



**BELAMI CASSIA DA SILVA**

**EFEITOS DO CONGELAMENTO E DO TEMPO  
DE ARMAZENAMENTO NOS QUEIJOS PETIT  
SUISSE PROCESSADOS COM DIFERENTES  
ESPESSANTES**

**LAVRAS – MG**

**2012**

**BELAMI CASSIA DA SILVA**

**EFEITO DO CONGELAMENTO E DO TEMPO DE  
ARMAZENAMENTO NOS QUEIJOS PETIT SUISSE PROCESSADOS  
COM DIFERENTES ESPESSANTES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Luiz Ronaldo de Abreu

Coorientador

Dr. Jaime Vilela de Resende

**LAVRAS – MG**

**2012**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Silva, Belami Cassia da.

Efeito do congelamento e do tempo de armazenamento nos  
queijos Petit Suisse processado com diferentes espessantes / Belami  
Cassia da Silva. – Lavras: UFLA, 2012.

70 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Luiz Ronaldo de Abreu.

Bibliografia.

1. Queijo Petit Suisse. 2. Características. 3. Microscopia. 4.  
Textura. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 637.35

**BELAMI CASSIA DA SILVA**

**EFEITOS DO CONGELAMENTO E DO TEMPO DE  
ARMAZENAMENTO NOS QUEIJOS PETIT SUISSE PROCESSADOS  
COM DIFERENTES ESPESSANTES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 30 de agosto de 2012.

Dr. Jaime Vilela de Resende	UFLA
Dra. Mônica Elisabeth Torres Prado	UFLA
Dra. Renata Apocalypse Nogueira Pereira	EPAMIG
Dra. Sandra Maria Pinto	UFLA

Dr. Luiz Ronaldo de Abreu  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2012**

**A Deus, que jamais põe um sonho em nosso coração sem nos dar os meios para concretizá-lo.**

**Aos meus pais que, desde cedo, me ensinaram a valorizar o estudo e o conhecimento.**

**Aos meus irmãos, por todo amor, apoio e incentivo.**

**Com muito amor e gratidão, dedico.**

**Quando achamos que sabemos as respostas, a vida muda as perguntas.**

**Este é o desafio da vida e da pesquisa.**

Belami Cassia da Silva

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante em minha vida, por me proteger, fortalecer e guiar.

A minha querida família, meu pai Luiz Paulo, minha mãe Sônia e meus irmãos Luis Carlos e Cristiane, não há palavras suficientes para descrever o amor que sinto por vocês. Esta conquista é nossa.

Ao meu avô Gabriel (*in memoriam*), a quem sempre considerei como pai, por todos os conselhos e ensinamentos.

Aos meus tios, primos e demais familiares, pela amizade e apoio.

Aos amigos que tiveram participação fundamental, pela convivência agradável, carinho, conselhos e ensinamentos. Agradeço a Deus por ter colocado vocês em meu caminho.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia, Ciência dos Alimentos e Medicina Veterinária, pela formação acadêmica e apoio.

Ao meu orientador, Dr. Luiz Ronaldo de Abreu, pela paciência, ensinamento e confiança depositada.

Ao Dr. Jaime Vilela de Resende, pela coorientação e efetiva participação na realização da tese.

A todos os estagiários e bolsistas do Laboratório de Físico-Química, em especial a duas grandes amigas, Laura e Thayana, pela amizade, pela ajuda na execução do projeto e pelos momentos que passamos juntos, que tornaram essa caminhada mais prazerosa.

Aos funcionários das secretarias e da limpeza, do Departamento de Ciência de Alimentos, pela ajuda e amizade, e aos laboratoristas, pela colaboração. Em especial, agradeço a Creuza, pela cooperação e amizade.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

A Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, por tudo que me ofereceram ao longo destes anos.

Obrigada!!!



## RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a qualidade do queijo petit suisse elaborado com massa congelada e o efeito deste congelamento nas suas propriedades físicas e estruturais. A formulação base para a elaboração do queijo constituiu de 60 L de leite desnatado contendo 0,3% de gordura, pasteurizado a 83 °C, por 30 minutos, depois resfriado, a 32 °C, para a adição de 1,5% a 2% de cultura mista mesofílica de *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* e *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, 0,0025 g de coalho/L de leite e 0,5% de goma xantana; goma Mu-carragena ou amido modificado. A análise dividiu-se em 4 tratamentos: Tratamento I - queijo elaborado com goma carragena M; Tratamento II - queijo elaborado com amido modificado; Tratamento III - queijo elaborado com goma xantana e Tratamento IV - queijo elaborado sem a utilização de espessantes (controle). Após a lavagem da massa coagulada e fermentada, cada tratamento foi dividido para a realização do congelamento da massa sem formulação e congelamento do produto formulado, que foi armazenado por 21 dias. Na formulação foram utilizados 10% de açúcar, 11% de polpa de morango e creme de leite. As análises realizadas foram pH, viscosidade e textura, determinados por meio da análise de variância. Foram também avaliadas as microestruturas por meio da microscopia eletrônica de varredura. O congelamento da massa e do produto final trouxe impactos para os queijos ao longo de 21 dias de armazenamento. As alterações quanto ao pH não foram significativas para os tratamentos utilizados. Os espessantes não minimizaram e também não evitaram a sinerese que ocorre normalmente após o descongelamento. Foram observadas alterações na textura e na estrutura do produto, demonstrando que o congelamento do produto final traz características mais aceitáveis que o congelamento da massa.

Palavras-chave: Queijo Petit Suisse. Congelamento. Textura. Microscopia.

## ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the quality of Petit Suisse cheese made from frozen dough and the effect of freezing in their physical and structural properties. The base formulation for the preparation of cheese formed 60L skim milk containing 0.3% fat, pasteurized at 83 ° C for 30 minutes, then cooled to 32 ° C for the addition of 1.5 to 2% of mixed culture of mesophilic *Lactococcus lactis* ssp *cremoris* and *Lactococcus lactis* ssp *lactis*, rennet 0.0025 g / L of milk and 0.5% xanthan gum, carrageenan gum or ch-modified starch. And divided into 4 treatments: Treatment I - cheese made with carrageenan gum M; Treatment II - cheese made with modified starch; Treatment III - cheese made with xanthan gum and; Treatment IV - cheese made without the use of thickeners (Control). After washing the coagulated mass and each treatment was divided fermented to completion of freezing the dough formulation and no freezing of the formulated product, and they were stored for 21 days. In the formulation we used 10% sugar, 11% strawberry pulp and cream. The analyzes were pH, viscosity and texture were determined by analysis of variance. Microstructures were also evaluated by scanning electron microscopy. The freezing of the dough and final product for cheese brought impacts over 21 days of storage. The changes of pH were not significant for the treatments. The thickeners also not prevented and minimized syneresis normally occurs after thawing. Changes were observed in the product structure and texture demonstrating that the freezing brings characteristics of the final product more acceptable to the freezing of the dough.

Keywords: Petit Suisse cheese. Freezing. Texture. Microscopy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estrutura unitária (monômero) do polissacarídeo de goma xantana .	25
Figura 2	Estrutura química da mu-carragena .....	28
Figura 3	Fluxograma de fabricação do queijo petit suisse .....	35
Figura 4	Eletromicrografias de varredura das formulações com massa congelada (1) queijo petit suisse elaborado com goma carragena M; ( 2) queijo petit suisse elaborado com amido modificado; (3) queijo petit suisse elaborado com goma xantana e (4) queijos petit suisse controle, sem espessante.....	58
Figura 5	Eletromicrografias de varredura das formulações com produto final congelado (1) queijo petit suisse elaborado com goma carragena M; (2) queijo petit suisse elaborado com amido modificado; (3) queijo petit suisse elaborado com goma xantana e (4) queijos petit suisse controle, sem espessante.....	60

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Evolução do pH do queijo ao longo do armazenamento, em função dos diferentes tratamentos, para a massa congelada .....	43
Gráfico 2	Evolução do pH ao longo do armazenamento do queijo petit Suisse, em função dos diferentes tratamentos para o produto congelado .....	44
Gráfico 3	Relação entre a viscosidade e o tempo de armazenamento dos queijos petit suisse elaborados com a massa congelada.....	49
Gráfico 4	Relação entre a viscosidade e o tempo de armazenamento dos queijos petit suisse congelado .....	50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Médias de pH dos queijos petit suisse, utilizando diferentes espessantes, elaborados com massa congelada antes da adição dos ingredientes, em diferentes tempos de armazenamento .....	40
Tabela 2	Médias de pH dos queijos petit suisse congelado, elaborados utilizando diferentes espessantes, e analisados em diferentes tempos de armazenamento .....	41
Tabela 3	Médias de viscosidade (Pa.s) dos queijo petit suisse utilizando diferentes espessantes, com massa congelada antes da formulação e em diferentes tempos de armazenamento .....	47
Tabela 4	Médias de viscosidade (Pa.s) dos queijo petit suisse, utilizando diferentes espessantes, com produto final congelado em diferentes tempos de armazenamento .....	48
Tabela 5	Evolução dos parâmetros de textura dos queijos petit suisse com diferentes espessantes e congelamento de massa, em diferentes tempos de armazenamento .....	53
Tabela 6	Evolução dos parâmetros de textura dos queijos petit suisse com diferentes espessantes e congelamento do produto final, em diferentes tempos de armazenamento .....	55

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
<b>2.1</b>	<b>Leite</b> .....	16
<b>2.2</b>	<b>Sazonalidade da produção de leite</b> .....	17
<b>2.3</b>	<b>Queijo petit suisse</b> .....	18
<b>2.4</b>	<b>Congelamento</b> .....	20
<b>2.5</b>	<b>Sinerese em queijos</b> .....	21
<b>2.6</b>	<b>Espessantes no queijo petit suisse</b> .....	22
<b>2.6.1</b>	<b>Goma xantana</b> .....	23
<b>2.6.2</b>	<b>Amido modificado</b> .....	25
<b>2.6.3</b>	<b>Goma carragena</b> .....	27
<b>2.7</b>	<b>Características físicas do queijo petit suisse</b> .....	29
<b>2.7.1</b>	<b>Textura instrumental</b> .....	29
<b>2.7.2</b>	<b>Viscosidade</b> .....	30
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	32
<b>3.1</b>	<b>Material</b> .....	32
<b>3.1.1</b>	<b>Ingredientes utilizados nas formulações dos queijos petit suisse</b> ..	32
<b>3.2</b>	<b>Métodos</b> .....	32
<b>3.2.1</b>	<b>Elaboração dos queijos petit suisse</b> .....	32
<b>3.2.2</b>	<b>Tratamentos</b> .....	33
<b>3.2.3</b>	<b>Congelamento</b> .....	33
<b>3.3</b>	<b>Análises físico-químicas</b> .....	36
<b>3.3.1</b>	<b>pH</b> .....	36
<b>3.3.2</b>	<b>Viscosidade</b> .....	36
<b>3.3.3</b>	<b>Análise instrumental de textura</b> .....	36
<b>3.4</b>	<b>Microscopia eletrônica de varredura</b> .....	37
<b>3.5</b>	<b>Delineamento experimental e análise estatística</b> .....	37
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	39
<b>4.1</b>	<b>Características físicas e químicas do queijo petit suisse</b> .....	39
<b>4.1.1</b>	<b>pH</b> .....	39
<b>4.1.2</b>	<b>Viscosidade</b> .....	46
<b>4.1.3</b>	<b>Análise instrumental de textura</b> .....	51
<b>4.1.4</b>	<b>Efeito do congelamento e da incorporação de gomas sobre a microestrutura da massa congelada e do queijo petit suisse congelado</b> .....	57
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	62
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	63

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de leite no Brasil vem aumentando, em um nível de crescimento satisfatório, resultado de novas áreas de produção, mas também da implantação de novas tecnologias nas propriedades rurais. O produtor tem buscado se adequar à nova legislação, para produzir um leite de qualidade, para obter aumento do preço médio e reduzir a sazonalidade da produção, mantendo, assim, uma regularidade no abastecimento das indústrias.

A indústria de laticínios sente a inconstância na oferta do volume de leite, conhecida como sazonalidade ou entressafra e que pode ocasionar certa restrição no desenvolvimento da indústria. A oscilação na entrega da matéria-prima representa um custo adicional para a indústria, pois gera um período de ociosidade da fábrica e de um excesso na safra.

Para não sofrer com a instabilidade do volume de leite, cabe às indústrias modernizarem a sua produção, de forma a se adequar à sazonalidade da produção leiteira. Em face desses problemas, uma opção viável para minimizar o impacto da sazonalidade na produção de queijo seria a utilização de massas fermentadas e congeladas.

A produção de queijos representa uma das mais importantes atividades para os estabelecimentos industriais, pois 34% de todo o leite recebido é direcionado à fabricação de queijos. O queijo, por apresentar relevantes teores de lipídios, proteínas, minerais e vitaminas, é considerado um alimento completo e importante na alimentação humana (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE QUEIJO - ABIQ, 2012). Trata-se de um alimento muito consumido em todo mundo e apresenta ótimo impacto na economia de vários países. É um produto que vem atraindo grande interesse das empresas que, cada vez mais, investem em tecnologia para a sua produção.

O petit suisse é um tipo de queijo cremoso, fresco, produzido a partir de leite integral de vaca, desnatado ou semidesnatado, não maturado, de massa lisa, macio e de sabor suave (OLIVEIRA et al., 2004). É obtido por coagulação mista do leite, adicionado de coalho e bactérias mesofílicas, com a possível adição de outros compostos alimentares.

A maioria dos queijos petit suisse é elaborada com gomas que interagem com as proteínas do leite, podendo resultar em alterações na estabilidade e na consistência do produto final. As gomas são polissacarídeos utilizados em produtos lácteos, para obter propriedades de textura desejáveis (MARUYAMA et al., 2006). Por possuírem limitada vida de prateleira sob refrigeração e a sua preservação por meio da tecnologia de congelamento, se apresenta como uma alternativa para estender o seu armazenamento.

Diante do exposto, realizou-se este trabalho, com o objetivo de avaliar a qualidade do queijo petit suisse elaborado com massa congelada e o efeito do congelamento do queijo em suas propriedades físicas e estruturais.



## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Leite**

Leite sem outra especificação é o produto oriundo da ordenha ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas (BRASIL, 2011).

O Brasil é um dos maiores produtores de leite do mundo, com produção de, aproximadamente, 33 bilhões de litros de leite. Os estados que mais produzem de leite no país são Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul. Essa produção é muito expressiva e apresenta elevado nível de desenvolvimento tecnológico, o que também pode ser demonstrado pela grande variedade de produtos derivados existentes no mercado (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012).

Do ponto de vista físico-químico, o leite é uma emulsão de glóbulos graxos estabilizados por albuminas, num soro que contém, em solução, açúcares, proteínas e sais minerais. Vitaminas, lecitina, enzimas, ureia e outras substâncias, em pequena quantidade, se encontram dissolvidas no meio aquoso ou em algum de seus componentes principais (ORDÓÑEZ et al., 2005). A composição do leite determina a sua qualidade nutritiva e o seu valor como matéria-prima na fabricação de produtos alimentícios (WALSTRA; JENNESS, 1987).

Os principais subprodutos do leite que podem constituir uma fonte alternativa de consumo e comercialização são o iogurte, o requeijão, a manteiga, o doce de leite e os diversos tipos de queijos (VENTUROSO et al., 2007).

Os diferentes tipos de queijo compreendem algumas etapas comuns em sua fabricação. Entre as etapas, ou mesmo durante elas, pode haver variações relativas a tempo de descanso da massa, tempo de mexedura, diferenças de

temperaturas, tempo de dessoragem e, também, diferenças na condição de maturação. Esses fatores determinarão a textura, o aroma e o sabor de cada queijo, determinando suas diferenças e características (CURI; BONASSI, 2007).

## **2.2 Sazonalidade da produção de leite**

O volume do leite e a sazonalidade de produção, embora não estejam relacionados com a qualidade do leite, são critérios seguidamente considerados para o pagamento do mesmo. Interessa aos laticínios captar leite junto a produtores que forneçam grandes volumes diários e que apresentem pequena variação sazonal da produção. Isso representa uma diluição nos custos operacionais e de transporte, além de uma melhor logística para o recolhimento do produto. A pequena variação sazonal proporciona um melhor planejamento, por parte da indústria e a minimização da ociosidade do parque industrial em determinadas épocas do ano (FONSECA, 2001).

No período compreendido entre primavera e verão ocorre grande disponibilidade de matéria-prima para a produção de queijos, porém, a oferta desse produto diminui no outono e no inverno, devido à escassez de forragem, levando à redução da produção de leite por animal. Assim, muitos laticínios, para poderem suprir a falta de um queijo fresco consumido logo após o processamento, optam por colocar no mercado queijos que passam por processos de maturação (CURI; BONASSI, 2007).

Por esse motivo, há a necessidade da realização de pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias, no intuito de conservar parte do leite produzido na safra (primavera/verão) para a produção de queijos na entressafra (outono/inverno), promovendo, assim, uma melhor distribuição do produto ao longo de todo o ano (VIEIRA et al., 2009).

Para contornar a sazonalidade, o armazenamento do leite congelado poderia ser uma alternativa viável na época de entressafra, porém, já foi constatada a sua inviabilidade. Outra opção é o congelamento do produto final, porém, não há respaldo legal para que esse processo possa ser realizado. Estudos demonstraram que o congelamento direto do produto final não conserva as características organolépticas e intrínsecas, quando estocado por períodos longos (VIEIRA et al., 2009).

### **2.3 Queijo petit suisse**

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (BRASIL, 2001), entende-se por queijo petit suisse o queijo fresco, não maturado, obtido por coagulação do leite com coalho e/ou de enzimas específicas e/ou de bactérias específicas, adicionado ou não de outras substâncias alimentícias. É um queijo de altíssima umidade, a ser consumido fresco, de acordo com a classificação estabelecida no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos. Quanto à classificação,

- a) quando em sua elaboração tenham sido opcionais não lácteos, até o máximo de 30% m/m, classifica-se como queijo petit suisse com adições;
- b) no caso em que os ingredientes opcionais sejam exclusivamente açúcares e/ou se adicionam substâncias aromatizantes/saborizantes, classifica-se como queijo petit suisse com açúcar e/ou aromatizado/saborizado;
- c) quando em sua elaboração foram utilizados somente ingredientes lácteos, o produto será denominado queijo petit suisse.

O queijo petit suisse origina-se do queijo quark, que é obtido da fermentação do leite desnatado tratado termicamente a 70-90 °C. Após resfriamento do leite, são adicionados o coalho e a cultura láctea mesofílica. Após a fermentação, a coalhada é submetida ao processo de centrifugação para a separação do soro. Então, são adicionados ao queijo quark, polpa de fruta, sacarose e creme de leite, para a obtenção do petit suisse (KELLY; O'DONNELL, 1998).

Os queijos mais produzidos no Brasil são requeijão, mussarela, minas frescal e, na quarta posição, o petit suisse. Em 2005, as vendas atingiram R\$ 404 milhões (MILKNET, 2012), sendo este um produto consumido como sobremesa, principalmente pelo público infantil.

Entre os parâmetros que influenciam a variedade e a qualidade dos queijos petit suisse encontram-se as etapas de pasteurização, coagulação e fermentação (KELLY; O'DONNELL, 1998). O leite previamente aquecido, antes da acidificação à temperatura e tempo superiores aos da pasteurização, resulta em um maior rendimento do queijo, causado pela incorporação de água pelas proteínas desnaturadas e, assim, maior retenção da mesma. Isso ocorre devido à maior interação das proteínas do soro com a caseína (GAMBELLI et al., 1999).

Um dos problemas tecnológicos do quark tradicional é que a separação do soro durante o processamento não é completa, tendendo a continuar depois de embalado. A apresentação de soro separado na superfície do queijo quark produzido pelo processo tradicional é um defeito físico que já existe há muitos anos (MORGADO; BRANDÃO, 1998). Os queijos petit suisse nacionais são adicionados de gomas que interagem com as proteínas do leite, o que pode resultar em alterações na estabilidade e na consistência do produto final.

## 2.4 Congelamento

O congelamento da massa e do produto pronto surge como uma alternativa possível para contornar o problema de sazonalidade. Acredita-se que seja possível a utilização de massa coagulada, fermentada e congelada, durante a entressafra, visando à produção de queijos de alta qualidade e com custo acessível, atendendo, assim, à demanda do mercado de forma contínua, ao longo de todo o ano. O congelamento tem sido tradicionalmente utilizado como uma técnica de conservação de alimentos processados, o que surge como alternativa para aumentar a vida de prateleira dos produtos lácteos, como os queijos frescos e macios (CALIFANO; BEVILACQUA, 1999; LÜCK, 1977; VERDINI; ZORRILLA; RUBIOLO, 2005).

O efeito do congelamento nas características de textura, viscosidade, físico-química e microestrutura tem sido estudado em diversas variedades de queijos (KURO; GUNASEKARAN, 2009; MEZA; VERDINI; RUBIOLO, 2011; RAID; YAN, 2004). Durante o congelamento, ocorrem algumas mudanças, tais como formação de cristais de gelo e concentração no congelamento, que podem levar à desestabilização da proteína, gerando uma quebra na cadeia de caseína (MEZA; VERDINI; RUBIOLO, 2011).

Esta instabilidade proteica se caracteriza por uma floculação envolvendo agregação física das micelas de caseína. Essa precipitação é bastante dependente da temperatura (MUIR, 1984), mas também está relacionada ao tratamento térmico ao qual o leite é submetido antes do congelamento (WALSTRA; JENNESS, 1987). O processo de congelamento, ao diminuir o número de moléculas dissolvidas no leite, pode também aumentar a crioscopia após o descongelamento (MUIR, 1984).

Kuo e Gunasekaran (2009), avaliando a microestrutura do queijo mussarela de massas filadas e não filadas armazenadas congeladas por 1 a 4

semanas, observaram que o congelamento acarretou a formação de poros e o aparecimento de rupturas na massa de queijo não filada e que isso pode ser controlado pela utilização de uma combinação adequada de temperatura e tempo de congelamento. Meza, Verdini e Rubiolo (2011) estudaram o efeito do congelamento no comportamento viscoelástico de um queijo comercial macio e de baixo teor de gordura e relataram que o processo de congelamento contribuiu para a viscoelasticidade dos queijos.

O congelamento é um procedimento adequado para prolongar a estabilidade e vida de prateleira dos queijos, embora alguns autores apontem alguns danos causados pelo congelamento, mas que dependem do tipo de queijo (composição e procedimentos de fabricação), das condições de congelamento e dos parâmetros escolhidos para avaliar os prejuízos (DIEFES; RIZVI; BARTSH, 1993). Entretanto, mais estudos devem ser realizados para determinar se ocorrerão ou não danos com o congelamento da massa dos queijos ou, até mesmo, com o produto final.

## **2.5 Sinerese em queijos**

Durante o armazenamento de produtos lácteos fermentados, a sinerese, que é a expulsão gradual do soro de leite, causada pela instabilidade e a contração da rede de gel, pode ser observada (AICHINGER et al., 2003), devido ao rearranjo de ligações entre agregados de proteína. Quantificando esta expulsão de soro, pro meio do uso de forças externas, pode-se determinar o índice de sinerese, o qual tem impacto no teor de umidade e, conseqüentemente, na textura e na qualidade do produto (CASTILLO et al., 2006). Este efeito é causado por baixa acidez ( $\text{pH} > 4,6$ ), pelo teor de sólidos e pela incubação de alta temperatura do produto, bem como por outros fatores.

A sinerese pode influenciar a qualidade do produto final e a sua aceitação pelos consumidores (CASTILHO et al., 2006). Ela ocorre espontaneamente, mas pode também ser devido a forças externas.

Em diferentes tipos de géis, a susceptibilidade da sinerese é associada também a uma longa vida de prateleira, resultado da baixa habilidade da rede do gel de incorporar todo o soro (LUCEY, 2001). A liberação do soro durante o armazenamento de um gel de leite intacto, como iogurte, ou de um gel lácteo quebrado, como quark ou iogurte dessorado, representa, para os consumidores, um defeito do produto ao observarem a formação de um líquido na superfície do mesmo (AICHINGER et al., 2003; TIJSKENS; BAERDEMAEKER, 2004).

## **2.6 Espessantes no queijo petit suisse**

As gomas têm tido variadas aplicações através dos séculos, que vão desde adesivo para a mumificação dos faraós até coberturas protetoras de alimentos para os astronautas. Também chamadas de hidrocoloides, são aditivos alimentares que têm função de espessar, estabilizar, encorpar, conferir viscosidade, elasticidade e dar a textura desejada ao alimento produzido. Alguns exemplos de gomas que são frequentemente empregadas na produção de laticínios são carragena, xantana, litesse, guar, jataí e derivados de celulose (THEBAUDIN et al., 1997).

Estes compostos são obtidos de ampla variedade de fontes. Muitos são obtidos de plantas, tais como algas, sementes e exsudatos de árvores. Outros são produtos da biossíntese microbiana e outros, ainda, são produzidos por modificações químicas dos polissacarídeos naturais (GARCIA-CRUZ, 2001).

Os queijos petit suisse são adicionados de hidrocoloides ou coloides hidrofílicos, que são sinônimos de goma e que interagem com as proteínas do leite, podendo resultar em alterações na estabilidade e na consistência do

produto final (GLICKSMAN, 1986). A alta capacidade de retenção de água dos hidrocolóides confere estabilidade aos produtos que são submetidos a sucessivos ciclos de congelamento-descongelamento (LEE et al., 2002).

Em produtos congelados, um dos efeitos esperados da adição de gomas é a redução da quantidade de água congelável, devido à sua facilidade de se ligar à água livre, minimizando a formação de cristais de gelo e resultando em uma melhor tolerância ao armazenamento (LEBAIL; GOFF, 2008).

Segundo Brasil (2011), que aprova o uso de aditivos alimentares para queijos petit suisse comercializados no país, o limite máximo permitido de espessante/estabilizante é de 0,5 (g/100 g ou 100 mL).

A adição de polissacarídeos ao leite pode resultar na separação de fases enriquecidas em polissacarídeos e fases enriquecidas em caseína, se a concentração de polissacarídeos excede a certas concentrações (TUINIER; GROTHUIS; KRUIJF, 2000). Por esta razão, concentrações de gomas e caseína precisam ser otimizadas para permitir a máxima interação entre o hidrocoloide e a proteína. Se a concentração goma-proteína não é otimizada, então, interações hidrocoloide-hidrocoloide ou proteína-proteína podem predominar, afetando, portanto, a reatividade no leite.

### **2.6.1 Goma xantana**

A goma xantana é um polissacarídeo extracelular produzido por fermentação de *Xanthomonas campestris* sobre substrato glicídico. É solúvel em água fria ou quente e apresenta alta viscosidade, mesmo em baixas concentrações. A viscosidade das soluções de goma xantana quase não é afetada por temperaturas entre 20 °C a 100 °C e é completamente estável ao pH entre 1 a 11 (PRADELLA, 2006).



As moléculas de goma xantana adotam uma conformação helicoidal (simples ou dupla-hélice) que pode ser descrita como hastes rígidas sem tendência para associar-se e resultando num comportamento espessante. Como as mais importantes propriedades são devido ao estado ordenado da macromolécula, a goma xantana pode sempre ser usada na presença de eletrólito (PRADELLA, 2006).

Estas características a tornam apropriada como agente espessante e estabilizante em pH ácido, como em queijos petit suisse. Na Figura 1 está representada a estrutura unitária de polissacarídeo de goma xantana. Ela é constituída de uma cadeia principal de unidades de D-glicose unidas entre si por ligações  $\beta$  (1- $\rightarrow$ 4) com resíduos alternados de D-manose e ácido - glicurônico, na proporção molar de 2:1, formando a cadeia lateral (JANSSON; KENNE; LINDBERG, 1975). A presença de cadeias laterais e o caráter iônico das moléculas de xantana aumentam a sua hidratação, mas, devido às interações com íons de cálcio, um longo tempo de agitação é necessário para dissolver a goma xantana em meios lácteos.

Ito e Hodge (1985 citados por CAUVAIN, 1998), ao testarem diferentes estabilizantes em cremes de leite congelado, encontraram melhores resultados quanto à estabilidade do congelamento com o uso de gomas guar e xantana em diferentes concentrações, frente a outros ingredientes testados.

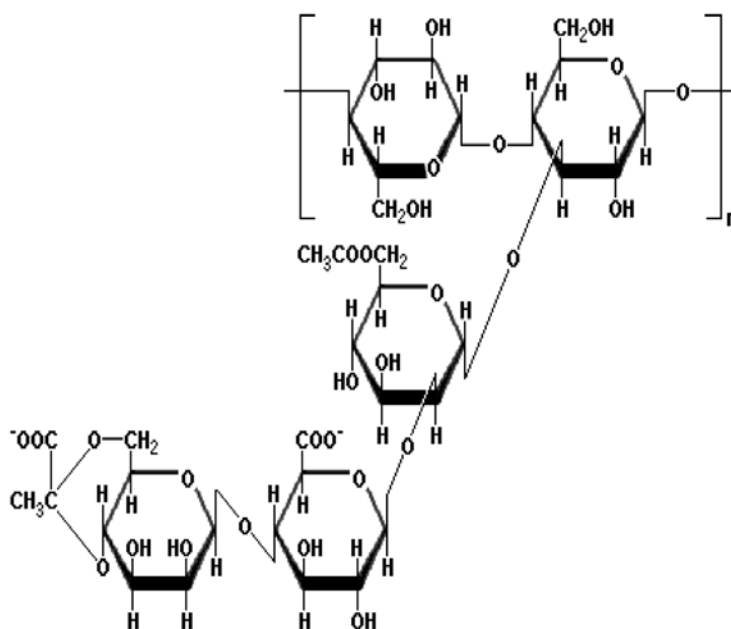


Figura 1 Estrutura unitária (monômero) do polissacarídeo de goma xantana

### 2.6.2 Amido modificado

Amidos nativos e modificados têm grande importância na indústria de alimentos, sendo empregados, principalmente, como espessantes e/ou estabilizantes. As limitações das pastas e dos géis obtidos a partir de amidos nativos tornaram necessário o desenvolvimento de muitos tipos de amidos modificados, aumentando a utilidade desse polímero para aplicações alimentícias (LEONEL; JACKEY; CEREDA, 1998).

As razões que levam à modificação, segundo Bemiller (1997), são: modificar as características de cozimento (gomificação); diminuir a retrogradação e a tendência das pastas em formarem géis; aumentar a estabilidade das pastas ao resfriamento e ao descongelamento, a transparência das pastas ou géis e a adesividade; melhorar a textura das pastas ou géis e a

formação de filmes; adicionar grupamentos hidrofóbicos e introduzir poder emulsificante.

Alterações nas propriedades tecnológicas dos amidos podem ser obtidas por processos físicos, tais como tratamento térmico, exposição a radiações ou por processos químicos nos quais se empregam reagentes específicos para alterar a estrutura das macromoléculas componentes do amido. Ainda há a possibilidade de serem empregados processos enzimáticos (BEMILLER, 1997).

Alta viscosidade é desejável para usos industriais, nos quais o objetivo é o poder espessante. Para isso, é necessário o controle da retrogradação no resfriamento. O aquecimento em excesso de água causa o intumescimento irreversível, porém limitado, dos grânulos, os quais se tornam muito sensíveis a estresses mecânico e térmico ou à acidez do meio. Mas, uma vez resfriado, ou ainda, congelado, os polímeros de amido nativo se reagrupam, liberando água e danificando o gel formado (CEREDA, 2002).

Silva et al. (2006) estudaram as características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil e observaram que o pH final nas amostras analisadas variou de 3,4 a 6,3. Os autores concluíram que os amidos modificados não foram completamente lavados, havendo presença de restos de reagentes e subprodutos das reações, o que interfere na aplicação final de amidos modificados e que pode ser benéfico, mas, em muitos casos, indesejável.

De acordo com Silva et al. (2006), o processo de congelamento e descongelamento do amido é importante para caracterizar o tipo de amido em termos de sua aplicabilidade em alimentos, visto que a liberação de água é, geralmente, prejudicial à qualidade do produto final. Com o teste de resistência aos ciclos de congelamento/descongelamento, observou-se que as amostras que continham amido modificado foram resistentes ao ciclo, sendo esta uma importante característica para aplicações tecnológicas na indústria de alimentos.

### 2.6.3 Goma carragena

A carragena foi descoberta em 1785, na cidade de Carragena, norte da Irlanda, onde as algas eram utilizadas para aumentar a viscosidade do leite consumido pela população. Este musgo irlandês é um aditivo bastante utilizado na indústria de alimentos, devido à maneira peculiar como ele reage com as proteínas do leite (ANTUNES; CANHOS, 1984).

É um hidrocoloide extraído de algas marinhas das espécies *Gigartina*, *Hypnea*, *Eucheuma*, *Clondrus* e *Iridaea*. É utilizada em diversas aplicações na indústria alimentícia como espessante, gelificante, agente de suspensão e estabilizante, tanto em sistemas aquosos como em sistemas lácteos. A carragena é um ingrediente multifuncional e se comporta de maneira diferente na água e no leite. Na água, se apresenta, tipicamente, como um hidrocoloide com propriedades espessantes e gelificantes. No leite, tem a propriedade de reagir com as proteínas e prover funções estabilizantes (ESTABILIZANTES, 2010).

Carragena é uma mistura complexa de, no mínimo, cinco polímeros distintos, designados kappa (K), lambda (I), mu (m), iota (i) e nu (n). O que as diferencia é a presença de grupamentos sulfatados na estrutura molecular, conforme ilustrado na Figura 2. Dentre estes, K e I-carragena são as de maior importância nos alimentos (VILLANUEVA; MONTAÑO, 2003).

Este composto tem a propriedade de fazer pontes de hidrogênio com a água, aumentando o volume do produto, trazendo vantagens em relação ao custo final. O poder de geleificação da carragena é muito maior em leite, devido à sua interação com a caseína. Utilizando-se concentrações de carragenas bem menores do que em sistemas aquosos obtêm-se géis de mesma textura (SANTOS; BRUNIERA; GARCIA, 2008).

A goma carragena é um dos agentes formadores de gel mais comuns em sobremesas lácteas. Esta goma é particularmente apropriada para aplicação em

sobremesas de leite, pois apresenta inúmeras vantagens (GLICKSMAN, 1983), como baixo nível de uso devido à sua alta reatividade com a proteína do leite (especialmente com a k-caseína); ampla variedade de texturas de sobremesas lácteas pode ser obtida de acordo com o tipo e as frações de carragena utilizadas, muitas vezes em combinação com outros hidrocoloides, tais como amido e goma locusta; precisam ser aquecidas somente a 70 °C, a fim de dissolver adequadamente; quando tratadas com calor, as carragenas desenvolvem baixa viscosidade e isso facilita o processo (bombeamento e transferência rápida de calor) e as carragenas não mascaram os sabores. A viscosidade obtida depende da concentração, da temperatura, da presença de outros sólidos, do tipo de carragena e de seu peso molecular. A viscosidade aumenta exponencialmente com a concentração.

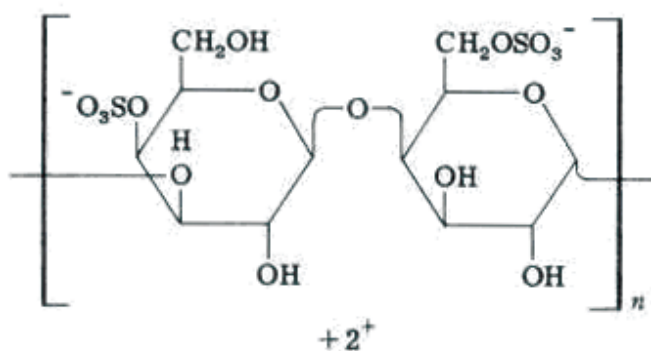


Figura 2 Estrutura química da mu-carragena

## **2.7 Características físicas do queijo petit suisse**

As características reológicas, como viscosidade, consistência ou textura, são importantes no controle de qualidade dos alimentos. Do ponto de vista técnico, textura é a soma de sensações cinestésicas derivadas da degustação de um alimento, abrangendo as sensações percebidas na cavidade oral e as propriedades mastigatórias, residuais e acústicas (CAMPOS et al., 1989).

### **2.7.1 Textura instrumental**

A medição instrumental de textura foi proposta como uma alternativa de superar os principais inconvenientes e limitações da avaliação sensorial relacionadas às dificuldades de interpretação e variação dos resultados (ANZALDÚA-MORALES, 1994). São baseados na deformação do material por meio de uma força de compressão que é convertida em um gráfico de tensão, obtendo-se parâmetros que representam as propriedades físicas do material (KULMYRZAEV et al., 2005).

A textura é um atributo fundamental para formulados cuja estrutura está baseada em propriedades gelificantes de polissacarídeos e proteínas, como sobremesas lácteas (TARREGA; COSTELL, 2006). Também é um importante parâmetro na avaliação da qualidade de queijos durante o período de armazenamento, que está relacionado com a composição (lipídios, proteínas e umidade), o pH, a temperatura, os teores de sais e o grau de quebra da estrutura (proteólise e lipólise) da coalhada, durante as etapas de coagulação e fermentação (ATTAIE, 2005).

### 2.7.2 Viscosidade

A viscosidade faz parte das propriedades reológicas dos alimentos que abrangem, além dos fluidos, os sólidos e os semissólidos. O conhecimento dessas propriedades torna-se necessário para uma série de aplicações, como controle de qualidade, conhecimento da estrutura física e, principalmente, controle e dimensionamento de processos industriais (MOURA; FRANÇA; LEAL, 2005).

A viscosidade pode ser definida como a medida da fricção interna de um fluido, isto é, a resistência encontrada pelas moléculas em se moverem no interior de um líquido, devido ao movimento browniano e às forças intermoleculares (GOULD, 1992). Esta fricção torna-se aparente quando uma camada de fluido move-se em relação à outra camada. Assim, à medida que aumenta a viscosidade do fluido, aumentam as forças de atrito e é necessária mais energia para que ocorra o “cisalhamento”, que acontece sempre que o fluido é fisicamente movido ou distribuído, como no escoamento, no espalhamento, na aspersão, na mistura etc. Fluidos altamente viscosos, então, exigem mais força para moverem-se que materiais menos viscosos (BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES, 1994; MOTT, 1996).

Alimentos, em geral, podem ser classificados em sólidos, gel, líquidos homogêneos, suspensões líquidas e emulsões (RAO, 1999). Alimentos na forma líquida, usados em processos na indústria ou pelo consumidor, incluem pastas, purês, refrigerantes, ovos e seus produtos, leite e seus derivados, sucos de frutas naturais, concentrados vegetais e molhos, entre outros (IBARZ; CÁNOVAS, 2002).

Queijos frescos fermentados apresentam comportamento de fluido não newtoniano, com viscoelasticidade e tixotropia, sendo a determinação do seu comportamento reológico importante para avaliações de consistência e

estabilidade, além de fornecer informações sobre a estrutura do produto (LINE; REMONDETTO; SUBIRADE, 2005). Esse comportamento pode ser influenciado pela incorporação de matérias-primas como gomas, que podem interagir com a matriz de caseína na coalhada (LOBATO-CALLEROS et al., 2000).

O queijo petit suisse tem consistência semelhante à do queijo quark, apresentando comportamento de material sólido (elástico) e líquido (viscoso). Materiais que mostram essas características são considerados viscoelásticos e a determinação do seu comportamento reológico é importante em avaliações de consistência e estabilidade, fornecendo também informações sobre a estrutura do produto (SHOEMAKER et al., 1992).



### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Material**

##### **3.1.1 Ingredientes utilizados nas formulações dos queijos petit suisse**

Para a elaboração do queijo foram utilizados 60 L de leite desnatado com 0,3% de gordura, coalho enzima quimosina (Christian Hansen, Valinhos, Brasil), cultura láctea mesofílica composta por cepas mistas de *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* e *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, creme de leite pasteurizado com 65% de gordura, polpa de morango, açúcar refinado, goma xantana (Tecgem AAT11/212), goma mu-carragena e amido modificado.

#### **3.2 Métodos**

##### **3.2.1 Elaboração dos queijos petit suisse**

A elaboração dos queijos foi conduzida na Planta Piloto de Laticínios do Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras, MG. Foram utilizados 60 L de leite desnatado contendo 0,3% de gordura, pasteurizado, a 83 °C, por 30 minutos, depois resfriado, a 32 °C, para a adição de 1,5% a 2% de cultura mista mesofílica de *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* e *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, 0,0025 g de coalho/L de leite e 0,5% de goma xantana, goma mu-carragena ou amido modificado.

As diferentes formulações variando o tipo de espessante nos queijos petit suisse foram obtidas após o leite ter sido resfriado a 32 °C. Os 60 L de leite foram divididos em quatro partes iguais de 15 L e transferidos para galões, para posterior coagulação.

### 3.2.2 Tratamentos

Os diferentes tratamentos utilizados na produção do queijo petit suisse foram:

- a) **Tratamento I** - queijo elaborado com goma carragena M;
- b) **Tratamento II** - queijo elaborado com amido modificado;
- c) **Tratamento III** - queijo elaborado com goma xantana e
- d) **Tratamento IV** - queijo elaborado sem utilização de espessantes (controle).

Após a adição dos ingredientes, procedeu-se à completa homogeneização e coagulação. O pH, ao final do processo de coagulação da massa, variou entre 4,38 a 4,42. Em seguida, a massa foi dessorada em uma câmara, a 5 °C, utilizando-se um dessorador previamente esterilizado. Após este procedimento, a massa foi lavada com água de qualidade controlada, fervida e resfriada, a 5 °C, até alcançar pH de 4,5.

Após a lavagem da massa coagulada e fermentada, cada tratamento foi dividido para a realização do congelamento da massa sem formulação e congelamento do produto formulado. Na formulação foram utilizados 10% de açúcar, 11% de polpa de morango e creme de leite. Todo o processo de elaboração do queijo petit suisse está representado no fluxograma da Figura 2.

### 3.2.3 Congelamento

Após a dessoragem e a lavagem da massa do queijo, a coalhada foi fracionada em duas porções. Uma porção foi mantida congelada (-25 °C/48horas) e a outra foi utilizada na elaboração do queijo, para posterior

congelamento (-25 °C/48horas). As porções foram totalmente descongeladas após 36 horas, momento no qual se prosseguiu com as análises. Foi feita uma fabricação com os quatro tratamentos e as análises foram realizadas com cinco repetições.

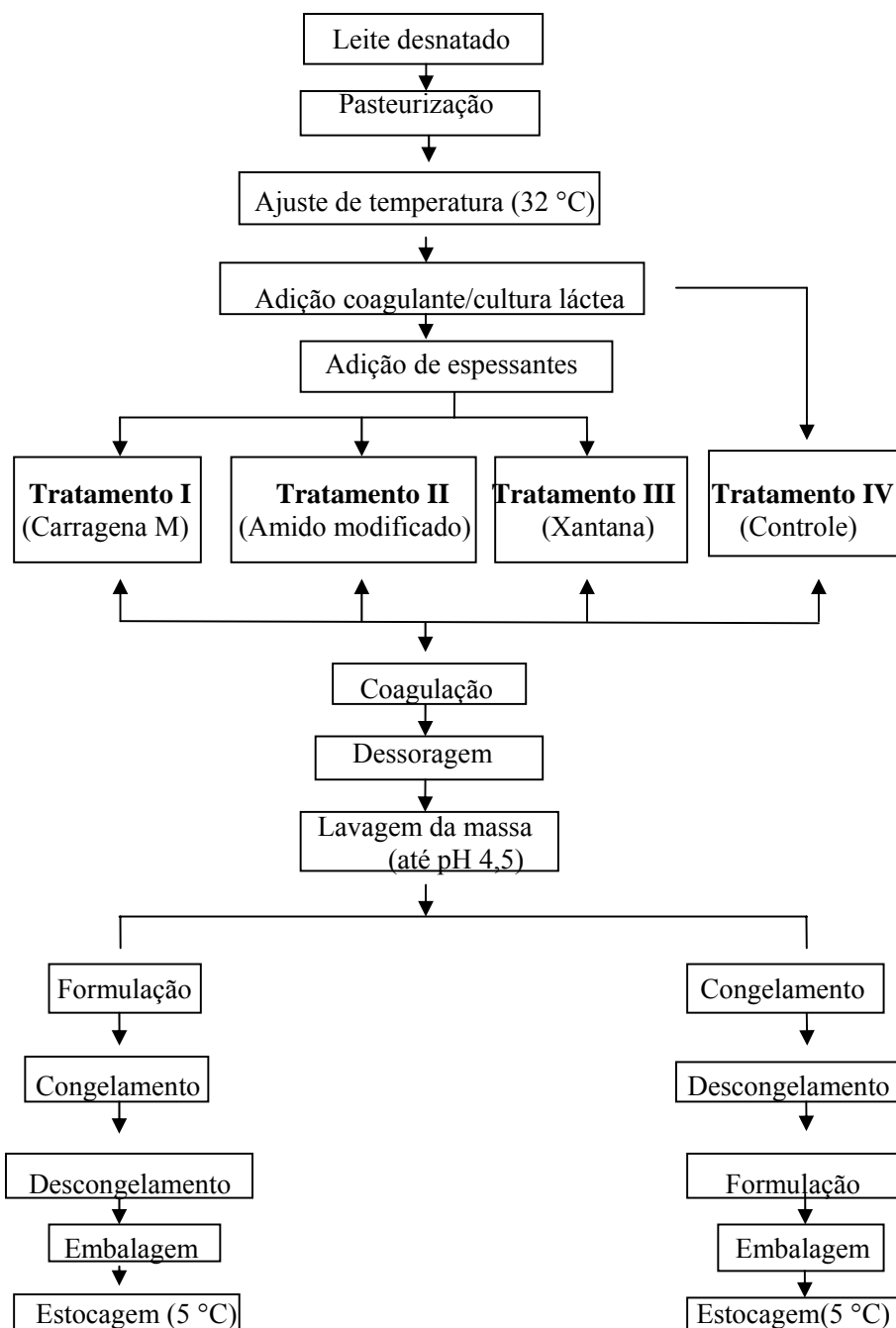


Figura 3 Fluxograma de fabricação do queijo petit suisse

### 3.3 Análises físico-químicas

#### 3.3.1 pH

Determinação eletrométrica utilizando pHmetro digital modelo TEC – 3MP da marca TECNAL ®, com ajuste de temperatura e calibração para todas as determinações (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

#### 3.3.2 Viscosidade

A viscosidade foi determinada a cada 7 dias, durante 21 dias, para acompanhar as possíveis mudanças ocorridas durante a vida de prateleira. Utilizou-se viscosímetro (Brookfield ® modelo RVT), com *spindle* número 6 e velocidade de 2,5 rpm. As amostras foram mantidas a 5 °C e homogeneizadas antes das análises, tendo a leitura dos resultados sido feita numa escala de 0 a 100 e convertidos a mPa.s por meio de tabela apropriada (WOLFSCHOON-POMBO; GRANZINOLLI; FERNANDES, 1983).

#### 3.3.3 Análise instrumental de textura

A análise instrumental da textura dos queijos foi realizada com um texturômetro (TA-XT2i, Texture Tech. Corp. ®, Scarsdale, USA). Um sensor cônico (*probe*) de 20 mm foi empregado e a análise efetuada em um recipiente de 100 mL contendo 3 cm de altura de amostra de queijo mantida a  $5 \pm 1$  °C. As condições de análise foram as seguintes: taxa de compressão de 30%, força de gatilho 5 g; velocidade da *probe* durante a penetração, antes da penetração e após a penetração de  $1 \text{ mm s}^{-1}$ . Da curva de penetração, foram obtidos os parâmetros para firmeza, elasticidade, coesividade e gomosidade, de acordo com

Bourne (2002). Todos os dados obtidos foram analisados com o software Exponent Lite Express, versão 5.0.7 (Stable Micro Systems, Godalming, UK).

### **3.4 Microscopia eletrônica de varredura**

Amostras contendo os diferentes tratamentos de queijo petit suisse foram imersas em solução fixadora de Karnovisk modificada (2,5% de glutaraldeído, 2,0% de paraformaldeído, 0,05 M de tampão cacodilato), com pH 7,2, por um período de 24 horas. Logo depois, foram lavadas em tampão cacodilato (3 vezes de 10 minutos) para retirar os resíduos de glutaraldeído que podem reduzir o tetróxido de ósmio. Após a lavagem, as amostras foram fixadas com tetróxido de ósmio 1% e em água, por 4 horas. Volumes iguais de tetróxido de ósmio 2% foram misturados em tampão cacodilato 0,1 M, à temperatura ambiente, em uma capela.

Após este período, as amostras foram lavadas, por três vezes, em água destilada e, em seguida, desidratadas em gradiente de acetona (25%, 50%, 75%, 90% e 100%, por três vezes). Em seguida, as amostras foram levadas ao aparelho de ponto crítico para completar a secagem. Após a secagem, as amostras foram montadas em *stubs* e levadas para o banho de ouro. Após tal procedimento, os *stubs*, com as amostras preparadas, foram levados ao microscópio eletrônico de varredura LEO EVO40, para a obtenção das eletromicrografias (ALVES, 2004).

### **3.5 Delineamento experimental e análise estatística**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. As diferenças entre as médias dos parâmetros pH, viscosidade e textura foram determinadas por meio da análise de

variância, sendo as diferenças de médias comparadas pelo teste de Tuckey (nível de significância de 5%). Os dados foram analisados por meio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Características físicas e químicas do queijo petit suisse**

#### **4.1.1 pH**

Os dados referentes ao pH estão representados nas Tabelas 1 e 2. O pH da massa e do produto final que foram submetidos ao congelamento variou de 4,06 a 4,81 e observou-se que os tratamentos I, III e IV apresentaram diferença estatística significativa ( $p \leq 0,05$ ). Cardarelli (2006) e Gonçalves (2009), analisando queijo quark (queijo similar ao petit suisse), encontraram pH 4,29 a 4,5, respectivamente.

Os valores médios de pH encontrados neste experimento foram condizentes com os encontrados por Paixão et al. (2011) que, analisando cinco principais marcas comerciais de petit suisse, encontraram valores de pH variando de 4,47 a 4,75. É importante ressaltar que valores de pH mais elevados reduzem a vida de prateleira dos queijos, principalmente se tiverem teores elevados de umidade.



Tabela 1 Médias de pH dos queijos petit suisse, utilizando diferentes espessantes, elaborados com massa congelada antes da adição dos ingredientes, em diferentes tempos de armazenamento

Tempo (dias)	Massa congelada			
	1	7	14	21
Tratamentos				
Goma carragena	4,20 <sup>Ac</sup>	4,12 <sup>Aa</sup>	4,12 <sup>Ab</sup>	4,63 <sup>Ab</sup>
Amido modificado	4,26 <sup>Abc</sup>	4,13 <sup>Aa</sup>	4,24 <sup>Aa</sup>	4,70 <sup>Aab</sup>
Goma xantana	4,35 <sup>Aab</sup>	4,10 <sup>Aa</sup>	4,27 <sup>Aa</sup>	4,75 <sup>Aa</sup>
Controle	4,37 <sup>Aa</sup>	4,11 <sup>Aa</sup>	4,17 <sup>Aab</sup>	4,72 <sup>Aab</sup>

A, B - Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade e devem ser comparadas duas a duas  
a, b, c - Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Observa-se uma variação ao longo do armazenamento, porém, com uma redução numérica do pH, do 1<sup>o</sup> ao 7<sup>o</sup> dia de armazenamento, para todas os tratamentos, para a massa congelada, conforme Tabela 1. A mesma variação também foi observada no produto final congelado, conforme se observa na Tabela 2.

A lavagem da massa do queijo promove adição água e uma delactosagem parcial, diminuindo a produção de ácido no queijo e modificando o perfil durante a estocagem. Esse processo de delactosagem é comumente utilizado para controlar o pH e a desmineralização da massa em queijos (FOX et al., 2004), mas pode contribuir para a elevação do pH quando o material for congelado.

Pelos dados da Tabela 1 pode-se observar que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos ao longo do período de armazenamento no pH da massa que foi congelada, demonstrando, assim, que

os tratamentos com espessantes goma carragena, amido modificado, goma xantana e o tratamento controle não foram diferentes entre si, no tempo analisado. Porém, os tratamentos apresentaram comportamentos distintos, quando se compararam a massa congelada e o produto final congelado, apresentando diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 2 Médias de pH dos queijos petit suisse congelado, elaborados utilizando diferentes espessantes, e analisados em diferentes tempos de armazenamento

Produto final congelado				
Tempo (dias)	1	7	14	21
Tratamentos				
Goma carragena	4,17 <sup>Ab</sup>	4,09 <sup>Ab</sup>	4,06 <sup>Ac</sup>	4,51 <sup>Bc</sup>
Amido modificado	4,30 <sup>Aa</sup>	4,19 <sup>Ab</sup>	4,20 <sup>Ab</sup>	4,69 <sup>Ab</sup>
Goma xantana	4,30 <sup>Aa</sup>	4,30 <sup>Ba</sup>	4,34 <sup>Aa</sup>	4,81 <sup>Aa</sup>
Controle	4,28 <sup>Ba</sup>	4,11 <sup>Ab</sup>	4,17 <sup>Ab</sup>	4,64 <sup>Ab</sup>

A, B - Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, devem ser comparadas duas a duas e não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade  
a, b, c - Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

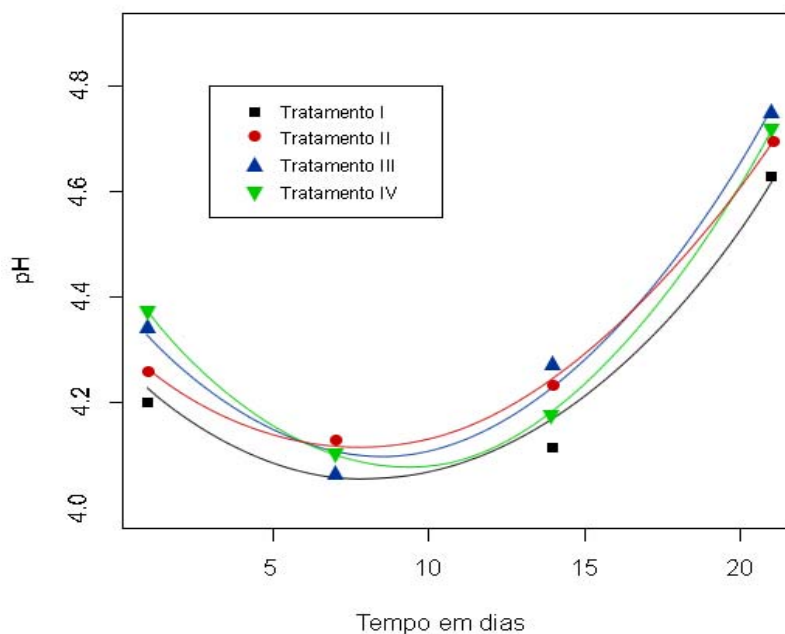
Resultados semelhantes foram encontrados por Maruyama et al. (2006) que, analisando queijos petit suisse, observaram que a quantidade de ácido láctico produzido pela cultura starter influenciou a redução do pH dos queijos petit suisse.

Observa-se que, no tratamento com amido modificado, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) quando a massa congelada e o produto final congelado foram avaliados, supostamente devido ao possível poder tamponante do amido e à sua maior capacidade de retenção de água. Essa resistência a ciclos

de congelamento e descongelamento observada no tratamento com amido modificado também foi observada por Silva et al. (2006), sendo esta uma importante característica para aplicações tecnológicas na indústria de alimentos.

Silva et al. (2006), ao avaliarem as características físico-químicas de amidos modificados por meio de substituição e cruzamento comercializados no Brasil, observaram valores de pH de 4,4 a 5,5. Este resultado corrobora o obtido no presente trabalho.

Modelos de regressão foram ajustados para os dados de pH obtidos para os queijos petit suisse com congelamento da massa e com congelamento do produto final. Os dados estão demonstrados nos Gráficos 1 e 2.



Tratamento I  $\hat{y}=4,27587837-0,05410592x+0,00333776x^2$   $R^2=95,64\%$

Tratamento II  $\hat{y}=4,31352717-0,05041041x+0,00325988x^2$   $R^2=99,84\%$

Tratamento IV  $\hat{y}=4,39589376-0,07020483x+0,00417064x^2$   $R^2=98,44\%$

Tratamento V  $\hat{y}=4,45200392-0,08202940x+0,00449672x^2$   $R^2=99,86\%$

**Tratamento I** - queijo elaborado com goma carragena mu;

**Tratamento II** - queijo elaborado com amido modificado;

**Tratamento III** - queijo elaborado com goma xantana e

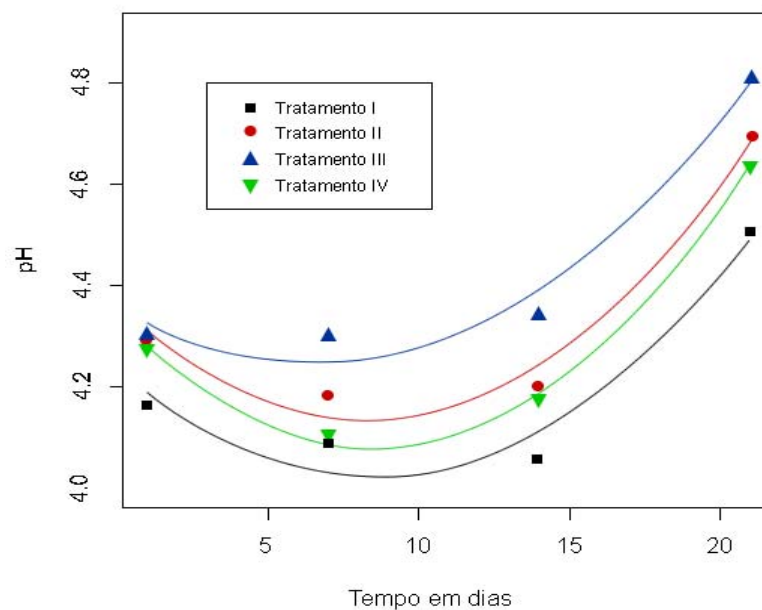
**Tratamento IV** - queijo elaborado sem utilização de espessantes (Controle).

Gráfico 1 Evolução do pH do queijo ao longo do armazenamento, em função dos diferentes tratamentos, para a massa congelada

Pelos dados do Gráfico 1 pode-se observar que, a partir do 10<sup>o</sup> dia, ocorreu uma elevação significativa do pH dos queijos. Este aumento é devido à geração de compostos alcalinos, principalmente a deaminação das proteínas, fato que ocorre naturalmente na maioria das matrizes lácteas proteicas contendo bactérias lácteas. Segundo Salaün, Mietton e Gaucheron (2005), a alcalinização é esperada durante o armazenamento de queijos, devido à degradação do ácido láctico e à formação de compostos nitrogenados alcalinos.

O pH dos queijos, normalmente, apresenta comportamento inverso ao do teor de lactose na massa que, dependendo da variedade, é consumida em aproximadamente duas semanas. Em queijos com alto teor de lactose, o pH continua decrescendo durante a maturação. No entanto, aumento no pH é comum em muitas variedades de queijos. Esse aumento pode ser atribuído ao processo de degradação do ácido láctico presente na massa do queijo, juntamente com a proteólise e a liberação de amônia a partir da degradação de aminoácidos (FOX et al., 2000).

No tratamento I, queijo petit suisse elaborado com goma carragena, observa-se que o pH apresentou-se menor que o dos demais tratamentos, inclusive menor que o controle (Gráfico 2). O polissacarídeo, dependendo da natureza, difere em neutro, carboxilado e sulfatado (SYRBE; BAUER; KLOSTERMEYER, 1998). As carragenas são polissacarídeos sulfatados e são capazes de formar complexos com a caseína, mesmo em pH neutro.



Tratamento I  $\hat{y} = 4,23639992 - 0,05016048x + 0,00296259x^2$   $R^2 = 93,81\%$

Tratamento II  $\hat{y} = 4,36544007 - 0,05561805x + 0,00335344x^2$   $R^2 = 97,41\%$

Tratamento III  $\hat{y} = 4,35554381 - 0,03362015x + 0,00259897x^2$   $R^2 = 96,66\%$

Tratamento IV  $\hat{y} = 4,34143660 - 0,06087570x + 0,00356027x^2$   $R^2 = 99,67\%$

**Tratamento I** - queijo elaborado com goma carragena M;

**Tratamento II** - queijo elaborado com amido modificado;

**Tratamento III** - queijo elaborado com goma xantana e

**Tratamento IV** - queijo elaborado sem utilização de espessantes (controle).

Gráfico 2 Evolução do pH ao longo do armazenamento do queijo petit suisse, em função dos diferentes tratamentos para o produto congelado

A incompatibilidade entre proteínas e polissacarídeos aumenta quando o pH se aproxima do ponto isoelétrico (pI) da proteína, em que a tendência de autoassociação das proteínas é alta, e decresce quando o pH é diferente do pI da proteína. Em sistemas contendo caseína-carragena, o pH tem um efeito tanto na autoassociação da caseína quanto na associação cruzada de caseína-carragena. Coacervação complexa é observada em pHs abaixo de 4,6, que é o pI da caseína e os dois polímeros carregam cargas opostas. Em pH acima de 4,6, ambos os polímeros têm cargas negativas similares em suas macromoléculas (OULD-ELEYA; TURGEON, 2000).

#### **4.1.2 Viscosidade**

A viscosidade é uma medida de resistência do corpo à deformação, quando este é submetido a uma tensão e reflete na maciez do queijo. Quanto maior a resistência à deformação, menor será a maciez do queijo. Os queijos, em geral, são considerados materiais viscoelásticos (FOX et al., 2000).

Os valores de viscosidade ao longo do tempo de armazenamento do queijo petit suisse tratado com diferentes espessantes congelando a massa e o produto final são mostrados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 Médias de viscosidade (Pa.s) dos queijo petit suisse utilizando diferentes espessantes, com massa congelada antes da formulação e em diferentes tempos de armazenamento

Tempo (dias)	Massa congelada			
	1	7	14	21
Tratamentos				
Mu-carragena	118 <sup>Bb</sup>	148,8 <sup>Bb</sup>	155,6 <sup>Ba</sup>	150,4 <sup>Bb</sup>
Amido modificado	51,6 <sup>Bc</sup>	56 <sup>Bc</sup>	62,4 <sup>Bb</sup>	72,8 <sup>Bc</sup>
Xantana	284,4 <sup>Aa</sup>	248 <sup>Aa</sup>	202,4 <sup>Aa</sup>	302 <sup>Aa</sup>
Controle	66,2 <sup>Bbc</sup>	68 <sup>Bc</sup>	85,2 <sup>Bb</sup>	172,4 <sup>Bb</sup>

A, B – Médias seguidas de letra maiúscula nas linhas devem ser comparadas duas a duas e não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade

a, b, c - Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Observa-se diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ) na viscosidade da massa e do queijo petit suisse submetido ao congelamento, diferença esta também observada no tempo de armazenamento do queijo.

Pelos dados da Tabela 3 pode-se observar que o tratamento goma xantana com o congelamento da massa apresentou maior viscosidade, sendo significativamente diferente dos demais tratamentos ( $p \leq 0,05$ ), enquanto as outras amostras não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ). Soluções de xantana possuem alta viscosidade em baixas concentrações, estabilidade em uma ampla faixa de temperatura, pH e concentração de sais. Por estas razões, a goma xantana tem sido bastante empregada, principalmente nas indústrias alimentícia, farmacêutica e petrolífera (MAUGERI, 2001).



Tabela 4 Médias de viscosidade (Pa.s) dos queijo petit suisse, utilizando diferentes espessantes, com produto final congelado em diferentes tempos de armazenamento

Tempo (dias)	Produto final congelado			
	1	7	14	21
Tratamentos				
Mu-carragena	238,4 <sup>Aa</sup>	225,6 <sup>Ab</sup>	297,6 <sup>Aa</sup>	374 <sup>Aa</sup>
Amido modificado	224 <sup>Aa</sup>	215,2 <sup>Ab</sup>	326,4 <sup>Aa</sup>	286,4 <sup>Ab</sup>
Xantana	109,2 <sup>Bb</sup>	45,6 <sup>Bc</sup>	161,2 <sup>Ab</sup>	242,4 <sup>Bb</sup>
Controle	139,7 <sup>Ab</sup>	379,2 <sup>Aa</sup>	305,2 <sup>Aa</sup>	354 <sup>Aa</sup>

A, B – Médias seguidas de letra maiúscula nas linhas devem ser comparadas duas a duas e não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade

a, b, c - Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade

As amostras apresentaram aumento na viscosidade com o passar do tempo, chegando todas ao tempo 21 com viscosidade alta. Entretanto, Prudencio (2006), estudando as propriedades físicas de queijo petit suisse elaborado com retentado de soro de queijo e utilizando gomas guar e goma xantana como estabilizantes, observou que a viscosidade das amostras avaliadas decresceu com o tempo.

O tratamento goma xantana após o congelamento apresentou elevada sinerese. Com isso, foi necessário um segundo dessoramento, o que supostamente justifica a elevação da viscosidade (Gráfico 3) na massa que foi congelada, afetando, assim, o tratamento.

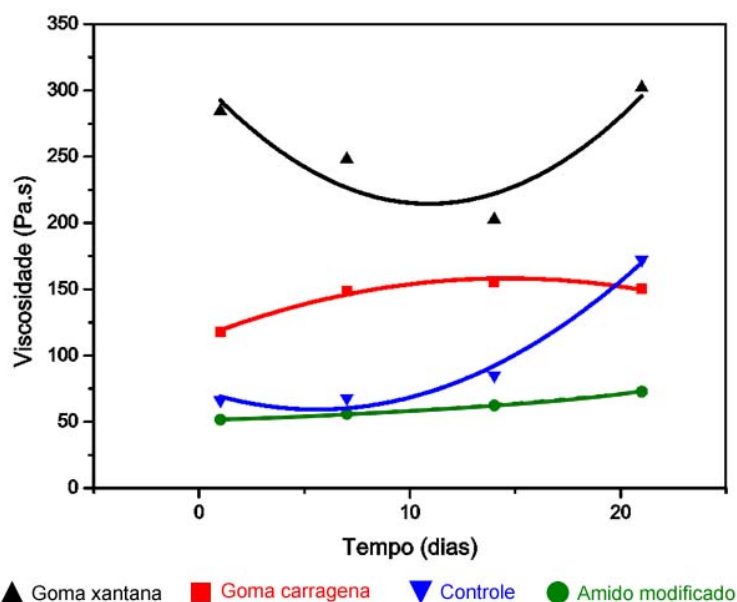


Gráfico 3 Relação entre a viscosidade e o tempo de armazenamento dos queijos petit suisse elaborados com a massa congelada

No tratamento com amido modificado, observou-se aumento da viscosidade do produto congelado, quando comparado à massa congelada nos tempos 1, 7, 14 e 21 dias. Isto pode ser explicado pelo fato de o amido modificado utilizado no experimento sofrer modificações por reações químicas de substituição e cruzamento, os quais proporcionam amido com diferentes características de textura, viscosidade, estabilização e emulsificação.

A viscosidade adquirida das soluções de amido com ligações cruzadas tem muito maior resistência com relação à degradação térmica. Contudo, o mesmo não ocorre com os processos de congelamento e descongelamento, pois estes ocasionam a separação de soluções (BALDASSO; MARTINS; SANGIOVANNI, 2004).

Mesmo no tratamento com goma carragena observou-se um aumento significativo na viscosidade entre a massa congelada e o produto, apresentando diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ). Esta goma é descrita, por diversos autores, como um componente estabilizante que evita a separação das fases, ou sinerese, durante o armazenamento, pela sua alta reatividade com a proteína do leite, especialmente com k-caseína. O que não ocorreu neste experimento foi a manutenção desta estabilidade após o descongelamento das amostras (Gráfico 4).

Observa-se, no Gráfico 4, que os ajustes não foram muito bons para alguns tratamentos, mas as curvas foram mantidas para facilitar a visualização de tendências. O único tratamento que conseguiu uma menor sinerese após o produto congelado foi o tratamento com goma xantana.

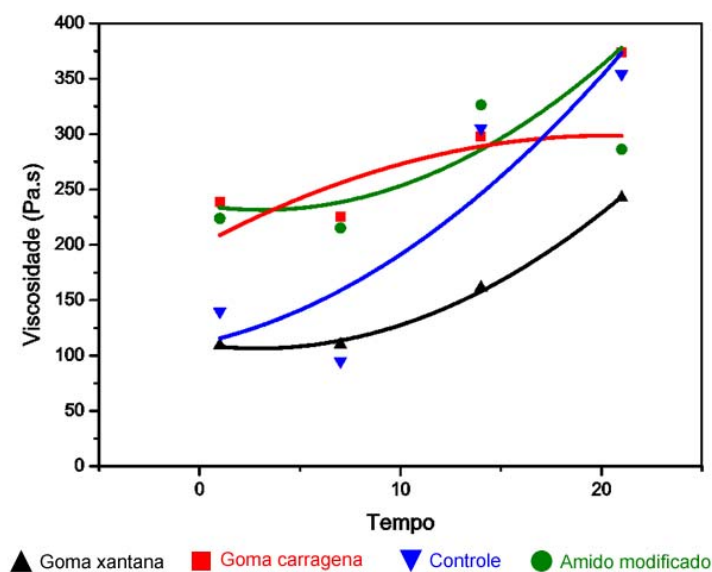


Gráfico 4 Relação entre a viscosidade e o tempo de armazenamento dos queijos petit suisse congelado

De acordo com Dimitreli e Thomareis (2008), os fatores que mais afetam a viscosidade de queijos processados são tipo de gel lácteo e/ou queijo, sais fundentes, temperatura, agitação, adição de ingredientes lácteos e não lácteos. Além dos fatores relacionados com a composição química, o teor de umidade e os sólidos totais, observados por Anema, Lee e Klostermeyer (2007), influenciam nas propriedades reológicas de queijos processados.

#### **4.1.3 Análise instrumental de textura**

A textura é um parâmetro importante na avaliação da qualidade do queijo durante armazenamento, que é afetada pela composição (lipídios, proteínas e umidade), além de pH, temperatura, teor de sal e grau de desagregação estrutural (proteólise e lipólise) da coalhada durante a coagulação e os estágios de fermentação (ATTAIE, 2005; KULMYRZAEV et al., 2005). Queijos moles são classificados como viscoelásticos. Seu comportamento também pode ser influenciado por alterações provocadas pela incorporação de matérias-primas que podem interagir com a matriz de caseína na coalhada (LOBATO-CALLEROS et al., 2000).

Para todos os parâmetros de textura estudados na massa congelada antes de o produto ser formulado, foram observadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ), exceto quando comparados o tratamento com amido modificado e o controle quanto aos parâmetros de elasticidade e gomosidade, nos quatro tempos analisados.

Ao longo de todo período de armazenamento e para todos os tratamentos foram observadas diferenças significativas quanto ao parâmetro firmeza ( $p \leq 0,05$ ). Dessa forma, pode-se constatar que, para firmeza, nenhuma formulação foi considerada estável (Tabela 5).

A estabilidade da firmeza durante o período de armazenamento é desejada, uma vez que, dessa forma, confirma-se que o produto, após algumas semanas de armazenamento, continua semelhante ao produto recém-fabricado. A estabilidade é muito desejada para manter as características físico-químicas e, conseqüentemente, sensoriais, do início ao fim da vida de prateleira do produto (MARUYAMA et al., 2006).

Tabela 5 Evolução dos parâmetros de textura dos queijos petit suisse com diferentes espessantes e congelamento de massa, em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento	Dias	Firmeza (gf)	Elasticidade	Coesividade	Gomosidade
Goma carragena	1	20,07 <sup>Bc</sup>	0,92 <sup>Ab</sup>	0,54 <sup>Bb</sup>	10,85 <sup>Bb</sup>
	7	195,37 <sup>Aa</sup>	0,87 <sup>A</sup>	0,52 <sup>ab</sup>	102,89 <sup>Aa</sup>
	14	139,52 <sup>Aa</sup>	0,90 <sup>A</sup>	0,58 <sup>bc</sup>	85,34 <sup>Aa</sup>
	21	105,59 <sup>Aa</sup>	0,92 <sup>A</sup>	0,57 <sup>A</sup>	59,79 <sup>Aa</sup>
Amido modificado	1	10,08 <sup>Bc</sup>	0,98 <sup>Aa</sup>	0,59 <sup>Aa</sup>	6,01 <sup>Bc</sup>
	7	144,58 <sup>Aa</sup>	0,90 <sup>A</sup>	0,48 <sup>b</sup>	68,57 <sup>Aab</sup>
	14	98,76 <sup>Ab</sup>	1,06 <sup>A</sup>	0,64 <sup>a</sup>	61,52 <sup>Ab</sup>
	21	82,32 <sup>Ab</sup>	0,93 <sup>A</sup>	0,60 <sup>A</sup>	48,80 <sup>Aa</sup>
Goma xantana	1	52,45 <sup>Aa</sup>	0,88 <sup>Bc</sup>	0,59 <sup>Aa</sup>	30,51 <sup>Aa</sup>
	7	25,15 <sup>Bb</sup>	0,89 <sup>A</sup>	0,54 <sup>a</sup>	14,02 <sup>Bc</sup>
	14	25,09 <sup>Bc</sup>	0,91 <sup>A</sup>	0,61 <sup>ab</sup>	15,60 <sup>Bc</sup>
	21	42,59 <sup>Bc</sup>	0,86 <sup>A</sup>	0,55 <sup>A</sup>	24,68 <sup>Bb</sup>
Controle	1	13,89 <sup>Bc</sup>	0,95 <sup>Aa</sup>	0,54 <sup>Ab</sup>	7,41 <sup>Bc</sup>
	7	161,85 <sup>Aa</sup>	0,89 <sup>A</sup>	0,49 <sup>ab</sup>	84,62 <sup>Aab</sup>
	14	100,22 <sup>Ab</sup>	0,93 <sup>A</sup>	0,54 <sup>c</sup>	53,06 <sup>Ab</sup>
	21	104,86 <sup>Aab</sup>	0,88 <sup>A</sup>	0,55 <sup>A</sup>	55,65 <sup>Aa</sup>

A, B – Para cada coluna, letras maiúsculas sobrescritas diferentes indicam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) obtidas entre as formulações estudadas, para um mesmo período de armazenamento

a, b – Para cada coluna, letras minúsculas sobrescritas diferentes indicam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) obtidas entre os diferentes períodos de armazenamento de cada uma das formulações estudadas

A elasticidade é definida como a tendência do material de recuperar sua forma original quando uma tensão aplicada é removida. Isso significa que quanto maior a tendência a recuperação maior será a elasticidade (FOX et al., 1998).

Pelos dados da Tabela 5, pode-se verificar que, para o parâmetro elasticidade, o tratamento com goma xantana apresentou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ), influenciando a elasticidade da massa que foi congelada. Embora não seja um agente de geleificação, a goma xantana pode formar gel elástico e termorreversível, quando combinado com a goma locusta. A presença das cadeias laterais e o caráter iônico nas moléculas de xantana aumentam a sua hidratação (TONELLI; MURR; PARK, 2005).

Os valores de coesividade dos queijos com diferentes espessantes apresentaram-se muito próximos, porém, somente no tratamento com goma carragena observou-se diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ), quando comparado com os demais tratamentos. Este resultado está relacionado, principalmente, ao maior dessoramento e ao menor teor de umidade observado neste tratamento com goma carragena M.

Uma vez que os valores de coesividade dos queijos foram bastante próximos, com variações muito pequenas durante o armazenamento, mantendo-se em torno de 0,5 para todos os tratamentos, os valores obtidos para gomosidade foram praticamente a metade dos valores encontrados para firmeza, durante o mesmo período (Tabela 5).

Na Tabela 6 estão indicados os parâmetros de textura para o produto final congelado

Tabela 6 Evolução dos parâmetros de textura dos queijos petit suisse com diferentes espessantes e congelamento do produto final, em diferentes tempos de armazenamento

Tratamento	Dias	Firmeza (gf)	Elasticidade	Coesividade	Gomosidade
Goma carragena	1	66,10 <sup>Aa</sup>	0,91 <sup>Bb</sup>	0,61 <sup>Aa</sup>	39,93 <sup>Aa</sup>
	7	38,59 <sup>Bab</sup>	0,87 <sup>A</sup>	0,52 <sup>ab</sup>	19,50 <sup>Bab</sup>
	14	27,58 <sup>Bb</sup>	0,90 <sup>A</sup>	0,58 <sup>bc</sup>	15,10 <sup>Bb</sup>
	21	37,49 <sup>Bb</sup>	0,92 <sup>A</sup>	0,57 <sup>A</sup>	21,31 <sup>Bb</sup>
Amido modificado	1	58,57 <sup>Ab</sup>	0,91 <sup>Bb</sup>	0,61 <sup>Aa</sup>	36,13 <sup>Ab</sup>
	7	14,56 <sup>Bb</sup>	0,90 <sup>A</sup>	0,48 <sup>b</sup>	7,26 <sup>Bb</sup>
	14	10,05 <sup>Bb</sup>	1,06 <sup>A</sup>	0,64 <sup>a</sup>	6,51 <sup>Bb</sup>
	21	21,23 <sup>Bb</sup>	0,93 <sup>A</sup>	0,60 <sup>A</sup>	12,66 <sup>Bb</sup>
Goma xantana	1	14,42 <sup>Bc</sup>	0,94 <sup>Aa</sup>	0,59 <sup>Aa</sup>	8,60 <sup>Bc</sup>
	7	78,23 <sup>Aa</sup>	0,89 <sup>A</sup>	0,54 <sup>a</sup>	41,75 <sup>Aa</sup>
	14	48,71 <sup>Aa</sup>	0,91 <sup>A</sup>	0,61 <sup>ab</sup>	29,22 <sup>Aa</sup>
	21	81,42 <sup>Aa</sup>	0,86 <sup>A</sup>	0,55 <sup>A</sup>	42,21 <sup>Aa</sup>
Controle	1	68,96 <sup>Aa</sup>	0,95 <sup>Aa</sup>	0,55 <sup>Ab</sup>	38,91 <sup>Aa</sup>
	7	24,95 <sup>Bab</sup>	0,89 <sup>A</sup>	0,49 <sup>ab</sup>	12,09 <sup>Bab</sup>
	14	16,63 <sup>Bb</sup>	0,93 <sup>A</sup>	0,54 <sup>c</sup>	9,18 <sup>Bb</sup>
	21	32,27 <sup>Bb</sup>	0,88 <sup>A</sup>	0,55 <sup>A</sup>	17,35 <sup>Bb</sup>

A, B – Para cada coluna, letras maiúsculas sobrescritas diferentes indicam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) obtidas entre as formulações estudadas, para um mesmo período de armazenamento

a, b – Para cada coluna, letras minúsculas sobrescritas diferentes indicam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) obtidas entre os diferentes períodos de armazenamento de cada uma das formulações estudadas



Para o produto formulado e congelado por 48 horas, observa-se que a análise de variância indicou diferenças estatísticas significativas ( $p \leq 0,05$ ) para os tratamentos em relação às variáveis firmeza, elasticidade e gomosidade. Foi observada diferença estatisticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) em relação ao tempo de armazenamento para todas as variáveis, exceto para o tratamento com amido modificado, em que os parâmetros firmeza e gomosidade não demonstraram diferença entre si ( $p > 0,05$ ) nos 21 dias de armazenamento.

Observou-se maior firmeza ao longo do tempo ( $p \leq 0,05$ ) para o tratamento com goma xantana, provavelmente pelo fato de ter apresentado menor dessoramento no início do processo, o que deve ter ocorrido com o passar do tempo, levando, assim, a uma diminuição da umidade e aumentando os valores dessa variável no tempo. Resultado semelhante foi encontrado por Pinto et al. (2009), ao investigarem a textura em queijo minas tradicional, durante seu armazenamento.

Com relação à variável elasticidade, os valores foram muito próximos, porém, houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) nos tratamentos com goma carragena e amido modificado. Quando correlacionados aos demais tratamentos, observa-se que a elasticidade teve um ligeiro aumento com o tempo. Segundo Fox et al. (2000), a obtenção de altos valores de elasticidade sugere que a matriz de caseína é elástica e contínua, apresentando fortes atrações moleculares.

Para a variável gomosidade, os tratamentos goma carragena, amido modificado e controle não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ). No entanto, o tratamento com goma xantana apresentou gomosidade significativamente menor ( $p \leq 0,05$ ) no primeiro tempo analisado, comparado aos outros tratamentos.

#### **4.1.4 Efeito do congelamento e da incorporação de gomas sobre a microestrutura da massa congelada e do queijo petit suisse congelado**

O principal componente responsável pela estrutura dos queijos é a caseína, que forma uma rede cuja rigidez depende do grau de abertura, da quantidade de água ligada à matriz proteica e da presença de gordura e água livre (BERTOLA et al., 2000). A estrutura de rede de caseína é determinada no início da fabricação do queijo (FOX et al., 2000).

Nas Figuras 4 e 5 observam-se as micrografias da microscopia eletrônica de varredura dos queijos nos diferentes tratamentos que tiveram a massa congelada e o produto final congelado, a  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}/48\text{horas}$ .

As diferenças na microestrutura foram avaliadas no tempo 1, após o descongelamento da massa e observou-se que a matriz proteica dos queijos com goma carragena e goma xantana apresentou-se, visualmente, com uma estrutura mais compacta, com menor número de poros de tamanhos reduzidos, em comparação com a matriz proteica dos demais tratamentos. Os poros podem representar os locais originalmente ocupados pela gordura e outros pelo soro (Figura 4). A compactação da microestrutura é decorrente da redução gradual da umidade, causada pelo dessoramento que houve na massa.

Os tratamentos com amido modificado e controle apresentaram grande quantidade de poros, provavelmente devido à formação de muitos cristais de gelo no momento do congelamento, o que torna a massa menos compacta (Figura 4).

De acordo com Viotto e Oliveira (1998), esse comportamento deve-se ao fato de o coágulo dos queijos acidificados ser formado por partículas de caseína de menores tamanhos e mais desmineralizadas, resultando em uma rede proteica mais frágil. Fox et al. (2000) afirmam que a desmineralização, ocorrida por meio da perda de cálcio e de fosfato da micela de caseína, deve-se à

diminuição do pH, que compromete a extensão das ligações entre as micelas e, portanto, resulta em uma microestrutura menos compacta.

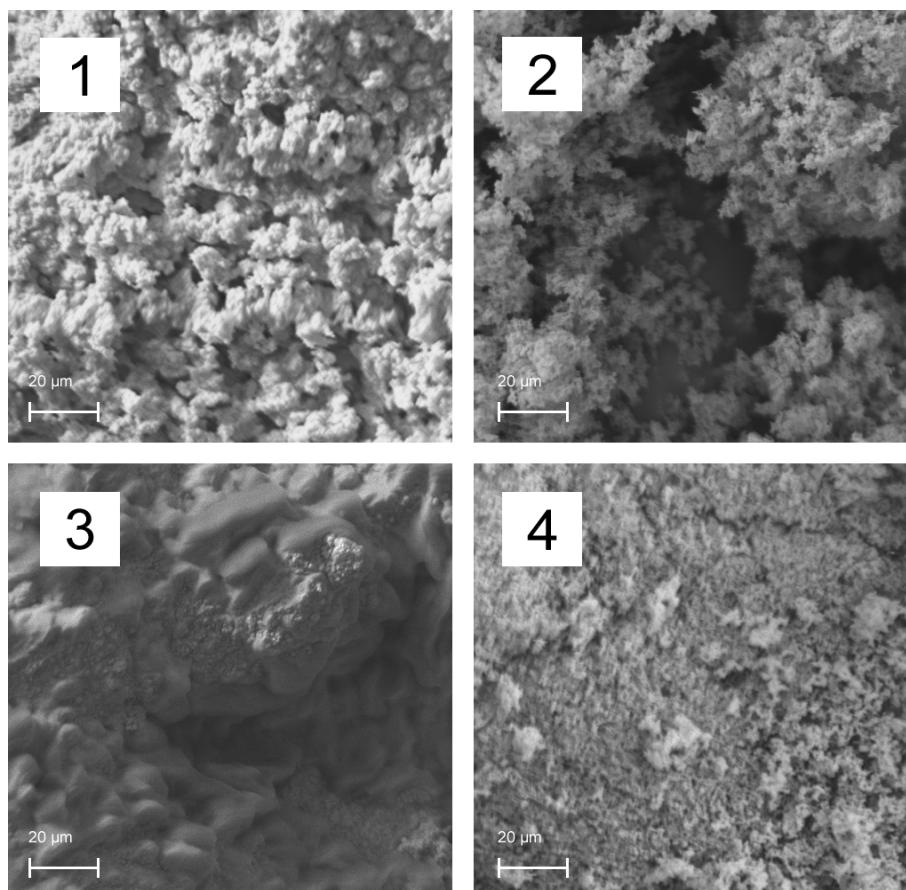


Figura 4 Eletromicrografias de varredura das formulações com massa congelada (1) queijo petit suisse elaborado com goma carragena M; ( 2) queijo petit suisse elaborado com amido modificado; (3) queijo petit suisse elaborado com goma xantana e (4) queijos petit suisse controle, sem espessante

Aparentemente, mesmo com o congelamento, a massa contendo goma xantana apresentou poros menores que os da massa controle. Uma das possíveis razões é que a adição de gomas nas massas diminui a água disponível para congelar, deixando-as com menos bolsas de água na estrutura. Neste caso, observa-se que o uso de goma xantana pode ser uma boa alternativa para minimizar os danos do congelamento, no aspecto de microestrutura.

Em comparação com os demais tratamentos, observa-se também que a micrografia da goma xantana apresenta uma superfície muito mais lisa, com poucos espaços vazios, sugerindo que pequenos cristais de gelo existiam antes do seu derretimento.

Segundo Baier-Schenk, Handschin e Conde-Petit (2005), os cristais de gelo na massa não mudam, mas tendem a aumentar de tamanho em centenas de micrometros. Segundo os autores, o crescimento dos cristais de gelo, preferencialmente, acontece nos poros e é explicado a partir da água presente na forma de gelo na matriz polimérica da massa que está sendo liberada dessa fase ao longo do armazenamento.

Na Figura 5, para as micrografias da microscopia eletrônica de varredura dos queijos, pode-se observar que o tratamento com goma xantana apresentou um comportamento diferente, quando o produto final foi congelado, apresentando uma microestrutura menos compacta. Como existe grande relação entre a microestrutura e a textura dos queijos (MADADLOU et al., 2007), a matriz proteica menos compacta poderia ser justificada pela menor firmeza encontrada na textura.

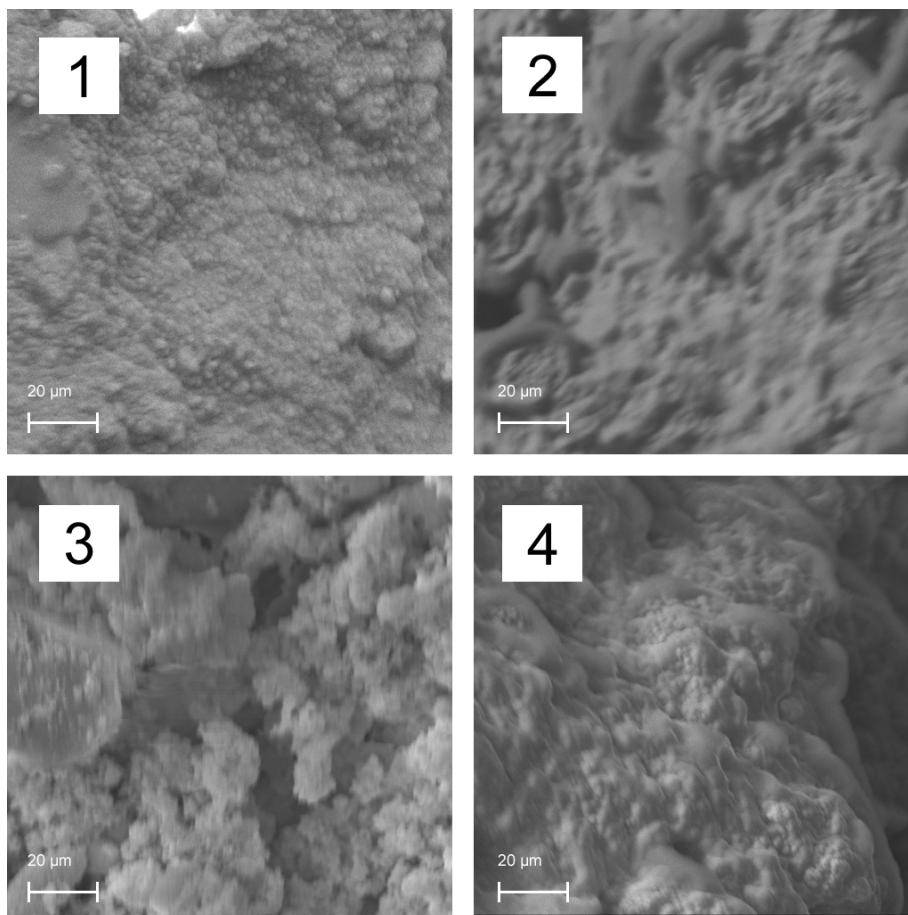


Figura 5 Eletromicrografias de varredura das formulações com produto final congelado (1) queijo petit suisse elaborado com goma carragena M; (2) queijo petit suisse elaborado com amido modificado; (3) queijo petit suisse elaborado com goma xantana e (4) queijos petit suisse controle, sem espessante

Observa-se, no caso dos queijos petit suisse congelado, que não houve influência do pH, pois a goma xantana é amplamente utilizada na indústria de alimentos, devido às suas propriedades de emulsificação, suspensão e estabilização e mantém estas características em uma ampla faixa de pH, temperatura e força iônica (SÁ, 2008).

Os tratamentos com goma carragena, amido modificado e controle apresentaram uma microestrutura mais compacta com o congelamento do produto final, o que pode ser justificado pelo baixo pH. Essa diminuição do pH reduz a repulsão electrostática e aumenta a interação da proteína-proteína, resultando numa estrutura de rede de proteína com volume reduzido, deixando, assim, uma estrutura mais aberta no queijo, com contato reduzido entre glóbulos de gordura e a rede de proteína (ONG et al., 2012).

Porém, outros fenômenos podem estar envolvidos, como difusão da água no crescimento do cristal de gelo e dessoramento.

## 5 CONCLUSÃO

O congelamento da massa e do produto final trouxe impactos para os queijos, ao longo de 21 dias de armazenamento. As alterações quanto ao pH não foram significativas para os tratamentos utilizados, porém, observou-se um aumento numérico no pH do produto final congelado.

Os espessantes não minimizaram e também não evitaram a sinerese que ocorre, normalmente, após o descongelamento.

A viscosidade foi maior quando o produto final passou pelo congelamento.

Foram observadas alterações na textura e na estrutura do produto, demonstrando que o congelamento do produto final traz características mais aceitáveis que o congelamento da massa.

Os resultados encontrados mostraram que a carragena M e o amido modificado não foram capazes de minimizar e nem evitar os danos físicos causados pelo congelamento da massa. A goma xantana apresentou elevada sinerese após o congelamento da massa e do produto final.

## REFERÊNCIAS

- AICHINGER, P. et al. Fermentation of a skim milk concentrate with *Streptococcus thermophilus* and chimosin: structure, viscoelasticity and syneresis of gels. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, Amsterdam, v. 31, n. 1/4, p. 243-255, Sept. 2003.
- ALVES, E. **Curso introdutório a microscopia eletrônica de varredura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 43 p.
- ANEMA, S. G.; LEE, S. K.; KLOSTERMEYER, H. Effect of heat treatment on the hydrolysis of k-casein and the gelation of skim milk by chimosin. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 40, n. 1, p. 99-106, June 2007.
- ANTUNES, A. J.; CANHOS, V. P. **Aditivos em alimentos**. São Paulo: FTPT, 1984. 178 p.
- ANZALDÚA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica**. Zaragoza: Acribia, 1994. 220 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE QUEIJO. **Benefícios nutricionais dos queijos**. Disponível em: <<http://www.abiq.com.br/>>. Acesso em: 16 jul. 2012.
- ATTAIE, R. Effects of aging on rheological and proteolytic properties of goat milk, Jack Cheese produced according to cow milk procedures. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 57, n. 1, p. 19-29, Jan. 2005.
- BAIER-SCHENK, A.; HANDSCHIN, S.; CONDE-PETIT, B. Ice in prefermented frozen bread dough: an investigation based on calorimetry and microscopy. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 82, n. 3, p. 251-255, May/June 2005.
- BALDASSO, C.; MARTINS, S.; SANGIOVANNI, P. **Espessantes**. Porto Alegre: UFRGS, 2004. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/alimentus/med/200401/seminarios/espessantes.doc>>. Acesso em: 20 jun. 2012.
- BEMILLER, J. N. Starch modification: challenges and prospects. **Starch**, Weinheim, v. 49, n. 4, p. 31-127, 1997.



BERTOLA, N. C. et al. Effects of ripening conditions on the texture of Gouda Cheese. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 35, n. 2, p. 207-214, Mar. 2000.

BOURNE, N. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Academic, 2002. 427 p.

BRASIL. Instrução Normativa nº 53, de 29 de dezembro de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijo Petit Suisse. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 4 jan. 2001. Seção 1, p. 3.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 62**, de 29 de dezembro de 2011. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.hidrolabor.com.br/IN62.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

BROOKFIELD ENGINEERING LABORATORIES. **More solutions to sticky problems**. Madison, 1994. 59 p.

CALIFANO, A. N.; BEVILACQUA, A. E. Freezing low moisture Mozzarella cheese: changes in organic acid content. **Food Chemistry**, London, v. 64, n. 2, p. 193-198, Feb. 1999.

CAMPOS, S. D. S. et al. **Reologia e textura em alimentos**. Campinas: ITAL, 1989. 84 p.

CARDARELLI, H. R. **Desenvolvimento de queijo *petit-suisse* simbiótico**. 2006. 149 p. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CASTILLO, M. et al. Effect of temperature and inoculum concentration on gel microstructure, permeability and syneresis kinetics: cottage cheese-type gels. **International Dairy Journal**, Barking, v. 16, n. 2, p. 153-163, Feb. 2006.

CAUVAIN, S. P. Improving the control of staling in frozen bakery products. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 9, n. 1, p. 56-61, Feb. 1998.

CEREDA, M. P. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. 221 p. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-Americanas, 1).

CURI, R. A.; BONASSI, I. A. Elaboração de um queijo análogo ao Pecorino Romano produzido com leite de cabra e coalhada congelados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 171-176, jan./fev. 2007.

DIEFES, H. A.; RIZVI, S. S. H.; BARTSH, J. A. Rheological behaviour of frozen and thawed low moisture part skim, Mozzarella cheese. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, n. 4, p. 764-769, June 1993.

DIMITRELI, G.; THOMAREIS, A. S. Effect of chemical composition on the linear viscoelastic properties of spreadable-type processed cheese. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 84, n. 3, p. 368-374, Feb. 2008.

ESTABIZANTES. **Food Ingredients Brasil**, n. 14, p. 1-7, 2010. Disponível em: <<http://www.revista-fi.com>>. Acesso em: 15 mar. 2012.

FONSECA, L. F. L. Critérios no pagamento por qualidade. **Revista Balde Branco**, São Paulo, v. 37, n. 444, p. 28-34, 2001.

FOX, P. F. et al. **Cheese: chemistry, physics and microbiology**. London: Chapman & Hall, 2004. v. 1, 617 p.

\_\_\_\_\_. **Fundamentals of cheese science**. Gaithersburg: Aspen, 1998. 587 p.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Gaithersburg: Aspen, 2000. 544 p.

GAMBELLI, L. et al. Constituents of nutritional relevance in fermented milk products commercialised in Italy. **Food Chemistry**, London, v. 66, n. 3, p. 353-358, Aug. 1999.

GARCIA-CRUZ, C. H. Uso de hidrocolóides em alimentos: revisão. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 19-28, 2001.

GLICKSMAN, M. **Food hydrocolloids**. Boca Raton: CRC, 1986. v. 3, 230 p.

\_\_\_\_\_. The role of hydrocolloids in food processing: cause and effect. In: \_\_\_\_\_. **Gums and stabilizers for the food industry**. Oxford: Pergamon, 1983. v. 2, p. 297-320.

GONÇALVES, M. M. **Desenvolvimento e caracterização de queijo tipo quark simbiótico**. 2009. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

GOULD, W. A. **Tomato production: processing & technology**. 3<sup>rd</sup> ed. Ohio: CTI, 1992. 550 p.

IBARZ, A.; CÁNOVAS, G. V. B. **Food preservation technology series: unit operations in food engineering**. Boca Raton: CRC, 2002. v. 2, 139 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo, 2008. 1020 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil: pesquisa da pecuária nacional**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/sintese.php>>. Acesso em: 23 abr. 2012.

JANSSON, E.; KENNE, L.; LINDBERG, B. Structure of the extracellular polysaccharide from *Xanthomonas campestris*. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v. 45, p. 275-282, 1975.

KELLY, A. L.; O'DONNELL, H. J. Composition, gel properties and microstructure of quarg as affected by processing parameters and milk quality. **International Dairy Journal**, Barking, v. 8, n. 4, p. 295-301, Apr. 1998.

KULMYRZAEV, A. et al. Investigation at the molecular level of soft cheese quality and ripening by infrared and fluorescence spectroscopies and chemometrics: relationships with rheology properties. **International Dairy Journal**, Barking, v. 15, n. 6/9, p. 669-678, June/Sept. 2005.

KUO, M.; GUNASEKARAN, S. Effect of freezing and frozen storage on microstructure of mozzarella and pizza cheeses. **Food Science and Technology**, Trivandrum, v. 42, n. 1, p. 9-16, Feb. 2009.

LEBAIL, A.; GOFF, H. D. Freezing of bakery and desserts products. In: EVANS, J. A. (Ed.). **Frozen food science and technology**. Oxford: Blackwell, 2008. p. 184-204.

LEE, M. H. et al. Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polisaccaryde gums. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 16, n. 4, p. 345-352, July 2002.

LEONEL, M.; JACKEY, S.; CEREDA, M. P. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata doce: um estudo de caso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 343-345, 1998.

LINE, V. L. S.; REMONDETTO, G. E.; SUBIRADE, M. Cold gelation of blactoglobulin oil-in-water emulsions. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 19, n. 2, p. 269-278, Mar. 2005.

LOBATO-CALLEROS, C. et al. Viscoelastic properties of white fresh cheese filled with sodium caseinate. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 31, n. 4, p. 379-390, Oct. 2000.

LUCEY, J. A. The relationship between rheological parameters and whey separation in milk gels. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 15, n. 4/6, p. 603-608, July 2001.

LUCK, H. Preservation of cheese and perishable products by freezing. **South African Journal of Dairy and Technology**, Pretoria, v. 9, p. 127-132, 1977.

MADADLOU, A. et al. The influence of brine concentration on chemical composition and texture of Iranian White cheese. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 81, n. 2, p. 330-335, July 2007.

MARUYAMA, L. Y. et al. Textura instrumental de queijo petit-suisse potencialmente probiótico: influência de diferentes combinações de gomas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 386-393, abr./jun. 2006.

MAUGERI, F. **Em biotecnologia industrial: processos fermentativos e enzimáticos**. 3. ed. São Paulo: E. Blücher, 2001. 616 p.

MEZA, B. E.; VERDINI, R. A.; RUBIOLO, A. C. Effect of freezing on the viscoelastic behaviour during the ripening of a commercial low-fat soft cheese. **International Dairy Journal**, Barking, v. 21, n. 5, p. 346-351, May 2011.

MILKNET. **Petit Suisse: Danone continua lider**. Disponível em: <<http://www.milknet.com.br/?pg=noticia&id=2851>>. Acesso em: 18 jul. 2012.

MORGADO, F. E. F.; BRANDÃO, S. C. C. Ultrafiltração do leite para produção de queijo tipopetit suisse. **Indústria de Laticínios**, São Paulo, v. 2, n. 13, p. 35-39, jan./fev. 1998.

MOTT, L. R. **Mecânica de fluidos aplicada**. Ciudad del México: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1996. 515 p.

- MOURA, S. C. S. R.; FRANÇA, V. C. L.; LEAL, A. M. C. B. Propriedades termofísicas de soluções-modelos similares a sucos, parte III. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 454-459, 2005.
- MUIR, D. D. Reviews of the progress of dairy science: frozen concentrated milk. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 51, n. 4, p. 649-664, 1984.
- OLIVEIRA, L. et al. Utilização da enzima transglutaminase na fabricação de queijo “Petit Suisse”. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**, Juiz de Fora, v. 59, n. 339, p. 160, jul./ago. 2004.
- ONG, L. et al. The effect of pH at renneting on the microstructure, composition and texture of Cheddar cheese. **Food Research International**, Barking, v. 48, n. 1, p. 119-130, Aug. 2012.
- ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2, 280 p.
- OULD ELEYA, M. M.; TURGEON, S. L. The effects of pH on the rheology of  $\beta$ -lactoglobulin/ $\kappa$ -carrageenan mixed gels. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 14, n. 3, p. 245-251, June 2000.
- PAIXÃO, M. G. et al. Caracterização físico-química de queijos petit suisse comercializados na região de Lavras-MG e adequação dos rótulos quanto à legislação. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**, Juiz de Fora, v. 66, n. 383, p. 5-12, nov./dez. 2011.
- PINTO, M. S. et al. Survival of *Listeria innocua* in Minas Traditional Serro cheese during ripening. **Food Control**, Guildford, v. 20, n. 12, p. 1167-1170, Dec. 2009.
- PRADELLA, J. G. C. **Biopolímeros e intermediários químicos**. São Paulo: LBI/CTPP, 2006. 396 p. (Relatório Técnico, 84).
- PRUDENCIO, I. D. **Propriedades físicas de queijo Petit Suisse elaborado com retentado de soro de queijo e estabilidade de antocianinas e betalaínas adicionadas**. 2006. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

RAID, D. S.; YAN, H. Rheological, melting and microstructural properties of cheddar and mozzarella cheeses affected by different freezing methods. **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 27, n. 6, p. 436-458, Dec. 2004.

RAO, M. A. **Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications**. New York: Aspen, 1999. 433 p.

SÁ, E. M. F. **Propriedades físicas e químicas de queijos cremosos: influência de polissacarídeos e transglutaminase**. 2008. 112 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

SALAÜN, F.; MIETTON, B.; GAUCHERON, F. Buffering capacity of dairy products. **International Dairy Journal**, Huntington, v. 15, n. 2, p. 95-109, Feb. 2005.

SANTOS, F. P.; BRUNIERA, L. B.; GARCIA, C. E. R. Carragena: uma visão ambiental. **Revista Terra e Cultura**, Londrina, ano 24, n. 47, p. 58-65, ago./dez. 2008.

SHOEMAKER, C. F. et al. Rheological characterization of dairy products. **Food Technology**, Oxford, v. 46, n. 1, p. 98-104, 1992.

SILVA, G. O. et al. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 188-197, 2006

SYRBE, A.; BAUER, W. J.; KLOSTERMEYER, H. Polymer science concepts in dairy systems: an overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. **International Dairy Journal**, Huntington, v. 8, n. 3, p. 179-193, 1998.

TÁRREGA, A.; COSTELL, E. Effect of composition on the rheological behaviour and sensory properties of semisolid dairy dessert. **Food Hydrocolloids**, Cardiff, v. 20, n. 6, p. 914-922, Dec. 2006.

THEBAUDIN, J. Y. et al. Dietary fibres: nutritional and technological interest. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 8, n. 2, p. 41-48, 1997.

TIJSKENS, E.; BAERDEMAEKER, J. Mathematical modelling of syneresis of cheese curd. **Mathematics and Computers in Simulation**, Amsterdam, v. 65, n. 2, p. 165-175, 2004.

TONELLI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. L. Revisão: estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 181-204, 2005.

TUINIER, R.; GROTENHUIS, E. ten; KRUIF, C. G. The effect of depolymerised guar gum on the stability of skim milk. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 14, n. 1, p. 1-7, 2000.

VENTUROSO, R. C. et al. Determinação da composição físico-química de produtos lácteos: estudo exploratório de comparação dos resultados obtidos por metodologia e por ultra-som. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 607-613, out./dez. 2007.

VERDINI, R. A.; ZORRILLA, A. E.; RUBIOLO, A. C. Effects of the freezing process on proteolysis during the ripening of Port Salut Argentino cheeses. **International Dairy Journal**, Barking, v. 15, n. 4, p. 363-370, Apr. 2005.

VIEIRA, M. C. et al. Viabilidade econômica da implantação de uma unidade industrial para a produção de mozzarella e de massa coagulada, fermentada e congelada de leite de búfala. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39, n. 10, p. 32-42, out. 2009.

VILLANUEVA, R. D.; MONTAÑO, M. N. Fine chemical structure of carrageenan from the commercially cultivated *Kappaphycus striatum* (Sacol variety) (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta). **Journal of Phycology**, Lawrence, v. 39, n. 3, p. 513-515, June 2003.

VIOTTO, W. K.; OLIVEIRA, A. N. Produção de Mussarela por acidificação direta usando pequena quantidade de coagulante. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**, Juiz de Fora, v. 53, n. 304, p. 44-52, 1998.

WALSTRA, P.; JENNESS, R. **Química e física lactológica**. Zaragoza: Acribia, 1987. 423 p.

WOLFSCHOON-POMBO, A. F.; GRANZINOLLI, G. G. M.; FERNANDES, R. M. Sólidos totais do leite, acidez, pH e viscosidade do iogurte. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**, Juiz de Fora, v. 227, n. 37, p. 19-24, 1983.