

# INOVAÇÃO NA TECNOLOGIA DE DERIVADOS DO LEITE DE CABRA

SILVANI VERRUCK  
ELANE SCHWINDEN PRUDENCIO  
(Organizadoras)



Atena  
Editora

Ano 2018

Silvani Verruck  
Elane Schwinden Prudencio  
(Organizadoras)

# INOVAÇÃO NA TECNOLOGIA DE DERIVADOS DO LEITE DE CABRA

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

#### **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
158	Inovação na tecnologia de derivados do leite de cabra [recurso eletrônico] / Silvani Verruck, Elane Schwinden Prudencio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-85-85107-40-6 DOI 10.22533/at.ed.406182509  1. Caprinos – Criação. 2. Leite de cabra. I. Prudencio, Elane Schwinden. II. Título.  CDD 636.39
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>5</b>
CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA SOBRE LEITE DE CABRA E DERIVADOS	
Silvani Verruck	
Vinicius Bittencourt Vitorino	
Luiza Medeiros Cardoso	
Camila Espíndola Sérgio	
Alice Espíndola Moreira Cardoso	
Elane Schwinden Prudencio	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>27</b>
ADIÇÃO <i>BIFIDOBACTERIUM</i> BB-12 E AS PROPRIEDADES DE QUEIJO TIPO MINAS FRESCAL OBTIDO DO LEITE DE CABRA ( <i>CAPRA AEGRAGUS</i> ) AO LONGO DA SUA MANUTENÇÃO EM REFRIGERAÇÃO	
Vinicius Bittencourt Vitorino	
Silvani Verruck	
Sofia Grechi Garcia	
Bruna Marchesan Maran	
Elane Schwinden Prudencio	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>39</b>
PROPRIEDADES DE DOCE DE LEITE DE CABRA ( <i>Capra aegragus</i> ) ADICIONADO DE PREBIÓTICO VISANDO A SUBSTITUIÇÃO DA GORDURA	
Luiza Medeiros Cardoso	
Alice Espíndola Moreira Cardoso	
Maria Helena Machado Canella	
Silvani Verruck	
Elane Schwinden Prudencio	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>50</b>
EMPREGO E PROPRIEDADES DO LEITE FERMENTADO DE CABRA ( <i>Capra aegragus</i> ) ADICIONADO DE INULINA	
Camila Espíndola Sérgio	
Maria Helena Machado Canella	
Silvani Verruck	
Elane Schwinden Prudencio	
<b>SOBRE OS AUTORES</b> .....	<b>61</b>
<b>SOBRE AS ORGANIZADORAS</b> .....	<b>62</b>

## CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA SOBRE LEITE DE CABRA E DERIVADOS

**Silvani Verruck**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Vinicius Bittencourt Vitorino**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Luiza Medeiros Cardoso**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Camila Espíndola Sérgio**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Alice Espíndola Moreira Cardoso**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Elane Schwinden Prudencio**

Universidade Federal de Santa Catarina

funcionais uma das áreas de pesquisa mais promissoras no campo da moderna tecnologia de derivados lácteos.

### 1.1 Introdução

A composição química do leite de cabra, composta por proteínas de alto valor biológico, ácidos graxos essenciais, alta biodisponibilidade mineral e teor vitamínico, qualifica como alimento de alto valor nutricional, representando grande importância na alimentação de lactentes e idosos, devido às características de hipoalergenicidade e maior digestibilidade (HAENLEIN, 2004). De acordo com Mayer e Fiechter (2012), os produtos lácteos de cabra podem fornecer uma alternativa rentável aos produtos de leite de vaca, devido ao seu sabor específico e à imagem natural e saudável dos consumidores. Assim, o leite de cabra é uma excelente matriz para o desenvolvimento de uma grande variedade de produtos inovadores de promoção da saúde e alimentos funcionais (SILVEIRA et al., 2015; SILANIKOVE et al., 2010), tais como bactérias probióticas e substâncias prebióticas (BAKR, 2015).

O efeito benéfico de determinados tipos de alimentos, denominados funcionais e, de alguns de seus componentes, sobre a saúde do consumidor têm sido estudados (CARRILLO et

### CONCEITOS APRESENTADOS NESTE CAPÍTULO

Este capítulo tem como objetivo abordar os conceitos teóricos envolvidos na produção de derivados lácteos funcionais de leite de cabra, bem como descrever as análises fundamentais para caracterização dos derivados produzidos. Para isso, conceitos básicos sobre a composição e propriedades do leite de cabra serão descritos. Os derivados funcionais produzidos ao longo deste livro são queijo tipo Minal Frescal, doce de leite e leite fermentado. Portanto, as definições e análises envolvidas no desenvolvimento destes produtos serão descritos. Com isso, o leitor poderá compreender o que torna os alimentos

al., 2013). De acordo com a ANVISA alimento funcional é definido como “propriedade funcional” em referência ao papel metabolito ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente, tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano. Dentre os ingredientes que podem ser adicionados em derivados lácteos com a finalidade de transformá-lo em um alimento funcional estão os probióticos e os prebióticos (BRASIL, 1999).

Os efeitos benéficos do consumo de probióticos incluem o equilíbrio da microbiota intestinal, a melhora da digestibilidade, o metabolismo da lactose, a resposta do sistema imunológico e as propriedades anticarcinogênicas (GOMES; MALCATA, 1999). Em produtos lácteos, o gênero *Bifidobacterium* destaca-se por ser uma das culturas probióticas mais utilizadas (BIELECKA; BIEDRZYCKA; MAJKOWSKA, 2002; BOYLSTON et al., 2004; SAAD et al., 2013). Para exercer seus benefícios à saúde, a ingestão diária mínima recomendada de probióticos é de cerca de 8-9 unidades formadoras de colônia (UFC g<sup>-1</sup> ou mL<sup>-1</sup>), o que pode ser alcançado com consumo diário de pelo menos 100g de 6-7 log Unidades Formadoras de Colônias (CFU g<sup>-1</sup> ou mL<sup>-1</sup> do produto) (BOYLSTON et al., 2004). No entanto, um dos maiores desafios no desenvolvimento de um produto probiótico com probióticos é garantir uma alta taxa de sobrevivência das bactérias durante a fabricação do produto e ao longo do tempo de prateleira, além de ser capaz de sobreviver durante a passagem pelo sistema gastrointestinal humano (GRANATO et al., 2010; TRIPATHI; GIRI, 2014; ZARE et al., 2012).

Quanto aos prebióticos, Gibson e Roberfroid (1995) referem-se a eles como ingrediente alimentar não digerível que promove o crescimento ou atividade de colônias de bactérias desejáveis no cólon afetando benéficamente o hospedeiro. De acordo com a Legislação Brasileira, os prebióticos são definidos como ingredientes que não são digeridos pelas enzimas digestivas do hospedeiro, mas que são fermentados pela flora bacteriana do trato digestório originando substâncias que estimulam seletivamente o crescimento e/ou atividade de bactérias benéficas e inibem a colonização de bactérias patogênicas ou indesejáveis (BRASIL, 2004). Os prebióticos mais conhecidos são a inulina e a oligofrutose (GUARNER et al., 2011). Esses ingredientes não digeríveis, presentes como material de reserva de algumas plantas, têm a capacidade de aumentar o número e/ou atividade de micro-organismo específicos no trato intestinal, com ação peculiar sobre *Bifidobacterium* e *Lactobacillus* (GIBSON; ROBERFROID, 1995; BURITI et al., 2007; SILVA, 2007).

A utilização de inulina de cadeia longa como um substituto de gordura é relacionada com a sua capacidade em formar micro cristais, quando misturados à água ou ao leite, que interagem uns com os outros formando pequenos agregados. Estes agregados englobam uma grande quantidade de água, criando assim uma textura suave e cremosa, mantendo a mesma sensação que a gordura promove nos alimentos (KAUR; GUPTA, 2002; MONTAN, 2003; BOT et al., 2004). Enquanto isso, a oligofrutose é normalmente utilizada em substituição à sacarose quando presente

no alimento, devido ao seu potencial adoçante (VILLEGAS, 2010). A oligofrutose apresenta propriedade funcional semelhante à sacarose ou ao xarope de glicose, possui um terço do poder adoçante e maior higroscopicidade do que a sacarose, além de baixo valor calórico (1,5 Kcal/g) (COUSSEMENT, 1999).

No entanto, ao se adicionar um novo ingrediente em um derivado lácteo tradicional, espera-se que este não modifique as características e propriedades próprias do produto. Portanto, a realização de análises como de composição físico-química, análise do perfil de textura, análise reológica, análise de cor, além da avaliação da viabilidade do probiótico ao longo do armazenamento (quando este estiver presente) são de fundamental importância ao se desenvolver um derivado lácteo funcional. Sendo assim, o objetivo deste capítulo é abordar os conceitos teóricos envolvidos na produção de derivados lácteos funcionais de leite de cabra, bem como descrever as análises fundamentais para caracterização dos derivados produzidos.

## 1.2 O leite de cabra (*Capra aegagrus*)

Estima-se que mais de 80% do rebanho mundial de cabras esteja localizado nos continentes asiático e africano. As cabras são animais resilientes, sendo capazes de produzir um leite de alta qualidade nutricional mesmo em condições climáticas adversas (SILANIKOVE, 2010). O leite de cabra é o quarto mais produzido do mundo, atrás do leite de vaca, búfala e ovelha. Apesar de representar apenas 2,2% da produção mundial de leite, a criação de cabras tem uma importância econômica significativa em países onde as condições climáticas não são favoráveis para a criação de bovinos (AMIGO et al., 2011).

No Brasil, o Nordeste é líder em número de cabeças, concentrando 90% do rebanho nacional, tanto para a produção de leite quanto para o abate (COSTA et al., 2009). De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), no ano de 2014 foram produzidas 153,7 toneladas de leite de cabra no Brasil, podendo-se observar um crescimento de 2,4% desde 2012 (FAO/WHO, 2014).

A legislação brasileira define leite de cabra como “o produto oriundo de ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de animais da espécie caprina sadios, bem alimentados e descansados” (BRASIL, 2000). A Instrução Normativa 37 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabelece os requisitos mínimos de qualidade do leite de cabra destinado ao consumo humano. Os padrões físico-químicos exigidos são os seguintes: 2,8 g/100 g de proteína bruta, 4,3 g/100 g de lactose, 8,20 g/100 g de sólidos não gordurosos, 0,7 g/100 g de cinzas, acidez (% ácido láctico) 0,13 a 0,18 e índice crioscópico entre -0,050 e -0,585°H (BRASIL, 2000).

Conforme se observa na Tabela 1.1, o leite de cabra é similar ao leite de vaca em sua composição. Por ser constituído de proteínas de alto valor biológico e ácidos graxos essenciais, além de um importante conteúdo mineral e vitamínico, o leite de

cabra qualifica-se como um alimento de elevado valor nutricional (COSTA et al., 2009).

Espécie	Componentes (g/100 g)				
	Água	Lactose	Proteínas	Gorduras	Minerais
Vaca	87,7	4,5	3,4	3,7	0,7
Búfala	83,2	4,8	3,8	7,4	0,8
Cabra	87,5	4,5	3,1	3,9	0,8
Ovelha	81,3	4,8	5,5	7,4	1,0

**Tabela 1.1:** Composição dos leites de diferentes espécies

Fonte: Fonseca et al., 2016.

Assim como no leite de vaca, a lactose é o principal carboidrato presente no leite caprino, por isso este não representa uma alternativa a pessoas que possuam intolerância à lactose (SILANIKOVE, 2010).

As micelas de caseína no leite de cabra são maiores (100-200 nm) se comparadas as do leite bovino (60-80 nm). Aproximadamente 77% da proteína do leite de cabra é composto por caseína, sendo as micelas formadas principalmente por  $\beta$ -caseína, o que representa 53% do total de caseínas, enquanto no leite de vaca este valor não chega aos 40%. Ao mesmo tempo, a fração de  $\alpha$ S1-caseína é muito menor no leite caprino que no bovino, o que pode ser relacionado com o menor potencial alergênico do leite de cabra, sendo este mais facilmente tolerável por crianças do que o leite de vaca (FONSECA et al., 2016; SILANIKOVE, 2010).

O fato dos glóbulos de gordura do leite caprino terem um menor tamanho em relação ao leite de vaca também faz com que o primeiro apresente melhor digestibilidade. Além disso, os ácidos graxos caproico, caprílico e cáprico, representam um importante papel no sabor e aroma típico dos queijos de cabra (FONSECA et al., 2016). Segundo Mayer e Fiechter (2012), os derivados de leite de cabra podem ainda apresentar um importante valor do ponto de vista rentável em relação ao leite bovino devido ao sabor específico e a imagem natural e saudável que passa para os consumidores.

A seguir os derivados de leite de cabra sobre os quais este livro aborda serão descritos, ou seja, queijo tipo Minas Frescal, doce de leite e leite fermentado.

## 1.3 Derivados produzidos a partir do leite de cabra

### 1.3.1 Queijo tipo Minas Frescal

De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 1996), “entende-se por queijo o produto fresco ou maturado que se obtém por separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), ou de soros lácteos, coagulados pela ação física do calho, de enzimas específicas, de bactéria específica, de ácido orgânicos, isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias e/

ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes”.

Costa et al. (2017) explica que a fabricação do queijo consiste em três etapas, sendo elas a acidificação, coagulação e desidratação. A coagulação é a responsável pela formação da coalhada, um gel que retém proteína, gordura e água. Com o corte da coalhada se consegue a retirada do soro, obtendo-se diferentes teores de umidade, de acordo com o tipo de queijo (COSTA et al., 2017).

Na comunidade europeia, a originalidade dos derivados do leite cabra é protegida por lei através de Designações de Origem Protegida (DOP) ou Indicações Geográficas Protegidas (IGP). A Grécia e a França detêm as maiores produções de queijo de cabra, produzindo excelentes queijos, seja a partir do leite caprino exclusivamente ou de misturas com leite de vaca e ovelha (AMIGO, 2011).

Segundo Fonseca et al. (2016), a produção de queijos de cabra tem ganhado forte impulso no Brasil nas últimas décadas, onde muitas queijarias e estabelecimentos de laticínios produzem queijos adaptados ao paladar do brasileiro, como a produção de queijos Frescal e ricota. Dentre estes produtos destacam-se os funcionais, ou seja, acrescidos de probióticos, como o queijo tipo Minas Frescal elaborado por Fritzen-Freire et al. (2010) e o queijo do leite de búfala também elaborado por Verruck et al. (2014).

A legislação brasileira define propriedade funcional como aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano. O alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais pode, além de possuir funções nutricionais básicas, produzir efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéfico à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999). Segundo Stanton et al. (1998), alimentos que contenham microrganismos probióticos são classificados como alimentos funcionais.

### *1.3.1.1 Propriedades físicas do queijo tipo Minas frescal*

As propriedades físicas de um alimento podem ser determinadas através da análise instrumental do perfil de textura. Esta análise avalia as características do alimento, simulando os movimentos mecânicos da mordida ou mastigação, a partir das curvas de tensão-deformação (ANJOS et al., 2006). No perfil de textura a amostra é submetida a duas deformações sucessivas, simulando a compressão do alimento (FOX et al., 2000). Esta análise instrumental é utilizada como uma alternativa à avaliação sensorial (ANZALDÚA-MORALES, 1994). De acordo com Tunick (2000), as propriedades do alimento, avaliadas através da análise instrumental do perfil de textura são a firmeza, adesividade, coesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade (Quadro 1.1).

Propriedade	Definição
Firmeza	Força máxima durante a primeira compressão, a força necessária para obter a deformação resultante.
Adesividade	Trabalho necessário para retirada do <i>probe</i> da superfície do produto.
Coesividade	Indica a força das ligações internas da amostra.
Elasticidade	Corresponde à capacidade do produto de voltar ao seu estado original após uma deformação.
Gomosidade	Representa a força necessária para desintegrar a amostra semissólida.
Mastigabilidade	Indica o trabalho necessário na mastigação da amostra semissólida.

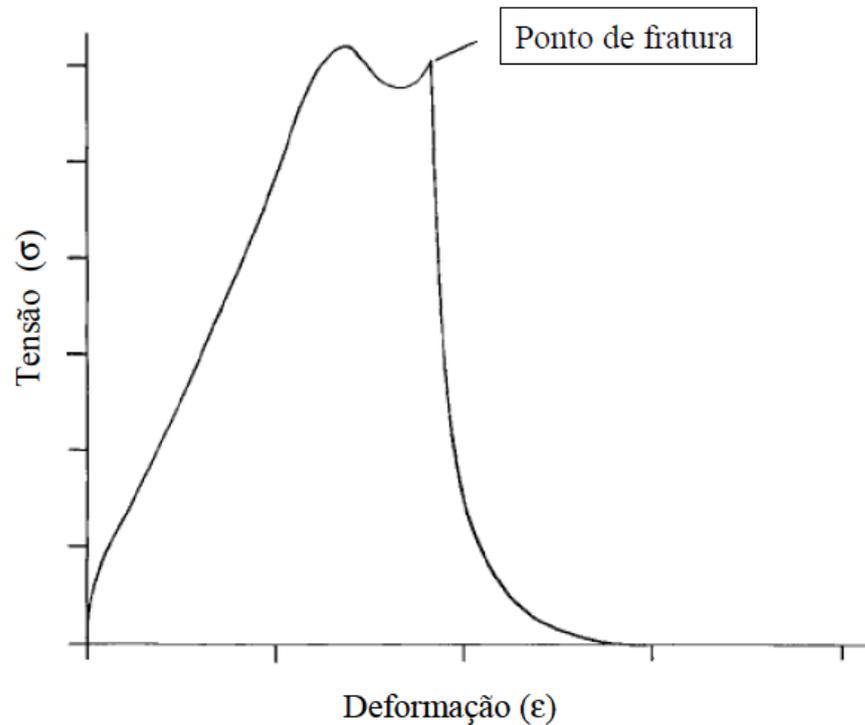
**Quadro 1.1:** Definições de propriedades mecânicas avaliadas através da análise do Perfil de Textura.

Fonte: TUNICK, 2000.

Segundo Gunasekaran e Ak (2003), outra forma de determinar as propriedades físicas de um alimento seria empregando a análise reológica. Esta análise tem como objetivo medir as propriedades que controlam a deformação e o comportamento de um material submetido a forças externas, estabelecendo uma relação entre tensão, deformação e tempo. Relacionado a alimentos, o termo refere-se frequentemente ao movimento, à deformação e à desintegração da amostra diante de uma força (TUNICK, 2000).

A classificação reológica dos queijos geralmente é a de ser um alimento viscoelástico, o que significa que sua relação entre tensão e deformação confere propriedades tanto de sólido como de líquido (GUNASEKARAN; AK, 2003; GUINEE, 2011). KULMYRZAEV et al. (2005) relata que a composição do queijo, seu estado físico-químico, as interações entre seus componentes, além de suas estruturas são os elementos responsáveis por definir este comportamento viscoelástico.

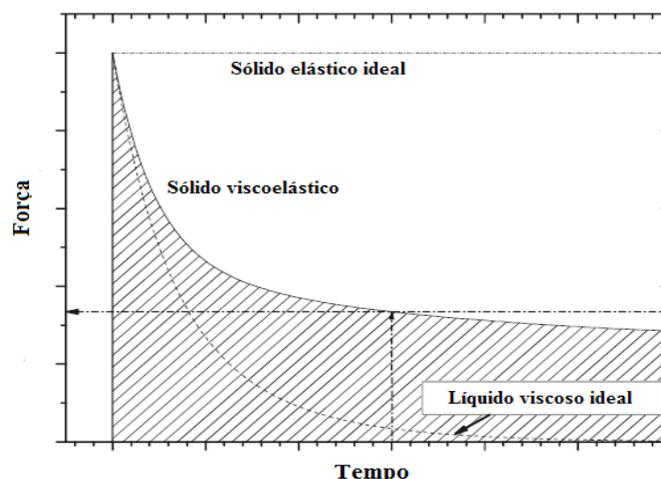
As propriedades reológicas de queijos são realizadas através do teste de compressão uniaxial (FRITZEN-FREIRE et al., 2010). O mesmo consiste na obtenção de uma curva de força *versus* tempo, através da compressão de uma amostra por uma placa plana que se move em direção a essa amostra em velocidade constante (ROHM; JAROS, 2011). A força aplicada durante a realização do teste é de grandeza suficiente para ocasionar a fratura da amostra (Figura 1.1), sendo que a partir dessa fratura podem-se obter dados como tensão e ruptura ( $\sigma_R$ ) e deformação de ruptura ( $\epsilon_R$ ) (TUNICK, 2000). A tensão de ruptura ( $\sigma_r$ ) e a deformação de ruptura ( $\epsilon_r$ ) provêm das curvas de tensão pela deformação, onde  $\sigma_r$  é obtida no ponto máximo da curva e  $\sigma_r$  através da deformação correspondente, segundo Wium e Qvist (1997).



**Figura 1.1:** Curva típica do teste de compressão uniaxial em amostras de queijo  
 Fonte: Tunick, 2000.

O teste de relaxação, uma das formas de analisar a viscoelasticidade de queijos, é outra análise realizada para determinar o comportamento reológico (GUNASEKARAM; AK, 2003). O mesmo consiste em aplicar uma deformação à amostra e analisar a manutenção dessa deformação ao longo do tempo (FRITZEN-FREIRE, 2010).

A curva de relaxação típica de um material viscoelástico (Figura 1.2) é caracterizada por uma queda exponencial da força/tensão em função do tempo até atingir um valor constante, porém diferente de zero (GUNASEKARAM; AK, 2003). O modelo empírico de Peleg é tradicionalmente utilizado para a descrição das curvas de relaxação e predição de parâmetros (RODRÍGUEZ-SANDOVAL; FERNÁNDEZ-QUINTERO; CUVELIER, 2009).



**Figura 1.2:** Curva típica de relaxação de um sólido viscoso ideal, líquido viscoso ideal e sólido visco elástico.

Fonte: Steffe (1996).

### 1.3.2 Doce de Leite

O doce de leite é fabricado e comercializado principalmente na Argentina, Uruguai e secundariamente no Chile, Brasil, Paraguai entre outros países da América Latina (GAZE et al., 2015). No ano de 2014, o valor anual de exportação de doce de leite no Brasil foi de aproximadamente US\$ 239,000 (EMBRAPA, 2015).

De acordo com a ANVISA, o doce de leite é o produto resultante da cocção de leite com açúcar, podendo ser adicionado de outras substâncias alimentícias permitidas, até a concentração conveniente e parcial para caramelização (BRASIL, 1978). É consumido principalmente como sobremesa e também utilizado como matéria prima para o setor de panificação, podendo ser classificado de duas diferentes formas: doce de leite em pasta e em tabletes. (BRASIL, 1978; SILVA et al., 2015).

A Tabela 1.2 apresenta os valores máximo e mínimo permitidos para as análises físico-químicas do doce de leite em pasta de acordo com a portaria N° 354, de 4 de setembro de 1997 que regulamenta a fixação de Identidade e Qualidade do doce de leite (BRASIL, 1997).

COMPOSIÇÃO	VALORES (g/100g)
Umidade	Máximo de 30
Matéria Gorda	6,0 a 9,0
Sais minerais	Máximo de 2,0
Proteínas	Mínimo de 5,0

**Tabela 1.2:** Requisitos físico-químicos para doce de leite em pasta.

Fonte: Brasil (1997).

O doce de leite possui ótima estabilidade química e microbiológica, porém baixa estabilidade física devido à cristalização da lactose e outros açúcares presentes na sua composição, responsáveis pela textura arenosa indesejável no produto final (SILVA et al., 2015). Para resolver este e outros problemas relacionados à produção do doce de leite, diversos aditivos e coadjuvantes de tecnologias, como espessantes, estabilizantes, umectantes, aromatizantes, dentre outros podem ser adicionados ao produto sendo considerados como ingredientes (SILVA et al., 2015). A concentração máxima permitida de cada um deles juntamente com os requisitos microbiológicos devem estar de acordo com a portaria N° 354, de 4 de setembro de 1997 (BRASIL, 1997).

A cor caramelo e o aroma característico do doce de leite são provenientes da reação de Maillard que ocorre durante seu processamento (MADRONA et al., 2009), uma reação de escurecimento não enzimático que produz pigmentos marrons desejáveis em alguns alimentos a partir de reações químicas entre um açúcar redutor e um grupo amina durante o processamento térmico ou ainda durante o armazenamento prolongado. (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; SHIBAO; BASTOS, 2011).

Nessa reação, açúcares redutores reagem reversivelmente com aminas para formar uma base de Schiff, que irá converter-se em um composto de Amadori, sendo este o primeiro composto estável da reação. Reações de desidratação levam a formação de melanoidinas, que são responsáveis pelo escurecimento (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A caramelização também está inclusa nas reações de escurecimento não enzimático que ocorrem no doce de leite, sendo a lactose o principal açúcar redutor presente em sua composição. (ZALAZAR; PEROTTI, 2011; ZALAZAR, 2002). Diversos fatores, como o tempo, a temperatura e o pH influenciam na taxa da reação de Maillard (ZALAZAR, 2002). A enzima  $\beta$ -D-galactosidase é adicionada ao doce de leite como uma alternativa para hidrolisar a lactose presente, diminuindo a sua concentração e conseqüentemente a sua cristalização, responsável pela sensação de arenosidade indesejável no produto final (GIMÉNEZ; ARES; GÁMBARO, 2008). O alto teor de açúcares redutores afeta negativamente o escurecimento do produto, aumentando a taxa da Reação de Maillard, conferindo uma intensidade indesejável, podendo ser a cor utilizada como um indicador não específico de qualidade do produto final (GIMÉNEZ; ARES; GÁMBARO, 2008; ANALÍA et al., 2012). Dessa forma, o leite de cabra possui grande importância para o desenvolvimento de novos nichos de mercado, produzindo uma grande variedade de produtos inovadores, como por exemplo, os alimentos funcionais adicionados de inulina e/ou oligofrutose, fibras dietéticas com funcionalidade prebiótica que não interferem no sabor do produto final, além de proporcionar benefícios à saúde (SILANIKOVE et al., 2010; MARTÍNEZ-CERVERA et al., 2011).

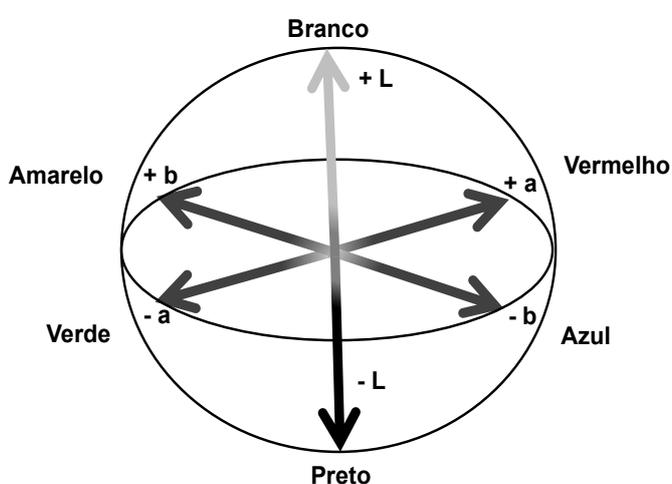
### 1.3.2.1 Análise de cor de doce de leite

A cor pode ser descrita como uma percepção visual resultante da detecção da luz após a interação com um objeto (OLIVEIRA et al., 2003). Em alimentos é um atributo sensorial importante relacionado com a qualidade do produto final, podendo influenciar significativamente a escolha e aceitabilidade do produto por parte dos consumidores (DUFOSSÉ et al., 2005; WADHWANI; MCMAHON, 2012; WU; SUN, 2013).

A análise de cor é realizada através de instrumentos colorimétricos modernos que indicam resultados automáticos, nos quais não necessitam do olho humano (OLIVEIRA et al., 2015). No doce de leite, a caracterização da cor é feita principalmente por colorímetro triestímulo, onde os resultados obtidos são baseados na escala CIE Lab\*, definida pela *Commission Internationale de L'Eclairage* (CIE) em 1976 com a finalidade de estabelecer um padrão de cor para as análises. (OLIVEIRA et al., 2003; PORTE; LEÃO; PORTE, 2014). O espaço CIELAB é descrito por um diagrama tridimensional representado por coordenadas retangulares ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e coordenadas cilíndricas ( $C^*$  e  $h^*$ ). De acordo com a Figura 1.3 que ilustra as coordenadas tridimensionais utilizadas na medida instrumental de cor, o eixo  $L^*$  representa a luminosidade que pode variar do

preto ao branco, representados pelos números 0 e 100 respectivamente (OLIVEIRA et al., 2003; WADHWANI; MCMAHON, 2012). Desta forma, quando os resultados obtidos apresentarem valores mais próximos de 100 indicam que a amostra possui uma coloração clara, ou, uma coloração escura quando os valores obtidos forem mais próximos de 0. As medidas das coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  indicam valores que podem variar do verde (-) ao vermelho (+) e do azul (-) ao amarelo (+), respectivamente (WADHWANI; MCMAHON, 2012).

As coordenadas cilíndricas ( $C^*$  e  $h^*$ ) podem ser avaliadas através de equações numéricas utilizando os valores das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  determinadas instrumentalmente, onde a cromaticidade ( $C^*$ ) representa a intensidade e a pureza de uma cor, e o ângulo Hue ( $h^*$ ) representa o ângulo de tonalidade (OLIVEIRA et al., 2010).



**Figura 1.3:** Coordenadas tridimensionais utilizadas na medida instrumental da cor.

Fonte: os autores.

### *1.3.2.2 Análise de perfil de textura (TPA) de doce de leite*

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a textura pode ser definida como todas as propriedades reológicas e estruturais de um alimento, perceptíveis pelos receptores mecânicos, táteis e eventualmente pelos receptores visuais e auditivos (ABNT, 1993). A textura juntamente com outros atributos como o aroma, o sabor e o odor, estão diretamente ligados à qualidade e aceitação do produto final (SOUZA et al., 2011).

A classificação de diversos parâmetros de textura como os primários (dureza, coesividade, viscosidade, elasticidade e adesividade) e os secundários (fraturabilidade, mastigabilidade e gomosidade) deu origem ao método de análise de perfil de textura (TPA) que pode ser aplicado tanto para medidas instrumentais quanto para sensoriais (BRANDT; SKINNE; COLEMAN, 1963; BOURNE, 2002).

Para superar as dificuldades e alguns fatores limitantes como a variabilidade

das respostas, a dificuldade na execução das provas ou ainda a peculiaridade na reprodução dos resultados relacionados à avaliação da textura pelo método sensorial, foi proposto à medida instrumental da textura (ANZALDÚA-MORALES, 1994). A TPA é um método instrumental baseado na aplicação de sucessivas forças deformantes com o intuito de simular a ação de compressão e de cortes dos dentes que ocorrem durante a mastigação (SOUZA et al., 2011). De acordo com a Figura 1.4, neste método é possível obter um gráfico de força versus tempo, capaz de medir os parâmetros mecânicos primários e secundários através da curva típica de uma análise instrumental do perfil de textura para cada tipo de alimento (FOGAÇA, 2014). Assim, os métodos instrumentais são uma forma alternativa de avaliação que permitem fornecer dados quantitativos relacionados com a descrição sensorial de um produto (SOUZA et al., 2011; SZCZESNIAK, 2002; KOWASLKI; CARR; TADINI, 2002). Esta relação entre as medidas dos diferentes métodos fornece informações importantes que na prática auxiliam no desenvolvimento de novos produtos (SOUZA et al., 2011).

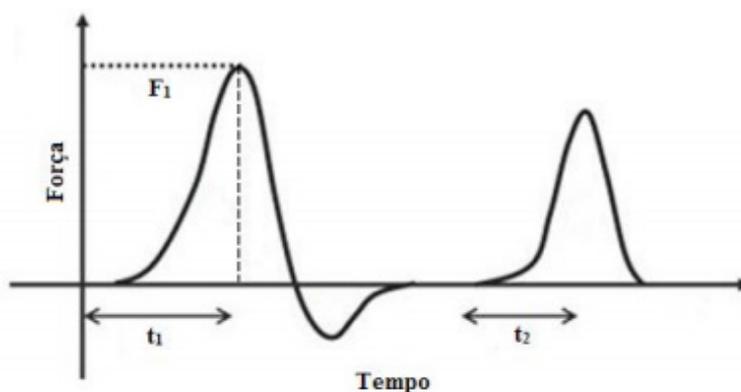


Figura 1.4: Curva típica de uma análise instrumental do perfil de textura (TPA).  
Fonte: Fogaça (2014).

Ferreira et al. (2012) avaliaram o perfil de textura de doces de leite comerciais, e concluíram que em relação a textura, não houve diferença significativa em relação aos parâmetros de elasticidade e coesividade, diferentemente da adesividade, que apresentou-se maior em uma das amostras, fato atribuído ao menor valor de atividade de água. Outro estudo realizado em doce de leite elaborado com pimenta mostrou que não houve diferença significativa de todos os parâmetros analisados, isso porque foi utilizado a mesma formulação com pequena variação da quantidade de pimenta adicionada em todas as amostras (MAZINI et al., 2013).

### 1.3.3 Leite fermentado

Define-se como leite fermentado os produtos adicionados ou não de outras substâncias alimentícias, obtidas por coagulação e diminuição do pH do leite, ou reconstituído, adicionado ou não de outros produtos lácteos, por fermentação láctica mediante ação de cultivos de micro-organismo específicos. (BRASIL, 2007).

Conforme o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites

Fermentados (BRASIL, 2007), estes produtos podem ser resultantes da fermentação com cultivos protosimbióticos de *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, aos quais se podem acompanhar, de forma complementar, outras bactérias ácido-lácticas que, por sua atividade, contribuem para a determinação das características do produto final.

O manejo adequado durante a ordenha não elimina totalmente o odor indesejável natural do leite de cabra, mas o desenvolvimento de derivados como iogurte, pode solucionar este problema (MARINHO, 2012). Dentre estes produtos destacam-se os produtos lácteos fermentados funcionais, ou seja, leites fermentados que contêm probióticos e/ou prebióticos (LEE; SALMINEM, 1995, HELANDER et al., 1997, JELEN; LUTZ 1998).

De acordo com a Resolução nº18 de 30/04/99, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde no Brasil, a definição de alimento funcional é: todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999). O alimento funcional, além de suas funções nutricionais como fonte de energia e de substrato para a formação de células e tecidos, possui em sua composição uma ou mais substâncias que atuam modulando e ativando os processos metabólicos, melhorando as condições de saúde pelo aumento da efetividade do sistema imune, promovendo o bem-estar das pessoas e prevenindo o aparecimento precoce de alterações patológicas e de doenças degenerativas, que levam a uma diminuição da longevidade (PARK; KOO; CARVALHO, 1997; SGARBIERI; PACHECO, 1999). Os prebióticos estimulam o crescimento dos grupos endógenos de população microbiana, definidas como probióticos, tais como as *Bifidobactérias* e os *Lactobacillos* (BLAUT, 2002).

### 1.3.3.1 Análise reológica e de cor de leite fermentado

A reologia é definida como a ciência que estuda as propriedades mecânicas da matéria, como a deformação e o escoamento, quando esta é submetida às forças externas, denominados tensão ou deformação (TABILO-MUNIZAGA; BARBOSA-CÁNOVAS, 2005). As características reológicas são essenciais para a aceitabilidade, o manuseio de derivados lácteos, o desenho e a forma de operação dos equipamentos industriais (AWADHWAL; SING, 1985). Além disso, o comportamento reológico tem relacionamento estreito com as propriedades sensoriais, as quais determinam a aceitabilidade do produto pelos consumidores. (CASTRO, 2003). Um fluido é caracterizado por apresentar capacidade de deformação contínua quando submetido à ação de uma força tangencial, denominada tensão de cisalhamento (CAMPOS, 1989; STREETER, 1996). Os fluídos são divididos em Newtonianos e não Newtonianos, um fluido é chamado de Newtoniano quando apresenta uma relação

linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, independente do tipo de escoamento, dependendo apenas da temperatura e da composição do fluido (SILVA, 2000). Enquanto que no fluido não newtoniano a relação entre tensão de cisalhamento e a taxa de deformação é inconstante, o que caracteriza uma interação entre seus componentes. Os fluidos não newtonianos ainda podem ser classificados dependentes ou independentes do tempo (SCHRAMM, 2006), além da viscosidade desses fluidos não serem únicas e variar com a taxa de cisalhamento (MACHADO, 2002). Os independentes do tempo dividem-se em pseudoplásticos (*shear thinning*), nos quais a viscosidade aparente do fluido diminui ao aumentar a taxa de deformação e em dilatantes (*shear thickening*), quando a viscosidade aparente aumenta com o aumento da taxa de deformação (TABILO-MUNIZAGA; BARBOSA-CÁNOVAS, 2005).

A análise de cor é importante por influenciar de forma significativa a aceitação e qualidade do produto (DELAHUNTY; DRAKE, 2004; DUFOSSÉ et al., 2005; WADHWANI; MCMAHON, 2012). Com a intenção de estabelecer um padrão de cor, em 1976, a *Commission Internationale d'Eclairage* (CIE) recomendou o uso da escala de cor CIELAB ou CIE L\*a\*b\* (WU; SUN, 2013). A determinação instrumental da cor mais utilizada em leites fermentados é através do uso de um colorímetro, que emprega a escala CIE L\*a\*b\* (CUNHA; DIAS; VIOTTO, 2010). Nesta escala os intervalos de L\* representam a luminosidade que pode variar de 0 a 100. Quanto mais próxima a medida de 0 representa que a amostra é branca (clara), enquanto mais próxima de 100, representa ser mais preta (escura). Já a medida a\* com valores positivos indica a aproximação da cor vermelha, enquanto valores negativos indicam a aproximação ao verde. Nos valores de b\* positivos e negativos, tem-se a variação da cor entre o amarelo e o azul, respectivamente (DUFOSSÉ et al., 2005). Com a determinação instrumental da cor através do colorímetro, é possível avaliar o cromaticidade (C\*) dos leites fermentados – responsável por indicar a intensidade da cor -, e o ângulo Hue (h\*) que é o ângulo que determina a tonalidade das amostras.

#### 1.4 Probióticos

A definição mais recente utilizada para probióticos é a proposta por Hill et al. (2014), os quais afirmam que os mesmos são “microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem um efeito benéfico ao hospedeiro”. Holsher et al. (2012) explica que um microrganismo só é considerado probiótico a partir do momento que esse benefício tenha sido demonstrado.

O principal efeito benéfico à saúde associado ao consumo de probióticos está envolvido com a manutenção de uma microbiota intestinal saudável, reduzindo as chances de uma colonização por patógenos e colaborando para a integridade intestinal. (SAAD et al., 2013; SALMINEN; VAN LOVEREN, 2012). A colonização do intestino por microrganismos patogênicos é inibida através da competição por sítios de adesão e por nutrientes, além da acidificação do ambiente e produção de substâncias

antimicrobianas por parte desses microrganismos probióticos (SAAD et al., 2013). Alguns probióticos em específico podem também estar associados a outros benefícios, como uma modulação desejável da intolerância à lactose, o funcionamento intestinal, a prevenção e o alívio da diarreia e a regulação da resposta imune (SALMINEN; VAN LOVEREN, 2012; STANTON et al., 1998).

É necessário, para que as culturas probióticas exerçam benefícios, que a contagem de células viáveis no alimento pronto para consumo esteja entre 6-7 log Unidades Formadoras de Colônias por grama (log UFC/g) (GOMES; MALCATA, 1999).

Microrganismos probióticos dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* têm sido adicionados a uma variedade de produtos lácteos fermentados, como iogurtes, sorvetes e queijos (BOYLSTON et al., 2004). Com o crescimento do mercado de alimentos funcionais tem-se focado um grande interesse científico pelo estudo da incorporação de *Bifidobacterium* a produtos lácteos (TAMIME, 2002).

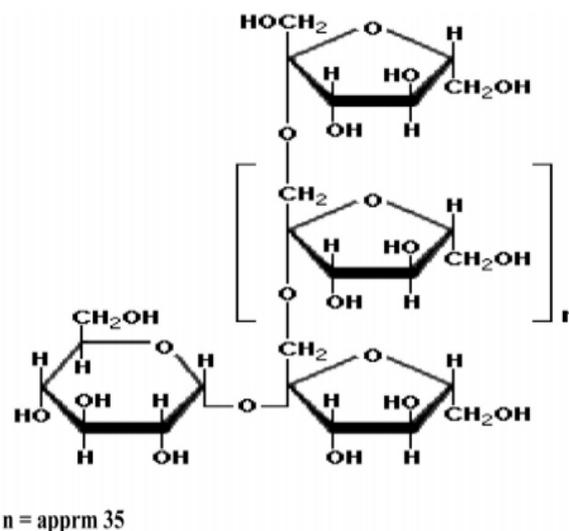
Bactérias do gênero *Bifidobacterium* são bacilos gram-positivos, não formadores de esporos, sem motilidade, catalase negativos e anaeróbios estritos (LEE, 2009). A *Bifidobacterium animalis* subesp. *lactis* (BB-12) é um dos microrganismos probióticos mais estudados (HOLSHER, 2012). A cepa é patenteada pela empresa Chr. Hansen, sendo utilizada mundialmente.

Segundo Verruck (2014), o queijo, dentre os derivados lácteos existentes, pode oferecer vantagens no que diz respeito à manutenção dos microrganismos probióticos adicionados. Algumas delas seriam a consistência sólida, o maior teor de gordura e o pH mais elevado, fatores que podem aumentar a proteção dos microrganismos probióticos ao atravessarem o trato gastrointestinal (STANTON et al., 1998). O desenvolvimento de queijos contendo bifidobactérias exige compreender como as condições do processo podem ser utilizadas para aumentar a sua sobrevivência no produto final, sem que para isso sejam necessárias muitas modificações no processo de fabricação, de modo que a produção do queijo probiótico seja atrativa comercialmente (BOYLSTON et al., 2004). Entretanto, é conhecido que mudanças na composição de um queijo podem gerar modificações nas suas propriedades físicas. A determinação destas propriedades é importante ferramenta para o estudo e a identificação de suas características estruturais, utilizando diferentes tipos de instrumento para avaliar o comportamento da amostra.

## 1.5 Prebióticos Inulina e Oligofrutose

A inulina é um polissacarídeo de reserva composto por unidades de  $\beta$ -D-frutofuranosil unidas por ligações 2 $\rightarrow$ 1, sendo sua principal fonte a raiz de chicória mal (*Chicorium intybus*) e tubérculos de alcachofra de Jerusalém (*Helianthu tuberosus*) (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; AIDOO et al., 2013). A Figura 1.5 ilustra a estrutura química da inulina com as moléculas de frutose ligadas entre si, e uma

unidade de glicose na sua extremidade permitindo a formação de polímeros de diversos tamanhos (AIDOO et al., 2013).



**Figura 1.5:** Estrutura química da inulina.

Fonte: Aidoo et al. (2013).

Materiais presentes na parede celular das plantas e outros polissacarídeos de origem não amilácea, como a inulina são componentes da fibra dietética, que para serem classificados desta forma, devem caracterizar-se como não digestíveis, ou seja, substâncias que não podem ser digeridas no trato gastrointestinal superior (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). A inulina possui ainda uma funcionalidade prebiótica, por não ser digerível e possuir efeito benéfico no hospedeiro, servindo de substrato para o crescimento limitado, principalmente de bifidobactérias no cólon, proporcionando efeito benéfico à saúde quando consumido de maneira adequada (SAAD, 2006; GARCA et al., 2007). Além disso, para a indústria de alimentos, a inulina apresenta diferentes vantagens tecnológicas, podendo ser utilizada como um agente umectante, gelificante, espessante ou ainda como substituto de gordura (FURLÀN et al., 2016). Furlàn et al. (2016), estudaram a influência da inulina como surfactante na estabilidade e propriedades físico-químicas de chocolate branco sem açúcar e demonstraram a redução do teor gordura e aumento na viscosidade no produto final. A inulina tem capacidade de formar microcristais quando misturada com água ou leite, proporcionando textura cremosa e macia e atributos sensoriais semelhantes àqueles oferecidos pela gordura, mostrando-se um importante substituinte da mesma (DEBON, 2012; MAESTRI et al., 2014).

Segundo Brasil (2008), a inulina contribui para o equilíbrio da microbiota intestinal devendo seu consumo estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudável. A IX – Lista de alegações de propriedade funcional aprovada permite a alegação citada acima somente se a porção do produto pronto forneça no mínimo 2,5g de inulina, não devendo ultrapassar a quantidade de 30g na recomendação diária do produto. Ainda de acordo com a legislação, a quantidade de inulina deve ser declarada

na tabela de informação nutricional (BRASIL, 2008).

Em relação a oligofrutose, Carabin (1999) a descreve como inulinas de cadeia curta, obtidas por hidrólise parcial da inulina da chicória. Assim, a oligofrutose é uma fibra dietética solúvel que juntamente com os probióticos tem os seus efeitos benéficos ampliados (HOLZAPFEL; SCHILLINGER, 2002). A oligofrutose apresenta propriedade funcional semelhante à sacarose ou ao xarope de glicose, possui um terço do poder adoçante e maior higroscopicidade do que a sacarose, além de baixo valor calórico (1,5 Kcal/g) (COUSSEMENT, 1999). Devido estas características, tem sido empregado como substituto para a sacarose em alimentos (VILLEGAS, 2010).

Segundo Roberfroid (2000) a oligofrutose não é considerada um carboidrato nem fonte de energia, podendo ser usada de modo seguro por diabéticos. A oligofrutose tem viscosidade semelhante à da sacarose, não cristaliza, não precipita, não deixa a sensação de secura ou arenosidade na boca. Em relação à estabilidade, a oligofrutose não é degradada pela maioria dos processos térmicos utilizados pela indústria de alimentos, pode ser utilizada desde temperaturas de refrigeração até 140°C, suporta pH maiores do que 3,0, estabiliza espumas, melhora a textura e o sabor de produtos (YUN, 1996; NITSCHKE; UMBELINO, 2002)

De acordo com a ANVISA o uso de oligofrutose, não deve ultrapassar 30g na recomendação diária do produto pronto para consumo, conforme indicação do fabricante (BRASIL, 2008). Segundo Coussement (1999), os valores recomendados em formulações variam entre 5 e 8 g/porção de oligofrutose, a fim de evitar desconforto ao consumidor.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Análise sensorial de alimentos e Bebidas**. NBR 12806. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 8 p.

AIDOO, R. P. et al. Industrial manufacture of sugar-free chocolates: Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. **Trends in Food Science & Technology**, v.32, p.84-96, 2013.

AMIGO, L.; FONTECHA, J. Goat Milk. In: FUQUAY, JOHN W. **Encyclopedia of Dairy Sciences**. 2 ed. Londres: Academic Press, 2011.

ANALÍA, R. et al. Evolución del desarrollo del color em sistema modelo de composición similar al dulce de leche. Influencia del tiempo de calentamiento y del pH. **Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay**, n.7, p.38-42, 2012.

ANJOS, D. A. A. et al. Avaliação instrumental de textura em requeijão no processo de produção e estocagem. In: VAN DENDER, A. G. F. (Ed.). **Requeijão cremoso e outros queijos fundidos: Tecnologia de fabricação, controle do processo e aspectos de mercado**. Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL. Campinas – SP. 2006. 392p.

ANZALDÚA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica**. Zaragoza: Acribia, 1994. 198p.

- AWADHWAL, N. K.; SINGH, C. P. A Rheological model for milk products. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 6, p. 1611-1614, 1985.
- BAKR, S. A. The potential applications of probiotics on dairy and non-dairy foods focusing on viability during storage. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 4, p. 423–431, 2015.
- BIELECKA, M.; BIEDRZYCKA, E.; MAJKOWSKA, A. Selection of probiotics and prebiotics for synbiotics and confirmation of their in vivo effectiveness. **Food Research International**, v. 35, n. 2–3, p. 125–131, 2002.
- BLAUT, Michael. Relationship of prebiotics and food to intestinal microflora. **European Journal of Nutrition**, v. 41, p. 11-16, 2002.
- BOT, A. et al. Influence of crystallisation conditions on the large deformation rheology of inulin gels. **Food Hydrocolloids**, v. 18, p. 547-556, 2004.
- BOURNE, M. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2002.
- BOYLSTON, T. D. et al. Incorporation of bifidobacteria into cheeses: challenges and rewards. **International Dairy Journal**. v. 14, p. 375–387, 2004.
- BRANDT, M. A.; SKINNER, L. Z.; COLEMAN, J. A. Texture profile method. **Journal of Food Science**, 28, 404–409, 1963.
- BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999. Regulamento Técnico para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1999.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007. Regulamento técnico de identidade e qualidade de leites fermentados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2007.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa Nº 37, de 31 de outubro de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite de Cabra. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2000.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de origem Animal. Portaria n. 354, de 04 de setembro de 1997. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Doce de Leite. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1997.
- BRASIL. ANVISA. Agência nacional de Vigilância Sanitária. **Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas**. 2008.
- BRASIL. Portaria nº 146, de 07 de março de 1996. O Ministério da Agricultura, Abastecimento e da Reforma Agrária aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1996.
- BRASIL. Resolução nº 12 - CNNPA, de 24 de julho de 1978. A CNNPA do Ministério da Saúde aprova 47 padrões de identidade e qualidade relativos a alimentos e bebidas para serem seguidos em todo território brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1978.
- BURITI, F. C. A. et al. Synbiotic potential of fresh cream cheese supplemented with inulin and *Lactobacillus paracasei* in co-culture with *Streptococcus thermophilus*. **Food Chemistry**, v.104, n.4, p.1605-1610, 2007.

- CAMPOS, S.D.S. et al. Reologia e Textura em Alimentos. **Instituto de Tecnologia de Alimentos – Campinas**. p. 83, 1989.
- CARABIN, I.G.; FLAMM, W.G. Evaluation of safety of inulin and oligofructose as dietary fiber. **Regulatory Toxicology Pharmacology**, New York, v.30, p.268-282, 1999.
- CARRILLO, E. et al. Why buying functional foods? Understanding spending behaviour through structural equation modelling. **Food Research International**, v. 50, n. 1, p. 361–368, 2013.
- CASTRO, A. G. **A Química e a Reologia no Processamento dos Alimentos**. Portugal: Instituto Piaget, 2003. 296 p.
- COSTA, G. M. et al. Effect of ascorbic acid or oligofructose supplementation on *L. paracasei* viability, physicochemical characteristics and acceptance of probiotic orange juice. **LWT - Food Science Technology**. v.75, p.195–201, 2017.
- COSTA, R. G.; QUEIROGA, R. C. R. E.; PEREIRA, R. A. G. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.307-321, 2009.
- COUSSEMENT, P.A.A. Inulin and oligofructose: safe intakes and legal status. **Journal of Nutrition**, v.129, p.14125–14175, 1999.
- CUNHA, C. R.; DIAS, A. I.; VIOTTO, W. H. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. **Food Research International**, v. 43, p. 723–729, 2010.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre:Artmed, 2010. p.127-128.
- DEBON, J. et al. Storage stability of prebiotic fermented milk obtained from permeate resulting of the microfiltration process. **Food Science and Technology**, v.47, p.96-102, 2012.
- DELAHUNTY, C. M.; DRAKE, M. A. Sensory character of cheese and its evaluation. In: FOX, P. F. et al. (Eds), **Cheese; Chemistry, Physics and Microbiology**, Volume 1, General Aspects, Elsevier:London, p. 455-487, 2004.
- DUFOSSÉ, L. et al. Spectrocolorimetry in the CIE L\*a\*b\* color space as useful tool for monitoring the ripening process and the quality of PDO red-smear soft cheeses. **Food Research International**, v.38, p. 919–924, 2005.
- ECKLES, C. H.; WILLES, B. C.; HAROLD, M. **Milk and Milk Products: Prepared for the Use of Agricultural College Students**. 4<sup>a</sup> ed. New Dehli. 2001. 325 p.
- EMBRAPA GADO DE LEITE (Org.). **Indicadores: Leites e Derivados**. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355117>> Acesso em: 10 out 2015.
- FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Database**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/E>>. Acesso em: 02 ago 2017.
- 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. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Alimentos) - Universidade estadual do sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2014.
- FONSECA, C. R.; CORASSIN, C. H.; OLIVEIRA, C. A. F. Leites de outras espécies: búfala, cabra e ovelha. In: CRUZ, A. G. et al. **Química, Bioquímica, Análise Sensorial e Nutrição no**

**Processamento de Leite e Derivados.** – 1ed.- Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

FOX, P. F. et al. **Fundamentals of cheese science.** Gaithersburg: Aspen, 2000. 587p.

FRITZEN-FREIRE, C. B. et al. The influence of *Bifidobacterium* Bb-12 and lactic acid incorporation on the properties of Minas Frescal cheese. **Journal of Food Engineering**, v. 96, n. 4, p. 621–627, 2010.

FURLÀN, L. T. R. et al. Influence of hydrogenated oil as cocoa butter replacers in the development of sugar-free compound chocolates: Use of inulin as stabilizing agent. **Food Chemistry**, v.217, p.637-647, 2016.

GARCA, C. M. A. et al. **Alimentos funcionales: Aproximación a una nueva alimentación.** Madrid: Comunidad de Madrid, 2007. p.35.

GAZE, L. V. et al. Preference mapping of dulce de leche commercialized in Brazilian markets. **Journal of Dairy Science**, v.98, n.3, p.1-12, 2015.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v. 125, p.1401-1412, 1995.

GIMÉNEZ, A.; ARES, G.; GÁMBARO, A. Consumer reaction to changes in sensory profile of dulce de leche due to lactose hydrolysis. **International Dairy Journal**, v.18, p.951-955, 2008.

GOMES, A. M. P.; MALCATA, F. X. *Bifidobacterium* spp. and *Lactobacillus acidophilus*: Biological, biochemical, technological, and therapeutical properties relevant for use as probiotics. **Trends in Food Science and Technology**, v. 10, p. 139–157, 1999.

GRANATO, D. et al. Probiotic dairy products as functional foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, n. 5, p. 455–470, 2010.

GUINEE, T. P. Cheese Rheology. In: FUQUAY, J. W.; FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. (Eds.), **Encyclopedia of Dairy Sciences**, Second Edition, vol. 1, San Diego: Academic Press, 2011. pp. 685-697.

GUNASEKARAN, S.; AK, M. M. **Cheese Rheology and Texture.** Boca Raton, Florida: CRC Press. 2003. 434p.

HAENLEIN, G. F. W. Goat milk in human nutrition. **Small Ruminant Research**, v. 51, p. 154-163, 2004.

HELANDER, I. M., VON WRIGHT, A., MATTILA-SANDHOLM, T. M. Potential of lactic acid bacteria and novel antimicrobials against Gram negative bacteria. **Trends in Food Science and Technology**, v 8, p. 146-150, 1997.

HILL, C. et al. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. **Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology**, v. 11, n. 8, p. 506–514, 2014.

HOLSHER, H. D. et al. *Bifidobacterium lactis* Bb12 enhances intestinal antibody response in formula-fed infants: a randomized, double-blind, controlled trial. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**. v. 36, p. 106-117, 2012.

HOLZAPFEL, W. H.; SCHILLINGER, U. Introduction to pre and probiotics. **Food Research International**, v. 35, n. 2-3, p. 109-116, 2002.

JELEN, P.; LUTZ, S. Functional milk and dairy products. In: MAZZA, G. **Functional Foods**

- Biochemical and Processing Aspects.** Pennsylvania: Technomic Publishing Company, 1998. p.357-380.
- KAUR, N.; GUPTA, A. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. **Indian Academic of Sciences**, v.27, n.7, p.703-714, 2002.
- KOWASLKI, M. B.; CARR, L. G.; TADINI, C. C. Parâmetros físicos e de textura de pão francês produzido na cidade de São Paulo In: **XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2002.
- KULMYRZAEV, A. et al. Investigation at the molecular level on soft cheese quality and ripening by infrared and fluorescence spectroscopies and chemometrics – relationships with rheology properties. **International Dairy Journal**, v.15, p.669-678, 2005.
- LEE, Y. K. Probiotic microorganisms. In: SALMINEN, S. LEE, Y. K. **Handbook of probiotics and prebiotics**. 2ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.
- LEE, Y.K., SALMINEN, S. The coming age of probiotics. **Trends in Food Science and Technology**, v. 6, p. 241-245, 1995.
- MACHADO, J. C. V. **Reologia e escoamento de fluidos - Ênfase na Indústria de Petróleo**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2002. 258 p.
- MADRONA, G. S. et al. Estudo do efeito da adição de soro de queijo na qualidade sensorial do doce de leite pastoso. **Food Science and Technology**, v.29, n.4, p.826-833, 2009.
- MAESTRI, B. et al. Avaliação do impacto da adição de inulina e de maçã em leite fermentado probiótico concentrado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.17, n.1, p.58-66, 2014.
- MARINHO, M. et al. Análise físico-química e sensorial de iogurte de leite de cabra com polpa de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.14, p.497-510, 2012.
- MARTÍNEZ-CERVERA, S. et al. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. **LWT - Food Science and Technology**, v.44, p.729-736, 2011.
- MAYER, H. K.; FIECHTER, G. Physical and chemical characteristics of sheep and goat milk in Austria. **International Dairy Journal**, v.24, p.57-63, 2012.
- MAZINI, C. P. et al. Desenvolvimento e avaliação físico-química, sensorial e da estabilidade de ácido ascórbico de doce de leite com pimenta. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.72, n.2, p.142-146, 2013.
- MONTAN, M. As fibras invisíveis. **Revista Brasil Alimentos**, v. 4, n. 19, p. 28-29, 2003.
- NITSCHKE, M.; UMBELINO, D.C. Frutooligossacarídeos: novos ingredientes funcionais. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.36, n.1, p.27-34, 2002.
- OLIVEIRA, A. P. V. et al. Medida instrumental de cor em sobremesas lácteas de chocolate: uma técnica de baixo custo e versátil utilizando câmara digital. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.2, p.191-196, 2003.
- OLIVEIRA, G. H. et al. Controle do amadurecimento de goiabas 'pedro sato' tratadas por frio. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, n.9, p.15, 2010.
- OLIVEIRA, G. M. et al. Análise instrumental da cor através de fotografias digitais após clareamento dentário. **Revista da Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas**, v.69, n.4, p.396-404, 2015.

- PARK, Y. K.; KOO, M. H.; CARVALHO, P. O. Recentes progressos dos alimentos funcionais. **Boletim da SBCTA**, v. 31, n. 2, p. 200-206, 1997.
- PORTE, L. H. M.; LEÃO, M. H. M. R.; PORTE, A. Análise da cor e da atividade antimicrobiana de microcápsulas contendo lactoferrina bovina. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.32, n.2, p. 211-222, 2014.
- ROBERFROID, M.; SLAVIN, J. L. Nondigestible oligosaccharides. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 40, p. 461-480, 2000.
- RODRÍGUEZ-SANDOVAL, E.; FERNÁNDEZ-QUINTERO, A.; CUVÉLIER, G. Stress relaxation of reconstituted cassava dough. **LWT- Food Science and Technology**, v.42, p.202-206, 2009.
- ROHM, H.; JAROS, D. Rheological Methods: Instrumentation. In: FUQUAY, J. W.; FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. (Eds.), **Encyclopedia of Dairy Sciences**, Second Edition, vol. 1, San Diego: Academic Press, 2011. pp. 272-278.
- SAAD, N. et al. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, p. 1–16, 2013.
- SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.42, n.1, 2006.
- SALMINEN, S.; VAN LOVEREN, H. Probiotics and prebiotics: health claim substantiation. **Microbial Ecology in Health & Disease**, v. 23, p. 40-42, 2012.
- SCHRAMM, G. **Reologia e Reometria: Fundamentos Teóricos e Práticos**. São Paulo: Artliber, 2006. 240 p.
- SGARBIERI, V. C.; PACHECO, M. T. B. Revisão: Alimentos Funcionais Fisiológicos. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 2, n. 1/2, p7-19, 1999.
- SHIBAO, J.; BASTOS, D. H. M. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. **Revista de Nutrição**, v.24, n.6, p.895-904, 2011.
- SILANIKOVE, N. et al. Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. **Small Ruminant Research**, v. 89, p. 110-124, 2010.
- SILVA, F. C. **Reologia do suco de acerola: efeito da concentração e da temperatura**. 2000. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- SILVA, F. L. et al. Production of dulce de leche: The effect of starch addition. **Food Science and Technology**, v.62, p.417-423, 2015.
- SILVA, S. V. **Desenvolvimento de iogurte probiótico com prebiótico**. 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- SILVEIRA, E. O. D. et al. The effects of inulin combined with oligofructose and goat cheese whey on the physicochemical properties and sensory acceptance of a probiotic chocolate goat dairy beverage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 445–451, 2015.
- SOUZA, V. R. et al. Avaliação e definição do perfil de textura ideal de queijo *petitswiss*. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 66, n.382, p.48-53, 2011.

STANTON, C. et al. Probiotic Cheese. **International Dairy Journal**, v. 8, p. 491-496, 1998.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2nd ed. East Lansing, MI: Freeman Press, 1996. 418p.

STREETER, V. L. **Mecânica dos Fluidos**. México: Mcgraw-hill, 1996. 594 p.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v.13, p.215-225, 2002.

TABILO-MUNIZAGA, G.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Rheology for the food industry. **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 147-156, 2005.

TAMIME, A. Y. Microbiology of starter cultures. In: ROBINSON, R. K. **Dairy microbiology handbook**. 3 ed. New York, NY: Wiley, 2002.

TRIPATHI, M. K. K.; GIRI, S. K. K. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. **Journal of Functional Foods**, v. 9, n. 1, p. 225–241, 2014.

TUNICK, M. H. Rheology of dairy foods that gel, stretch, and fracture. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1892-1898, 2000.

VERRUCK, S. **Propriedades de queijo tipo minas frescal probiótico do leite de búfala (*Bubalus bubalis*) e o seu emprego como matriz protetora de *Bifidobacterium* BB-12**. 2014. 123p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2014.

VILLEGAS, B.; TARREGA, A. Optimising acceptability of new prebiotic low-fat milk beverages. **Food Quality and Preference**, v.21, p.234-242, 2010.

WADHWANI, R.; MCMAHON, D. J. Color of low-fat cheese influences flavor perception and consumer liking. **Journal of Dairy Science**, v.95, n.5, p. 2336–2346, 2012.

WIUM, H.; QVIST, K. B. Rheological properties of UF-Feta cheese determined by uniaxial compression and dynamic testing. **Journal of Texture Studies**, v.28, n. 4, p.435–454, 1997.

WU, D.; SUN, D. Colour measurements by computer vision for food quality control: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 29, p. 5-20, 2013.

YUN, J. W. Fructooligosaccharides - Occurrence, preparation, and application. **Enzyme and Microbial Technology**, v.19, p.107-117, 1996.

ZALAZAR, C. A. Concentrated milk products: dulce de leche. **Encyclopedia of Dairy Sciences**, p.503-510, 2002.

ZALAZAR, C. A.; PEROTTI, M. C. Dulce de Leche. **Reference Module in Food Science**, v.1, p.874-880, 2011.

ZARE, F. et al. Effect of the addition of pulse ingredients to milk on acid production by probiotic and yoghurt starter cultures. **LWT - Food Science and Technology**, v. 45, n. 2, p. 155–160, 2012.

## ADIÇÃO *BIFIDOBACTERIUM* BB-12 E AS PROPRIEDADES DE QUEIJO TIPO MINAS FRESCAL OBTIDO DO LEITE DE CABRA (*CAPRA AEGRAGUS*) AO LONGO DA SUA MANUTENÇÃO EM REFRIGERAÇÃO

**Vinicius Bittencourt Vitorino**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Silvani Verruck**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Sofia Grechi Garcia**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Bruna Marchesan Maran**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Elane Schwinden Prudencio**

Universidade Federal de Santa Catarina

### CONCEITOS APRESENTADOS NESTE CAPÍTULO

Este capítulo apresenta os resultados da avaliação do efeito da adição de *Bifidobacterium* BB-12 nas propriedades químicas e físicas do queijo tipo Minas Frescal obtido do leite de cabra ao longo de 30 dias de armazenamento em refrigeração. Foi produzido um queijo controle, sem adição de probióticos e um queijo probiótico, com adição de bifidobactéria. Nestes queijos, foi realizada a determinação dos seus rendimentos, e para o probiótico, a contagem de células viáveis probióticas. Ao longo do armazenamento em refrigeração foi determinada a composição físico-química; o perfil de textura, com determinação dos parâmetros firmeza (N), coesividade e elasticidade; o teste de

compressão uniaxial e o de relaxação. Os resultados demonstraram que a adição de *Bifidobacterium* BB-12 não influenciou no rendimento dos dois queijos. No queijo probiótico a contagem de células viáveis confirmou a sua propriedade probiótica, inclusive aumentada ao longo do armazenamento. A adição desta bactéria não alterou a composição do queijo tipo Minas Frescal obtido a partir do leite de cabra. Contudo, o armazenamento contribuiu para diminuição do teor de umidade, refletindo no aumento do teor de carboidratos totais dos dois queijos. A adição de bifidobactéria resultou no aumento da firmeza, sendo este resultado proveniente de uma maior estabilidade da matriz proteica, refletindo também na estabilidade do parâmetro coesividade. Os testes de compressão e relaxação demonstraram que os queijos produzidos demonstraram comportamento viscoelástico, sendo que apresentaram tendência a serem mais viscosos do que elásticos. Ao final, pôde-se verificar que o queijo tipo Minas Frescal obtido a partir do leite de cabra serviu como uma matriz para a adição de *Bifidobacterium* BB-12.

### 2.1 Introdução

De acordo com Hill et al. (2014) probióticos são microrganismos vivos que, quando

administrados em quantidades adequadas, conferem um efeito benéfico à saúde dos consumidores, no entanto, quando ingeridos regularmente. O principal efeito benéfico à saúde associado ao consumo de probióticos está relacionado com a manutenção de uma microbiota intestinal saudável, reduzindo as chances de uma colonização por patógenos e colaborando para a integridade intestinal (SAAD et al., 2013; SALMINEN; VAN LOVEREN, 2012).

O queijo tipo Minas Frescal é um dos mais populares no Brasil, sendo sua importância relacionada ao alto rendimento, menor custo de produção e ao processo simples de fabricação (FURTADO, 2005). Este queijo é obtido através da coagulação enzimática do leite com coalho e/ou outras enzimas coagulantes apropriadas, sendo classificado como de muito alta umidade (BRASIL, 2004). Conforme Buriti, Rocha e Saad (2005), esta alta umidade, caracteriza o queijo tipo Minas Frescal, como um produto com condições ideais para a manutenção de micro-organismos probióticos vivos, durante toda a validade do produto.

Dentre os vários tipos de produtos lácteos adicionados e classificados como probióticos, pode-se citar o queijo tipo Minas Frescal. Entretanto, quando a formulação de um queijo é modificada através da adição de micro-organismos probióticos, como *Bifidobacterium* BB-12, podem ser verificadas mudanças nas suas propriedades químicas e físicas, comprometendo sua aceitabilidade pelos consumidores. Por outro lado, assim como os tipos de micro-organismos adicionados aos queijos, a espécie de leite, como a cabra, empregada na fabricação de queijos pode modificar também as suas propriedades, justificando a realização do estudo destas propriedades.

Em relação ao leite de cabra, o aumento no consumo de seus derivados em todo o mundo é associado as suas propriedades alergênicas menores quando comparado ao leite de vaca (MARTIN-DIANA et al., 2003). Outros benefícios em utilizar o leite de cabra na produção de derivados, como queijos, são creditados ao seu alto valor nutritivo e a elevada capacidade da cabra em se adaptar a condições climáticas e criatórias variáveis (OESTERWIND et al. 2016). Além disso, cabe ressaltar que queijos tipo Minas Frescal do leite de vaca e do leite de búfala, adicionados de probiótico, ou seja, de *Bifidobacterium* BB-12, já foram elaborados e estudados por Fritzen-Freire et al. (2010) e Verruck et al. (2014), respectivamente. Entretanto, pesquisas sobre o efeito da adição de *Bifidobacterium* BB-12 nas propriedades químicas e físicas do queijo tipo Minas Frescal obtido do leite de cabra durante o armazenamento, ainda são praticamente inexistentes.

## 2.2 Objetivos

### 2.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de *Bifidobacterium* BB-12 nas propriedades químicas e físicas do queijo tipo Minas Frescal obtido do leite de

cabra (*Capra aegragus*), durante 30 dias de armazenamento a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ .

### 2.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram os seguintes:

- a) realizar a análise físico-química do leite de cabra;
- b) elaborar o queijo tipo Minas Frescal com leite de cabra, com ou sem adição (controle) de *Bifidobacterium* BB-12;
- c) avaliar o rendimento dos queijos, no dia 1 de armazenamento;
- d) avaliar os queijos quanto à enumeração de células viáveis probióticas, nos dias 1 e 30 de armazenamento a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ , previamente definidos;
- e) realizar as análises físico-químicas dos queijos, nos dias 1 e 30 de armazenamento;
- f) determinar as propriedades de textura através dos parâmetros firmeza, coesividade e elasticidade dos queijos, nos dias 1 e 30 de armazenamento; e
- g) realizar os testes de compressão uniaxial e de relaxação, nos dias 1 e 30 de armazenamento.

## 2.3 Material e métodos

### 2.3.1 Material

Na elaboração do queijo Minas Frescal do leite de cabra foi utilizado leite caprino integral pasteurizado, cloreto de cálcio (Vetec, Rio de Janeiro, Brasil), cultura prebiótica composta de *Bifidobacterium* BB-12 (BB-12®, Chr. Hansen, Hónsholm, Dinamarca), ácido láctico (Purac Sínteses, Rio de Janeiro, Brasil) e coalho comercial (Ha La®, Chr. Hansen, Valinhos, Brasil). Para as análises microbiológicas foi utilizado ágar MRS (Difco, Sparks, USA), propionato de sódio (Fluka, Neu-Ulm, Alemanha), cloreto de lítio (Vetec, Rio de Janeiro, Brasil) e AnaeroGen® (Oxoid, Hampshire, Reino Unido). Todos os demais reagentes empregados foram de grau analítico (p.a.).

### 2.3.2 Elaboração do queijo tipo Minas Frescal do leite de cabra

Um queijo Minas Frescal de cabra probiótico foi produzido baseado na metodologia proposta por Souza e Saad (2009), com modificações. O queijo foi produzido em uma cuba de 5 litros, empregando leite de cabra pasteurizado e aquecido a  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ . No leite foram adicionados ácido láctico (0,25 mL de uma solução de ácido láctico a 85% em cada litro de leite) e cloreto de cálcio (0,4mL/L de uma solução de cloreto de cálcio a 40%). Por último foram adicionados 0,15 g da cultura probiótica (*Bifidobacterium* BB-12) em cada litro de leite de cabra e coalho comercial em proporção de 1:3000 (0,9 mL/L de leite de cabra). Na cuba esta mistura permaneceu a  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  por 40

minutos. O coágulo formado foi gentilmente cortado em cubos com aresta aproximada de 1,5 cm para então ser drenado e colocado em formas perfuradas com capacidade para 500 g, a fim de ser realizada a drenagem restante do soro e moldagem do queijo probiótico. O produto obtido foi selado a vácuo em sacos plásticos Cryovac® (BN200, São Paulo, Brasil) e armazenado sob-refrigeração ( $5 \pm 1$  °C) por 30 dias. Outro queijo Minas Frescal do leite de cabra, seguindo o mesmo protocolo, mas sem a adição da cultura probiótica foi preparado como amostra controle. Os dois queijos do leite de cabra, denominados probiótico e controle foram avaliados nos dias 1 e 30 de armazenamento a  $5 \pm 1$ °C. Todas as análises foram feitas em triplicata.

### 2.3.3 Rendimento

O rendimento dos queijos tipo Minas Frescal do leite de cabra foi obtido através da Equação 2.1, onde  $m$  (g) é a massa de queijo obtida após a fabricação e  $v$  é o volume (mL) de leite de cabra inicial empregado.

$$RENDIMENTO(\%) = \left( \frac{m}{V} \right) \times 100$$

Equação 2.1

### 2.3.4 Análise físico-química

O leite de cabra e os queijos elaborados, denominados controle e probiótico, foram submetidos à determinação do teor de umidade (g/100 g) por secagem direta em estufa a 105°C segundo IAL (2008), ao teor de proteínas totais (g/100 g) por Kjeldahl ( $N \times 6,38$ ) e ao teor de cinzas (g/100 g) (AOAC, 2005). O teor de lipídios (g/100 g) foi determinado em butirômetro de Gerber. O total de carboidratos totais (g/100 g) foi obtido através do cálculo da diferença de massas.

As medidas dos valores de pH foram obtidas através de pHmetro (MP220, Metler-Toledo, Greinfensee, Suíça), enquanto a acidez (g ácido láctico/ 100 g) foi determinada seguindo a metodologia da AOAC (2005). O índice crioscópico do leite foi determinado em crioscópio digital da marca ITR (MK 540 FLEX, RS, Brasil). A atividade de água dos queijos foi medida através do equipamento AquaLab Series 4TE (Hampshire, Reino Unido). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

### 2.3.5 Enumeração de células viáveis probióticas

A viabilidade da cultura probiótica (*Bifidobacterium* BB-12) foi avaliada no queijo probiótico. Assim, porções de 25 g dos queijos foram coletadas assepticamente a partir do centro e superfície de cada um destes queijos. Estas porções (25 g) foram misturadas com 225 mL de água peptonada (0,1g/100 g) em Bag Mixer 400 (Interscience, St. Nom, França), e submetidas à diluição seriada, empregando o mesmo diluente. Segundo Vinderola e Reinheimer (2000), para a enumeração da cultura probiótica, ágar MRS

modificado com adição de 0,2 g/100 g de cloreto de lítio e 0,3 g/100 g de propionato de sódio foi utilizado. As placas foram incubadas em jarras de anaerobiose contendo Anaerogen® a  $37 \pm 1$  °C por 72 h. Depois da incubação, a contagem de células viáveis probióticas foi realizada e expressa como log unidades formadoras de colônia por grama de queijo fresco (log UFC/g). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

### 2.3.6 Propriedades físicas

A análise de textura, a compressão uniaxial e o teste de relaxação dos queijos controle e probiótico foram realizadas utilizando um texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd, Surrey, Reino Unido) equipado com célula de carga de 25 kg e um *probe* de alumínio de 25 mm de diâmetro. As amostras foram preparadas removendo peças cilíndricas dos queijos frescos (19 mm de diâmetro e 20 mm de altura) que foram mantidas em refrigeração ( $5 \pm 1$  °C) até o momento das análises, sem adição de lubrificantes. Os dados foram obtidos utilizando o programa Texture Expert Exceed 2.61 (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, Reino Unido). As medidas nesta etapa foram repetidas 9 vezes.

#### 2.3.6.1 Análise de textura

As amostras cilíndricas dos queijos foram comprimidas com velocidade de teste de 2 mm/s, tempo de 5 segundos e distância igual a 4 mm. Da curva obtida desta análise foram obtidos os seguintes parâmetros: firmeza (N), coesividade e elasticidade.

#### 2.3.6.2 Compressão uniaxial

Os cilindros de queijo foram comprimidos até 50% de sua altura inicial a uma velocidade de 1mm/s. A tensão ( $\sigma$ ) foi calculada através da Equação 2.2, de acordo com o modelo proposto por Calzada e Peleg (1978).

$$\sigma_{(t)} = F_{(t)} / A_{(t)} \quad \text{Equação 2.2}$$

onde  $\sigma$  (t) é a tensão no tempo t; F (t) é a força no tempo t; A(t) é a área da amostra no tempo t.

Calculou-se a deformação ( $\epsilon$ ) de acordo com a Equação 2.3, também descrita por Calzada e Peleg (1978).

$$\epsilon = \ln(H_0) / H_0 - \Delta H \quad \text{Equação 2.3}$$

onde  $H_0$  é a altura inicial da amostra;  $\Delta H$  é a diferença entre a altura da amostra no tempo t e  $H_0$ .

A tensão de ruptura ( $\sigma_r$ ) e a deformação de ruptura ( $\epsilon_r$ ) foram provenientes das curvas de tensão pela deformação, onde  $\sigma_r$  foi obtida no ponto máximo da curva e  $\sigma_r$

através da deformação correspondente, segundo Wium e Qvist (1997).

### 2.3.6.3 Teste de relaxação

Os queijos (controle e probiótico) foram submetidos a 10% de compressão durante 60 s a uma velocidade de 1 mm/s. Os resultados destes testes foram normalizados e analisados através do modelo empírico proposto por Peleg (1979), representado pela Equação 2.4.

$$\frac{F_{(t)}}{F_0} = 1 - \frac{c_1 \cdot t}{c_2 + t} \quad \text{Equação 2.4}$$

onde  $F_{(t)}$  é a força no tempo (t) e  $F_0$  é a força inicial.

Os parâmetros  $c_1$  e  $c_2$  foram estimados por regressão não-linear usando o *software* STATISTICA versão 12.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Neste modelo,  $1-c_1$  e  $c_1/c_2$  fornecem informações sobre as características visco elásticas do material. Enquanto o valor de  $1-c_1$  pode ser definido como o “grau de solidez” e a razão de  $c_1/c_2$  representa a taxa inicial de decaimento da força. Como o grau de solidez está associado ao comportamento global do material, foram levados em consideração todos os dados experimentais. Para obter uma estimativa precisa da taxa inicial de decaimento, os dados foram ajustados utilizando os cem primeiros pontos experimentais das curvas de relaxação, através da razão  $F_{(t)}/F_0$  versus o tempo, como descrito por Müller, Laurindo e Yamashita (2009), com modificações.

### 2.3.7 Análise estatística

A significância da diferença entre as médias das amostras foi determinada pela análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey. Diferenças serão consideradas estatisticamente significantes quando  $P < 0,05$ . Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* STATISTICA versão 13.0 (StatSof INC., Tulsa, OK, EUA).

## 2.4 Resultados e discussão

Os valores para o rendimento dos queijos foram de 9,53% e 9,11% (m/m) para o queijo controle e o queijo probiótico, respectivamente. Estes valores foram menores do que para queijos frescos do leite de vaca (em torno de 20%) (FRITZEN-FREIRE et al., 2010) e do leite de búfala (cerca de 24%) (VERRUCK et al., 2015), mas similares aos queijos frescos do leite de cabra obtido por Miloradovic et al. (2017), cujo rendimento foi de 9,5%. Tal comportamento era esperado devido os baixos teores de proteínas encontrados no leite de cabra (Tabela 2.1). Chitchyan e Grigoryan (2016) afirmaram que o teor de caseína é a principal e representativa característica da coagulação do leite.

Para obter uma coalhada de boa qualidade que ofereça maior rendimento ao queijo, é necessário que o teor de caseína seja pelo menos igual a 2,5%. Cabe ressaltar que o teor de caseína em leites representa 76% do teor de proteínas totais (CHITCHYAN; GRIGORYAN, 2016). Miloradovic et al. (2017) relataram que o suprimento de leite de cabra é sazonal e, portanto, é comum resultarem em queijos com menor rendimento do que os provenientes do leite de vaca. Entretanto, os resultados obtidos para a composição físico-química do leite de cabra (Tabela 2.1) estão de acordo com os requisitos estabelecidos pela Instrução Normativa 37, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000).

Na Tabela 2.1 estão também representados os resultados das análises físico-químicas dos queijos tipo Minas Frescal obtidos do leite de cabra (controle e probiótico). Depois de 30 dias de armazenamento foi possível verificar diminuição ( $P < 0,05$ ) nos teores de umidade dos dois queijos elaborados. Este comportamento está de acordo com o verificado por Souza e Saad (2009) em queijos frescos, sendo creditado às transformações bioquímicas que normalmente ocorrem no armazenamento de queijos. Assim, pode-se também verificar que a diminuição no teor de umidade durante o armazenamento dos dois queijos, contribuiu para o aumento ( $P < 0,05$ ) no teor de carboidratos totais. Assim como o período de armazenamento, adição de *Bifidobacterium* BB-12 também não influenciou ( $P > 0,05$ ) nos teores de proteínas, cinzas e lipídios. O mesmo foi observado por Fritzen-Freire et al. (2010) e Verruck et al. (2015), para queijos tipo Minas Frescal elaborados a partir do leite de vaca e do leite de búfala, respectivamente.

Tanto a adição de bifidobactéria como o período de armazenamento não influenciaram ( $P > 0,05$ ) sobre os valores do pH e da acidez dos dois queijos (controle e probiótico). Segundo Boylston et al. (2004) estes resultados favorecem a manutenção da contagem de probióticos. Estes autores ainda relataram que pH menor do que 5 podem diminuir a contagem de células viáveis probióticas. Assim como confirmado por Ong, Henriksson e Shah (2006), o emprego de bactérias probióticas não modifica a composição de queijos.

A contagem de células viáveis probióticas no queijo tipo Minas Frescal do leite de cabra aumentou ( $P < 0,05$ ) de  $7,52 \pm 0,05$  log UFC/g de produto para  $8,97 \pm 0,06$  log UFC/g de produto, nos dias 1 e 30 de armazenamento, respectivamente. Assim, pode-se verificar que o armazenamento não influenciou nesta enumeração. Os valores obtidos para esta contagem estão acima do que é considerado por Hill et al. (2014) (entre 6 e 7 log UFC/g de produto), como sendo o mínimo necessário para que as culturas probióticas exerçam benefícios a saúde do consumidor regular deste tipo de produto.

Composição	Leite de cabra	Queijo			
		Controle		Probiótico	
		Dia 1	Dia 30	Dia 1	Dia 30
Umidade (g/100g)	88,55±0,14	50,09±0,21 <sup>AA</sup>	48,35±0,59 <sup>AB</sup>	50,10±0,12 <sup>AA</sup>	48,23±0,41 <sup>AB</sup>
Proteínas totais (g/100g)	2,89±0,03	27,06±0,19 <sup>AA</sup>	27,11±0,30 <sup>AA</sup>	27,20±0,08 <sup>AA</sup>	27,10±0,16 <sup>AA</sup>
Cinzas (g/100g)	0,74±0,01	3,70±0,01 <sup>AA</sup>	3,71±0,02 <sup>AA</sup>	3,72±0,02 <sup>AA</sup>	3,71±0,02 <sup>AA</sup>
Lipídios (g/100g)	3,50±0,01	17,00±0,0 <sup>AA</sup>	17,00±0,01 <sup>AA</sup>	17,00±0,01 <sup>AA</sup>	17,00±0,01 <sup>AA</sup>
Carboidratos totais (g/100g)	5,06±0,19	1,50±0,03 <sup>AB</sup>	3,55±0,01 <sup>AA</sup>	1,53±0,03 <sup>AB</sup>	3,53±0,01 <sup>AA</sup>
pH	6,86±0,04	6,68±0,01 <sup>AA</sup>	6,69±0,01 <sup>AA</sup>	6,69±0,02 <sup>AA</sup>	6,69±0,01 <sup>AA</sup>
Acidez (g ácido láctico/ 100 g)	0,098±0,010	0,041±0,010 <sup>AA</sup>	0,042±0,010 <sup>AA</sup>	0,042±0,010 <sup>AA</sup>	0,042±0,010 <sup>AA</sup>
Índice crioscópico (°H)	0,560 ± 0,010	ND	ND	ND	ND
Atividade de água	ND	0,679±0,088 <sup>AA</sup>	0,621±0,013 <sup>AA</sup>	0,665±0,136 <sup>AA</sup>	0,594±0,021 <sup>AA</sup>

**Tabela 2.1:** Resultados (média ± desvio padrão) das análises físico-químicas do leite de cabra e dos queijos do leite de cabra elaborados.

ND: Não determinado. n = 3.

<sup>a,b</sup> No mesmo período de armazenamento, entre formulações diferentes de queijos, em uma mesma linha, letras minúsculas apresentam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ).

<sup>A,B</sup> Em diferentes dias de armazenamento, entre as mesmas formulações de queijos, em uma mesma linha, letras maiúsculas apresentam diferenças ( $P < 0,05$ ).

Os resultados dos parâmetros da análise instrumental do perfil de textura dos queijos controle e probiótico estão apresentados na Tabela 2.2. Para a utilização com êxito de bifidobactérias em queijos é importante também que o seu emprego não provoque grandes alterações de textura quando comparada com o queijo tradicional, ou seja, sem adição de bifidobactéria. Durante o armazenamento dos queijos foi verificado aumento ( $P < 0,05$ ) no parâmetro firmeza. Ao avaliarem a firmeza de queijo tipo Minas Frescal, queijo “bousin” e queijo mozzarella de búfala, respectivamente, Fritzen-Freire et al. (2010); Santos (2011) e Pignata (2013), verificaram que o aumento da firmeza estaria correlacionada com a diminuição no teor de umidade. Assim tal comportamento estaria também relacionado com a diminuição dos valores da firmeza nos queijos controles e probióticos (Tabela 2.2). Entretanto, também foi verificado que o queijo adicionado de bifidobactéria (probiótico) apresentou maiores ( $P < 0,05$ ) valores para o parâmetro firmeza do que o controle. Silva et al. (2017) notaram que queijos sem adição de bactérias apresentaram também menor valor para a firmeza. Estes autores descreveram que queijos com menor firmeza apresentam menores interações intermoleculares da rede de proteínas, permitindo fácil destruição da matriz peptídica por proteólise. Assim a adição de bifidobactéria, no queijo probiótico, teria contribuído para a maior estabilidade da sua matriz proteica.

A menor estabilidade da matriz proteica também poderia ter influenciado no aumento ( $P < 0,05$ ) do parâmetro coesividade do queijo controle durante o período de armazenamento. Já para o parâmetro elasticidade não foram verificadas diferenças ( $P > 0,05$ ) entre os queijos.

Os resultados dos parâmetros reológicos dos queijos controle e probiótico

encontram-se na Tabela 2.3. Os dois queijos elaborados não apresentaram diferenças entre os parâmetros tensão de ruptura ( $\sigma_r$ ), deformação de ruptura ( $\epsilon_r$ ) e taxa de decaimento da força ( $c_1/c_2$ ). Entretanto, somente o grau de solidez ( $1 - c_1$ ) aumentou ( $P < 0,05$ ) com o período de armazenamento dos queijos, mas não pela adição de bifidobactéria. Este resultado pode ser relacionado com a variação da firmeza verificada durante o armazenamento dos queijos (Tabela 2.2) e também com os menores valores de umidade obtidos para os queijos (Tabela 2.1).

De acordo com o modelo proposto por Peleg (1979) quando o grau de solidez tende a um representa um sólido elástico e quando tende a zero o comportamento do material é controlado pelo seu componente viscoso. Desta forma, foi possível verificar, a partir dos dados obtidos, que os dois queijos elaborados apresentaram tendência a serem mais viscosos do que elástico. Comportamento similar foi verificado por Fritzen-Freire et al. (2010) para queijo tipo Minas Frescal. Finalmente a avaliação da adição de *Bifidobacterium* BB-12 e do armazenamento, nas propriedades químicas e físicas de queijo tipo Minas Frescal do leite de cabra, contribuiu para a obtenção de um produto com grande potencial como alimento funcional.

Parâmetros	Queijo			
	Controle		Probiótico	
	Dia 1	Dia 30	Dia 1	Dia 30
Firmeza (N)	16,13±1,86 <sup>bB</sup>	22,40±2,32 <sup>bA</sup>	22,25±3,03 <sup>aB</sup>	34,94±3,40 <sup>aA</sup>
Coesividade	0,761±0,012 <sup>aB</sup>	0,791±0,006 <sup>aA</sup>	0,762±0,027 <sup>aA</sup>	0,799±0,010 <sup>aA</sup>
Elasticidade	85,47±1,14 <sup>aA</sup>	85,77±1,46 <sup>aA</sup>	85,79±1,10 <sup>aA</sup>	86,17±1,11 <sup>aA</sup>

**Tabela 2.2:** Resultados (média ± desvio padrão) dos parâmetros da análise instrumental do perfil de textura dos queijos elaborados.

n = 9.

<sup>a,b</sup> No mesmo período de armazenamento, entre formulações diferentes de queijos, em uma mesma linha, letras minúsculas apresentam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ).

<sup>A,B</sup> Em diferentes dias de armazenamento, entre as mesmas formulações de queijos, em uma mesma linha, letras maiúsculas apresentam diferenças ( $P < 0,05$ ).

Parâmetros	Queijo controle		Queijo probiótico	
	Dia 1	Dia 30	Dia 1	Dia 30
Tensão de ruptura ( $\sigma_r$ ) (kPa)	207,45±49,55 <sup>aA</sup>	128,01±44,67 <sup>aA</sup>	267,26±22,50 <sup>aA</sup>	193,39±57,43 <sup>aA</sup>
Deformação de ruptura ( $\epsilon_r$ ) (-)	0,80±0,05 <sup>aA</sup>	0,74±0,11 <sup>aA</sup>	0,86±0,06 <sup>aA</sup>	0,77±0,04 <sup>aA</sup>
Gráu de solidez ( $1 - c_1$ ) (-)	0,284±0,026 <sup>aB</sup>	0,367±0,024 <sup>aA</sup>	0,301±0,019 <sup>aB</sup>	0,367±0,016 <sup>aA</sup>
Taxa inicial de decaimento da força ( $c_1/c_2$ ) ( $s^{-1}$ )	0,791±0,159 <sup>aA</sup>	0,665±0,096 <sup>aA</sup>	0,661±0,057 <sup>aA</sup>	0,677±0,081 <sup>aA</sup>

**Tabela 2.3:** Resultados (média ± desvio padrão) dos parâmetros reológicos dos queijos controle e probiótico.

n = 9.

<sup>a,b</sup> No mesmo período de armazenamento, entre formulações diferentes de queijos, em uma mesma linha, letras minúsculas apresentam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ).

<sup>A,B</sup> Em diferentes dias de armazenamento, entre as mesmas formulações de queijos, em uma mesma linha, letras maiúsculas apresentam diferenças ( $P < 0,05$ ).

## 2.5 Conclusão

A adição de *Bifidobacterium* BB-12 no queijo do leite de cabra tipo Minas Frescal resultou em um queijo probiótico. A adição de bifidobactéria também não influenciou no rendimento, na composição físico-química, no comportamento reológico do queijo probiótico. Entretanto, depois de 30 dias de armazenamento o queijo probiótico foi firme do que o queijo controle, além de demonstrar aumento na contagem de células viáveis probióticas. Depois do armazenamento, nos dois queijos elaborados (controle e probiótico), também foi verificado a diminuição no teor de umidade e o aumento no teor de carboidratos totais. O armazenamento também aumentou o grau de solidez dos dois queijos elaborados a partir do leite de cabra. Ao final foi possível verificar que os queijos elaborados apresentaram comportamento viscoelástico, com tendência a serem mais viscosos do que elásticos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemists**, 18th ed. AOAC, Gaithersburg, MD, USA, 2005.

BOYLSTON, T. D. et al. Incorporation of bifidobacteria into cheeses: challenges and rewards. **International Dairy Journal**. V. 14, p. 375–387, 2004.

BRASIL. Instrução Normativa nº 37, de 31 de outubro de 2000. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade do leite de cabra. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Instrução Normativa nº 4, de 01 de março de 2004. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento altera a Portaria nº 352 de 04/09/1997. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2004.

BURITI, F. C. A.; ROCHA, J. S.; SAAD, S. M. I. Incorporation of *Lactobacillus acidophilus* in Minas fresh cheese and its implications for textural and sensorial properties during storage. **International Dairy Journal**, v. 15, p. 1279-1288, 2005.

CALZADA, J. F.; PELEG, M. Mechanical interpretation of compressive stress–strain relationships on solids foods. **Journal of Food Science**, v.41, p.1087–1092, 1978.

CHITCHYAN, Z. T.; GRIGORYAN, A. A. Yield and quality of brine-ripened cheeses, production from the milk of jersey and Simmental cows. **Annals of Agrarian Science**, v. 14, n. 2, p. 64–66, 2016.

FAO/WHO. **Guidelines for evaluating probiotics in food**. London Ontario, 2002.

FRITZEN-FREIRE, C.B. et al. The influence of *Bifidobacterium* BB-12 and lactic acid incorporation on the properties of Minas Frescal cheese. **Journal of Food Engineering**, v. 96, p. 621–627, 2010.

FURTADO, M. M. **Principais problemas dos queijos: causas e prevenção**. São Paulo: Fonte Comunicações e Editora, 2005. 200p.

HILL, C. et al. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. **Nature Reviews Gastroenterology**

and **Hepatology**, v. 11, n. 8, p. 506–514, 2014.

IAL (INSTITUTO ADOLFO LUTZ). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: IAL, 2008. 1018p.

MARTÍN-DIANA, A.B. et al. Development of a fermented goat's milk containing probiotic bacteria. **International Dairy Journal**, v.13, n.10, p.827-833, 2003.

MILORADOVIC, Z. et al. High heat treatment of goat cheese milk. The effect on yield, composition, proteolysis, texture and sensory quality of cheese during ripening. **International Dairy Journal**, v. 68, p. 1–8, 2017.

MÜLLER, C. M. O.; LAURINDO, J. B.; YAMASHITA, F. Effect of cellulose fibers on the crystallinity and mechanical properties of starch-based films at different relative humidity values. **Carbohydrate Polymers**, v.77, n. 2, p.293–299, 2009.

OESTERWIND, S. et al. Impact of structural and cognitive enrichment on the learning performance, behavior and physiology of dwarf goats (*Capra aegagrus hircus*). **Applied Animal Behaviour Science**. p. 34-41, 2016.

ONG, L.; HENRIKSSON, A.; SHAH, N. P. Development of probiotic Cheddar cheese containing *Lactobacillus acidophilus*, *Lb. casei*, *Lb. paracasei* and *Bifidobacterium* spp. and the influence of these bacteria on proteolytic patterns and production of organic acid. **International Dairy Journal**, v. 16, n. 5, p. 446–456, 2006.

PELEG, M. Characterization of the stress relaxation curves of solid foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 44, p. 277-281, 1979.

PIGNATA, M. C. **Queijo muçarela de búfala elaborado com inclusão de leite de vaca: qualidade nutricional e instrumental**, 2013. 86f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, UESB, Itapetinga, 2013.

SAAD, N. et al. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, p. 1–16, 2013.

SALMINEN, S.; VAN LOVEREN, H. Probiotics and prebiotics: health claim substantiation. **Microbial Ecology in Health & Disease**, v. 23, p. 40-42, 2012.

SANTOS, T. D. R. **Avaliação de queijos “boursin” de leite de cabras das raças saanen e parda alpina submetidas a diferentes dietas**, 2011. 92f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. UESB, Itapetinga, 2011.

SILVA, H. L. A. et al. Effect of sodium reduction and flavor enhancer addition on probiotic Prato cheese processing. **Food Research International**, v. 99, p. 247–255, 2017.

SOUZA, C. H. B.; SAAD, S. M. I. Viability of *Lactobacillus acidophilus* La-5 added solely or in co-culture with a yoghurt starter culture and implications on physico-chemical and related properties of Minas fresh cheese during storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 633-640, 2009.

VERRUCK, S. et al. Influence of *Bifidobacterium* Bb-12 on the physicochemical and rheological properties of buffalo Minas Frescal cheese during cold storage. **Journal of Food Engineering**, v 151, p. 34-42, 2015.

VERRUCK, S. **Propriedades de queijo tipo minas frescal probiótico do leite de búfala (*Bubalus bubalis*) e o seu emprego como matriz protetora de *Bifidobacterium* BB-12**. 2014. 123p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

2014.

VINDEROLA, C. G.; REINHEIMER, J. A. Enumeration of *Lactobacillus casei* in the presence of *L. acidophilus*, bifidobacteria and lactic starter bacteria in fermented dairy products. **International Dairy Journal**, v.10, p.271-275, 2000.

WIUM, H.; QVIST, K. B. Rheological properties of UF-Feta cheese determined by uniaxial compression and dynamic testing. **Journal of Texture Studies**, v.28, n. 4, p.435–454, 1997.

## PROPRIEDADES DE DOCE DE LEITE DE CABRA (*CAPRA AEGRAGUS*) ADICIONADO DE PREBIÓTICO VISANDO A SUBSTITUIÇÃO DA GORDURA

**Luiza Medeiros Cardoso**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Alice Espíndola Moreira Cardoso**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Maria Helena Machado Canella**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Silvani Verruck**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Elane Schwinden Prudencio**

Universidade Federal de Santa Catarina

tipos. Entretanto, este doce de leite demonstrou menor teor de proteína, porém, este valor ficou dentro do limite estipulado pela legislação brasileira. A inulina adicionada resultou em um doce de leite mais escuro, mas como em todos os doces de leite verificou predomínio da cor amarela. A gordura ou a inulina foram protetores da cor indicaram para o doce de leite de cabra. A adição de inulina resultou em um doce de leite de cabra mais firme, elástico, adesivo e gomoso.

### CONCEITOS APRESENTADOS NESTE CAPÍTULO

Neste capítulo foi avaliada a adição de prebiótico (inulina) em substituição parcial da gordura nas propriedades físicas e químicas do doce de leite de cabra. Foram elaboradas três tipos de doce de leite, sendo um obtido a partir do leite de cabra integral, e os outros dois do leite de cabra desnatado e do leite de cabra desnatado com adição de 10 % de inulina. Os doces de leite foram avaliados quanto às suas propriedades químicas e físicas, e quanto à análise de cor e aos parâmetros de textura. A adição do prebiótico inulina contribuiu para obtenção de um doce de leite de cabra com reduzido teor de gordura, e com maior rendimento, quando comparado aos outros dois

### 3.1 Introdução

O leite de cabra (*Capra aegragus*) tem se destacado principalmente pelas propriedades nutritivas, atribuídas a sua composição, principalmente as suas proteínas e seus ácidos graxos, considerados de alto valor biológico (MARTIN-DIANA et al., 2003; COSTA; QUEIROGA; PEREIRA, 2009). Além disso, o leite caprino possui alta digestibilidade e baixa propriedade alergênica, quando comparado ao leite bovino (MARTIN-DIANA et al., 2003). Desta forma, tem-se observado o surgimento de novos mercados para os produtos do leite de cabra, como o doce de leite (FONSECA et al., 2013). Entretanto, os altos teores de gorduras presentes neste tipo de produto, além

de açúcares, contribuem para a diminuição do seu consumo. Contudo, a diminuição do teor de açúcar pode inviabilizar a comercialização do doce de leite, uma vez que irá gerar um produto de coloração mais clara, que poderia ser rejeitado pelo consumidor. Por outro lado, à redução no teor gordura do doce de leite e a incorporação de um substituto pode também afetar as suas propriedades. Pinheiro e Pena (2004) ressaltam que os substitutos de gordura podem oferecer uma maneira segura e efetiva em relação ao sabor, bem como a textura de produtos lácteos. Maestri et al. (2014) relatam que dentre os substitutos de gordura mais empregados nestes produtos, destaca-se a inulina. A inulina é um frutoligossacarídeo não digerível, comumente extraído da raiz da chicória, que é empregado em produtos lácteos devido à sua capacidade de formar micro cristais capazes de resultar em uma textura cremosa, causando uma sensação sensorial semelhante à conferida pela gordura. Além disso, a inulina é considerada um prebiótico, pois apresenta a capacidade de aumentar o número de micro-organismos probióticos, pois no cólon é metabolizada seletivamente por um ou mais probiótico (MATTILA-SANDHOLM et al., 2002). Entretanto, para que a inulina seja considerada um prebiótico, ela deve ser adicionada na porção do alimento em quantidade que seja capaz de gerar um produto com propriedades funcionais. Alimento funcional, segundo Roberfroid (2002), é caracterizado por demonstrar efeito benéfico para uma ou mais funções no corpo, além dos efeitos nutricionais, influenciando na redução do risco de doenças e conseqüentemente na saúde e no bem-estar do indivíduo que o consome regularmente.

## 3.2 Objetivos

### 3.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi elaborar doce de leite a partir de leite de cabra (*Capra aegragus*) integral e desnatado com e sem adição de inulina, a fim de determinar as suas propriedades físicas e químicas.

### 3.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- (a) elaborar três tipos de doce de leite empregando leite de cabra integral, leite de cabra desnatado e leite de cabra desnatado com adição de inulina;
- (b) determinar o rendimento dos doces de leite elaborados;
- (c) avaliar as propriedades químicas dos doces de leite; e
- (d) avaliar as propriedades físicas dos doces de leite, como cor e perfil de textura.

### 3.3 Material e métodos

#### 3.3.1 Material

Na elaboração do doce de leite caprino foi utilizado leite de cabra desnatado UHT (Caprilat®, CCA Laticínios, Rio de Janeiro, Brasil) com 7,54 g/100 mL de sólidos totais, 3,00 g/100 mL de proteína, 0,00 g/100 mL de gordura, 0,24 g/100 mL de sais minerais e 4,30 g/100 mL de carboidratos; leite de cabra integral UHT (Caprilat®, CCA Laticínios, Rio de Janeiro, Brasil) com 7,54 g/100 mL de sólidos totais, 6,00 g/100mL de proteína, 7,00 g/100 mL de gordura, 0,24 g/100mL de sais minerais e 8,6 g/100mL de carboidratos; prebiótico inulina (Orafti® Gr, Orafiti, Tienen, Bélgica) com grau de polimerização (DP)  $\geq 10$ ; sacarose (Caravelas, São Paulo, Brasil) e glicose (Karo®, Unilever, São Paulo, Brasil). Todos os demais reagentes empregados foram de grau analítico (p.a.).

#### 3.3.2 Elaboração do doce de leite caprino

Foram elaborados três doces de leite, denominados de C1, C2, e C3, em relação ao volume inicial de leite, conforme descrito na Tabela 3.1. Os doces de leite foram evaporados até atingir cerca de 70 °Brix, então foram resfriados e embalados a  $70 \pm 1^\circ\text{C}$ . As amostras foram acondicionadas em embalagens plásticas seladas (Seladora Sulpack®, Rio Grande do Sul, Brasil) com tampas de folha de alumínio e armazenadas em temperatura ambiente até a realização das análises.

Ingredientes	Amostras		
	C1	C2	C3
	Leite de cabra integral	Leite de cabra desnatado	Leite de cabra desnatado
Sacarose (g/100 mL)	20	20	20
Glicose (g/100 mL)	2	2	2
Bicarbonato de sódio (g/100 mL)	0,1	0,1	0,1
Inulina (g/100 mL)	-	-	10

**Tabela 3.1:** Formulação dos doces de leites de cabra produzidos

#### 3.3.3 Rendimento

O rendimento das amostras de doce de leite foi obtido através da Equação 3.1, onde  $m$  é a massa obtida de doce de leite em gramas após a fabricação, e  $v$  é o volume em mL de leite de cabra inicial adicionado. As análises foram realizadas em triplicata.

$$\text{RENDIMENTO}(\%) = \left(\frac{m}{V}\right) \times 100$$

Equação 3.1

### 3.3.4 Análises físico-químicas

As amostras de doce de leite (C1, C2 e C3) foram analisadas quanto ao teor de umidade (g/100g), através do método gravimétrico feito por secagem em estufa a  $105 \pm 1^\circ\text{C}$  até peso constante (AOAC, 2005), enquanto a atividade de água avaliada em equipamento Aqualab E4 TE. O teor sólidos solúveis totais ( $^\circ\text{Brix}$ ) foi avaliado em refratômetro (Mettler Toledo - Quiuck-Brix90 LLI58318); já a determinação do pH foi realizada em pH metro (BEL Engenharia W38, Monza, Itália) empregando assim o método potenciométrico. A acidez titulável (g/100g de ácido láctico) foi determinada de acordo com a metodologia descrita pelo Manual de Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). O teor de lipídeos (g/100g) foi determinado pelo método de Soxhlet, a partir da hidrólise dos lipídeos com ácido clorídrico e posterior extração com éter de petróleo. As amostras também foram analisadas em relação ao teor de proteínas (g/100g) pelo método de Kjeldahl ( $N \times 6,38$ ) (AOAC, 2005). O teor de sais minerais (g/100g) foi determinado através de metodologia descrita pelo IAL (2008). Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

### 3.3.5 Análise de cor

As análises de cor nas amostras de doce de leite foram determinadas utilizando o colorímetro Minolta Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta, Osaka, Japão) ajustado para operar com iluminante D65 e ângulo de observação de  $10^\circ$ , previamente calibrado. Para medir os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  foi utilizada a escala de cor CIELab onde o parâmetro  $L^*$  varia de 0 a 100 e indica a luminosidade de acordo com a variação do preto ao branco; o eixo  $a^*$  indica a variação do vermelho ( $+a^*$ ) ao verde ( $-a^*$ ) enquanto que o eixo  $b^*$ , a variação do amarelo ( $+b^*$ ) para o azul ( $-b^*$ ). Os valores do ângulo Hue ( $h^*$ ) e Chroma ( $C^*$ ) foram calculados de acordo com González-Martínez et al. (2002), demonstrado nas Equações 3.2 e 3.3:

$$h^* = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad \text{Equação 3.2}$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad \text{Equação 3.3}$$

### 3.3.6 Análise de perfil de textura (TPA)

A análise instrumental do perfil de textura (TPA) nas amostras de doce de leite foi realizada utilizando-se o texturômetro Stable Micro Systems, modelo TA.HD.plus auxiliadas pelo programa Exponent versão 6.1.1.0. Para os testes adotaram-se os seguintes parâmetros: velocidade de teste de 2,0 mm/s; distância de 10,0 mm; altura de 20 mm e um corpo de prova (probe) de alumínio de 490 mm. Da curva de TPA foram obtidos os seguintes parâmetros: firmeza (N), elasticidade, adesividade (N.s) e

gomosidade (N). Todas as medidas foram realizadas 5 vezes.

### *3.3.7 Análise estatística*

Para determinar a significância da diferença entre as médias dos resultados foi utilizada a análise de variância (ANOVA) seguida de teste de Tukey com 5% de significância ( $p < 0,05$ ). A análise foi realizada através do software STATISTICA versão 12.0 (StatSoft Inc., Tulsa, Estados Unidos) e os resultados foram expressos com média  $\pm$  desvio padrão.

## **3.4 Resultados e discussão**

### *3.4.1 Rendimento e análises físico-químicas*

Os resultados das características físico-químicas das amostras de doce de leite estão apresentados na Tabela 3.2. Como esperado, a adição de inulina na formulação C3 diminuiu ( $P < 0,05$ ) o teor de umidade quando comparado com as amostras C1 e C2 e, portanto, contribuiu para o aumento do rendimento. Os teores de umidade obtidos indicam que todas as amostras estão de acordo com o estabelecido pela legislação brasileira, que apresenta como limite máximo para umidade de doces de leite pastoso o valor de 30 g/100g (Brasil, 1997). Gaze et al. (2015) caracterizando as propriedades físico-químicas de diferentes marcas de doce de leite comercializados no mercado brasileiro, encontraram valor médio das amostras de 25,38 g/100g, ou seja, resultados próximos ao encontrado neste trabalho.

O valor para a atividade de água em doce de leite auxilia na definição de vida de prateleira do produto, bem como o tipo de embalagem a ser utilizada e as condições de armazenamento adequadas para um produto final de qualidade (FERREIRA et al., 2012). Assim, os resultados obtidos para a atividade de água nas amostras de doce de leite elaboradas não diferiram ( $P > 0,05$ ), apresentando valor médio de 0,72. Laguna e Egito (1999) obtiveram doce de leite de cabra com valor para a atividade de água em torno de 0,71. Segundo Ferramondo et al. (1984), doce de leite com valores para a atividade de água abaixo de 0,85, colaboram para a conservação do produto. Isso porque de acordo com Ferreira et al. (2012), a presença de micro-organismos deteriorantes é diminuída quando os valores para a atividade de água estão abaixo de 0,90.

Os resultados verificados para os valores de sólidos solúveis totais podem estar também relacionados com os valores do rendimento. De acordo com Silva et al. (2015) em doce de leite estes resultados são comparáveis, já que menor perda de água durante a evaporação conduzem a um maior rendimento. Os valores obtidos para sólidos solúveis totais foram similares aos observados por Giménez, Ares e Gámbaro (2008) que indicam valores maiores do que 74 °Brix. De acordo com estes autores, estes valores são indicados para que o doce de leite apresente características

sensoriais ideais.

Assim como outros parâmetros, Gaze et al. (2015) afirmam que para a aceitabilidade de um doce de leite pelos consumidores, os valores de pH e acidez também devem ser determinados. Desta forma, pode-se verificar que as amostras de doce de leite (C1, C2 e C3) não diferiram ( $P > 0,05$ ) quanto ao pH, sendo de acordo com Gaze et al. (2015), este é um comportamento considerado positivo. Quando comparado com os valores da literatura, verificou-se que os mesmos são muito variáveis, incluindo amostras comerciais brasileiras avaliadas por Oliveira et al. (2010) e Gaze et al. (2015). Em relação aos teores de acidez, observou-se que a amostra com menor teor de lipídios (C2) e sem a adição de inulina apresentou maior valor ( $P < 0,05$ ). Como esperado e definido pela legislação brasileira, a amostra C1, ou seja, elaborada somente com leite integral, apresentou teores de lipídios entre 6 e 9 g/100g.

Parâmetro	C1	C2	C3
Rendimento (%)	33,20	29,99	36,70
Umidade (g/100g)	22,73 <sup>a</sup> ± 0,25	23,57 <sup>a</sup> ± 0,15	23,27 <sup>a</sup> ± 0,99
Atividade de água	0,72 <sup>a</sup> ± 0,02	0,71 <sup>a</sup> ± 0,01	0,73 <sup>a</sup> ± 0,01
Sólidos solúveis totais (°Brix)	77,71 <sup>b</sup> ± 0,53	79,96 <sup>a</sup> ± 0,15	80,47 <sup>a</sup> ± 0,21
pH	7,13 <sup>a</sup> ± 0,01	7,12 <sup>a</sup> ± 0,01	7,13 <sup>a</sup> ± 0,11
Acidez (g/100g de ácido láctico)	0,16 <sup>b</sup> ± 0,01a	0,24 <sup>a</sup> ± 0,00	0,17 <sup>b</sup> ± 0,00
Lipídeos (g/100g)	6,16 <sup>a</sup> ± 0,01	0,31 <sup>b</sup> ± 0,01	0,40 <sup>b</sup> ± 0,10
Proteínas (g/100g)	6,28 <sup>b</sup> ± 0,09	6,11 <sup>a</sup> ± 0,11	5,10 <sup>c</sup> ± 0,06
Sais minerais (g/100g)	2,28 <sup>b</sup> ± 0,04	2,49 <sup>a</sup> ± 0,02	1,93 <sup>c</sup> ± 0,00

**Tabela 3.2:** Características físico-químicas para as amostras de doce de leite.

Resultados expressos com média ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras.

C1: doce de leite elaborado com leite de cabra integral; C2: doce de leite elaborado com leite de cabra desnatado; C3: doce de leite elaborado com leite de cabra desnatado e adicionado de inulina.

Como estabelecido por Brasil (1997), todas as amostras de doce de leite apresentaram teores de proteínas acima de 5 g/100g. A partir dos resultados obtidos pôde-se verificar que estes produtos apresentaram valor nutritivo relevante. Segundo Gaze et al. (2005) o parâmetro que mais afeta a aceitabilidade nutricional de doces de leite seria o teor de proteína.

Assim como o verificado por Laguna e Egito (1999), que encontram teores de sais minerais maiores que 2,68 g/100g para o doce de leite produzido a partir de leite de cabra, os doces de leites com maiores teores de leite (integral ou desnatado) (C1 ou C2) apresentaram maiores ( $P < 0,05$ ) teores de sais minerais do que o produto adicionado de inulina (C3). Além disso, maiores valores verificados para os teores de sais minerais poderiam estar relacionados, dentre outros fatores, ao maior teor de

acidez encontrado para a amostra C2.

### 3.4.2 Análise de cor

Os resultados obtidos para análise de cor estão apresentados na Tabela 3.3. O parâmetro  $L^*$  expressa a luminosidade das amostras, sendo que valores mais próximos de 100 resultam em amostras mais claras. Assim, foi possível verificar que a amostra de doce de leite com maior teor de gordura apresentou maior valor ( $P < 0,05$ ) para o parâmetro luminosidade, ou seja, foram mais claras. Estes valores estão de acordo com Silva et al. (2015) que afirmam ser a tonalidade da cor do doce de leite variável entre o caramelo e o marrom, o que é característico da reação de Maillard. Entretanto, todos os valores obtidos para a luminosidade estão próximos aos observados por estes últimos autores, que conseguiram valores próximos a 56. Como as reações de Maillard e caramelização estão associadas com o escurecimento do doce de leite, é possível verificar que com a presença da gordura estas reações foram menos intensas. Este comportamento também foi observado por Liu et al. (2015). Estes autores concluíram que a fusão da gordura do leite durante o aquecimento seria capaz de absorver parte da energia térmica, o que contribuiria para a diminuição do escurecimento de um produto lácteo.

Parâmetros	C1	C2	C3
$L^*$	56,12 <sup>a</sup> ± 0,06	53,93 <sup>b</sup> ± 0,35	53,85 <sup>b</sup> ± 0,34
$a^*$	5,15 <sup>a</sup> ± 0,06	5,13 <sup>a</sup> ± 0,20	4,06 <sup>b</sup> ± 0,20
$b^*$	22,75 <sup>a</sup> ± 0,18	22,13 <sup>a</sup> ± 0,93	20,36 <sup>b</sup> ± 0,47
$h^*$	70,26 <sup>b</sup> ± 0,77	76,01 <sup>b</sup> ± 0,19	78,49 <sup>a</sup> ± 0,14
$C^*$	21,54 <sup>b</sup> ± 0,61	23,06 <sup>a</sup> ± 0,24	21,18 <sup>b</sup> ± 0,10

**Tabela 3.3:** Parâmetros de cor para as amostras de doce de leite.

Resultados expressos com média ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre as amostras.

C1: doce de leite elaborado com leite de cabra integral; C2: doce de leite elaborado com leite de cabra desnatado; C3: doce de leite elaborado com leite de cabra desnatado e adicionado de inulina.

Os valores de  $a^*$  e  $b^*$  positivos indicam maior relação das amostras com a coloração vermelha e amarela respectivamente, com predominância do amarelo devido ao maior valor encontrado do parâmetro  $b^*$ , em todas as amostras. A combinação destas duas cores confirma, conforme Gaze et al. (2015), a cor característica do doce de leite. Entretanto, a amostra com adição de inulina (C3) apresentou menores ( $P < 0,05$ ) valores para estes parâmetros ( $a^*$  e  $b^*$ ), quando comparada as demais (C1 e C2). A partir destes dois parâmetros foi possível conferir que a adição da inulina na amostra C3 diminuiu ( $P < 0,05$ ) estes valores. Araujo-Díaz et al. (2017) afirmam que o desempenho da inulina depende de vários fatores, destacando-se assim o seu grau

de polimerização e a quantidade de água presente no alimento. Além de ser conhecida por formar micro cristais e, portanto aumentar a capacidade de retenção de água no alimento, já que uma molécula se liga a duas de água, a inulina é considerada, conforme González-Tomás et al. (2009), mais estável termicamente do que qualquer outro tipo de fibra. Desta forma, a diminuição nos valores destes dois parâmetros de cor, poderia estar associada à estabilidade gerada pela adição de inulina ao doce de leite. Shoaib et al. (2016) observaram que ao realizar análise de frutanos, a inulina foi a fibra que permaneceu mais estável durante o processamento e durante sucessivos tratamentos térmicos.

De acordo com Silva et al (2015) o valor de  $h^*$  representa a mudança no grau de formação da cor vermelha à amarela. Assim todos os doces de leites apresentaram tendência maior à cor amarela, porque conforme estes mesmos autores, quando os valores para  $h^*$  são maiores do que  $45^\circ$ , existe o predomínio da cor amarela. Masoud e Jakobsen (2003) relatam que o parâmetro  $C^*$  representa a saturação da cor, ou seja, a combinação dos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ . Assim, pode-se notar que o  $C^*$  foi mais intenso para a amostra C2, ou seja, para o doce de leite elaborado somente com leite desnatado, ou seja, com menor teor de gordura e sem a adição de inulina. Assim, pode-se verificar que esta amostra de doce de leite (C2) foi mais afetada pelas mudanças na cor. Enfim, a presença da gordura ou da inulina na elaboração do doce de leite de cabra serviram como agentes protetores da cor.

### *3.4.3 Análise do perfil de textura*

Silva et al. (2015) relatam que o doce de leite pastoso necessita de características de textura que auxiliem no espalhamento do produto e na sua utilização em confeitaria, colaborando com a qualidade do produto. Assim como as análises das características físico-químicas do doce de leite, os resultados obtidos a partir de alguns parâmetros obtidos da análise do perfil de textura (Tabela 3.4) são essenciais para aceitação e para o controle de qualidade deste tipo de produto. Cabe ressaltar que este conhecimento é extremamente útil para a indústria, ou seja, o uso de instrumentos oferece um método de mensuração dos parâmetros de textura mais objetivo e econômico, contrariamente à avaliação sensorial, que requer um longo tempo de treinamento e capacitação de julgadores.

Parâmetros	C1	C2	C3
Firmeza (N)	1,07 <sup>b</sup> ± 0,03	0,48 <sup>c</sup> ± 0,04	2,89 <sup>a</sup> ± 0,59
Elasticidade	87,67 <sup>b</sup> ± 0,44	86,06 <sup>c</sup> ± 0,49	91,79 <sup>a</sup> ± 0,75
Adesividade (N.s)	3,50 <sup>b</sup> ± 0,22	0,90 <sup>c</sup> ± 0,02	10,16 <sup>a</sup> ± 0,25
Gomosidade (N)	0,76 <sup>b</sup> ± 0,10	0,28 <sup>c</sup> ± 0,16	1,75 <sup>a</sup> ± 0,23

**Tabela 3.4:** Resultados médios ± desvio padrão de alguns parâmetros obtidos através do perfil de textura dos doces de leite elaborados com leite de cabra integral (C1), com leite de cabra desnatado (C2) e leite de cabra desnatado e inulina (C3).

Resultados expressos com média ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre as amostras.

Foi possível verificar que o doce elaborado com leite de cabra desnatado e inulina apresentou maior valor ( $P < 0,05$ ) para os parâmetros firmeza, elasticidade, adesividade e gomosidade do que as demais amostras, incluindo a elaborada com leite de cabra integral. Mudanças nos parâmetros de textura de doces de leites comerciais foram verificadas por Rocha et al. (2012) e por Francisquini et al. (2016). Meyer et al. (2011) citam que a inulina de cadeia longa, como a utilizada neste estudo, é menos solúvel, e portanto capaz de tornar o produto mais firme, além de agir como modificador de parâmetros de textura, como elasticidade, adesividade e gomosidade. Entretanto, a menor firmeza obtida para o doce elaborado com leite de cabra integral, quando comparado ao leite desnatado com inulina, pode ser creditada, conforme citado por Koca e Metin (2004), a gordura do leite que é capaz de quebrar a matriz proteica e atuar como lubrificante, proporcionando uma textura menos firme. Desta forma, assim como para a firmeza, a maior elasticidade, adesividade e gomosidade do doce de leite com inulina (C3) foi também devido à presença da inulina de cadeia longa. Soukoulis, Lebesi e Tzia (2009) relacionam tal fato a dois fatores, sendo o primeiro relacionado à capacidade da inulina de cadeia longa em formar pequenos agregados de micro cristais que são capazes de reter água. O segundo fato, que atua conjuntamente com o primeiro, seria relativo à interação da inulina com a proteína do leite, permitindo um aumento da massa molar, modificando ainda mais estes parâmetros de textura.

### 3.5 Conclusão

Foi possível elaborar os doces de leite de cabra, empregando leite integral, leite desnatado e leite desnatado com inulina. Pôde-se verificar que a adição da inulina contribuiu para obtenção de um doce de leite de cabra com reduzido teor de gordura, mas com maior rendimento. Foi verificado também que este produto apresentou menor teor de proteína, no entanto, este valor estava dentro do limite estipulado pela legislação vigente. A inulina contribuiu para um maior escurecimento do doce de leite, mas assim como todas as amostras foi observado um predomínio da cor amarela. Em relação à cor pode-se concluir que a gordura ou a inulina serviram como agentes

protetores da cor na elaboração de doce de leite de cabra. Por fim, a adição de inulina contribuiu para obtenção de um doce de leite de cabra mais firme, com maior facilidade de recuperar a forma se submetida a uma força, mais adesivo e que requer maior energia para sua forma semissólida ser mastigada.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO-DÍAZ, S. B. et al. Evaluation of the physical properties and conservation of the antioxidants content, employing inulin and maltodextrin in the spray drying of blueberry juice. **Carbohydrate Polymers**, v. 167, p.317-325, 2017.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemists**, 18th ed. AOAC, Gaithersburg, MD, USA, 2005.
- BRASIL. Portaria nº 354, de 04 de setembro de 1997. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento aprova o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Doce de Leite. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 1997.
- COSTA, R. G.; QUEIROGA, R. C. R. E.; PEREIRA, R. A. G. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.307-321, 2009.
- FERRAMONDO, A. et al. Chemical and Microbiological Studies on “Dulce de Leche” a Typical Argentine Confectionery Product. **Journal of Food Science**, v.49, p.821-823, 1984.
- FERREIRA, L. O. et al. Avaliação das características de qualidade de doces de leite comerciais. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.67, n.387, p.05-11, 2012.
- FONSECA, C. R., K. et al. Storage of refrigerated raw goat milk affecting the quality of whole milk powder. **Journal of Dairy Science**, v.96, p.4716–4724, 2013.
- FRANCISQUINI, J. A. et al. Avaliação da intensidade da reação de Maillard, de atributos físico-químicos e análise de textura em doce de leite. **Revista Ceres**, v.63, n.6, p.589-596, 2016.
- GAZE, L. V. et al. Preference mapping of dulce de leche commercialized in Brazilian markets. **Journal of Dairy Science**, v.98, n.3, p.1-12, 2015.
- GIMÉNEZ, A.; ARES, G.; GÁMBARO, A. Consumer reaction to changes in sensory profile of dulce de leche due to lactose hydrolysis. **International Dairy Journal**, v.18, p.951-955, 2008.
- GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. et al. Influence of substituting milk powder for whey powder on yogurt quality. **Trends in Food Science and Technology**, v. 13, p. 334-340, 2002.
- GONZÁLEZ-TOMÁS, L.; BAYARRI, S.; COSTELL, E. Inulin-enriched dairy desserts: Physicochemical and sensory aspects. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 9, p. 4188-4199, 2009.
- IAL (INSTITUTO ADOLFO LUTZ). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: IAL, 2008. 1018p.
- KOCA, N.; METIN, M. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. **International Dairy Journal**, v.14, p.365-373, 2004.
- LAGUNA, L. E. ; EGITO, A. S. do. Fabricação de doce pastoso com leite de cabra. Sobral: Embrapa Caprinos, 1999. 19 p. (Circular técnica, 22).

- LIU, H. et al. Protection of heat-sensitive probiotic bacteria during spray-drying by sodium caseinate stabilized fat particles. **Food Hydrocolloids**, v. 51, p. 459–467, 2015.
- MAESTRI, B. et al. Avaliação do impacto da adição de inulina e de maçã em leite fermentado probiótico concentrado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.17, n.1, p.58-66, 2014.
- MARTIN-DIANA, A. B. et al. Development of a fermented goat's milk containing probiotic bacteria. **International Dairy Journal**, v. 13, p. 827–833, 2003.
- MASOUD, W.; JAKOBSEN, M. Surface ripened cheeses: The effects of *Debaryomyces hansenii*, NaCl and pH on the intensity of pigmentation produced by *Brevibacterium linens* and *Corynebacterium flavescens*. **International Dairy Journal**, v.13, p.231-237, 2003.
- MATTILA-SANDHOLM, T. et al. Technological challenges for future probiotic foods. **International Dairy Journal**, v.12, p.173-182, 2002.
- MEYER, D. et al. Inulin as texture modifier in dairy products. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p.1881-1890, 2011.
- OLIVEIRA, G. H. H. et al. Controle do amadurecimento de goiabas 'pedrosato' tratadas por frio. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.6, n.9, p.1, 2010.
- PINHEIRO, M. V. S.; PENNA, A. L. B. Substitutos de gordura: tipos e aplicações em produtos lácteos. **Alimentos e Nutrição**, v.15, n.2, p.185-186, 2004.
- ROBERFROID, M. Functional food concept and its application to prebiotics. **Digestive and Liver Disease**, v. 34, n. 2, p. 105-10, 2002.
- ROCHA, et al. Avaliação das características de qualidade de doces de leite comerciais. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.67, n. 387, p.5-11, 2012.
- SHOAIB, M. et al. Inulin: properties, health benefits and food applications. **Carbohydrate Polymers**, v. 147, p. 444-454, 2016.
- SILVA, F. L. et al. Production of dulce de leche: The effect of starch addition. **Food Science and Technology**, v.62, p.417-423, 2015.
- SOUKOULIS, C.; LEBESI, D.; TZIA, C. Enrichment of ice cream with dietary fibre: effects on rheological properties, ice crystallization and glass transition phenomena. **Food Chemistry**, v.115, p.665-671, 2009.

## EMPREGO E PROPRIEDADES DO LEITE FERMENTADO DE CABRA (*CAPRA AEGRAGUS*) ADICIONADO DE INULINA

**Camila Espíndola Sérgio**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Maria Helena Machado Canella**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Silvani Verruck**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Elane Schwinden Prudencio**

Universidade Federal de Santa Catarina

### CONCEITOS APRESENTADOS NESTE CAPÍTULO

Este capítulo trata da utilização do leite de cabra visando à produção de um leite fermentado prebiótico (inulina). Isto porque o leite de cabra apresenta alta digestibilidade, alto valor nutricional, e possui propriedades alergênicas inferiores em comparação ao leite de vaca. Foram produzidos dois tipos de leite fermentado, um denominado de Prebiótico, com inulina, e outro de Controle, sem inulina. Em ambos os leites fermentados foram adicionadas a cultura láctea com *Lactococcus acidophilus* LA-5®, *Bifidobacterium* BB-12® e *Streptococcus thermophilus*. Estes leites fermentados foram avaliados quanto as suas propriedades físico-químicas, de cor e reológicas. Ao final pôde-se verificar que a inulina contribuiu para o aumento dos valores de sólidos totais e

acidez, diminuindo, portanto o valor do pH de ambos os leites fermentados elaborados com leite de cabra. Ambos os leites fermentados apresentaram coloração clara, com tendência a cor amarelo-esverdeada. Os dois produtos apresentaram comportamento de fluido não-Newtoniano, com propriedades *shear thinning*, sendo que o modelo da Lei da Potência foi aplicado com sucesso para descrever as suas propriedades reológicas. Entretanto, a viscosidade aparente foi maior para o leite fermentado com inulina, ou seja, Prebiótico.

### 4.1 Introdução

Segundo Silanikove et al. (2010), o aumento do consumo de leite de cabra (*Capra aegagrus*) em todo o mundo contribui para que os derivados caprinos se tornem mais populares e demonstrem sua capacidade de oferecer produtos de alta qualidade sob diversas condições climáticas e ambientais extremas. No entanto, ainda existe a necessidade de pesquisas científicas para melhor utilizá-lo na obtenção destes produtos.

Em destaque entre os produtos lácteos do leite de cabra, os leites fermentados são reconhecidos por possuir propriedades alergênicas inferiores em comparação com o leite de vaca (MARTIN-DIANA et al., 2003),

além de maior teor de ácidos graxos de cadeia curta, maior teor de zinco, ferro e magnésio (SLACANAC et al., 2010).

De acordo com Brasil (2007), entende-se por leite fermentado ou cultivado o produto cuja fermentação se realiza com um ou vários cultivos, como por exemplo, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium sp.*, *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* e/ou outras bactérias ácido-lácticas que, por sua atividade, contribuem para a determinação das características do produto final.

O desenvolvimento de alimentos funcionais é outro ponto positivo para a indústria láctea. Assim, entre os alimentos com propriedades funcionais encontram-se os prebióticos. Segundo Saad (2006), os prebióticos são componentes alimentares não digeríveis que afetam benéficamente o hospedeiro, por estimularem seletivamente a proliferação ou atividade de populações de bactérias desejáveis no cólon. Também pode garantir um benefício adicional ao hospedeiro, como inibir a multiplicação de patógenos. A inulina é um dos prebióticos mais estudados e utilizados na indústria alimentícia, com vantagens tecnológicas e propriedades nutricionais (PASEEPHOL; SMALL; SHERKAT, 2008).

Para uso tecnológico a inulina possui interessantes propriedades como um substituto de gordura, devido sua capacidade em formar microcristais, quando misturados à água ou ao leite, criando uma textura suave e cremosa (KAUR; GUPTA, 2002). Além disso, a adição de inulina em um alimento lácteo pode alterar suas propriedades de textura (PASEEPHOL; SMALL; SHERKAT, 2008). Deste modo, assim como o leite de cabra, que possui alto valor nutritivo, a incorporação de um prebiótico, como a inulina, seria altamente recomendada para a obtenção de um leite fermentado funcional.

## 4.2. Objetivos

### 4.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do leite de cabra na produção de leite fermentado adicionado de inulina, com propriedades físico-químicas, de cor e reológicas definidas.

### 4.2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram os seguintes:

- a) elaborar os leites fermentados empregando o leite de cabra, com adição (Prebiótico) e sem adição de inulina (Controle);
- b) determinar as propriedades físico-químicas dos dois tipos leites fermentados elaborados;
- c) avaliar as propriedades de cor dos leites fermentados; e

d) caracterizar o perfil reológico dos leites fermentados elaborados.

## 4.3 Material e métodos

### 4.3.1 Material

Leite de cabra integral UHT (13,3 g/100 mL de sólidos totais, 6,00 g/100 mL de gordura, 3,00 g/100 mL de proteína, 0,24 g de cinzas/100 mL e 4,30 g carboidrato/100 mL, Caprilat®, CCA Laticínios, Rio de Janeiro, Brasil), fermento lácteo (*L. acidophilus* LA-5®  $1 \times 10^6$  UFC/g, *Bifidobacterium* BB-12®  $1 \times 10^6$  UFC/g e *S. thermophilus*. BioRich®, Chr. Hansen, Horsholm, Dinamarca) colocar composição, inulina (Orafti® HPX Orafti, Tienen, Bélgica) com grau de polimerização (DP)  $\geq 23$ , leite de cabra em pó integral (14,3 g/100 mL de sólidos totais, 6,8 g/100 mL de gordura, 3,5 g/100 mL de proteína, 0,24 g de cinzas/100 mL e 4,00 g carboidrato/100 mL, Caprilat®, CCA Laticínios, Rio de Janeiro, Brasil) e sacarose. Todos os demais reagentes empregados nas análises foram de grau analítico.

### 4.3.2 Elaboração do leite fermentado

Foram elaborados dois tipos de leites fermentados do leite de cabra, um denominado de Prebiótico, ou seja, adicionado com 6 g de inulina por cada 100 mL de leite, e um Controle, sem adição de inulina, empregando metodologia proposta por Lucey e Singh (1998), com modificações. O leite com 10 g 100/ L<sup>-1</sup> de sacarose e de leite de cabra em pó, adicionado ou não de inulina, foi aquecido a 85 °C por 5 minutos. Ambas as amostras foram resfriadas até  $42 \pm 1^\circ\text{C}$ , adicionada à cultura láctea e fermentadas nesta temperatura. Após o período de fermentação, os leites fermentados foram resfriados até  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ , gentilmente batidos, para a quebra do coágulo. Estas amostras foram acondicionadas em embalagens plásticas fechadas com alumínio e armazenadas em refrigeração a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  até a realização das análises.

### 4.3.3 Análises físico-químicas

As amostras de leite fermentado foram analisadas em relação ao teor de sólidos totais, acidez titulável e pH. As análises de teor de sólidos totais (g/100 g) foram realizadas por secagem em estufa a  $105 \pm 1^\circ\text{C}$  até peso constante (AOAC, 2005); a acidez em ácido láctico (g/100 g) foi realizada de acordo com a metodologia descrita no Manual de Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). As medidas dos valores de pH foram obtidas através de método potenciométrico, utilizando pHmetro (Quimis, modelo Q-400, Brasil) previamente calibrado com soluções tampão (pH 7,0 e pH 4,0). Todas estas análises foram obtidas em triplicata.

#### 4.3.4 Análise de cor

A análise de cor dos leites fermentados foi realizada cinco vezes em cada amostra, empregando colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-400, Osaka, Japão), ajustado para operar com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°, previamente calibrado. A escala CIELab foi utilizada para calcular os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , onde:  $L^*$  representa a luminosidade, variando de 0 (preto) a 100 (branco);  $a^*$  indica a variação do vermelho ( $+a^*$ ) ao verde ( $-a^*$ ); e o parâmetro  $b^*$  indica a variação do amarelo ( $+b^*$ ) ao azul ( $-b^*$ ). A diferença total da cor ( $\Delta E^*$ ) entre os valores observados das amostras (Prebiótico e Controle), foi calculado segundo Capellas et al. (2001) utilizando a Equação 4.1:

$$\Delta E^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]} \quad \text{Equação 4.1}$$

Onde  $\Delta L^*$  é a diferença da luminosidade entre as amostras;  $\Delta a^*$  representa a intensidade da cor vermelha; e  $\Delta b^*$  a intensidade da cor amarela.

Também foi calculado o valor do ângulo Hue ( $h^*$ ) e do Chroma ( $C^*$ ), segundo as Equações 4.2 e 4.3, respectivamente, conforme descrito por González-Martínez et al. (2002).

$$h^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad \text{Equação 4.2}$$

$$C^* = \frac{(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}}{L^*} \quad \text{Equação 4.3}$$

#### 4.3.5 Análise reológica

As medidas reológicas dos leites fermentados (Controle e Prebiótico) foram realizadas utilizando reômetro rotacional Brookfield com cilindros concêntricos (Brookfield Engineering Laboratories, modelo DVIII Ultra, Stoughton, EUA) e spindle SC4-21. As medidas foram coletadas através do software Rheocalc® 32 versão 3.2 (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, EUA). As curvas de fluxo foram geradas pelo aumento linear da taxa de deformação de 39,06 s<sup>-1</sup> a 120,90 s<sup>-1</sup> nos primeiros 15 minutos (curva ascendente) e retornou para 39,06 s<sup>-1</sup> nos 15 minutos seguintes (curva descendente). O reômetro foi controlado termostaticamente por um banho de água circulante (TECNAL model TE-184, São Paulo, Brasil) na temperatura de 4,0 ± 0,1 °C. A velocidade de rotação foi aumentada de 40 rpm para 130 rpm, aumentando 2 rpm a cada 15 s. O comportamento de fluxo foi descrito através do modelo Lei da Potência de acordo com a Equação 4.4:

$$\sigma = K(\dot{\gamma})^n \quad \text{Equação 4.4}$$

Onde  $\sigma$  é a tensão de cisalhamento (Pa),  $\dot{\gamma}$  é a taxa de deformação (s<sup>-1</sup>),  $K$  é

índice de consistência ( $\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ ) e  $n$  é o índice de comportamento de fluxo. Os valores de viscosidade na curva descendente (viscosidade / taxa de deformação) a uma taxa de  $50 \text{ s}^{-1}$  foram considerados como viscosidade aparente ( $\eta$ ) em ambos os leites fermentados (Controle e Prebiótico). De acordo com Bourne (2002) esta taxa representa a viscosidade aproximada percebida na boca. O comportamento tixotrópico dos leites fermentados (Controle e Prebiótico) foi avaliado calculando a área de histerese entre as curvas ascendente e descendente. Todos os valores foram obtidos em triplicata.

#### 4.3.6 Análise estatística

Os dados foram obtidos através do *software* STATISTICA versão 13.0 (StatSoft Inc., Tulsa, Estados Unidos) e foram expressos como média e desvio padrão. A análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey (5 % de significância) foram utilizados para verificar a existência de diferenças significativas entre os resultados obtidos.

### 4.4 Resultados e discussão

#### 4.4.1 Análises físicas e químicas

A Tabela 4.1 demonstra os valores referentes às propriedades físicas e químicas dos leites fermentados (Controle e Prebiótico). Os teores de sólidos totais estão de acordo com relatado por Tamime e Robinson (2007), que citaram que leites fermentados, tipo iogurte, devem apresentar o teor de sólidos totais em torno de 23,5 g/100 g. Valores similares de sólidos totais também foram encontrados por Maestri et al. (2014) e Crispín-Isidro et al. (2015) para iogurtes adicionados de inulina. Em relação aos valores de acidez e pH dos leites fermentados do leite de cabra (Controle e Prebiótico), foi possível verificar que foram menor e maior ( $P < 0,05$ ), respectivamente, para o adicionado de inulina. Tamime et al. (2011) citaram que normalmente em leites fermentados de cabra as culturas adicionadas crescem mais rapidamente. Desta forma, o leite fermentado Prebiótico, apresentou este comportamento devido a adição de inulina. Segundo Ding e Shah (2008) os microrganismos das culturas lácticas e probióticas podem metabolizar os carboidratos, como a inulina, presentes no leite fermentado, produzindo pequenas quantidades de ácidos orgânicos. Entretanto, todas as amostras apresentaram valores para a acidez dentro do estipulado pela Instrução normativa nº 46, de 2007, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que prevê valores para a acidez entre 0,6 e 2,0 g/100g (BRASIL, 2007).

Análises	Controle	Prebiótico
Sólidos totais (g/ 100 g)	22,06 <sup>b</sup> ± 0,08	25,29 <sup>a</sup> ± 0,02
Acidez titulável (g/ 100 g)	0,72 <sup>a</sup> ± 0,0	0,66 <sup>b</sup> ± 0,02
pH	4,83 <sup>b</sup> ± 0,01	4,90 <sup>a</sup> ± 0,01

**Tabela 4.1:** Propriedades físicas e químicas de leites fermentados do leite de cabra, sem adição de inulina (Controle) e adicionado de 6 g/100 mL de inulina (Prebiótico).

Resultados expressos como média ± desvio padrão, realizados em triplicata para cada análise.

<sup>a,b</sup> Para cada linha, diferentes letras minúsculas sobrescritas indicam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os diferentes tipos de leite fermentado.

#### 4.4.2 Análise de cor

Os parâmetros de cor dos leites fermentados estão apresentados na Tabela 4.2. Em relação ao parâmetro  $L^*$  que representa a luminosidade, não houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre as amostras. Pimentel, Garcia e Prudencio (2012) também não observaram efeito da adição do frutano tipo inulina no parâmetro  $L^*$  em iogurtes preparados com leite de vaca. Nos dois leites fermentados foi possível verificar valores altos para a luminosidade ( $L^*$ ), indicando produtos mais claros. Mendes, Silva e Abrantes (2009) descreveram que a cor do leite de cabra é branca pela ausência de  $\beta$ -caroteno, pois esta espécie converte todo este componente em vitamina A no leite o que torna o leite caprino mais branco do que o leite de vaca, resultando assim em derivados mais brancos. Segundo Zhu et al. (2016) no processo de obtenção da inulina, a mesma é descolorida, não interferindo no parâmetro de luminosidade de derivados lácteos.

Não foi observada diferença ( $P > 0,05$ ) entre o parâmetro  $b^*$ , dos dois leites fermentados elaborados, ou seja, ambos apresentaram tendência à tonalidade amarelada. Apesar de Pimentel, Garcia e Prudencio (2012) citarem que iogurtes de leite de cabra naturais visualmente pareçam brancos e brilhantes ao olho humano, o colorímetro é mais sensível, sendo assim capaz de captar a cor amarela. Apesar de serem diferentes ( $P < 0,05$ ) em relação ao parâmetro  $a^*$ , os dois leites fermentados elaborados apresentaram tendência à coloração esverdeada. Como descrito por Fritzen-Freire et al. (2013) este resultado ocorreu provavelmente devido a presença de riboflavina no leite.

Análises	Controle	Prebiótico
$L^*$	80,70 <sup>a</sup> ± 0,02	80,32 <sup>a</sup> ± 0,40
$b^*$	7,15 <sup>a</sup> ± 0,04	7,23 <sup>a</sup> ± 0,11
$a^*$	-1,68 <sup>b</sup> ± 0,01	-1,82 <sup>a</sup> ± 0,02
$\Delta E^*$		0,41
$C^*$	7,34 <sup>a</sup> ± 0,03	7,46 <sup>a</sup> ± 0,11
$h^*$	86,84 <sup>b</sup> ± 0,06	86,36 <sup>a</sup> ± 0,04

**Tabela 4.2:** Parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $\Delta E^*$ ,  $C^*$ ,  $h^*$ ) de leites fermentados do leite de cabra, sem adição de inulina (Controle) e adicionado de 6 g/100 mL de inulina (Prebiótico)

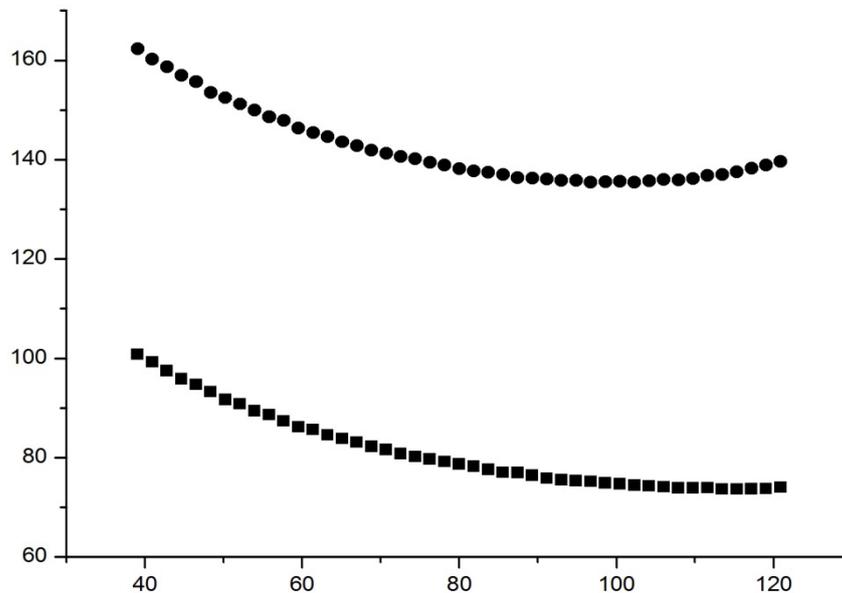
Resultados expressos como média ± desvio padrão, realizados em triplicata para cada análise.

<sup>a,b</sup> Para cada linha, diferentes letras minúsculas sobrescritas indicam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os diferentes tipos de leite fermentado.

Conforme Lawless e Heymann (1999) o parâmetro  $\Delta E^*$  é capaz de indicar a percepção dos parâmetros de cor de um produto pelo olho humano. Assim, pôde-se verificar que ambos os leites fermentados (Controle e Prebiótico) apresentaram valor menor do que 1. Martínez-Cervera et al. (2011) descreveram que valores para  $\Delta E^*$  menores do que 1, indicam que a diferença de cor entre as amostras não pode ser perceptível pelo olho humano. Quanto ao comportamento do ângulo Hue ( $h^*$ ) foi possível verificar que a inulina contribuiu para o seu aumento no leite fermentado Prebiótico. Juan et al. (2013) afirmaram que a natureza da partícula da inulina, pode ter agido nos centros de dispersão da luz influenciando assim no valor de  $h^*$ . Solowiej et al. (2015) citaram que o parâmetro Chroma ( $C^*$ ) representa a saturação da cor, ou seja, a combinação dos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ . Com os resultados obtidos para  $C^*$ , foi possível observar que a pequena diferença em relação ao  $a^*$  dos leites fermentados, não foi capaz de alterar  $C^*$ .

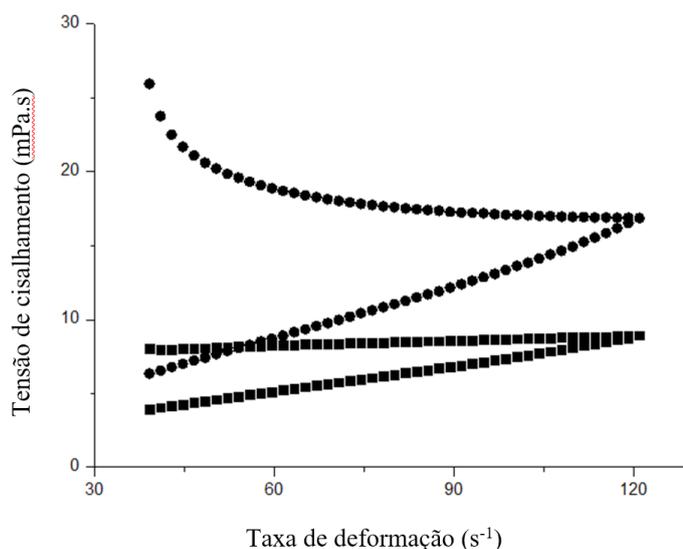
#### 4.4.3 Análise reológica

Os leites fermentados do leite de cabra sem adição de inulina (Controle) e com adição de inulina (Prebiótico) apresentaram comportamento de fluido não-Newtoniano (Figura 4.1). Para estes dois produtos verificou-se uma diminuição na viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação, indicando que os fluidos apresentaram propriedades de *shear thinning*. Mesma propriedade foi verificada em iogurtes por Pang et al. (2016) e Yu, Wang e McCharthy (2016). De acordo com Yu, Wang e McCarty (2016) o comportamento reológico do iogurte é influenciado pela rede tridimensional formada por fortes ligações entre suas proteínas. Entretanto, maior viscosidade foi observada para o leite Prebiótico. El-Nagar et al. (2002) credita tal comportamento a inulina, que é considerada uma substância altamente higroscópica demonstrando assim, facilidade de ligar-se a água e formar um gel mais viscoso, sendo que quanto maior for a concentração de inulina, maior será a viscosidade.



**Figura 4.1:** Viscosidade aparente versus taxa de deformação para o leite fermentado do leite de cabra sem adição de inulina (Controle) (■) e para o adicionado de 6 g/ 100 mL de inulina (Prebiótico) (●), na temperatura de  $4,0 \pm 0,1$  °C.

Os reogramas mostrados na Figura 4.2 e os valores da Tabela 4.3 demonstram que o leite fermentado com inulina (Prebiótico) apresentou maior ( $P < 0,05$ ) área de histerese. Debon, Prudêncio e Petrus (2010) observaram aumento na histerese quando utilizada inulina em leite fermentado. Este resultado confirma o observado por Lucas (1996) que afirma que um fluido com maior viscosidade apresenta uma maior área de histerese que um fluido menos viscoso. Karimi et al. (2015) e Shoaib et al. (2016) creditam tal fato a adição de inulina, que conforme estes autores, quando apresentam grandes cadeias, como a utilizada neste experimento, pode ser utilizadas como substituto de gordura, conferindo a mesma propriedade que a gordura do leite, ou seja, o aumento da sua viscosidade.



**Figura 4.2:** Tensão de cisalhamento versus taxa de deformação, para o leite fermentado do leite de cabra sem adição de inulina (Controle) (■) e para o adicionado de 6 g/ 100 mL de inulina (Prebiótico) (●), na temperatura de  $4,0 \pm 0,1$  °C.

Amostra	Modelo Lei da Potência		Viscosidade aparente (mPa.s)	Área de Histerese
	Índice de comportamento de fluxo (n)	R <sup>2</sup>		
Controle	0,809 <sup>b</sup>	0,996	92,00 <sup>b</sup>	175,73 <sup>b</sup>
Prebiótico	0,983 <sup>a</sup>	0,995	152,67 <sup>a</sup>	582,45 <sup>a</sup>

**Tabela 4.3:** Parâmetros reológicos obtidos utilizando-se o modelo da Lei da Potência, a viscosidade aparente e a área de histerese o leite fermentado do leite de cabra sem adição de inulina (Controle) e para o adicionado de 6 g/ 100 mL de inulina (Prebiótico).

Resultados expressos como média, realizados em triplicata para cada análise.

<sup>a,b</sup> Para cada coluna, diferentes letras minúsculas sobrescritas indicam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os diferentes tipos de leite fermentado.

Os parâmetros reológicos das amostras descritos pelo modelo da lei da potência estão também apresentados na Tabela 4.3. Os coeficientes de correlação para o modelo foram iguais ou maiores 0,995. Com isto observa-se que o modelo da lei da potência foi adequadamente empregado, ou seja, conseguiu descrever o comportamento reológico dos leites fermentados (Controle e Prebiótico). Comportamento semelhante foi observado por Cunha et al. (2008) para bebidas lácteas fermentadas. Através deste modelo foi verificado que os dois leites fermentados apresentaram-se como fluido *shear thinning* ( $n < 1$ ), confirmando o comportamento não-Newtoniano. Mesmo comportamento foi verificado para leite fermentado prebiótico por Cruz et al. (2013). Neste contexto, estes autores ressaltam que o desenvolvimento de leites fermentados prebióticos provenientes de diferentes espécies animais são importantes para o aumento da sua aceitabilidade pelos consumidores.

#### 4.5 Conclusão

O teor de inulina empregado contribuiu para o aumento dos valores de sólidos totais e acidez, diminuindo, portanto o valor do pH dos leites fermentados elaborados com leite de cabra. Os leites fermentados (Controle e Prebiótico) apresentaram coloração clara, com tendência a cor amarelo-esverdeada. Ambos os produtos elaborados apresentaram comportamento de fluido não-Newtoniano, com propriedades *shear thinning*, sendo que o modelo da Lei da Potência foi aplicado com sucesso para descrever as suas propriedades reológicas. A viscosidade aparente foi maior para o leite fermentado prebiótico.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of the association analytical chemists**. 18th. ed. Maryland, USA, 2005.

BRASIL, Ministério Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa n° 46, de 23 de outubro de 2007. Regulamento Técnico de

Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2007.

BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. Second ed. San Diego:Academic Press, 2002. 427p.

CAPELLAS, M. et al. Effect of high-pressure processing on physico-chemical characteristics of fresh goat's milk cheese (*Mató*). **International Dairy Journal**, v.11, p.165-173, 2001.

CRISPÍN-ISIDRO, G. et al. Effect of inulin and agave fructans addition on the rheological, microstructural and sensory properties of reduced-fat stirred yogurt. **LWT - Food Science and Technology**. p. 438-444, 2015.

CRUZ, A.G. et al. Developing a prebiotic yogurt: Rheological, physico-chemical and microbiological aspects and adequacy of survival analysis methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 114. p. 323–330, 2013.

CUNHA, T. M. et al. Avaliação físico-química, microbiológica e reológica de bebida láctea e leite fermentado adicionados de probióticos. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**. v. 29, n. 1, p. 103-116, 2008.

DEBON, J.; PRUDÊNCIO, E.S.; PETRUS, J.C.C. Rheological and physico-chemical characterization of prebiotic microfiltered fermented milk. **Journal of Food Engineering v.99**. p. 128–135, 2010.

DING, W. K.; SHAH, N. P. Survival of free and microencapsulated probiotic bacteria in orange and apple juices. **International Food Research Journal**, v. 15, n. 2, p. 219-232, 2008.

EL-NAGAR, G. et al. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. **International Journal of Dairy Technology**, v. 55, n. 2, p. 89-93, 2002.

FRITZEN-FREIRE, C.B. et al. Effect of the application of *Bifidobacterium* BB-12 microencapsulated by spray drying with prebiotics on the properties of ricotta cream. **Food Research International**, v. 52. p. 50–55, 2013.

GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. et al. Influence of substituting milk powder for whey powder on yogurt quality. **Trends in Food Science and Technology**, v. 13, p. 334-340, 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Normas Analíticas Do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos** (4 ed.), São Paulo, Brasil, 2008.

JUAN, B. et al. Effect of inulin addition on the sensorial properties of reduced-fat fresh cheese. **International Journal of Dairy Technology**. v. 66, p. 478-483, 2013.

KARIMI, R. et al. Application of inulin in cheese as prebiotic, fat replacer and texturizer: a review. **Carbohydrate Polymers**. v. 119, p. 85-100, 2015.

KAUR, N.; GUPTA, A. K. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. **Journal of Biosciences**, v. 27, p. 703-714, 2002.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices**. 2. ed. New York: Springer, 2010. 598 p.

LUCAS, M. J. H. **Caracterización reológica de hidrogeles de MCC-NaCMC + almidón. Tixotropía y sinergismo**. 1996. 232 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física, Universitat de València, València, 1996.

LUCEY, J. A.; SINGH, H. Formation and physical properties of acid milk gels: a review. **Food**

**Research International**, v.30, pp. 529-542, 1998.

MAESTRI, B. et al. Avaliação do impacto da adição de inulina e de maçã em leite fermentado probiótico concentrado. **Brazilian Journal Food Technology Campinas**, v. 17, n. 1, p. 58-66, 2014.

MARTIN-DIANA, A. B. et al. Development of a fermented goat's milk containing probiotic bacteria. **International Dairy Journal**, v. 13, p. 827–833, 2003.

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

MENDES, C. G.; SILVA, J. B. A; ABRANTES, M. R. Caracterização organoléptica, físico-química, e microbiológica do leite de cabra: uma revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**. v.3, n.1, p.5-12, 2009.

PANG, Z. et al. Development of rheological and sensory properties of combinations of milk proteins and gelling polysaccharides as potential gelatin replacements in the manufacture of stirred acid milk gels and yogurt. **Journal of Food Engineering**, v. 169, p. 27-37, 2016.

PASEEPHOL, T., SMALL, D. M.; SHERKAT, F. Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. **Journal of Texture Studies**, v. 39, p. 617–634, 2008.

PIMENTEL, T. C; GARCIA, S; PRUDENCIO, S. H. Iogurte probiótico com frutanos tipo inulina de diferentes graus de polimerização: características físico-químicas e microbiológicas e estabilidade ao armazenamento. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**. v. 33, n. 3, p. 1059-1070, 2012.

SAAD, S.M.I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 1, p. 1-16, 2006.

SHOAIB, M. et al. Inulin: Properties, health benefits and food applications. **Carbohydrate Polymers**, v. 147, p. 444–454, 2016.

SILINIKOVE, N. et al. Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. **Small Ruminant Research**, v. 89, p. 110-124, 2010.

SLACANAC, V. et al. Nutritional and therapeutic value of fermented caprine milk. **International Journal of Dairy Technology**, v. 63, p. 171-189, 2010.

SOŁOWIEJ, B. et al. The effect of fat replacement by inulin on the physicochemical properties and microstructure of acid casein processed cheese analogues with added whey protein polymers. **Food Hydrocolloids**, v. 44. p. 1-11, 2015.

TAMIME A. Y.; ROBINSON, R.K. **Yoghurt: science and technology**. 3. ed. Cambridge: Crc Press, 2007. 791 p.

TAMIME, A.Y. et al. Popular ovine and caprine fermented milks. **Small Ruminant Research**, v. 101, p. 2– 16, 2011.

YU, H.; WANG, L.; MCCARTHY, K.L; Characterization of yogurts made with milk solids nonfat by rheological behavior and nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Jornal of Food and Drug Analysis**, v. 24, p. 804-812, 2016.

ZHU, Z. et al. Recent insights for the green recovery of inulin from plant food materials using non-conventional extraction technologies: A review. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 33, p.1-9, 2016.

## **SOBRE OS AUTORES**

**ELANE SCHWINDEN PRUDENCIO** Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Mestrado em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Doutorado em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Pós Doutorado em Engenharia Química pelo Instituto Superior Técnico de Lisboa (IST); Grupo de pesquisa: Bioativos em alimentos: inovação, desenvolvimento e caracterização (UFSC); Química e Bioquímica de alimentos (UFSC); Tecnologia Limpa no Processamento de Alimentos (UFSC) Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq.

**SILVANI VERRUCK** Graduação em Tecnologia de Alimentos pelo Instituto Federal Catarinense (IFC); Mestrado em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Doutoranda em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Grupo de pesquisa: Bioativos em alimentos: inovação, desenvolvimento e caracterização (UFSC); Química e Bioquímica de alimentos (UFSC); Embalagens, Conservação e Ciência dos Alimentos (IFC). E-mail: Silvani.verruck@gmail.com

**VINICIUS BITTENCOURT VITORINO** Graduando em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**LUIZA MEDEIROS CARDOSO** Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**CAMILA ESPÍNDOLA SÉRGIO** Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**ALICE ESPÍNDOLA MOREIRA CARDOSO** Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**SOFIA GRECHI GARCIA** Graduanda em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**BRUNA MARCHESAN MARAN** Graduanda em Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**MARIA HELENA MACHADO CANELLA** Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Mestrado em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Doutoranda em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

## **SOBRE AS ORGANIZADORAS**

**ELANE SCHWINDEN PRUDENCIO** Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Mestrado em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Doutorado em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Pós Doutorado em Engenharia Química pelo Instituto Superior Técnico de Lisboa (IST); Grupo de pesquisa: Bioativos em alimentos: inovação, desenvolvimento e caracterização (UFSC); Química e Bioquímica de alimentos (UFSC); Tecnologia Limpa no Processamento de Alimentos (UFSC); Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq.

**SILVANI VERRUCK** Graduação em Tecnologia de Alimentos pelo Instituto Federal Catarinense (IFC); Mestrado em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Doutoranda em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Grupo de pesquisa: Bioativos em alimentos: inovação, desenvolvimento e caracterização (UFSC); Química e Bioquímica de alimentos (UFSC); Embalagens, Conservação e Ciência dos Alimentos (IFC); E-mail: [Silvani.verruck@gmail.com](mailto:Silvani.verruck@gmail.com)

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-40-6

