

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

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

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	5
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	
CAPÍTULO 2	27
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	
CAPÍTULO 3	39
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	
CAPÍTULO 4	50
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	
SOBRE OS AUTORES	61
SOBRE AS ORGANIZADORAS	62

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® 1×10^6 UFC/g, *Bifidobacterium* BB-12® 1×10^6 UFC/g e *S. thermophilus*. BioRich®, Chr. Hansen, Horsholm, Dinamarca) colocar composição, inulina (Orafti® HPX Orafti, Tienen, Bélgica) com grau de polimerização (DP) ≥ 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⁻¹ 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 (ΔE^*) entre os valores observados das amostras (Prebiótico e Controle), foi calculado segundo Capellas et al. (2001) utilizando a Equação 4.1:

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

Equação 4.1

Onde ΔL^* é a diferença da luminosidade entre as amostras; Δa^* representa a intensidade da cor vermelha; e Δb^* 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).

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

Equação 4.2

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

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⁻¹ a 120,90 s⁻¹ nos primeiros 15 minutos (curva ascendente) e retornou para 39,06 s⁻¹ 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:

$$\sigma = K(\dot{\gamma})^n$$

Equação 4.4

Onde σ é a tensão de cisalhamento (Pa), $\dot{\gamma}$ é a taxa de deformação (s⁻¹), 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 s^{-1} foram considerados como viscosidade aparente (η) 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 ^b ± 0,08	25,29 ^a ± 0,02
Acidez titulável (g/ 100 g)	0,72 ^a ± 0,0	0,66 ^b ± 0,02
pH	4,83 ^b ± 0,01	4,90 ^a ± 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.

^{a,b} 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 β -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 ^a ± 0,02	80,32 ^a ± 0,40
b^*	7,15 ^a ± 0,04	7,23 ^a ± 0,11
a^*	-1,68 ^b ± 0,01	-1,82 ^a ± 0,02
ΔE^*		0,41
C^*	7,34 ^a ± 0,03	7,46 ^a ± 0,11
h^*	86,84 ^b ± 0,06	86,36 ^a ± 0,04

Tabela 4.2: Parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* , ΔE^* , 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.

^{a,b} 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 ΔE^* 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 ΔE^* 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.

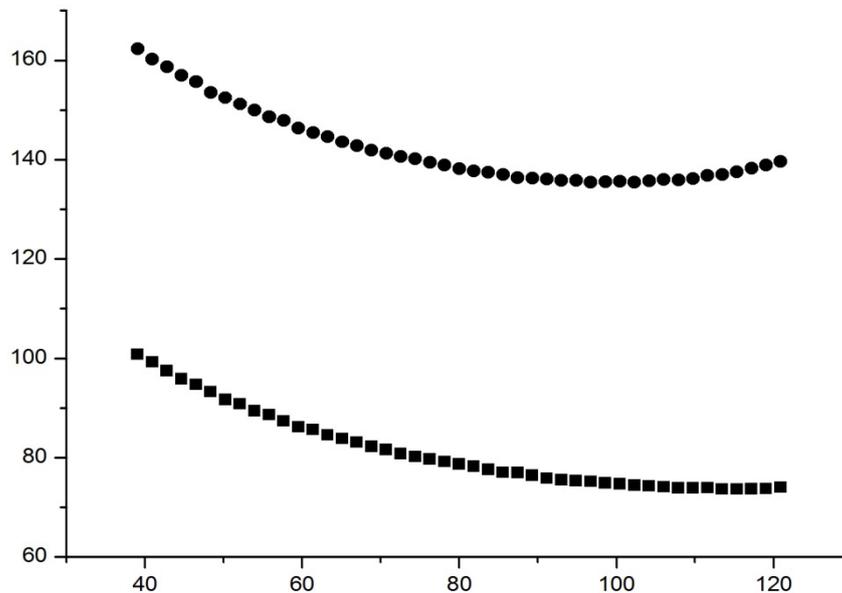


Figura 4.1: Viscosidade aparente versus taxa de deformação para o leite fermentado do leite de cabra sem adição de inulina (Controle) (■) e para o adicionado de 6 g/ 100 mL de inulina (Prebiótico) (●), na temperatura de $4,0 \pm 0,1$ °C.

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.

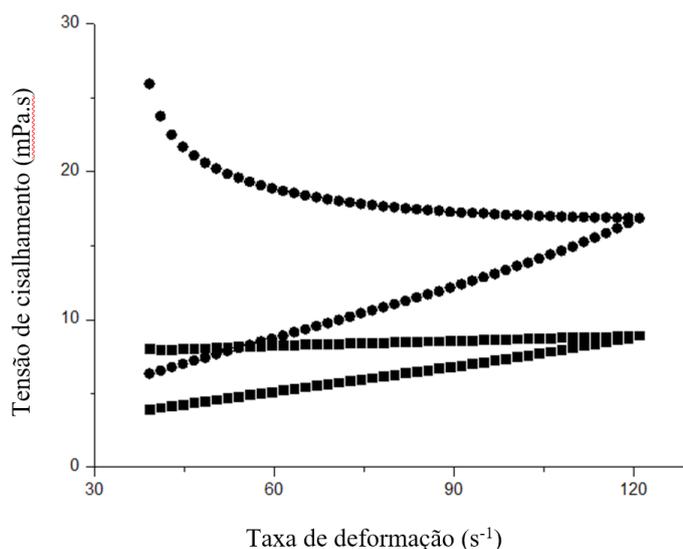


Figura 4.2: Tensão de cisalhamento versus taxa de deformação, para o leite fermentado do leite de cabra sem adição de inulina (Controle) (■) e para o adicionado de 6 g/ 100 mL de inulina (Prebiótico) (●), na temperatura de $4,0 \pm 0,1$ °C.

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

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.

^{a,b} 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

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

