de altura e 52 mm de diâmetro e mantidas em *freezer* comum na temperatura de -18 °C. As avaliações foram realizadas em temperatura controlada de 20 °C, e foram retiradas do *freezer* uma a uma com cinco minutos de antecedência aos testes com a finalidade de facilitar a penetração da probe na amostra de sorvete congelado.

Uma probe de aço inoxidável classificada como TA-39 de dimensão dois mm de largura por 20 mm de comprimento foi utilizada para fazer a leitura dos dados selecionados. A probe foi posicionada no centro geométrico da amostra

e a leitura realizada com uma velocidade de penetração de dois mm/s e a distância de penetração de 20 mm.

As análises ocorreram após a fabricação dos sorvetes, e aos 20 e 40 dias de armazenamento. As análises foram realizadas em quintuplicatas.

4.7 Cálculo do *Overrun*

O cálculo do *overrun* (ar) nos sorvetes foi avaliado pelo método descrito por Whelan et al. (2008). Foram pesados volumes iguais da mistura base e do sorvete e calculado pela equação:

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{\text{massa mistura base} - \text{massa do sorvete}}{\text{massa do sorvete}} \times 100$$

4.8 Análise sensorial

A análise sensorial foi conduzida por meio do teste de aceitação no EPAMIG/ILCT após a produção dos sorvetes. O teste foi realizado com 40 provadores não treinados/repetição/tratamento e consumidores deste tipo de produto, totalizando 240 avaliações.

As amostras foram servidas em copos descartáveis, capacidade 50 mL. Utilizou-se a escala hedônica de sete pontos que tinham como extremos “1 gostei muito” e “7 desgostei muito” (Figura 16). Os atributos sensoriais utilizados foram sabor, gosto doce, aparência, textura, cremosidade. (CHAVES E SPROESSER, 1993).

Ainda no mesmo momento foi realizada a análise de intenção de compra em que os itens de intenção variavam de “1 certamente compraria” a “5 certamente não compraria”.

Data: ____/____/____	Sexo: ()m ()f
Você está recebendo uma amostra de sorvete sabor chocolate que está codificada. Coloque na frente de cada atributo (sabor, gosto doce etc) a nota referente (1 a 7) a essa amostra conforme a escala a seguir .	
Amostra: _____	
1 - Gostei muito	
2 - Gostei moderadamente	
3 - Gostei	
4 - Não gostei nem desgostei	
5 - Desgostei	
6 - Desgostei moderadamente	
7 - Desgostei muito	
<u>Atributos</u>	
Sabor ()	
Gosto Doce ()	
Aparência ()	
Textura ()	
Cremosidade ()	
TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA	
Por favor, avalie a amostra e use a escala abaixo para marcar o quanto você está disposto a comprar o sorvete sabor chocolate.	
(1) Certamente compraria	
(2) Provavelmente compraria	
(3) Talvez compraria / Talvez não compraria	
(4) Provavelmente não compraria	
(5) Certamente não compraria	

Figura 10: Modelo de ficha de avaliação para a escala hedônica de sete pontos aplicada para os sorvetes tradicional e adicionado de lactase

4.9 Viscosidade

A viscosidade aparente foi realizada na amostra de sorvete derretida e homogeneizado a 20 °C, em viscosímetro analógico marca Brookfield modelo RVT 7 Spindles, utilizando haste número cinco, rotação 100 rpm. Fator empregado (segundo tabela que acompanha o aparelho):40 (PEREIRA et al, 2001).

As amostras de sorvete foram retiradas do freezer para o total descongelamento em recipiente próprio e coletados 500 mL/repetição/tratamento.

4.10 Análise estatística

Os resultados obtidos a partir da análise sensorial foram submetidos às análises estatísticas de ANOVA, teste de comparação de médias de Tukey ao nível 5% de significância. (MICROSOFT OFFICE EXCEL, 2007).

Os resultados obtidos a partir da análise de proteína, gordura, cinzas, açúcares redutores e não redutores, *overrun*, taxa de derretimento e viscosidade foram analisados por meio do programa SISVAR (FERREIRA, 1999), utilizando o delineamento de blocos inteiramente casualizados.

Para os resultados obtidos a partir da análise de acidez, pH e para as análises de perfil de textura foram submetidos a análises estatísticas utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 1999) por meio do delineamento de parcelas subdivididas.

Para a escolha do teste adequado foi levado em consideração o valor do CV (coeficiente de Variação), sendo que para as análises onde o CV foi $\geq 30\%$ foi utilizado o teste t. Para o CV $\leq 15\%$ foram utilizados testes mais rigorosos como SNK ou Tukey. E para $15\% < CV < 30\%$ foi utilizado o teste t.

Os resultados de sólidos totais/umidade foram feitos por diferença.

5 RESULTADOS E DISCUSSAO

5.1 Determinações físico-químicas

5.1.1 Composição centesimal, pH e acidez titulável

Não houve diferença significativa nos teores de cinzas, gordura e proteína ($p > 0,05$) entre as formulações de sorvete com lactose e com teor reduzido desse açúcar, o que já era esperado, pois não houve alteração dos ingredientes das formulações dos sorvetes que pudessem modificar os valores destes componentes (tabela 3). As proteínas contribuem de forma importante para o desenvolvimento da estrutura do sorvete e influenciam a emulsificação, batimento e capacidade de retenção de água, já a gordura favorece o sabor, a textura e a consistência do sorvete. (LAMOUNIER, 2012; SANTOS, 2009).

Tabela 3 – Composição centesimal dos sorvetes elaborados com e sem lactose

Constituintes	Amostras	
	Com Lactose	Sem Lactose
Açúcar redutor expresso como lactose % (m/m)	7,96	n.d.*
Açúcar não redutor expresso como sacarose % (m/m)	15,5	13,8
Lipídios % (m/m)	3,7	3,6
Proteína % (m/m)	4,3	4,4
Cinzas % (m/m)	1,00	1,01
Umidade % (m/m)	65,5	69,2
Sólidos Totais % (m/m)	34,5	30,8

*n.d.= não detectado.

Em relação à lactose não foi detectada quantidade significativa no sorvete em que ocorreu a hidrólise, estando de acordo com a Portaria nº 29 de 13 de janeiro de 1998 destinadas a alimentos para fins especiais, que são os

alimentos especialmente formulados ou processados para atender às necessidades de pessoas em condições metabólicas e fisiológicas específicas. (tabela 4).

Tabela 4 – Perfil de carboidrato do sorvete sem lactose

Carboidrato	Teor
Frutose (g/100g)	ND* < 0,20
Galactose (g/100g)	4,17
Glicose (g/100g)	3,79
Lactose (g/100g)	ND < 0,20
Maltose (g/100g)	0,62
Sacarose (g/100g)	13,84

*ND = não detectado

Para os sólidos totais e conseqüentemente teor de umidade, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre ambas as formulações de sorvetes. Essas diferenças nas médias das formulações se dá devido às reduções de glicose e sacarose na formulação do sorvete sem lactose.

No sorvete tradicional o teor de açúcares redutores expressos como lactose encontrada foi de 10,06% (m/m). Importante lembrar que a lactose presente no sorvete pode se cristalizar durante o armazenamento devido à quantidade de sólidos na mistura, temperatura de armazenamento e da quantidade de estabilizantes (SILVEIRA et. al., 2009). No tratamento sem lactose, por razão da hidrólise, não detectado esse açúcar.

Houve diferença significativa ($p > 0,05$) na comparação das médias de açúcares não redutores, expressos como sacarose, entre os sorvetes sem lactose e com lactose, 13,8% (m/m) e 15,5% (m/m) respectivamente, o que já era esperado devido à formulação do sorvete com lactose ter maior quantidade de sacarose adicionada na formulação.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) no tempo para o teor de acidez titulável (tabela 5), com aumento ao longo do tempo. A análise de variância não indicou diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos. No sorvete sem lactose observou-se uma elevação do teor de acidez titulável

do produto recém-fabricado até os 20 dias, possivelmente pela hidrólise da lactose, que pode ter contribuído para a manutenção no teor de ácido láctico. O mesmo não ocorreu no tratamento tradicional, que aumentou continuamente.

Tabela 5 – Teor de acidez titulável dos sorvetes com e sem lactose

Amostras	Tempos (dias)		
	0	20	40
Com lactose %	0,20 ^{aA}	0,25 ^{aB}	0,30 ^{aC}
Sem lactose %	0,20 ^{aA}	0,26 ^{aB}	0,28 ^{aB}

Letras maiúsculas devem ser consideradas nas linhas (tempo) e letras minúsculas, nas colunas (tratamento)

Uma variação significativa do pH ($p < 0,05$) foi observada entre o tempo zero e 20 dias dos sorvetes. A partir o 20^o dia de fabricação ocorreu redução do pH em ambos os sorvetes permanecendo sem diferenças significativas ($p > 0,05$) até o 40^o dia, o que confirma o comportamento da acidez. Dentro de cada nível de tempo observou-se que somente no tempo zero houve uma variação significativa ($p < 0,05$) nos valores de pH nas duas formulações, sendo que nos demais tempos 20 e 40 dias após a produção não houveram modificações significativas ($p > 0,05$) do teor de pH nos sorvetes com e sem lactose (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores de pH nos sorvetes com e sem lactose

Amostras	Tempos (dias)		
	0	20	40
Com lactose	7,07 ^{aA}	7,03 ^{aB}	6,68 ^{aB}
Sem lactose	7,00 ^{bA}	6,70 ^{aB}	6,68 ^{aB}

Letras maiúsculas devem ser consideradas nas linhas (tempo) e letras minúsculas, nas colunas (tratamento).

5.1.2 *Overrun*

A quantidade de ar presente no sorvete é de suma importância, devido ao seu controle sobre a qualidade, pois confere ao produto maciez e leveza, além de influenciar as propriedades físicas e derretimento e dureza. O volume de ar incorporado pode ser de mais de 50% a um mínimo de 10 a 15%. (OLIVEIRA, SOUZA e MONTEIRO, 2008).

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) para as porcentagens de *overrun* do presente estudo, os quais foram 24,3% e 26,3% para os sorvetes com e sem lactose respectivamente, o que indica que a hidrólise da lactose não interferiu na incorporação de ar durante o batimento e congelamento dos sorvetes.

Apesar de não haver diferença significativas no *overrun* dos sorvetes estes encontram-se baixos, podendo ser comparado a valores semelhantes aos *sherbets* que apresentam menor *overrun*, em torno de 25% a 50% (OLIVEIRA, 2005).

5.1.3 Avaliação da taxa de derretimento (g/min)

O comportamento dos sorvetes durante o derretimento foi analisado por meio do acompanhamento da quantidade de massa descongelada em função do tempo e com registro visual das amostras (Figuras 11-16).

O sorvete que apresentou menor taxa de derretimento foi o sorvete com lactose, 1,75 g/minuto, apontando diferença significativa ($p<0,05$) quando comparado ao sorvete sem lactose, 2,02 g/minuto. Isso indica que a hidrólise da lactose pode ter interferido na taxa de derretimento do sorvete.

A gordura é um dos componentes de maior influência para manutenção da taxa de derretimento de um sorvete assim como a proteína. No presente estudo os teores de gordura e proteína foram iguais, e que poderiam interferir na taxa de derretimento, porém, o comportamento de derretimento não reflete apenas a natureza de uma espécie química, mas o desenvolvimento de interações entre vários ingredientes do sorvete e a existência de inúmeras estruturas (SILVA, 2012).

Fatores como altos níveis de sólidos totais e um baixo *overrun* podem estar associados a um derretimento mais lento (CORREIA et. al., 2008). Observou-se pelos resultados físico-químicos e dos resultados do *overrun* que o sorvete com lactose atendeu a estes quesitos, fator que pode explicar uma menor taxa de derretimento quando comparado com o sorvete sem este açúcar que apresentou menor quantidade de sólidos totais.



Figura 11 – Comportamento da amostra no início do derretimento



Figura 12 – Comportamento da amostra após 10 minutos

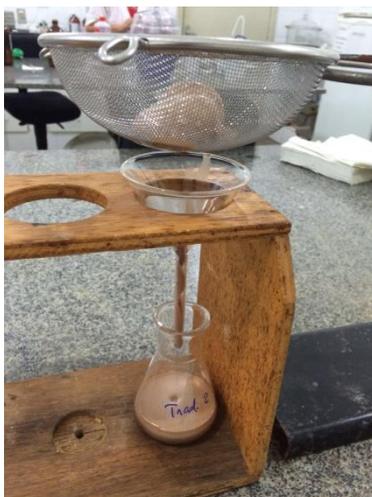


Figura 13 - Comportamento da amostra após 20 minutos

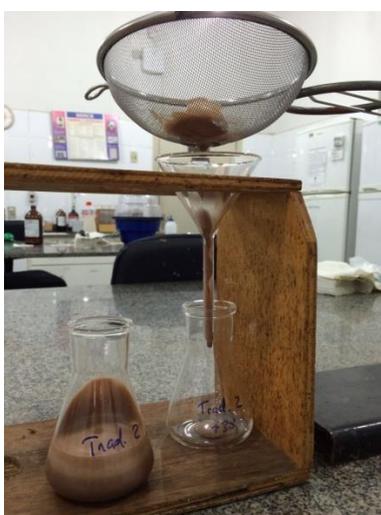


Figura 14 – Comportamento da amostra após 30 minutos

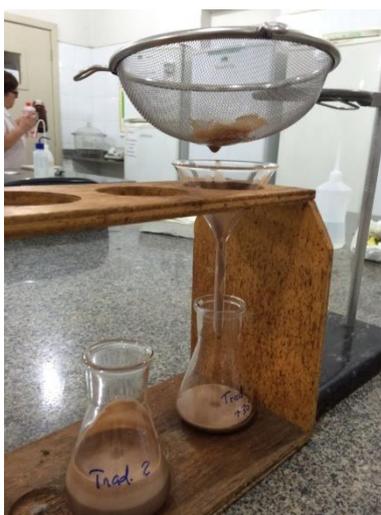


Figura 15 – Comportamento da amostra após 40 minutos



Figura 16 – Comportamento da amostra após 50 minuto

5.2 Análise sensorial

Dos cinco atributos avaliados sensorialmente, apenas sabor, gosto doce e aparência apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) (Tabela 7), sendo que textura e cremosidade não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$), em ambos os sorvetes, com e sem lactose.

Tabela 7 – Escala hedônica de 1 a 7 pontos dos atributos sensoriais dos sorvetes com e sem lactose.

Tratamento	Sabor	Gosto Doce	Aparência	Textura	Cremosidade
Com lactose	1,89 ^A	2,30 ^A	2,00 ^A	2,10 ^A	2,17 ^A
Sem lactose	2,39 ^B	2,58 ^B	2,35 ^B	2,30 ^A	2,24 ^A

Letras maiúsculas devem ser consideradas nas colunas (tratamento).

Para o atributo sabor, o sorvete com lactose apresentou menor média, com valor dentro do intervalo de 2 e, para o sem lactose, apresentou uma média no intervalo 2. Apesar de apresentarem diferenças significativas nas médias foi observado que ambos os sorvetes tiveram boa aceitação por parte dos provadores considerando esse atributo.

O gosto doce apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os dois tratamentos, como esperado, uma vez que a hidrólise da lactose aumenta a doçura dos diversos produtos lácteos e pode ter influenciado os julgadores na pontuação da escala sensorial. A doçura da lactose hidrolisada é de aproximadamente 70% da sacarose (CHIQUETTI, 2014).

Outro fator que influencia o gosto doce no sorvete é que a lactose, açúcar do leite, tem poder edulcorante menor (16% em relação à sacarose), o que influencia os produtores a acrescentar muito mais açúcar do que notado pelo consumidor, usualmente a sacarose e glicose. O frio tende a adormecer as papilas gustativas tornando-as menos sensíveis à percepção do gosto doce, sendo necessário mais açúcar para produzir o efeito desejável a baixas temperaturas. Quando um consumidor experimenta o sorvete próximo à temperatura ambiente notará sabor demasiadamente doce. No experimento em questão os sorvetes foram servidos à temperatura de porcionamento e consumo, aproximadamente $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, não sendo influenciado pelo fator temperatura de consumo.

A primeira impressão que se tem de um alimento é geralmente visual, sendo que, a aparência é um dos aspectos considerados fundamentais na qualidade e aceitação do produto (LAMOUNIER, 2012). No que diz respeito a esse quesito, os provadores verificaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos com e sem lactose. Quando levado em consideração o item derretimento, observou-se que o sorvete sem lactose apresentou maior taxa de derretimento, o que pode ter influenciado na aparência do sorvete sem lactose no momento da análise sensorial.

Para os quesitos textura e cremosidade não foram detectadas alterações significativas ($p > 0,05$) por parte dos consumidores, sendo que para ambos os tratamentos estes atributos permaneceram em uma média no intervalo 2. A hidrólise da lactose não influenciou a opinião dos provadores quanto a esses atributos.

Quando questionados sobre a intenção de compras dos produtos (tabela 8), observa-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos com e sem lactose. O sorvete com formulação tradicional apresentou melhor intenção de compras com média no intervalo 2 e o sorvete com lactose hidrolisada ficou no intervalo 2, muito provavelmente, em razão das diferenças

observadas no sabor e gosto doce, uma vez que os mesmos provadores da escala hedônica, responderam quanto à intenção de compra.

Tabela 8 – Escala de intenção de compras de 1 a 5 pontos dos sorvetes com e sem lactose

Tratamento	Intenção de compra
Com lactose	1,83 ^A
Sem lactose	2,16 ^B

Letras maiúsculas devem ser consideradas nas colunas (tratamento).

A intenção de compra está intimamente relacionada à aceitabilidade no parâmetro sabor, uma vez que o consumidor dá preferência de compra ao produto que apresenta um sabor mais agradável (LAMOUNIER, 2012). Sendo assim o sorvete com lactose recebeu médias muito próximas nos aspectos sabor e intenção de compras.

Independente da intenção de compra menor pode ser sugerido que o produto em questão oferece boas perspectivas de consumo, levando em consideração o apelo comercial de um produto destinado a um grupo específico de consumidor com necessidades dietéticas especiais quanto ao consumo da lactose.

5.3 Análise Reológica

5.3.1 Análise do Perfil de Textura (TPA)

A textura do sorvete depende de fatores como: estrutura, composição estado de agregação dos glóbulos de gordura, da quantidade de ar incorporado, do tamanho e da quantidade dos cristais de gelo formados. A textura está relacionada com a consistência e a dureza do sorvete, tendo como consequência, o seu derretimento. (SILVA, *et al.*,2013; OLIVEIRA, SOUZA e MONTEIRO, 2008).

Observou-se que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre dureza e elasticidade (Tabela 9).

A dureza é definida, segundo aspectos sensoriais, como a força requerida para comprimir o sorvete entre os dentes molares ou entre a língua e o palato, dando um ponto de deformação ou penetração. De acordo com a definição física é a força necessária para obter uma dada deformação (SILVA, et al.,2013; TEIXEIRA, 2009).

Tabela 9 – Perfil médio de textura dos sorvetes com lactose e sem lactose com 0, 20 e 40 dias de armazenamento.

Tratamento	Dias	Dureza	Elasticidade	Gomosidade	Adesividade	Coesividade
Com Lactose	0	2872,6 ^{aA}	15,3 ^{aA}	97,1 ^{aA}	0,007 ^{aA}	0,06 ^{aA}
	20	2184,7 ^{aA}	15,8 ^{aA}	207,8 ^{aA}	0,010 ^{aA}	0,13 ^{aB}
	40	2122,8 ^{aA}	15,6 ^{aA}	181,0 ^{aA}	0,007 ^{aA}	0,09 ^{aAB}
Sem lactose	0	3492,5 ^{aA}	15,5 ^{aA}	339,5 ^{bA}	0,014 ^{aA}	0,13 ^{aA}
	20	2927,6 ^{aA}	13,7 ^{aA}	97,5 ^{aB}	0,002 ^{aB}	0,38 ^{aB}
	40	3702,9 ^{aA}	15,8 ^{aA}	181,0 ^{aB}	0,008 ^{aAB}	0,08 ^{aAB}

Letras maiúsculas devem ser consideradas nas colunas (tempo) e letras minúsculas devem ser consideradas nas colunas (tratamento)

No presente estudo não houve diferença significativa ($p>0,05$) na dureza entre os sorvetes com e sem lactose dentro de cada nível de tempo e também ao longo do tempo, demonstrando que a hidrólise da lactose não afetou a dureza do sorvete.

Os valores instrumentais de dureza dos sorvetes são um parâmetro importante, pois se encontram relacionados com outros parâmetros como *overrun*, conectividade dos cristais de gelo e propriedades térmicas (FURLÁN & CAMPDERRÓS, 2015). É importante lembrar que para ambos os tratamentos não houve diferença significativa para os valores de *overrun*.

Assim com para dureza não houve diferença significativa ($p>0,05$) para o item elasticidade, tanto para dentro de cada nível de tempo, quanto ao longo do tempo de armazenamento, o que demonstra que a hidrólise da lactose não afetou esta propriedade.

A elasticidade tem como definição física como a taxa a qual um material deformado regressa a sua condição inicial depois de retirar a força deformante. Sensorialmente é definida como o grau ao qual regressa um produto a sua forma original uma vez que já tenha sido comprimido pelos dentes (TEIXEIRA, 2009).

A gomosidade, que no aspecto sensorial é definida como a energia necessária para desintegrar uma porção de um alimento semissólido como o sorvete (SILVA, *et al.*,2013), apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) no nível de tempo zero entre o sorvete com lactose e sem lactose, sendo o sorvete sem lactose o que apresentou maior média para gomosidade neste tempo. Para os níveis de tempo 20 e 40 dias após a fabricação não houve diferença significativa entre os sorvetes com e sem lactose.

Ao longo do tempo de armazenamento, foi observado que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) da gomosidade para o sorvete com lactose. Para o sorvete sem lactose houve diferença significativa ($p < 0,05$) a partir do 20º dia de armazenamento, pode-se observar que a hidrólise da lactose influenciou na gomosidade do produto durante o armazenamento.

A adesividade , segundo definição física, é o trabalho necessário para vencer as forças de atração entre a superfície do alimento com as quais este entra em contato. Segundo definição sensorial é a força requerida para se retirar o material aderido à boca durante o seu consumo (TEIXEIRA, 2009).

Não houve diferença estatística ($p > 0,05$) para adesividade em cada nível de tempo para os sorvetes com e sem lactose. Ao longo do tempo foi observado que para o sorvete com lactose não houve diferença significativa ($p > 0,05$). Contudo, para o sorvete sem lactose as médias de adesividade foram diferentes ($p < 0,05$). A partir do tempo zero até o 20º dia de armazenamento e que a média do 40º dia foi semelhante as médias do tempo zero e 20 dias. Este comportamento pode demonstrar que a ausência da lactose pode ter interferido na adesividade por algum tempo, mas que a tendência estatística é que se estabilize ao longo do armazenamento do produto.

A coesividade é a força das ligações internas que definem a estrutura do alimento. Em termos sensoriais é o grau a qual uma substância é comprimida entre os dentes antes de se romper (TEIXEIRA, 2009).

Para a coesividade não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre os níveis de tempo, tanto para o sorvete com lactose quanto para o sorvete sem lactose. Porém, foi observado que, ao longo do tempo, para os dois tratamentos com e sem lactose as médias de coesividade foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) e que a média do 40º dia foi semelhante aos tempos zero e 20 dias após a produção, demonstrando que houve um equilíbrio da coesividade ao longo do tempo e que a hidrólise da lactose possivelmente não influenciou neste comportamento textural.

5.3.2 – Viscosidade

Os carboidratos, ao formarem solução com a água contribuem para a redução do ponto de congelamento da mistura e sua presença influencia no aumento da viscosidade (SOUZA, 2010). No presente estudo não houve diferença significativa para viscosidade ($p > 0,05$) nos sorvetes com lactose e sem lactose, indicando que a hidrólise da lactose não influenciou na viscosidade dos sorvetes.

A viscosidade da mistura influencia o tratamento térmico durante o processamento, afetando as transições de fases, como a fusão dos lipídeos e cristalização da água durante o batimento, e a incorporação de ar está relacionada com a textura do produto (OLIVEIRA, 2005)

A relação direta entre estas duas propriedades e o tempo de batimento influi na suavidade e maciez e, assim, na qualidade do produto durante o congelamento (OLIVEIRA, 2005).

6 CONCLUSÃO

Com base no presente estudo, concluiu-se que:

Houve completa hidrólise da lactose na calda para elaboração do sorvete em que foi introduzida a enzima lactase, e o binômio tempo e temperatura utilizados para esse fim foi suficiente para que não fosse detectada a presença deste dissacarídeo no produto final.

O sorvete elaborado com teor reduzido de lactose atende a legislação brasileira quanto ao regulamento referente à informação nutricional complementar, podendo ser comercializado com a finalidade de atender as necessidades da população com intolerância à lactose.

Em relação aos aspectos sensoriais o sorvete sem lactose apresentou atributos de textura e cremosidade semelhantes ao sorvete tradicional e boa aceitação por parte dos provadores.

Quanto à intenção de compra, o sorvete tradicional foi melhor avaliado, sendo que, o sorvete sem lactose, apresentou boa avaliação, podendo ser um produto com boas perspectiva de venda no mercado por ser destinado a um grupo com necessidade dietética específica.

Os resultados demonstram que a hidrólise da lactose não influenciou no *overrun* e na viscosidade, porém influenciou na taxa de derretimento, sendo o sorvete tradicional o que apresentou melhor resistência a este aspecto.

A textura apresentou dureza e elasticidade semelhantes nos tratamentos tradicional e sem lactose. Os aspectos de gomosidade, adesividade e coesividade sofreram modificações ao longo dos 40 dias de armazenamento.

O sorvete sem lactose pode ser considerado um produto em potencial no mercado de lácteos para atender o portador de intolerância à lactose, mantendo em sua alimentação as propriedades nutritivas do leite sem prejuízos à saúde.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L.L. et al. Aceitação sensorial e caracterização de frozen yogurt de leite de cabra com adição de cultura probiótica e prebiótico. Santa Maria. **Ciência Rural**. Santa Maria. v.39, n.9, dez, 2009.

ANTUNES, A.E.C., PACHECO, M.T.B. **Leite para adultos: mitos e fatos frente à ciência**. 1. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2009.

ARCURI, E.F., BRITO, M.A.V.P., BRITO, J.R.F., PINTO, S. M., ÂNGELO, F.F., SOUZA, G. N. Qualidade microbiológica do leite refrigerado nas fazendas. **Arquivo brasileiro de medicina veterinária Zootecnia**. Belo Horizonte. v.58, n.3, p.440-446, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DE SORVETES - ABIS. **Produção e consumo de sorvetes no Brasil**. São Paulo, 2015. Disponível em:http://www.abis.com.br/estatistica_producaoconsumodesorvetesnobrasil.html. Acesso em: 28/05/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12994. **Métodos de Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas**. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12806 **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

BACELAR JÚNIOR, A.J., KASHIWABARA, T.G.B., SILVA, V.Y.E. Intolerância à lactose: revisão de literatura. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research**. v.4, n.4. p.38-42, set/ nov. 2013.

BARBOSA, C.R., ANDREAZZI, M.A. Intolerância à Lactose e suas consequências no metabolismo do cálcio. **Revista Saúde e Pesquisa**. Maringá. v.4, n.1, p. 81-86, jan./abr. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamentos técnicos de produção, identidade e qualidade do leite tipo A, do leite tipo B, do leite tipo C, do leite pasteurizado e do leite cru refrigerado e o regulamento técnico da coleta de leite cru refrigerado e seu transporte a granel**. Instrução Normativa nº 51, de 18 de setembro de 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos**. Instrução Normativa SDA nº. 68, de 12 de dezembro de 2006.

BRASIL Ministério da Agricultura Agência de Vigilância Sanitária. **Regulamento de gelatos comestíveis e preparados para gelados comestíveis**. Resolução RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Utilização de enzimas na indústria de alimentos**. Resolução RDC nº. 348, de 2 dezembro de 2003.

BURGNER, E.; FEINBERG, M. Determination of mono and disaccharides in food by interlaboratory study: Quantitation of bias component for liquid chromatography. **Jornal of AOAC International**, v. 75, p. 443-474, 1992.

CAMPOS, N.S. et al. Utilização do glicosímetro Accu-Chek® para a determinação de lactose em produtos lácteos. **Revista Virtual Química**. v. 6, n. 6, p. 1677-1686. nov./dez. 2014.

CAMPOS, T.C.A.S. Utilização da β -galactosidase na Hidrólise da Lactose do Leite em Baixa Temperatura. **Ciência, Biologia e Saúde**. v. 11, n.4 p. 51-54. 2009.

CHAVES, J.B.P., SPROESSER, L.R. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa, MG:UFV, 1993. 81p. Apostila.

CHIQUETTI, R.L. **Desenvolvimento de sorvete com lactose hidrolisada adicionado de *Lactobacillus acidophilus***. 2014. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados). Universidade Norte do Paraná. Londrina.

FAEDO, R., et al. Obtenção de leite com baixo teor de lactose por processos de separação por membranas associados à hidrólise enzimática. **Revista CIATEC – UPF**, v. 3, n. 1, p.44-54, 2013.

FERREIRA, D.F. **Sisvar**: sistema de análise de variância. Lavras: UFLA, 1999. Programa.

FISCHER, J., **Hidrólise de lactose por β -glactosidade de *Aspergillus oryzae* imobilizada em reator de leito fixo**. 2010. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.

FENNEMA, O.R., DAMODRAN,S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.

FOGAÇA, D.N.L. **Avaliação de propriedades mecânicas, físico-químicas e influência do tipo de acidificante e tempo de armazenamento visando à aplicação no controle do processo de produção de queijos de coalho**. 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga.

FOX, P.F.; McSWEENEY,P. L.H. **Dairy Chemistry and Biochemistry**. 1. ed. London: Thomson Science, 1998.

FURIÁN, L.T.R, CAMPDERRÓS, M.E. Incorporação de inulina na matriz de sorvete de baunilha livre de gordura: efeito sobre as propriedades texturais e físicas. **Sorveteria Confeitaria Brasileira** n. 218, 2015.

GALLO, J.M.A.S. **Avaliação do comportamento reológico e das propriedades sensoriais de molhos comerciais para salada tratados por irradiação.** 2013. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência na Área de Tecnologia Nuclear). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Autarquia associada à Universidade de São Paulo. São Paulo.

ILHA, J.C.G. **Contribuição ao estudo da hidrólise da lactose em leite.** 1992. 170f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

LAMOUNIER, M.L. **Sorvete a base de preparado em pó.** 2012. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2012.

LONGO, G., **Influência da adição de lactase na produção de iogurtes.** 2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

MARIOTTI, M.P. et al. Hydrolysis of whey lactose by immobilized β -galactosidase. **Brazilian archives of biology and technology.** Curitiba. v.51, n.6, p.1233-1240, nov/dec 2008.

MATTAR, R.; MAZO, D.F.C. Intolerância à lactose: mudanças de paradigmas com a biologia molecular. **Revista Associação Médica Brasileira**, São Paulo. V.56, n. 2, p. 230-236. 2010.

MICROSOFT Office Excel. Version 4.1. [S.l.]: **Microsoft Corporation**, 2007.

MILLIATTI, M.C. **Estudo reológico de formulações para sorvetes produzidos com diferentes estabilizantes.** 2013. 109f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo. São Paulo.

MÜLLER, E.E. Qualidade do leite, células somáticas e prevenção da mastite In. Simpósio sobre sustentabilidade da Pecuária Leiteira na Região Sul do Brasil, 29 – 30 de agosto de 2002, Toledo – PR. **Anais do II Sul – Leite.** Maringá: UEM/CCA/DZO – NUPEL, 2002. 212p. p. 206-217.

OLIVEIRA, A.L. et al. Propriedades físicas de misturas para sherbet de mangaba. **Pesquisa agropecuária brasileira.** Brasília v.40, n.6, p.581-586, jun. 2005.

OLIVEIRA, K.H.; SOUZA, J.A.R, MONTEIRO, A.R. Caracterização reológica de sorvetes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** Campinas, v.28, n. 3, p.592-598, jul.-set. 2008.

OLIVEIRA, V.C.D. **Alergia à proteína do leite de vaca e intolerância à lactose: abordagem nutricional e percepções dos profissionais da área de saúde.** 2013. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora.

ORNELAS, L.H., **Técnica dietética: seleção e preparo**. 8 ed. São Paulo: Ateneu, 2001.

PARRA, A.P. et al. Análisis de test de aire espirado en niños con sospecha de intolerancia a la lactose. **Revista Chilena de Pediatría**. Santiago. v. 86, n. 2, p. 80-85, 2015.

PAZIANOTTI, L. et al. Características microbiológicas e físico-químicas de sorvetes artesanais e industriais comercializados na região de Araçuaçama-PR. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. Juiz de Fora. v. 65, n. 377, p. 15-20 nov / dez, 2010.

PEREIRA, C. **Propriedades funcionais de sorvete de morango diet com adição da enzima lactase e transglutaminase otimizada através da metodologia de superfície de resposta**. 2014. 232f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

PEREIRA, D. B. C.; SILVA, P. H. F.; COSTA JÚNIOR, L. C. G.; OLIVEIRA, L. L. **Físico-química do leite e derivados – métodos analíticos**. 2. ed. ampliada e revisada. Juiz de Fora: Templo Gráfica e Editora, 2001. 234 p.

PEREIRA, M.C.S. et al. Lácteos com baixo teor de lactose: uma necessidade para portadores de má digestão da lactose e um nicho de mercado. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. Juiz de Fora. v. 67, n. 389, p. 57-65, nov/dez, 2012.

PINTO, L.P.S. et al. O uso de probióticos para o tratamento do quadro de intolerância à lactose. **Revista Ciencia & Inovação – FAM**. Americana. v.2, n.1, p. 56-65. dez, 2015.

RECH, R. **Estudo da produção de β -galactosidase por leveduras a partir do soro de queijo**. 2003. 86f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

SANTOS, G.G. Sorvete: processamento, tecnologia e substitutos da sacarose. **Ensaio e Ciências: ciencias Biológicas, Agrárias e da Saúde**. Anhanguera. v. 13, n. 2, p. 95-109, 2009.

SILVA, A.C. et al. Influência do tipo de leite nos parâmetros de textura e estabilidade de sorvete. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. Juiz de Fora. v. 68, n. 393, p. 26-35, jul/ago., 2013.

SILVA, P. H. F. Leite Aspectos de Composição e Propriedades, **Química nova na escola**. São Paulo. n. 6, nov. 1997.

SILVA, V. M., **Sorvete light com fibra alimentar: desenvolvimento, caracterização físico-química, reológica e sensorial**. 2012. 147f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVEIRA, H.G. et al. Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica de sorvetes do tipo tapioca. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza. v. 40, n. 1, p. 60-65, jan-mar, 2009.

SOUZA, J.C.B. et al, Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara. v.21, n.1, p. 155-165, jan./mar. 2010.

SOUZA, V.R. et al. Avaliação e definição do perfil de textura ideal de queijo *petit suisse*. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. Juiz de Fora., v. 66, n. 382, p. 48-53, set-out, 2011.

SU, F. **Comportamento estrutural de formulações de gelado comestível com variações da base gordurosa**. 2012. 114f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo. São Paulo.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 2. ed. Campinas, SP: NEPA-Unicamp, 2006.

TEIXEIRA, L.V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. Juiz de Fora. v. 64, n. 366, p. 64: 12-21, jan-fev, 2009.

TOMBINI, H., DALLACOSTA, M.C., BLEIL, R.A.T., ROMAN, J. A. Consumo do leite de vaca e derivados entre agricultores da região oeste do Paraná. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara. v. 23, n. 2, p. 267-274, abr./jun. 2012.

TONELI, J.T.C.L.; et al. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.7, n.2, p.181-204, 2005

TREVISAN, A.P. **Influências de diferentes concentrações de enzimas lactase e temperaturas sobre a hidrólise da lactose em leite pasteurizado**. 2008. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

WHELAN, A. P.; VEGA, C.; KERRY, J. P.; GOFF, H. D. Physicochemical and sensory optimisation of a low glycemic index ice cream formulation. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, n.9, p.1520-1527, 2008.