

UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos

**CARACTERIZAÇÃO DE REQUEIJÃO CREMOSO
MODIFICADO**

Raquel Guttierres Gomes

Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos

Profa. Dra. Ana Lúcia Barretto Penna

Orientadora

São José do Rio Preto

2009

Raquel Guttierres Gomes

**CARACTERIZAÇÃO DE REQUEIJÃO CREMOSO
MODIFICADO**

Texto apresentado ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto para obtenção do Título de Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos.

Profa. Dra. Ana Lúcia Barretto Penna
Orientadora

São José do Rio Preto

2009

Gomes, Raquel Guttierres.

Caracterização de requeijão cremoso / Raquel Guttierres Gomes. -

São José do Rio Preto : [s.n.], 2009.

127 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Ana Lúcia Barretto Penna

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de

Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Queijo - Indústria. 3. Requeijão cremoso modificado. 4. Isolado protéico de soja. 5. Inulina. 6. Gordura vegetal hidrogenada. 7. Creme de leite. I. Penna, Ana Lúcia Barretto. II. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. III. Título.

CDU - 637.33

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
Campus de São José do Rio Preto - UNESP

Raquel Guttierres Gomes

COMISSÃO JULGADORA

Profa. Dra. Ana Lúcia Barretto Penna

Dra. Ariene Gimenes Fernandes Van Dender

Profa. Dra. Kátia Sivieri

Prof. Dr. João Cláudio Thoméo

Profa. Dra. Célia Maria Landi Franco

São José do Rio Preto
2009

DEDICATÓRIA

A **Deus** pela existência, força e por
mais esta etapa em meu caminho.

Aos **meus pais**, pela vida, pelo amor
que nos une e por sempre me
incentivarem a caminhar e olhar o
horizonte.

EPÍGRAFE

Não é o desafio com que nos deparamos que determina quem somos e o estamos nos tornando, mas a maneira correta com que respondemos ao desafio. Somos combatentes, idealistas, mas plenamente conscientes, porque ter consciência não nos obriga a ter teoria sobre as coisas, só nos obriga a sermos conscientes. Problemas para vencer, liberdade para provar. E, quando acreditamos no nosso sonho, nada é por acaso.

(Henfil)

AGRADECIMENTOS

À profa. Dra. Ana Lúcia Barretto Penna, pela orientação, apoio, oportunidade e paciência e principalmente por sua amizade para que este trabalho fosse realizado.

Aos meus pais pelo apoio, incentivo, carinho e amor, e por compreenderem minha ausência em períodos importantes e longos.

À CAPES pela concessão de bolsa de pesquisa durante o decorrer do trabalho.

Ao prof. Dr. Marcos Franke Pinto do campus da UNESP de Araçatuba por ensinar e realizar análises de textura.

Ao prof. Dr. Sebastião Taboga do campus da UNESP de São José do Rio Preto, juntamente com os técnicos Luiz e Rosana, pela ajuda na realização das análises de microestrutura.

Ao prof. Dr. Roberto da Silva do campus da UNESP de São José do Rio Preto pelas sugestões no exame de qualificação e por ceder o uso do laboratório para realização das análises de eletroforese.

À profa. Dra. Adriana Barbosa pelos seus conhecimentos na área de estatística.

Aos prof. João Cláudio Thoméo e Maria Aparecida Mauro pela amizade e carinho.

Às empresas Alibra, Bunge/Solae, Danisco, Clariant, BKG Adicon, aos laticínios Saboroso e à Salute pelo fornecimento dos ingredientes para a realização do projeto.

Aos colegas de laboratório e do curso pela ajuda e apoio.

Ao técnico Ginaldo pelos auxílios prestados.

SUMÁRIO

| | páginas | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 20 |
| 2 | OBJETIVOS | 22 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 23 |
| 3.1 | Alimentos funcionais | 23 |
| 3.1.1 | Prebióticos | 24 |
| 3.1.2 | Inulina | 26 |
| 3.2 | Queijo fundido | 27 |
| 3.2.1 | Requeijão tradicional e modificado | 29 |
| 3.2.2 | Processo de fabricação de requeijão | 31 |
| 3.3 | Queijos com baixo teor de gordura | 33 |
| 3.3.1 | Substituto de gordura a base de carboidratos | 35 |
| 3.3.2 | Substituto de gordura a base de proteínas | 38 |
| 3.4 | Sal fundente | 38 |
| 3.5 | Isolado protéico de soja | 40 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS | 44 |
| 4.1 | Matéria primas e insumos | 44 |
| 4.2 | Caracterização das matérias primas | 44 |
| 4.2.1 | Leite pasteurizado | 44 |
| 4.2.2 | Creme de leite pasteurizado | 45 |
| 4.3 | Definição do tipo e da concentração de hidrocolóide utilizado no preparo do requeijão cremoso modificado | 45 |
| 4.4 | Preparo da massa lática para fabricação de requeijão cremoso modificado | 45 |
| 4.5 | Preparo do requeijão cremoso modificado | 47 |

| | | |
|------|--|-----|
| 4.6 | Caracterização físico-química | 48 |
| 4.7 | Caracterização do perfil eletroforético em gel de poliacrilamida (Urea-PAGE) | 49 |
| 4.8 | Caracterização da microestrutura em microscópio eletrônico de transmissão - TEM | 49 |
| 4.9 | Caracterização do perfil de textura | 50 |
| 4.10 | Caracterização reológica | 51 |
| 4.11 | Teste da capacidade de derretimento | 51 |
| 4.12 | Planejamento experimental | 52 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 55 |
| 5.1 | Tipo e concentração de hidrocolóides utilizados no preparo do requeijão cremoso modificado | 55 |
| 5.2 | Caracterização das matérias-primas | 55 |
| 5.3 | Caracterização físico-química da massa | 59 |
| 5.4 | Caracterização físico-química dos requeijões cremosos modificados | 61 |
| 5.5 | Caracterização do perfil eletroforético | 67 |
| 5.6 | Caracterização da microestrutura | 69 |
| 5.7 | Caracterização do perfil de textura | 73 |
| 5.8 | Caracterização reológica | 80 |
| 5.9 | Capacidade de derretimento | 89 |
| 6 | CONCLUSÕES | 91 |
| 7 | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 92 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 93 |
| | APÊNDICES | 110 |

LISTA DE FIGURAS

| | | páginas |
|----------|--|---------|
| Figura 1 | Fluxograma para obtenção da massa láctica pelo método de acidificação direta | 33 |
| Figura 2 | Fluxograma de preparo da massa láctica para elaboração do requeijão cremoso modificado | 46 |
| Figura 3 | Fluxograma do preparo do requeijão cremoso modificado | 49 |
| Figura 4 | Perfil eletroforético em gel de poliacrilamida (Urea PAGE) das amostras de requeijão cremosos modificados dos 20 tratamentos | 68 |
| Figura 5 | Microestrutura do requeijão cremoso modificado, experimento 1, contendo 2,0% de creme de leite, 6,0% de gordura vegetal hidrogenada - GVH, 0,5% de isolado protéico de soja - IPS e 3,8% de inulina - I. Aumentos de 12.930 e 35.970 x, respectivamente. MP = matriz protéica e G = glóbulo de gordura láctea | 71 |
| Figura 6 | Microestrutura do requeijão cremoso modificado, experimento 5, contendo 2,0% de creme de leite, 6,0% de gordura vegetal hidrogenada - GVH, 1,5% de isolado protéico de soja - IPS e 3,8% de inulina - I. Aumentos de 12.930 e 35.970 x, respectivamente. MP = matriz protéica, G = glóbulo de gordura láctea e CC = cristais de cálcio | 71 |
| Figura 7 | Microestrutura do requeijão cremoso modificado, experimento 8, contendo 6,0% de creme de leite, 10,0% de gordura vegetal hidrogenada - GVH, 1,5% de isolado protéico de soja - IPS e 3,8% de inulina - I. Aumentos de 12.930 e 35.970 x, respectivamente. MP = matriz protéica, G = glóbulo de gordura láctea | 72 |
| Figura 8 | Microestrutura do requeijão cremoso modificado, experimento 16, contendo 6,0% de creme de leite, 10,0% de gordura vegetal hidrogenada - GVH, 1,5% de isolado protéico de soja- IPS e 6,3% de inulina - I. Aumentos de 12.930 e 35.970 x, respectivamente. MP = matriz protéica, G = glóbulo de gordura láctea | 72 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 9 | Microestrutura do requeijão cremoso modificado, experimento 19, contendo 4,0% de creme de leite, 8,0% de gordura vegetal hidrogenada - GVH, 1,0% de isolado protéico de soja - IPS e 5,05% de inulina - I. Aumentos de 12.930 e 35.970 x, respectivamente. MP = matriz protéica, G = glóbulo de gordura láctea | 73 |
| Figura 10 | Curva característica do perfil de textura | 75 |
| Figura 11 | Reogramas da relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento do requeijão cremoso modificado dos experimentos de 1 e 2 | 82 |
| Figura 12 | Reogramas da relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento do requeijão cremoso modificado dos experimentos de 3 a 5 | 83 |
| Figura 13 | Reogramas da relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento do requeijão cremoso modificado dos experimentos de 6 a 8 | 84 |
| Figura 14 | Reogramas da relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento do requeijão cremoso modificado dos experimentos de 9 a 11 | 85 |
| Figura 15 | Reogramas da relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento do requeijão cremoso modificado dos experimentos de 12 a 14 | 86 |
| Figura 16 | Reogramas da relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento do requeijão cremoso modificado dos experimentos de 15 a 17 | 87 |
| Figura 17 | Reogramas da relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento do requeijão cremoso modificado dos experimentos de 18 a 20 | 88 |
| Figura 18 | Amostras de requeijão cremoso modificado, submetidas ao teste de capacidade de derretimento | 89 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabela 1 | Planejamento dos experimentos | 54 |
| Tabela 2 | Análise visual das amostras de requeijão cremoso modificado para definição do tipo e concentração de hidrocolóide | 55 |
| Tabela 3 | Valores médios da composição do leite pasteurizado utilizado no bloco 1 | 57 |
| Tabela 4 | Valores médios da composição do leite pasteurizado utilizado no bloco 2 | 57 |
| Tabela 5 | Valores médios da composição do creme de leite utilizado no bloco 1 | 58 |
| Tabela 6 | Valores médios da composição do creme de leite utilizado no bloco 2 | 58 |
| Tabela 7 | Valores médios da composição da massa do bloco 2 | 59 |
| Tabela 8 | Valores médios da caracterização físico-química dos requeijões cremosos modificados do bloco 1 | 63 |
| Tabela 9 | Valores médios da caracterização físico-química dos requeijões cremosos modificados do bloco 2 | 64 |
| Tabela 10 | Valores médios do perfil de textura dos requeijões cremosos modificados do bloco 2 | 77 |
| Tabela 11 | Parâmetros reológicos dos requeijões cremosos modificados do bloco 2, obtidos pelo Modelo de Lei da Potência ($\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$) | 80 |
| Tabela 12 | Capacidade de derretimento dos requeijões (cm) | 90 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Tipos de hidrocolóides e concentrações | 44 |
|---|--|----|

LISTA DE APÊNDICES

| | | |
|----|--|-----|
| 1 | Leite pasteurizado para obtenção dos requeijões cremosos modificados - Bloco 1 | 110 |
| 1A | Análise de variância dos dados experimentais dos valores de pH do leite | 110 |
| 1B | Análise de variância dos dados experimentais de teor de acidez titulável do leite | 110 |
| 1C | Análise de variância dos dados experimentais de densidade do leite | 110 |
| 1D | Análise de variância dos dados experimentais do teor de proteína do leite | 111 |
| 1E | Análise de variância dos dados experimentais dos teores de sólidos totais do leite | 111 |
| 1F | Análise de variância dos dados experimentais de ponto crioscópico do leite | 111 |
| 2 | Creme de leite utilizado para obtenção dos requeijões cremosos modificados – Bloco 1 | 112 |
| 2A | Análise de variância dos dados experimentais de acidez titulável do creme | 112 |
| 2B | Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura do creme | 112 |
| 2C | Análise de variância dos dados experimentais do teor de sólidos totais do creme | 112 |
| 3 | Requeijões cremosos modificados – Bloco 1 | 113 |
| 3A | Análise de variância dos dados experimentais dos valores de pH dos requeijões cremosos modificados | 113 |
| 3B | Análise de variância dos dados experimentais do teor de acidez titulável dos requeijões cremosos modificados | 113 |
| 3C | Análise de variância dos dados experimentais do teor de proteína dos requeijões cremosos modificados | 113 |
| 3D | Análise de variância dos dados experimentais do teor de sólidos totais dos requeijões cremosos modificados | 114 |
| 3E | Análise de variância dos dados experimentais do teor de cinzas dos requeijões cremosos modificados | 114 |
| 3F | Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura dos requeijões cremosos modificados | 114 |

| | | |
|----|---|-----|
| 3G | Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura no extrato seco dos requeijões cremosos modificados | 115 |
| 4 | Leite pasteurizado para obtenção dos requeijões cremosos modificados - Bloco 2 | 115 |
| 4A | Análise de variância dos dados experimentais dos valores de pH do leite | 115 |
| 4B | Análise de variância dos dados experimentais de teor de acidez titulável do leite | 115 |
| 4C | Análise de variância dos dados experimentais de densidade do leite | 116 |
| 4D | Análise de variância dos dados experimentais do teor de proteína do leite | 116 |
| 4E | Análise de variância dos dados experimentais dos teores de sólidos totais do leite | 116 |
| 4F | Análise de variância dos dados experimentais de ponto crioscópico do leite | 117 |
| 4G | Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura do leite | 117 |
| 5 | Creme de leite utilizado para obtenção dos requeijões cremosos modificados – Bloco 2 | 117 |
| 5A | Análise de variância dos dados experimentais dos valores de pH do creme | 117 |
| 5B | Análise de variância dos dados experimentais de acidez titulável do creme | 118 |
| 5C | Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura do creme | 118 |
| 5D | Análise de variância dos dados experimentais do teor de sólidos totais do creme | 118 |
| 5E | Análise de variância dos dados experimentais do teor de cinzas do creme | 119 |
| 5F | Análise de variância dos dados experimentais do teor de proteína do creme | 119 |
| 6 | Massa – Bloco 2 | 119 |
| 6A | Análise de variância dos dados experimentais dos valores de pH da massa | 119 |
| 6B | Análise de variância dos dados experimentais do teor de acidez da massa | 120 |

| | | |
|----|---|-----|
| 6C | Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura da massa | 120 |
| 6D | Análise de variância dos dados experimentais do teor de sólidos totais da massa | 120 |
| 6E | Análise de variância dos dados experimentais do teor de cinzas da massa | 121 |
| 7 | Requeijões cremosos modificados – Bloco 2 | 121 |
| 7A | Análise de variância dos dados experimentais dos valores de pH dos requeijões cremosos modificado | 121 |
| 7B | Análise de variância dos dados experimentais do teor de acidez titulável dos requeijões cremosos modificado | 121 |
| 7C | Análise de variância dos dados experimentais do teor de proteína dos requeijões cremosos modificado | 122 |
| 7D | Análise de variância dos dados experimentais do teor de sólidos totais dos requeijões cremosos modificado | 122 |
| 7E | Análise de variância dos dados experimentais do teor de cinzas dos requeijões cremosos modificado | 122 |
| 7F | Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura dos requeijões cremosos modificado | 123 |
| 7G | Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura do extrato seco do requeijão cremoso modificado | 123 |
| 7H | Análise de variância dos dados experimentais de derretimento do requeijão cremoso modificado | 123 |
| 7I | Análise de variância dos dados experimentais de índice de consistência (K) ascendente do requeijão cremoso modificado | 124 |
| 7J | Análise de variância dos dados experimentais de índice de consistência (K) descendente do requeijão cremoso modificado | 124 |
| 7K | Análise de variância dos dados experimentais de comportamento do fluído (n) ascendente do requeijão cremoso modificado | 124 |
| 7L | Análise de variância dos dados experimentais de comportamento do fluído (n) descendente do requeijão cremoso modificado | 125 |
| 7M | Análise de variância dos dados experimentais de dureza do requeijão cremoso modificado | 125 |
| 7N | Análise de variância dos dados experimentais de adesividade do requeijão cremoso modificado | 125 |
| 7O | Análise de variância dos dados experimentais de elasticidade do requeijão cremoso modificado | 126 |

| | | |
|----|---|-----|
| 7P | Análise de variância dos dados experimentais de coesividade do requeijão cremoso modificado | 126 |
| 7Q | Análise de variância dos dados experimentais de gomosidade do requeijão cremoso modificado | 126 |
| 7R | Análise de variância dos dados experimentais de mastigabilidade do requeijão cremoso modificado | 127 |

RESUMO

A demanda por alimentos menos calóricos tem aumentado e os consumidores estão cada vez mais preocupados com a saúde e a alimentação. No mercado consumidor tem ocorrido um aumento da demanda por alimentos com redução de gordura e açúcares, associados à crescente preocupação com a saúde e com uma alimentação equilibrada. A adição de ingredientes funcionais no processamento de requeijão cremoso visando atender a estas novas exigências do mercado pode ser vista como um interessante elemento diferencial. O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um requeijão cremoso modificado, com adição de proteínas de soja e inulina e estudar suas características tecnológicas. Foi avaliado o efeito dos ingredientes na formulação: creme de leite (2,0, 4,0 e 6,0%), gordura vegetal hidrolisada (6,0, 8,0 e 10,0%), isolado proteico de soja (0,5, 1,0 e 1,5%) e inulina (3,8, 5,05 e 6,3%), utilizando um planejamento experimental do tipo fatorial com quatro variáveis, em dois níveis e quatro pontos centrais, totalizando 20 ensaios, realizados em duplicata. Primeiramente foram testados 10 (dez) tipos de hidrocolóides em 3 (três) concentrações diferentes para definir qual o melhor no processamento do requeijão cremoso, sendo a xantana a que apresentou melhores resultados visuais quando comparado com requeijão comercial. Nos experimentos foram estudadas as características físico-químicas, microestrutura, eletroforese, textura instrumental, propriedade reológicas e capacidade de derretimento. Os resultados demonstraram que os ingredientes da formulação e as concentrações estudadas influenciaram as características físico-químicas, perfil de textura, parâmetros reológicos, microestrutura e capacidade de derretimento dos produtos, porém não interferiram no perfil eletroforético das frações de caseína. Em alguns experimentos, os requeijões cremosos modificados apresentaram teores de umidade e de gordura no extrato seco conforme o estabelecido pela legislação brasileira em vigor, e alguns produtos puderam ser classificados como *light*. O aumento no teor de sólidos totais pela adição dos ingredientes resultou em maior dureza e adesividade e menor capacidade de derretimento. Os produtos apresentaram características reológicas de fluidos não-newtonianos, com presença de tixotropia. A caracterização da microestrutura mostrou diferenças nas interações entre os ingredientes das formulações. Os glóbulos da gordura láctea apresentavam-se irregulares, dispersos e emulsificados com os demais ingredientes, enquanto a gordura vegetal hidrogenada apresentou comportamento oposto. Foi observada a presença de cristais, provavelmente fosfato de cálcio não

dissolvido, componente do sal fundente. O teste de capacidade de derretimento apresentou variações conforme a constituição das formulações.

Palavras chave: requeijão cremoso modificado, isolado protéico de soja, inulina, gordura vegetal hidrogenada e creme de leite.

ABSTRACT

There has been a notorious increasing in the demand for reduced fat and sugar foods, associated to the growing concern of the population with health and a balanced meal. The addition of functional ingredients can be interpreted as an interesting differential in the process of requeijão cheese, aiming to comply with these new demands of the consuming market. The objective of this study was to develop a modified requeijão cheese, with the addition of soy protein and inulin and to study its technological characteristics. It was evaluated the effect of the ingredients in the formulation: dairy cream (2.0, 4.0 and 6.0%), hydrogenated vegetable fat (6.0, 8.0 and 10.0%), isolated soy protein (0.5, 1.0 and 1.5%) and inulin (3.8, 5.05 and 6.3%), according to an factorial experimental design, composed by four variables in two levels and four central points, totalizing 20 treatments, prepared in duplicity. The physicochemical characteristics, microstructure, electrophoresis, instrumental texture, rheological proprieties and melting capacity were studied. The results demonstrated that the ingredients of the formula and the studied concentrations influenced the physicochemical characteristics, texture profile, rheological parameters, microstructure and melting capacity of the products. On the other hand, they did not influence the electrophoretic profile of the casein fractions. In some experiments, the modified requeijão cheese presented moisture content and fat in dry matter in accordance to the requirements of the current Brazilian law, and some of the products could be classified as *light*. The increase in the total solids content by the addition of the ingredients resulted in higher firmness and adhesiveness and lower melting capacity. The products presented rheological characteristics of non-Newtonian fluids, with presence of shear thinning. The characterization of the microstructure showed differences on the interactions between the ingredients of the formula. The dairy fat globules were irregular, disperse and emulsified with the other ingredients, while the hydrogenated vegetable fat showed an opposite aspect. It was observed the presence crystals, probably insoluble calcium phosphate, component of the melting salt.

Key words: modified requeijão cheese, isolated soy protein, inulin, hydrogenated vegetable fat, dairy cream.

1 - INTRODUÇÃO

Atualmente as indústrias brasileiras de alimentos, seguindo uma tendência mundial, estão comprometidas com a produção de alimentos com teores reduzidos de açúcar e de gordura. A cada dia aumenta a variedade destes alimentos que deixaram de ser uma necessidade de quem tem algum problema de saúde, tal como diabetes ou colesterol alto, e passaram a atender os grupos de indivíduos que pensam no bem estar e em um novo estilo de vida. À medida que as pessoas aumentam o conhecimento das vantagens de se consumir produtos saborosos e nutritivos, cresce a demanda e as possibilidades das indústrias, que estão se modernizando para o desenvolvimento de alimentos voltados à saúde e bem estar dos consumidores.

A dieta é um importante fator para a saúde e com isto o desenvolvimento de alimentos com propriedades terapêuticas têm sido uma das prioridades de pesquisa na área de alimentos, favorecendo o consumo de alimentos contendo ou enriquecidos com compostos bioativos. A composição destes alimentos funcionais pode conter um ou mais ingredientes com propriedades terapêuticas, destacando-se as fibras alimentares, os oligossacarídeos, os peptídeos, as proteínas, os prebióticos, os probióticos, os simbióticos, os fitoquímicos, os antioxidantes e os ácidos graxos poliinsaturados. A previsão da demanda dos alimentos funcionais continua em crescimento, estimulada pela pesquisa e desenvolvimento de novos produtos. Dentre os alimentos funcionais destacam-se os lácteos, com grande diversidade de produtos.

A tecnologia dos queijos fundidos teve início no século XX pela necessidade de um maior controle nos processos microbianos e enzimáticos de queijos suíços e alemães, de forma a viabilizar a exportação para países de clima quente. A produção de queijos fundidos difundiu-se nos mais diversos países do mundo, ganhando grande destaque nos laticínios. No Brasil, a produção de queijos processados aumentou consideravelmente, com destaque para o requeijão cremoso – considerado um tipo de queijo fundido.

A produção de requeijão cremoso, um tipo de queijo tipicamente brasileiro e com origem caseira, se modernizou, e com isto, ocorreu um aumento no consumo e conseqüentemente na produção. Paralelamente, as indústrias lácteas tiveram que buscar alternativas para aumentar a quantidade e reduzir os seus custos de produção. Desenvolveram-se novas formulações que utilizam, entre outros componentes, o amido e a gordura vegetal hidrogenada, gerando novos produtos que permitissem ao consumidor de baixa renda o acesso ao sabor semelhante ao requeijão, capaz de

estimular a competitividade entre as empresas e de atender públicos diversos.

Os derivados da soja podem ser adicionados ao processamento de requeijão cremoso por serem ricos em fitoquímicos (isoflavonas) e pelo alto teor de proteína, principalmente quando o produto está na forma concentrada. O isolado protéico de soja possui mais de 90% de proteínas e um sabor mais brando, por ser obtido a partir da fração protéica dos grãos de soja separada dos demais componentes não protéicos, com isto enriquecendo o produto.

A inulina é um carboidrato não digerível, podendo ser considerado como um ingrediente prebiótico, pois resiste às condições de acidez estomacal, as enzimas digestivas e a absorção intestinal e com isto pode reduzir risco de câncer de cólon, nível de colesterol e lipídios no sangue, além de prevenir infecções no trato gastrintestinal e melhorar não só a absorção cálcica como também a densidade deste mineral no osso.

É importante estudar a adição destas substâncias em processos industriais de fabricação de requeijão tanto como substitutos de gordura, quanto pelo enriquecimento com substâncias prebióticas. O isolado protéico de soja e a inulina podem ser utilizados como substitutos de gordura, pois aumentam o teor de sólidos totais e de fibras e reduzem o teor de gordura, podendo-se obter um produto classificado como *ligh*.

2 – OBJETIVOS

Objetivos gerais:

- desenvolver um requeijão cremoso modificado, com adição de proteínas de soja e inulina e estudar suas características tecnológicas.

Objetivos específicos:

- Definir o tipo e a concentração de hidrocolóide a ser utilizado nos requeijões cremosos modificados;
- Estudar o efeito dos teores de creme de leite, gordura vegetal hidrogenada, isolado protéico de soja e inulina na composição centesimal, frações proteicas, microestrutura, textura, propriedades reológicas e teste da capacidade de derretimento dos requeijões cremosos modificados.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - Alimentos funcionais

Os alimentos funcionais fazem parte de uma nova concepção de alimentos, lançada pelo Japão na década de 80, através de um programa de governo que tinha como objetivo desenvolver alimentos saudáveis para uma população que envelhecia e apresentava uma grande expectativa de vida (ANJO, 2004).

Vários fatores têm contribuído para o desenvolvimento dos alimentos funcionais, tais como: o aumento da consciência dos consumidores, que desejando melhorar a qualidade de vida, optam por hábitos saudáveis, a prevenção do surgimento precoce de doenças degenerativas oferecendo assim, o apoio ao sistema de defesa interno; a melhora do balanço microbiano intestinal, e conseqüentemente, redução do risco de câncer e de doenças cardíacas (CANDIDO; CAMPOS, 2005; JONES; JEW, 2007).

A Portaria nº 2 de 07/01/2002, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde no Brasil estabelece a definição legal de alimentos funcionais: “todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica”. Estes alimentos devem apresentar características nutricionais adequadas, para que sejam relevantes para o bem estar e/ou na redução dos riscos de doenças. Estes efeitos devem ter sido demonstrados e comprovados em uma ou mais funções no organismo (KWAK e JUNES, 2001).

Embora a complexa relação entre alimento e saúde seja ainda pouco compreendida, estudos recentes em área multidisciplinares trazem novas promessas de avanços no aprimoramento destes conhecimentos (LIONG, 2007). Evidências conectando patologias relevantes, como as doenças cardiovasculares, a dieta, assim como os benefícios e prejuízos que nutrientes específicos causam a saúde apresentam cada vez mais comprovação científica (PARADA; AGUILERA, 2007).

Os critérios para a classificação dos alimentos funcionais incluem as seguintes características:

- a.) devem ser alimentos convencionais e serem consumidos na dieta normal/usual;
- b.) devem ser compostos por componentes naturais, algumas vezes, em elevada concentração ou presentes em alimentos que normalmente não os supririam;

- c.) devem ter efeitos positivos além do valor básico nutritivo, que pode aumentar o bem estar e a saúde e/ou reduzir o risco de ocorrência de doenças, promovendo benefícios a saúde além de aumentar a qualidade de vida incluindo os desempenhos físicos, psicológicos e comportamentais;
- d.) a alegação da propriedade funcional deve ter embasamento científico;
- e.) pode ser um alimento natural ou um alimento no qual um componente tenha sido removido;
- f.) pode ser um alimento onde a natureza de um ou mais componentes tenha sido modificada;
- g.) pode ser um alimento no qual a bioatividade de um ou mais componentes tenha sido modificada (ROBERBROID, 2002).

Os alimentos funcionais podem ser classificados de dois modos: quanto à fonte de origem: vegetal ou animal, ou quanto aos benefícios que oferecem, atuando em seis áreas do organismo: no sistema gastrointestinal, no sistema cardiovascular, no metabolismo de substratos, no crescimento, no desenvolvimento e diferenciação celular, no comportamento das funções fisiológicas e como antioxidantes (MORAES; COLLA, 2006).

Os alimentos funcionais também podem ser classificados conforme as substâncias biologicamente ativas presentes, em: probióticos e prebióticos, alimentos sulfurados e nitrogenados, pigmentos e vitaminas, compostos fenólicos, ácidos graxos poliinsaturados e fibras (MORAES; COLLA, 2006; SIBBEL, 2007).

3.1.1 - Prebióticos

Além da introdução de bactérias vivas no cólon, através da suplementação dietética, outra forma de aumentar o número de bactérias benéficas, como espécies de *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*, na microbiota intestinal é o uso de prebióticos (CARDARELLI, 2006). Os prebióticos são ingredientes fermentados seletivamente, permitindo que ocorram alterações específicas na composição, afetando beneficemente o hospedeiro por estimular seletivamente a multiplicação e/ou a atividade de um ou de um número limitado de bactérias no cólon, conferindo, assim, benefícios a saúde (GIBSON; ROBERFROID, 1995, GIBSON et al., 2004; ROBERFROID, 2007).

Os prebióticos atuam com maior frequência no intestino grosso, embora possam ter algum impacto no intestino delgado (GILLILAND, 2001). Existem muitos estudos mostrando os efeitos da ingestão de prebióticos associados à saúde, tais como: redução

do risco de câncer de cólon e do nível de colesterol e lipídios no sangue, prevenção de infecções no trato gastrointestinal (DELZENNE et al., 2002) e melhora não só a absorção cálcica como também a densidade deste mineral no osso (FUSTER; GONZÁLEZ-MOLERO, 2007). Os prebióticos afetam indiretamente o metabolismo de carboidratos, de lipídeos e de minerais e atuam na modulação do sistema imune (PEREIRA; GIBSON, 2002, SCHOLZ-AHRENS, 2007), porém os efeitos já demonstrados em humanos foram o alívio da constipação intestinal e o tratamento da encefalopatia hepática (MARTEAU; BOUTRON-RUAULT, 2002).

Os prebióticos são oligossacarídeos, carboidratos de alto peso molecular, como lactulose e rafinose, que se encontram presentes em alguns alimentos (alcachofra, cebola, banana, aspargo e chicória), ou obtidos por meio de reações enzimáticas, como o galacto- oligossacarídeo, o fruto-oligossacarídeo e o isomalto-oligossacarídeo (NINESS, 1999). Esses produtos passam incólumes pelo estômago, podendo ser aproveitados pelos probióticos que os utilizam para produzir ácidos graxos de baixo peso molecular, tornando o ambiente intestinal mais ácido, o que desfavorece o desenvolvimento de bactérias patogênicas (ROBERFROID, 1999) e com o pH mais baixo, o cálcio e o magnésio são mais facilmente absorvíveis (CREDIDIO, 2005). A redução do número total das bactérias pode ser ocorrer durante o processamento dos diferentes tipos de produtos lácteos, à estocagem do produto, ao valor de pH do produto, à acidez do estômago e ao efeito negativo dos sais biliares AIDER; HALLEUX, 2007). Uma alternativa para a resolução deste problema consiste na estimulação da *Bifidobacterium* já presente no intestino por meio de ingredientes prebióticos. Estas bactérias alimentadas por um substrato preferencial apresentam a vantagem proliferativa em relação a outras bactérias, previnem a constipação por promoverem o peristaltismo intestinal, devido ao aumento da umidade das fezes, frequência das evacuações e aparência das fezes (mais amolecidas) (MENNE; GUGGENBUHL, 2000; MARTEAU; BOUTRON-RUAULT, 2002; AIDER; HALLEUX, 2007). A fermentabilidade e o efeito bifidogênico dos fruto-oligossacarídeos foram confirmados *in vitro* e *in vivo*, conforme citam Walker e Duffi (1998), em seu artigo de revisão. Com o consumo de prebióticos houve um aumento nos ácidos graxos de cadeia curta, abaixamento no pH e a proliferação de espécies de *Bifidobacterium* no cólon e nas fezes.

Os ingredientes dos alimentos classificados como prebióticos geralmente exibem as seguintes características: (i) limitada hidrólise e absorção no trato gastrointestinal superior; (ii) estimulação seletiva da multiplicação das bactérias benéficas que promove a resistência à colonização por patógenos no cólon; (iii) potencial para reprimir

patógenos por estimulação da microbiota benéfica e atenuação da virulência e imunoestimulação (CARDARELLI, 2006).

Cerca de 36 mil espécies vegetais apresentam frutanos, que são carboidratos nos quais a maior parte das ligações glicosídicas são feitas por ligações frutossil-frutose, geralmente com uma unidade de glicose terminal. As várias categorias de frutanos são diferenciadas de acordo com o tipo de ligação presente entre as unidades de frutose e constituem, do mesmo modo que o amido, uma reserva de carbono para a planta (ROCHA et al., 2006).

3.1.2 - Inulina

A inulina é um frutano que se apresenta na forma de polímero linear de frutoses unidas por ligações do tipo β -(2→1) de diferentes graus de polimerização (ROCHA et al., 2006), sendo classificada como oligossacarídeos não digeríveis por ser resistente à hidrólise pelas enzimas do trato digestivo humano, devido à sua configuração (ROBERFROID, 2000). Os polímeros purificados geralmente têm sabor pouco pronunciado e nenhum sabor residual (DEVEREUX et al., 2003). Este frutano cumpre todos os critérios para ser considerado um ingrediente prebiótico, uma vez que, em virtude de sua estrutura química específica, resiste às condições de acidez estomacal, as enzimas digestivas e a absorção intestinal (SAAD, 2006; ROBERFROID, 2007).

Por atingir o cólon praticamente inalterada, a inulina é fermentada pela microbiota intestinal anaeróbia, produzindo ácidos graxos de cadeia curta e gases, estimulando seletivamente a multiplicação e/ou atividade das bactérias intestinais, como as bifidobactérias, associadas à saúde e ao bem estar do consumidor (GIBSON et al., 2005; ROBERFROID, 2007).

Para que os efeitos prebióticos sejam evidenciados e os efeitos indesejáveis não sejam percebidos, as recomendações de ingestão diária de carboidratos prebióticos encontram-se na faixa de 4 a 10 g de oligofrutose e de inulina (KOLIDA; GIBSON, 2007).

Os efeitos colaterais dos prebióticos frequentemente são avaliados como parte de uma combinação simbiótica, dificultando o isolamento dos efeitos individuais. Contudo, não foram relatados efeitos adversos significativos resultantes da administração de inulina e oligofrutose, confirmando a segurança do uso destes ingredientes em tratamentos e alimentos para consumo humano (HEDIN et al., 2007).

Wang (2009) relatou, em sua revisão, algumas possíveis aplicações fisiológicas

e nutricionais da inulina, além do efeito prebiótico: aumento na absorção de cálcio pelo organismo, redução do conteúdo de triglicérides no sangue e no fígado, redução da constipação, influência na glicemia/insulinemia, na colesterolemia, na uremia e na excreção de nitrogênio/uréia, no câncer de cólon e de mamas.

Além dos benefícios nutricionais, a inulina é usada como ingrediente na formulação de novos alimentos por razões tecnológicas. É usada como substituto de açúcar ou de gordura ou como agente pouco calórico, ou ainda, como agente melhorador de textura (TUNGLAND; MEYER, 2002; MUSSATO; MANCILHA, 2007). Suas propriedades de imitador de gordura têm sido atribuídas à sua capacidade de se ligar a moléculas de água e formar uma rede de gel, aumentando a cremosidade de alguns alimentos. Também auxilia na retenção de água, para evitar a formação de cristais de gelo. A característica gelificante da inulina permite o desenvolvimento de alimentos com baixo teor de gordura, sem comprometer as características sensoriais principalmente sabor e textura. No caso de salgadinhos e cereais matinais, a aplicação da inulina resulta em maior crocância e expansão do produto, aumentando sua vida de prateleira. Para pães e bolos, a aplicação da inulina mantém a umidade e a característica de produto fresco por mais tempo. Para produtos lácteos com baixo teor de gordura, como bebidas lácteas, queijos frescos, iogurtes, cremes e sobremesas lácteas, a aplicação de pequena quantidade de inulina resulta em sabor e cremosidade mais equilibrados (FRANCK, 2002).

Vários estudos relataram o efeito da adição de inulina em produtos lácteos: mudanças na viscosidade e aceitação de iogurte, melhoria na textura e sabor em iogurte com baixo teor de gordura, melhoria da sensação na boca em iogurtes tradicionais, aumento da viscosidade, melhoria nas propriedades sensoriais de sorvete com baixo teor de gordura, melhoria nas propriedades sensoriais, de textura e de derretimento de queijos com baixo teor de gordura (CARDARELLE, 2006).

3.2 - Queijo fundido

Os queijos fundidos surgiram da necessidade que os estrangeiros tinham para exportar queijos para países de clima quente devido à separação da proteína e da gordura. As primeiras tentativas de fabricação de queijo fundido aconteceram por volta de 1911, realizadas por W. Gerber e F. Stettler na Suíça. Após inúmeras tentativas sem sucesso, estes pesquisadores obtiveram êxito nos experimentos utilizando queijos tipo Emental e Gruyère, citrato de sódio como agente peptizante e calor para solubilizar o

caseinato de cálcio da matéria prima. Após o resfriamento da mistura, obtinha-se um gel razoavelmente firme e homogêneo denominado queijo fundido (GARRUTI et al., 2003; BERGER et al., 1989) e, de acordo com Oliveira (1986), qualquer queijo cujas características da massa revelem destruição completa da estrutura original do coágulo pode ser classificado como queijo de massa fundida.

Estes produtos lácteos apresentam uma mistura balanceada de diversos tipos de queijos, adicionados ou não de água, manteiga, ou creme, além de saborizantes que permitem que sejam oferecidos em várias versões (ABIQ, 2007).

De acordo com o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Queijo Processados ou Fundidos (Portaria nº 356), entende-se por queijo processado o produto obtido por trituração, mistura, fusão ou emulsão por meio de calor e agentes emulsificantes de uma ou mais variedades de queijos, com ou sem adição de outros produtos lácteos e/ou sólidos de origem láctea e/ou especiarias, condimentos ou outras substâncias alimentícias nas quais o queijo constitui o ingrediente lácteo utilizado como matéria-prima preponderante na base láctea (BRASIL, 1997).

Atualmente, para a elaboração de queijo fundido é feita uma mistura de queijo, água e sais emulsificantes e, a seguir, a pasteurização da mistura para obtenção do produto final. Tal produto deve ter fluidez suficiente para ser envasado convenientemente, devendo manter suas características durante o armazenamento. São três os tipos básicos de queijos fundidos: em bloco, fatiável e cremoso. A diferença entre eles consiste no tipo de matéria prima e de sal fundente empregados no processo, e nos teores de gordura e de umidade contidos no produto final (MARTINS, 1981). Sendo assim, por definição, o requeijão cremoso pode ser considerado um tipo de queijo fundido cremoso (VAN DENDER, 2006).

A técnica de fusão consiste em transformar o paracaseinato de cálcio em uma solução coloidal termoestável de paracaseinato sódico mediante a utilização de sais fundentes apropriados, calor e agitação. Portanto com o calor, ação mecânica e efeito dos sais fundentes ocorre a transformação da matéria prima juntamente com outros aditivos em uma massa homogênea (MORENGHI, 2002; SILVA et al., 2004).

O queijo perde sua identidade ao transformar-se em queijo fundido. Mas, adquire algumas características positivas, especialmente uma mais fácil e maior conservação. A fusão por calor é um procedimento parecido com a preparação de conservas. Como as condições de fabricação podem ser controladas, é possível obter um produto de gosto, aparência e qualidade sanitária uniforme, facilitando sua utilização e comercialização (MORENGHI, 2002).

Um tipo de queijo fundido disponível no mercado brasileiro utiliza queijos Estepe ou Cheddar como massa lática (base) e propicia uma variedade de produtos que dispensa refrigeração. Estes produtos são geralmente comercializados em fatias, porções, em copo (quando espalháveis) ou em versões pré-preparadas para fondue. Destinam-se o consumo puro (porções), em sanduíches quentes ou em preparações culinárias (ABIQ, 2007).

3.2.1 - Requeijão tradicional e modificado

O requeijão é um queijo tipicamente brasileiro, que surgiu como uma forma de aproveitamento do leite coagulado devido à ação da microbiota lática natural do leite. É fabricado a partir do leite desnatado cru ou pasteurizado, com ou sem adição de culturas láticas, sendo a utilização do leite desnatado uma prática proveniente da época em que a manteiga era o derivado mais valorizado do leite. Assim, pequenas fábricas semi-artesaniais, que dispunham de uma desnatadeira, separavam o creme, e o leite desnatado resultante era deixado coagular espontaneamente para obter a massa que era então transformada em requeijão (VAN DENDER, 2001). A produção se restringia ao uso local, mas com a evolução dos meios de transportes, de acondicionamento e de tecnologia, o requeijão se tornou expressivo no mercado de queijos, ocupando a preferência de consumo de muitos brasileiros. Em 2006 já eram muitas as tecnologias empregadas na fabricação de requeijão, assim como no formato dos produtos, embalagens, consistência e coadjuvantes tecnológicos (RODRIGUES, 2006).

Consumido em praticamente todas as regiões brasileiras, o requeijão é presença de destaque tanto na mesa quanto no emprego institucional. O requeijão cremoso é usado para passar em pães, torradas e biscoitos, enquanto o requeijão em barra ou culinário é utilizado nos mais diversos tipos de pratos, como pizzas, pastéis, esfiras, massas, pão de queijo, pão de batata e muitos outros. É também usado tanto pelas redes de *fast-food*, restaurantes, cozinha industrial, indústrias de alimentos congelados e semi-prontos, como no emprego doméstico (SANTOS, 2002).

A produção do requeijão cremoso no país aumentou aproximadamente 200% nos últimos 10 anos, chegando a serem produzidas cerca de 30.000 toneladas do produto em 2002. Em 2004 o segmento movimentou R\$ 454 milhões, 3,6% a mais que em 2003, segundo dados obtidos em 2005 (ABIQ, 2007).

Segundo o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade do Requeijão, entende-se por requeijão “o produto obtido pela fusão da massa coalhada,

cozida ou não, dessorada e lavada, obtida por coagulação ácida e/ou enzimática do leite opcionalmente adicionada de creme de leite e/ou manteiga e/ou gordura anidra de leite ou *butteroil*. O produto poderá estar adicionado de condimentos, especiarias e/ou outras substâncias alimentícias” (BRASIL, 1997). Sendo assim, a lei não permite usar a denominação “requeijão” para designar produtos cuja base láctea contenha gordura e/ou proteína de origem não láctea, tais como gordura vegetal ou substitutos de gordura, tais como amido de milho e espessantes.

Alguns parâmetros de qualidade para o requeijão são consistência untável ou fatiável, textura cremosa, fina, lisa ou compacta, formato variável, cor característica, odor característico e sabor de creme levemente ácido, opcionalmente salgado para o requeijão ou requeijão cremoso, levemente ácido, salgado e rançoso para o requeijão manteiga. Uma maior proporção de creme resulta em um requeijão mole (cremoso) e macio, e menor proporção resultará um requeijão mais duro (barra ou tablete) (FERNANDES et al., 1985).

O requeijão apresenta alta durabilidade devido ao tratamento térmico no qual é submetido durante sua fabricação. As forças que interferem no processo de fusão são de origem físico-química, mecânica e térmica (VAN DENDER et al., 2002).

Os requeijões modificados ou análogos são similares aos tradicionais, mas não podem ser classificados como tais, por serem empregados em sua formulação ingredientes não permitidos pela legislação, como gordura vegetal hidrogenada e amido modificado (RODRIGUES, 2006). No Brasil, os requeijões análogos eram comumente denominados por “Especialidade Láctea”, mas no final de 2005, a Divisão de Inspeção de Leite e Derivados do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DILEI/DIPOA) decidiu não permitir este termo para os análogos, substituindo-os pelo termo “Requeijão e componentes extras”, como requeijão com gordura vegetal ou requeijão com amido modificado (VAN DENDER, 2006).

Com o crescente aumento da produção e do consumo de requeijão, surgiram no mercado novos produtos também denominados “requeijão com”. Esse aumento no interesse da indústria pela produção de análogos de queijo ou queijos imitação ocorre em virtude da redução dos custos de produção, que pode ser atribuída principalmente à substituição de ingredientes lácteos por outros não lácteos (VAN DENDER, 2006). A principal diferença entre o requeijão e o “requeijão com” está na formulação: o requeijão cremoso é um produto à base de leite desnatado, creme de leite, fermento lácteo e conservantes, enquanto que o “requeijão com” é um produto que utiliza amido e gordura vegetal, podendo conter também, concentrado protéico de soro e outros

ingredientes (MARCHIORI, 2005). A substituição de ingredientes pode trazer outros benefícios além da redução do custo, como proporcionar produtos com características funcionais bem definidas e adequadas para a aplicação específica (VAN DENDER, 2006).

A aceitação dos produtos lácteos análogos pode ser atribuída, na maioria das vezes, aos avanços na tecnologia de óleos e gorduras, de emulsões e de formulações de alimentos que os torna cada vez melhores em suas propriedades reológicas e de sabor. Os produtos análogos têm sido desenvolvidos não só para serem semelhantes aos produtos naturais, mas também para possuir vantagens sobre eles. Algumas dessas vantagens são: fácil manipulação, *shelf-life* estendido, resistência à temperatura e bactérias esporuladas, controle nutricional, além da vantagem econômica (SOBRAL, 2007).

3.2.2 - Processo de fabricação de requeijão

As principais etapas do processo de fabricação dos requeijões são as seguintes: obter a massa coagulada, misturar as matérias-primas lácteas, adicionar o sal fundente e os demais ingredientes, e submeter a mistura a um tratamento térmico e agitação para que ocorra a fusão. Em seguida, realizar o envase do produto a quente, resfriar e estocar sob refrigeração (VAN DENDER, 2006). O resfriamento deve ser o mais rápido possível para queijos cremosos (espalháveis) e, relativamente lento para queijos processados em bloco, pois o resfriamento rápido amacia o produto. Contudo, o resfriamento lento pode intensificar a reação de Maillard e promover crescimento de esporos (MORENGHI, 2002).

Existem várias formas de se obter a massa para a fabricação de requeijão: pela coagulação enzimática do leite, pela adição de culturas lácteas ou pela precipitação do leite aquecido com ácido orgânico. Algumas delas estão em desuso em função da despadronização do produto, além de riscos para a indústria, como é o caso da fabricação a partir da coagulação natural do leite cru (MORENO et al., 2002). A coagulação do leite pasteurizado por meio de fermentação por bactérias lácticas selecionadas também não tem sido muito empregada em função do tempo longo de coagulação. Assim, para a fabricação de requeijão, tem-se preferido a obtenção da massa pelo processo de acidificação direta ou por meio de coagulação enzimática (VAN DENDER, 2006). A coagulação do leite consiste na formação de gel resultante das modificações físico-químicas ocorridas nas micelas de caseína. Os mecanismos

propostos na formação do gel diferem totalmente conforme estas modificações sejam induzidas por acidificação ou pela ação de enzimas coagulantes (MAURER-ROTHMANN; SCHEURER, 2005).

A coagulação pode ocorrer por acidificação progressiva, obtida por fermentação láctica, formando um coágulo liso, homogêneo. A acidificação produz uma profunda desorganização da micela, que é acompanhada por uma modificação da estrutura quaternária das caseínas. Com aproximação do pH isoelétrico ocorre a neutralização das cargas e uma importante redução da hidratação das proteínas, o que conduz a uma insolubilização (MAURER-ROTHMANN; SCHEURER, 2005). Na coagulação ácida, a acidificação direta a quente do leite ocorre por adição de um ácido mineral ou orgânico que conduz à floculação das proteínas no pH 4,6 (ponto isoelétrico das caseínas), que devido a ação conjunta do calor e ácido, aumenta a colisão entre as partículas e desidrata parcialmente a proteína do leite, formando um precipitado, com característica granulosa, que se separa do soro láctico. A acidificação do leite aquecido resulta num precipitado de caseína e proteínas desnaturadas do soro com formação de flocos ou grãos, ao invés do gel homogêneo formado pela fermentação láctica ou pela ação de enzima (VAN DENDER, 2006).

No processo de coagulação ácida direta, a massa para elaboração do requeijão é obtida pelo aquecimento do leite a 45°C e posterior adição de 0,55% de ácido láctico a 85%, sob agitação lenta e contínua até ocorrer precipitação da massa. Após a massa ser dessorada, pode-se prensar até se obter uma umidade de aproximadamente 50% (MARTINS, 1981). A Figura 1 apresenta o fluxograma de obtenção da massa por acidificação direta.

Durante o processo de fusão, a estrutura original (rede) do queijo é rearranjada em uma nova rede. O conteúdo de água livre diminui inicialmente durante o processo de fusão, apenas aumentando novamente durante o processo de aquecimento contínuo (devido à diminuição da capacidade de ligação dos grupos hidrofílicos a altas temperaturas), ou seja, durante o processo de fusão a viscosidade da massa de queijo primeiramente aumenta e posteriormente diminui, quando são atingidas temperaturas acima de 60°C. A massa torna-se significativamente mais fina acima de 114°C, com a perda das interações do sistema hidrofóbico, proteína-água. Isto quer dizer que uma emulsão de gordura é formada e é estabilizada pelas micelas de para-caseína, enquanto que o espaço entre elas é preenchido com a fase aquosa. Quanto mais homogênea for a distribuição de gordura mais drástica será a reestruturação da estrutura original da proteína e mais cremificado o queijo processado será (MAURER-ROTHMANN;

SCHEURER, 2005).

Devido ao baixo conteúdo de cálcio e um considerável grau de desnaturação das proteínas, os queijos de massa ácida são menos interessantes como matéria prima para obtenção de queijos fundidos (BERGER et al., 1989), e o inconveniente de se utilizar a massa ácida é a geração de soro ácido, que não pode ser utilizado como subproduto para fabricação de outros derivados, como as bebidas lácteas ou utilização para alimentação animal, sendo fonte geradora de resíduos (SOBRAL, 2007).

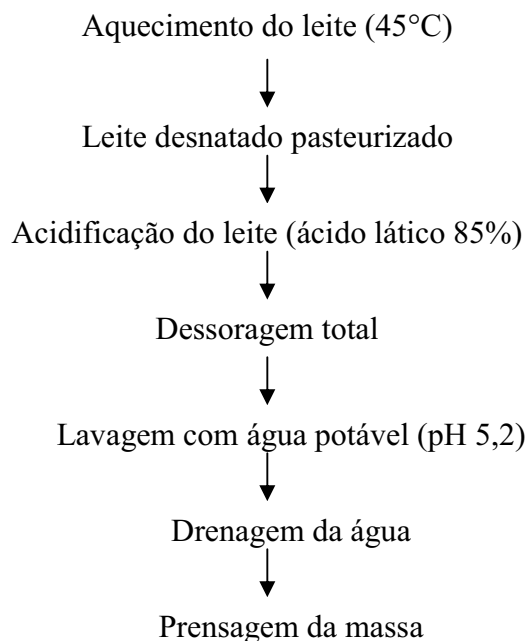


Figura 1 – Fluxograma para obtenção da massa láctica pelo método de acidificação direta.

3.3 - Queijos com baixo teor de gordura

A formulação de alimentos com baixos teores de gordura ou sem gordura necessita de reformulações do produto tradicional, algumas vezes com diferentes ingredientes. Isto tem gerado um grande número de pesquisas para encontrar ingredientes que melhorem estas qualidades. Segundo Farooq e Hoque (1992), a reformulação de produtos com parcial ou total eliminação de gordura mantendo a qualidade da textura representa um dos maiores desafios na tecnologia de alimentos.

A produção de queijos com baixo valor calórico pode ser caracterizada pela redução parcial ou total do teor de gordura do leite, ou pela substituição da gordura por produtos de baixo valor calórico que têm as mesmas propriedades, e são conhecidos como substitutos de gordura.

A gordura é um ingrediente chave para os aspectos sensoriais e fisiológicos dos alimentos. Contribui para a textura cremosa, o sabor e sua percepção no aparelho bucal, para a cremosidade, aparência, aroma, odor e a sensação de saciedade após as refeições (NEY, 1988). É muito difícil substituir a função das gorduras nos alimentos, mas é para isso que os substitutos de gordura são usados e também como uma alternativa para solucionar a falta de sabor dos produtos com baixo teor de gordura, proporcionando assim a redução da mesma e mantendo a textura e o sabor dos seus similares com teor normal de gordura (GIESE, 1996).

Muitos diferentes tipos de substitutos de gordura estão disponíveis no mercado e sua classificação está baseada, principalmente, na natureza química e na origem do produto juntamente com seu valor energético (TAMIME, 1997). Os substitutos de gordura são similares às gorduras e podem ser definidos como compostos que substituem os triglicerídeos nos alimentos. Estes produtos são divididos em dois grupos: substâncias que imitam as propriedades físicas ou sensoriais da gordura, de origem protéica ou de carboidratos, e gorduras sintéticas, que não são absorvidas pelo organismo.

A potencialidade dos efeitos dos substitutos pode ser alcançada pela utilização de misturas, proporcionando maior funcionalidade para aplicações específicas. A escolha é determinada pelo custo, qualidade, inocuidade e pelo desempenho dos substitutos de gordura (CÂNDIDO; CAMPOS, 1996).

Alguns consumidores encontram muita dificuldade em abrir mão dos alimentos gostosos, como os que contêm alto teor de gordura (SIMPLESSE, 1995). Estratégias que requerem mudanças nos hábitos alimentares, como evitar gordura ou usar frutas ou vegetais ao invés de alimentos com alto teor de gordura, não são mantidas. Isso implica que os substitutos de gordura podem ter papel importante na dieta daqueles que ingerem quantidade limitada de gordura (GIESE, 1996).

O termo *light* tem sido usado para chamar a atenção para a redução de algum componente no alimento, incluindo sódio, gordura, caloria, densidade, álcool e cor. Entretanto, o uso da denominação *light* vem sendo muito bem aceito para os alimentos com redução de no mínimo 25% do teor de gordura, com a conseqüente redução da quantidade de calorias e de colesterol. O uso dos produtos *light* ajuda o consumidor a perder peso, melhora sua aparência, evita os riscos que a obesidade traz para a saúde, reduz os níveis de colesterol no sangue, diminui os riscos de doenças coronarianas e ainda, reduz a pressão sangüínea (BRANDÃO et al., 1995).

Alguns queijos tipo imitação podem não encontrar aceitação favorável no

mercado por possuírem aroma e sabor inferiores aos queijos que contêm teor integral de gordura. Os compostos voláteis e outros compostos produtores de aroma e sabor dependem em grande parte dos ácidos graxos de cadeia curta presentes na gordura do leite. Por isso, quando substituímos a gordura do leite por gordura vegetal em queijos análogos ocorre perda no aroma e sabor característicos dos produtos feitos com gordura láctea. A adição de substâncias aromatizantes e saborizantes é utilizada com a intenção de repor o sabor e aromas perdidos nos queijos fabricados com grande porcentagem de substituição de creme de leite por gordura vegetal (GIGANTE et al., 1992, RODRIGUES, 2006).

A gordura láctea, que é rica em ácidos graxos de cadeia curta, contém colesterol, baixa quantidade de ácidos graxos insaturados, alto teor de ácidos graxos saturados, possui aroma e sabor agradável, apresenta degradação mais rápida, torna o produto mais característico e é permitida e/ou obrigatória no requeijão. A gordura vegetal é rica em ácidos graxos de cadeia longa, não contém colesterol, possui maior quantidade de ácidos graxos insaturados, menor quantidade de ácidos graxos saturados, sabor neutro, não promove aroma nem sabor, apresenta melhor estabilidade, promove maior rigidez no produto quando comparada a gordura láctea e não é permitida para requeijão ou queijo processado (RODRIGUES, 2006).

3.3.1 - Substituto de gordura à base de carboidratos

Estes ingredientes têm sido utilizados há vários anos em muitos alimentos substituindo a gordura parcial ou totalmente, são carboidratos absorvíveis, incluindo celulose, gomas, dextrinas, fibras, maltodextrinas, amidos e polidextrose, e fornecem 4 Kcal/g, enquanto aqueles que não são absorvidos pelo organismo contêm poucas calorias (AKOH, 1998). Quando adicionados aos alimentos, proporcionam as propriedades de corpo e espessamento, produzindo assim uma percepção sensorial similar à da gordura. Estes ingredientes não podem ser utilizados em frituras (MATTES, 1998).

Os hidrocolóides, conhecidos mais comumente por gomas, são usados como substitutos de gordura e freqüentemente explorados por sua capacidade de texturização. Hidrocolóides são polímeros de cadeia longa, de alto peso molecular extraídos de plantas marinhas (agar-agar, alginatos, carragenas) e do endosperma de várias plantas terrestres (galactomananas, goma de alfarroba, goma guar e amido), ou de origem animal (MAURER-ROTHMANN; SCHEURER, 2005). Alguns são produzidos por

síntese microbiana e outros por modificação de polissacarídeos naturais (GLICKSMAN, 1969). Estes polímeros se dissolvem ou dispersam-se em água para dar espessamento ou efeito de ganho de viscosidade. As gomas (hidrocolóides) também são usadas para efeitos secundários incluindo estabilização da emulsão, suspensão de partículas, controle da cristalização, inibição de sinérese, encapsulação e formação de filmes. Poucas gomas formam gel (DZIEZAK, 1991).

Com exceção da gelatina, uma proteína animal, os hidrocolóides pertencem ao grupo de polissacarídeos, ou seja, seus componentes básicos são moléculas ácidas de açúcar (glucose, galactose, anidro galactose, manose, ácido galacturônico, ácido glucurônico, ácido manurônico). A função dos hidrocolóides é definida não somente por sua estrutura química, mas é também influenciada pelo tipo do sistema do alimento no qual são introduzidos. Na prática é mostrado que é quase impossível de alcançar efeitos desejados usando somente um hidrocolóide sozinho. Somente o efeito sinérgico das combinações alcança o resultado desejado (MAURER-ROTHMANN; SCHEURER, 2005).

A goma xantana é um polissacarídeo de alto peso molecular e foi a primeira goma a ser fabricada em escala industrial por fermentação microbiana. É produzida pelo cultivo de *Xanthomonas campestris* em meio contendo carboidratos (D-glucose, D-manose, ácido D-glucurônico). Embora não seja um agente de geleificação, a goma xantana pode formar gel elástico e altas viscosidades são encontradas quando combinadas com a goma guar (PENNA, 2002). Esta goma é solúvel em temperatura ambiente, resistente ao cisalhamento, estável em meio ácido, muito estável ao congelamento/descongelamento, possui sinergia com goma locusta e apresenta muito boa termoestabilidade (MAURER-ROTHMANN; SCHEURER, 2005). Produz altas viscosidades em baixas concentrações e apresenta excelente estabilidade ao calor e variações do valor de pH. A viscosidade permanece inalterada variando a temperatura de 0 a 100°C e em valores de pH entre 1 a 13. Tem sido usada como estabilizante em substitutos de clara de ovos e gelatina, que geralmente são usados em merengues, “nougat” e doces. A goma também funciona como estabilizante em sorvetes e adiciona corpo e previne aderência em géis de frutas (PENNA, 2002).

Um outro hidrocolóide alimentício muito comumente usado é o amido, devido à ampla faixa de propriedades funcionais que ele pode promover em suas várias formas: natural, parcial ou totalmente modificado, e devido ao seu baixo custo. Amidos são polímeros lineares de amilose e ramificados de amilopectina. O amido é praticamente insolúvel em água fria podendo absorver até 30 % do seu peso, sem aumentar o volume

dos grânulos. Quando aquecido, os grânulos intumescem gradualmente aumentando a quantidade de água absorvida, a viscosidade e a transparência do sistema aumentam até um máximo, a uma temperatura crítica (temperatura de gelatinização), a cristalinidade é irreversivelmente perdida, formando um sol viscoso de amido (SANDERSON, 1981). Ao abaixarmos a temperatura, o sol passa gradualmente a gel que será mais ou menos duro conforme a proporção e o tipo de amido (BOBBIO; BOBBIO, 1992). Além da natureza do amido e de sua concentração, o valor de pH, a presença de açúcar, de proteínas, de gorduras e de sais, influem na formação e na dureza dos géis de amido.

O amido, uma vez modificado, substitui a gordura, dando aos alimentos a mesma sensação de lubrificação e textura. O grau de modificação dos amidos leva em conta três condições: temperatura, forças de cisalhamento e o valor de pH da solução. A modificação também tem que considerar as fases de estocagem do alimento até ele chegar à mesa do consumidor. O objetivo é evitar o efeito de sinérese, quando as cadeias de amilose e amilopectina que formam o amido, se aproximam, causando a perda de água (FIGUEIREDO JR., 1997).

Os amidos utilizados em queijos processados e requeijões análogos devem ser modificados principalmente para que resistam a retrogradação, característica que faz o produto ser rejeitado pelo consumidor. A retrogradação é um termo dado às transformações que ocorrem durante o resfriamento e armazenamento de pastas de amido gelatinizado. Frequentemente a evolução da retrogradação é acompanhada de exsudação de umidade, encolhimento e endurecimento de géis e separação de fases do produto (SOBRAL, 2007).

Na fabricação de requeijões análogos, a principal função do amido é absorver água quando aquecido, produzindo pastas viscosas que se mantêm estabilizadas quando resfriadas. A retenção de água aumenta o rendimento do requeijão cremoso modificado e proporciona mudanças desejáveis nas suas características funcionais, como controle de textura e do derretimento. O amido recomendado para se utilizar em requeijões cremosos modificados deve ser estável ao pH do produto, na faixa de 5,4 a 5,8, suportar a temperatura de processamento, absorver água formando pasta viscosa, ser estável pelo período de vida útil do produto (60 a 90 dias), manter intacto a estrutura física durante congelamento e descongelamento, suportar assamento (mantendo a pasta intacta), promover custo reduzido e não influenciar negativamente no sabor (RODRIGUES, 2006).

Os amidos modificados, outros hidrocolóides ou gomas agem como espessantes e/ou estabilizantes, aumentando o rendimento e melhorando a textura, e as gorduras de

origem vegetal e outros ingredientes melhoram o espalhamento e palatabilidade, tornando o produto mais cremoso. Essas alterações podem ser benéficas ao produto final, tornando o produto “forneável”, ou seja, capaz de suportar altas temperaturas sem esparramar ou estourar os produtos contendo requeijão como recheio. Além disso, também é possível diminuir o custo do produto sem alterar significativamente suas características, ou alterá-las de tal maneira que o produto final obtenha padrões totalmente diferenciados daqueles que estão no Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade do Requeijão (MARCHIORI, 2005).

3.3.2 - Substituto de gordura à base de proteínas

Dentre os substitutos de gordura existentes no mercado à base de proteínas estão as proteínas microparticuladas, derivadas do soro do leite. São encontradas na forma de partículas uniformes e esféricas, permitindo o deslizamento de uma sobre as outras e oferecem, durante a degustação, a sensação de cremosidade semelhante à da gordura. Quando hidratadas, fornecem apenas 1 a 2 calorias por grama, permitindo grande redução no consumo de gordura e conseqüentemente de colesterol (BRANDÃO et al., 1995). A vantagem de se utilizar ingredientes à base de proteínas como substitutos de gordura é que as proteínas se ligam bem aos componentes aromáticos, mas geralmente não podem ser utilizadas quando o processamento exige um elevado tratamento térmico, pois causaria a desnaturação das mesmas (ALEGRET, 1997).

Nenhum outro ingrediente apresenta flexibilidade e adaptabilidade semelhantes às do soro, justificando o fato dele ter se tornado ingrediente comum em um número tão grande de alimentos processados. Além disso, apresenta a vantagem adicional de ser um produto 100% natural, o que torna a composição do produto mais atraente ao consumidor, preocupado cada vez mais com a saúde (LAGRANGE; DALLAS, 1997).

No leite, as proteínas de maior valor nutricional encontram-se no soro (composto por 0,6 a 0,8% de proteínas). Através da tecnologia chamada ultrafiltração associada à diafiltração, as proteínas do soro são concentradas e depois secas por atomização, resultando, então, em um produto em pó que pode conter em torno de 85% de proteína.

Inúmeros estudos vêm sendo realizados com o objetivo de compreender o comportamento das proteínas do concentrado protéico de soro (CPS) que, além de ser um ingrediente de excelente valor protéico, diminui o teor de gordura do produto. A capacidade destas proteínas em formar géis estáveis em temperaturas entre 70 e 90°C é uma propriedade funcional importante para a fabricação de vários produtos

alimentícios, tais como: produtos de padaria, cárneos, texturizados e lácteos. A concentração protéica, pH, composição iônica e temperatura podem ser controladas para obter um gel com as características desejadas (LUVIELMO; ANTUNES, 2002).

3.4 - Sal fundente

O sal fundente é um agente emulsificante capaz de solubilizar a caseína com formação de um sólido homogêneo, sendo que essa capacidade aumenta paralelamente ao “poder de fixação do cálcio”.

Segundo Eluers e Costa (1992), resumidamente, as funções dos sais fundentes são: desintegrar a proteína do queijo natural, transformar o paracaseinato de cálcio insolúvel em paracaseinato de sódio solúvel, produzido pela troca iônica do cálcio contido no queijo natural pelo sódio contido nos sais fundentes, emulsificar a massa fundida, ligando as partículas de proteína gordura e água, estabilizar a emulsão e conferir durabilidade ao produto. O sal rompe as pontes de fosfato de cálcio que existem entre as micelas e submicelas, substituindo o cálcio por sódio e formando uma estrutura protéica mais aberta e desagregada, e também mais suscetível a ligar um maior volume de água de hidratação em suas porções hidrofílicas. Mais hidratada, a caseína consegue manter-se dispersa numa suspensão coloidal, expondo seus grupos polares e apolares, o que permite que ela atue como emulsificante na interface água-óleo (BERGER et al., 1989; SHIRASHOJI; JAEGGI; LUCEY, 2006).

Outra função importante desempenhada pelos sais emulsificantes é a peptização, isto é, a separação dos grandes agregados hidrofóbicos de caseína em unidades menores durante o processo de aquecimento e agitação da massa. A peptização aumenta a área superficial e a capacidade de retenção de água da proteína, provocando uma mudança na textura do produto final, obtendo-se a estabilidade da emulsão ou suspensão. Em seguida a esse efeito primário no sistema “caseína e sal fundente”, ocorre uma série de efeitos secundários e, por este motivo, a peptização e suas características físicas, tais como “redução da estrutura da massa” e alterações no estado de hidratação da caseína são identificadas como efeito cremificante dos sais fundentes (FERNANDES, 1981, MAURER-ROTHMANN; SCHEURER, 2005). A cremificação, isto é, a transformação da rede caseínica em uma emulsão coloidal estável é, provavelmente, a condição mais importante para a fabricação de queijos pastosos (FERNANDES et al., 1985).

No Brasil, os sais emulsificantes normalmente são adquiridos já formulados, como produtos prontos, específicos para cada tipo de queijo (requeijão cremoso, bloco

ou análogo). A quantidade necessária a ser utilizada varia em relação à massa a ser fundida e o excesso pode provocar gosto amargo e separação de água e de gordura (FERNANDES et al., 1985).

O processo de fusão consiste no tratamento térmico da mistura utilizando tanto vapor direto como indireto, sob vácuo parcial e agitação constante (VAN DENDER, 2006). Neste processo ocorre a transformação de um gel de paracaseína insolúvel (massa de queijo) em um sol homogêneo e fluido (requeijão), por meio do uso de calor e de sais fundentes (LUCY et al., 2003). Para isto a mistura é aquecida a temperaturas de 70-120°C, até que uma massa homogênea seja obtida (SCHAR; ROSSET, 2002). A fusão deve ser rápida e a agitação vigorosa para que a massa não queime e para que a homogeneização do produto seja completa (VAN DENDER, 2006). Porém, o prolongamento no tempo de cozimento durante o processo pode ser responsável pelo aumento da viscosidade do produto, com textura super cremificada e seca (SHIRASHOJI; JAEGGI; LUCY, 2006).

Um sal emulsificante deve ter as seguintes propriedades (FERNANDES, 1981; MAURER-ROTHMANN; SCHEURER, 2005): ser um agente emulsificante capaz de converter, pela ação do calor, a massa granular em uma emulsão suave, cremosa e fluida; deve ser solúvel em água de maneira que possa alcançar as micelas e submicelas; ter efeito regulador de pH; ter efeito tampão (durabilidade do produto final); ao esfriar, a emulsão formada deve solidificar, formando um queijo de corpo firme, textura suave e com boas qualidades de corte ou untabilidade; não deve influir no paladar e no aroma do produto final; não deve se decompor ou recristalizar durante o armazenamento do queijo fundido; ser solúvel em pouca água e ter ação bacteriostática.

A ordem crescente de eficiência dos sais é: tartarato < citrato e ortofosfato < polifosfato. Estes sais dissolvidos penetram nos espaços intermicelares, baixando a concentração de Ca^{++} , neutralizando com íons de sódio as cargas negativas dos caseinatos que são liberados, de acordo com a fórmula da Equação 1 (MAURER-ROTHMANN; SCHEURER, 2005).



3.5 - Isolado proteico de soja

A soja é um alimento capaz de enriquecer a dieta dos brasileiros. É rica em

proteínas, carboidratos, minerais e vitaminas, além de ser uma proteína de alta qualidade biológica, conforme avaliação da FAO. Várias pesquisas têm demonstrado que a soja, associada a uma dieta de baixo teor de gordura saturada, pode reduzir o risco de doenças cardiovasculares pela redução dos níveis de colesterol, podendo ainda prevenir o surgimento de câncer no seio e próstata, na redução dos sintomas da menopausa e osteoporose, dentre outras (LIU, 2000). Em função disto, a soja transformou-se em um insumo importante para o mercado de alimentos funcionais devido às propriedades ligadas a seus componentes: proteínas, lecitinas, fibras e fitoquímicos (ESTEVES; MONTEIRO, 2001).

A soja e seus derivados protéicos, considerados alimentos funcionais pela ANVISA, têm recebido atenção dos pesquisadores, principalmente devido à quantidade e qualidade de sua proteína, considerada, dentre os vegetais, o melhor substituto de produtos de origem animal (DE ANGELES, 1999). A primeira demonstração do uso medicinal da soja ocorreu com a redução do teor de LDL-colesterol observado em pessoas que consumiam soja, ou seu extrato aquoso (“leite de soja”) juntamente com o incremento do HDL-colesterol e a redução da taxa de triglicerídeos do sangue (CREDIDIO, 2005).

Por outro lado, a adição de soja ou seus derivados em alimentos merecem atenção especial, pela elevada disponibilidade de soja transgênica presente no mercado. Muitas questões importantes têm sido levantadas sobre a segurança de alimentos geneticamente modificados que estão sendo introduzidos na cadeia alimentar. A ampliação da área mundial de cultivo de plantas geneticamente modificadas, em especial no Brasil, reflete-se também no aumento de resíduos transgênicos em produtos alimentícios. A União Européia, Estados Unidos, Japão e Austrália, assim como vários outros países, estabeleceram processos de avaliação que demandam rigorosos testes de segurança antes que alimentos transgênicos possam ser cultivados ou importados. Também foi necessária a introdução da obrigatoriedade de rotulagem de produtos que contenham resíduos de organismos geneticamente modificados (OGM) (MARCELINO; GUIMARÃES; BARROS, 2007).

No Brasil, o decreto nº 3871, de 18 de julho de 2001, estabelece o limite de 4% para rotulagem dos alimentos embalados, destinados ao consumo humano, que contenham ou sejam produzidos com OGM. Atualmente, a maioria dos alimentos processados consumidos contém soja ou seus derivados (óleo, proteína texturizada, lecitina) como ingredientes na sua composição. Foi estabelecido o limite de 5% no Japão, 1% na China e 5% em Hong Kong. Na União Européia está em vigor uma

legislação determinando que alimentos contendo uma porcentagem superior a 1% de OGM devem ser rotulados (NUTTI, 2002).

Para ter efeito saudável, o consumo diário de proteína de soja deve ser de 25 g, assim, os produtos devem conter no mínimo 6,25 g de proteína de soja por porção, o que representa 25% da necessidade diária, para que seja mencionada a alegação de saúde no rótulo (FDA, 1999).

A composição do grão de soja varia de acordo com as condições de plantio e a composição do solo. Durante o cultivo do grão de soja pode-se obter entre 40 a 50 % de proteína, 18 a 20% de lipídeos, aproximadamente 30 a 34% de carboidratos e 5% de minerais. Dentre os minerais, os mais presentes são: potássio, cálcio e magnésio. Cada 100 gramas de grãos contêm 230 mg de magnésio e 0,1 mg de cobre, dentre outros compostos (MAGNONI; EMED, 2006).

A proteína isolada de soja (IPS) é a maior fração protéica do grão de soja preparada através da remoção dos componentes não protéicos do grão e não deve conter menos de 90% de proteína em base seca, segundo definição da Associação Americana de Controle Alimentar - AAFCO (MAGNONI; EMED, 2006). É a forma mais refinada entre os derivados protéicos mais comuns da soja (entre eles farinha de soja, proteína texturizada e concentrada), obtida a partir da farinha desengordurada de soja, onde as proteínas são solubilizadas em água, separada da fração insolúvel (fibra), precipitada da solução, separada dos açúcares e seca (MAGNONI; EMED, 2006; BUNGE ALIMENTOS, 2003). Além disso, as proteínas isoladas de soja possuem perfil de sabor mais neutro que as proteínas concentradas e texturizadas, sendo mais indicadas quando não se deseja alterar o sabor intrínseco dos alimentos (BUNGE ALIMENTOS, 2003). Em seu processamento, após precipitação ácida das proteínas do extrato bruto os inibidores de tripsina se encontram na fração solúvel, que é descartada (GENOVESE; LAJOLO, 1998).

As proteínas isoladas de soja são macromoléculas de tamanhos e estruturas variadas que são denominadas globulinas e são formadas principalmente por dois tipos de moléculas de tamanho diferentes: a beta-con-glicinina e a glicinina. Essas moléculas são responsáveis pelas propriedades funcionais da proteína isolada de soja (BUNGE ALIMENTOS, 2003). Por sua versatilidade e propriedades tecnológicas, a proteína isolada de soja pode ser utilizada sozinha ou em combinação com outras proteínas de soja na substituição total ou parcial do leite em vários produtos alimentícios. Pode ainda ser utilizada na fortificação de massas e pães, e em fórmulas infantis (MORAIS; SILVA, 2000).

Dentre seus aminoácidos limitantes na soja estão a metionina e a cisteína, os quais representam 70% da quantidade total presente na proteína do ovo. Neste aspecto, convém salientar que a proteína de soja, na composição de aminoácidos, atende às necessidades para humanos de 2 a 5 anos, segundo recomendações da FAO/OMS. Em contrapartida, a proteína isolada de soja é rica em lisina, que serve como um valioso suplemento para cereais, nos quais a concentração deste aminoácido é limitada (MAGNONI; EMED, 2006).

As isoflavonas, substâncias presentes na soja, pertencem à família dos polifenóis, os quais possuem importantes atividades biológicas, tais como: atividade antioxidante, como é o caso dos isoflavonóides, que apresentam estrutura semelhante a do estrógeno humano e sintético (ESAKI et al., 1999), atividade antifúngica, propriedades estrogênica e atividade anticancerígena. Por apresentarem atividade estrogênica, estas substâncias são comumente referidas como fitoestrógenos (MAGNONI; EMED, 2006). Estas substâncias têm uma grande variação estrutural. O teor de isoflavonas em preparações com proteínas e derivados de soja em geral depende da técnica de processamento utilizada e duração do processamento (ANDERSON; WOLF, 1995).

Quando consumidas, as isoflavonas são hidrolisadas no intestino delgado por beta-glicosidase intestinais, que liberam as agliconas biologicamente ativas. Estas são absorvidas ou fermentadas pela microflora intestinal, dando origem a seus metabólitos (daidzeínas, genisteínas e gliciteínas) e após a absorção são transportadas para o fígado, onde são removidas da circulação sanguínea, retornando ao intestino pela via biliar, podendo ser excretadas pelas fezes. Porém, uma porcentagem consegue se separar e entrar na circulação periférica, alcançando os tecidos, sendo eliminada pelos rins, de maneira similar aos estrógenos endógenos (MAGNONI; EMED, 2006). A biodisponibilidade das isoflavonas da soja é influenciada por um intestino saudável, com a microbiota capaz de convertê-las em suas formas ativas. Estudos mostram que antibióticos bloqueiam seu metabolismo (CASSIDY; BINGHAM; SETCHELL, 1995).

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 – Matérias primas e insumos

- Ácido láctico 85%, Synth
- Amido de milho – Maizena
- Cloreto de sódio de uso culinário – Cisne
- Concentrado protéico de soro de leite com 34% proteína – Alibra
- Creme de leite pasteurizado - Laticínio Salute
- Goma xantana – Rhodigel 80, Danisco
- Gordura vegetal hidrogenada – Sadia
- Inulina – BENEIO HPX, Clariant
- Isolado protéico de soja - Supro 783 Bunge Alimentos, Solae
- Leite pasteurizado tipo B – Laticínio Saboroso
- Sal fundente, Joha 10 – BKV Adicon
- Sorbato de potássio – BV Produtos Alimentícios

4.2 – Caracterização das matérias-primas

No leite pasteurizado foram feitas as determinações de densidade, acidez, pH, gordura, proteínas, sólidos totais, ponto crioscópico, assim como o teste para verificação da presença de antibióticos, em triplicata. No creme de leite foram feitas determinações, pH, de gordura, acidez, sólidos totais e cinzas. Os métodos para avaliação são relatados a seguir.

4.2.1 - Leite pasteurizado

- pH: os valores de pH foram determinados diretamente nas amostras usando-se um potenciômetro digital (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);
- Densidade, gordura, sólidos totais, proteínas, ponto crioscópico: foram determinados pelo princípio de ultra-som no equipamento Ekomilk;
- Acidez titulável: as determinações do teor de acidez foram realizadas através da titulação ácido-alcalimétrica, usando-se fenolftaleína como indicador (INSTITUTO ADOLF LUTZ, 1985);
- Presença de antibióticos: verificação da presença de resíduos de antibióticos do grupo beta lactâmicos com uso de kits descartáveis do tipo snap (TRONCO, 1997).

4.2.2 - Creme de leite pasteurizado

- pH: os valores de pH foram determinados diretamente nas amostras usando-se um potenciômetro (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);
- Acidez titulável: as determinações do teor de acidez foram realizadas por titulação ácido-alcalimétrica, usando-se fenolftaleína como indicador (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);
- Gordura: foi determinada pelo método de Gerber - Van Gulik (SILVA et al., 1997);
- Sólidos totais: as determinações foram feitas por secagem da amostra em estufa a vácuo a 70°C por 24 horas (CASE; BRADLEY JR.; WILLIAMS, 1985).
- Cinzas: foi determinada por incineração em mufla a 550°C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);

4.3 – Definição do tipo e da concentração de hidrocolóide utilizado no preparo do requeijão cremoso modificado

Para a definição do tipo e concentração de hidrocolóide para o preparo dos diferentes requeijões cremosos modificados foram estudadas: carragena (0,1; 0,5%), guar (0,1; 0,5%) e xantana (0,1; 0,3 e 0,5%). Foi realizada uma análise visual da aparência e o teste de ponto de fio dos requeijões cremosos, optando-se pela goma xantana numa concentração intermediária de 0,2%, pois na concentração de 0,3% de goma xantana o produto apresentava-se muito viscoso.

4.4 - Preparo da massa lática para fabricação do requeijão cremoso modificado

A massa lática foi obtida pelo aquecimento de 22 L de leite pasteurizado até a temperatura de 45°C, adicionando-se, em seguida, 0,55% de ácido láctico a 85% para coagulação ácida do leite, sob agitação lenta e contínua até que houvesse precipitação da massa. Em seguida, realizou-se a dessora completa e a lavagem da massa com aproximadamente 3 litros de água potável a 45°C, intercalada com leituras no medidor de pH, até que a massa atingisse um pH de 5,2. A drenagem do soro foi realizada com peneiras e a prensagem manual com auxílio de uma concha. A Figura 2 representa um fluxograma com as etapas do processo de obtenção da massa lática para elaboração do requeijão cremoso modificado.

Na massa foram feitas as determinações do valor de pH e os teores de acidez titulável, gordura, sólidos totais e cinzas. Os métodos para avaliação são relatados a

seguir:

- pH: os valores de pH foram determinados diretamente nas amostras usando-se um potenciômetro (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);
- Acidez titulável: as determinações do teor de acidez foram realizadas por titulação ácido-alcalimétrica, usando-se fenolftaleína como indicador (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);
- Gordura: foi determinada pelo método de Gerber - Van Gulik (SILVA et al., 1997);
- Sólidos totais: as determinações foram feitas por secagem da amostra em estufa a vácuo a 70°C por 24 horas (CASE; BRADLEY JR.; WILLIAMS, 1985);
- Cinzas: foi determinada por incineração em mufla a 550°C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

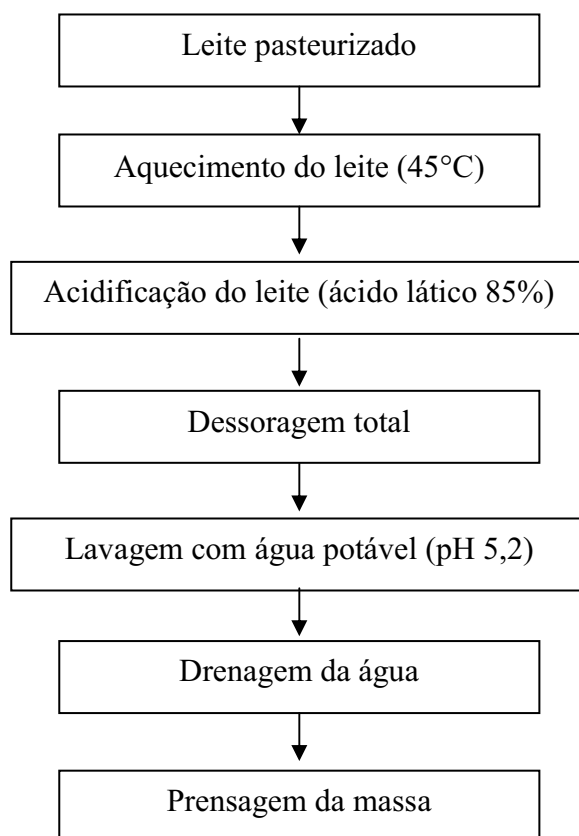


Figura 2 - Fluxograma de preparo da massa láctica para elaboração do requeijão cremoso modificado.

4.5 - Preparo do requeijão cremoso modificado

Em testes preliminares foram estudados os tipos e concentrações dos ingredientes a serem utilizados nas formulações do requeijão cremoso modificado em função dos dados da literatura e recomendações dos fabricantes. Foram usados os teores de isolado protéico de soja comumente adotados pelas indústrias e os teores de inulina foram fixados para que o produto pudesse ser considerado rico em fibras ou fonte de fibras atendendo a legislação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Foram definidos os ingredientes: massa lática (36,9%), cloreto de sódio (0,5%), sal fundente (1,2%), amido de milho (2,56%), água potável (55%), concentrado protéico de soro - CPS (3,0%), goma xantana (0,2%) e conservante nisina (0,64%). Para o preparo das formulações de requeijão cremoso modificado, foram estudados os efeitos das variáveis: creme de leite (2,0; 4,0 e 6,0%), gordura vegetal hidrogenada (6,0; 8,0 e 10,0%), isolado protéico de soja – IPS (0,5; 1,0 e 1,5%) e inulina (3,8; 5,05 e 6,3%).

A massa lática obtida foi aquecida juntamente com a gordura hidrogenada, o cloreto de sódio, o sal fundente, a nisina, o isolado protéico de soja (IPS) e parte da água a uma temperatura de 75°C, sob agitação constante por 2 minutos, em um termoprocessador. Em seguida, foram adicionados: o concentrado protéico de soro (CPS), o amido de milho, a goma xantana, a inulina, o creme de leite e o restante da água. Agitou-se por 2 minutos. Aumentou-se a temperatura para 90°C e agitou-se por 2 minutos. O produto foi resfriado a temperatura ambiente num banho de água e gelo e armazenado a 8°C. Durante toda a etapa de preparo do requeijão cremoso modificado, a mistura foi submetida à agitação constante. A adição de água em duas ou mais etapas tem como objetivo produzir uma melhor dissolução da caseína com a solução de sal emulsificante. A Figura 3 ilustra o fluxograma de preparo do produto.

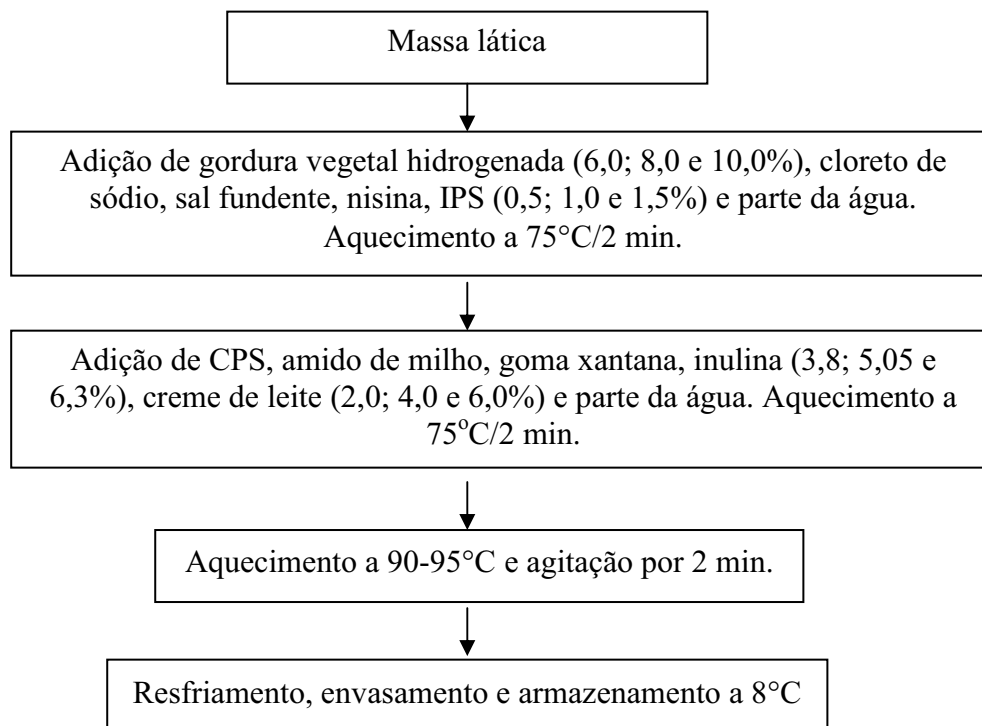


Figura 3 - Fluxograma de preparo do requeijão cremoso modificado.

4.6 – Caracterização físico-química

As análises físico-químicas do requeijão cremoso modificado foram realizadas em triplicata, de acordo com os métodos descritos a seguir:

- pH: os valores de pH foram determinados diretamente nas amostras usando-se um potenciômetro (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).
- Acidez titulável: foi determinada por titulação ácido-alcalimétrica, usando fenolftaleína como indicador e expressa em porcentagem de ácido láctico (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);
- Extrato seco total (EST): foi determinado pela secagem em estufa a vácuo por 24 horas a 70°C, conforme recomendado pela American Public Health Association (CASE; BRADLEY JR.; WILLIAMS, 1985);
- Cinzas: foi determinada por incineração em mufla a 550°C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);
- Gordura (G): foi determinada pelo método de Gerber - Van Gulik (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985);
- Gordura no extrato seco (GES): foi calculada pela fórmula: $\%GES = (G/EST) \times 100$;
- Nitrogênio total (NT): foi determinado pelo método de Kjeldahl;

- Proteína total: foi calculada multiplicando-se o valor do nitrogênio total por 6,25 (AOAC, 1995).

4.7 - Caracterização do perfil eletroforético em gel de poliacrilamida (Urea – PAGE)

A eletroforese em gel de poliacrilamida (Urea - PAGE) foi realizada nas amostras de requeijão cremoso modificado utilizando-se uma unidade vertical Mini Protean 3 (Bio-Rad®, Hercules, EUA), pelo método descrito por Shalabi e Fox (1987). Os extratos para eletroforese foram preparados dissolvendo-se 20 mg de amostra em 1 mL de tampão, preparado a partir de 1,50 g de tris-hidroximetil aminometano (TRIS) e 84g de uréia em 150 mL de água destilada, adicionado de ácido clorídrico até pH 6,7, para um volume final de 200 mL. As amostras foram colocadas em um banho de aquecimento a 37°C por 1 hora, adicionadas de 5 µL de mercaptoetanol, seguido de aquecimento a 37°C por 45 minutos, e em seguida, foi adicionada uma pequena quantidade de azul de bromofenol. Foi aplicado 20 µL das amostras no gel, sendo estas separadas com 100V, até o corante azul de bromofenol atingir o final do gel. Os géis foram corados com Brilliant Blue Colloidal durante um dia e descorados com água destilada.

4.8 - Caracterização da microestrutura em microscópio eletrônico de transmissão – TEM

A caracterização da microestrutura por microscopia eletrônica de transmissão foi realizada no Centro de Microscopia Eletrônica do IBILCE – UNESP, apenas nas amostras dos requeijões cremosos modificados dos experimentos 1, 5, 8, 16 e 19, para auxiliar no entendimento do efeito dos ingredientes sobre as características tecnológicas.

As amostras dos requeijões cremosos modificados foram fixadas em solução de glutaraldeído a 3%, acrescida de 0,25% de ácido tânico em tampão Milonig pH 7,4 (di-hidrogenofosfato de sódio monohidratado, hidróxido de sódio, glicose e água) durante 24 h (COTTA-PEREIRA; RODRIGO; DAVID FERREIRA, 1976). As amostras fixadas foram lavadas com tampão Milonig pH 7,4, e pós-fixadas em solução a 1% de tetróxido de ósmio em tampão Milonig pH 7,4 durante 2 h. As amostras pós-fixadas foram lavadas duas vezes, 10 min cada, com água destilada e desidratadas em uma série

graduada de acetona (30%, 50%, 70%, 90%, 15 min cada) e posteriormente em acetona 95% e absoluta três vezes por 15 min cada. As amostras desidratadas foram embebidas na resina Araldite[®] de baixa viscosidade (1:1 Acetona: Araldite[®]) durante 16h, seguida de infiltração em Araldite[®] por 2h a 37°C e inclusão e polimerização também em Araldite[®] por 48 h em estufa a 60°C.

Os blocos foram estocados até que todas as formulações fossem preparadas e então foi realizado o seccionamento em navalha de vidro a 500 η m. Após a escolha da área desejada e trimagem do bloco, foram feitas as secções ultrafinas (80 η m) em navalha de diamante e coletados em grades de cobre 200 mesh, contrastadas por solução de acetato uranila a 2% e citrato de chumbo diluído em NaOH 0,02%. As secções foram examinadas sob microscópio eletrônico de transmissão LEO 906 E (Carl Zeiss, Jena, Alemanha) (BARROS, 2009).

4.9 - Caracterização do perfil de textura

O perfil de textura das amostras de requeijão cremoso modificado foi avaliado utilizando-se o texturômetro TA-XT₂ Stable Micro Systems, com velocidade de pré-teste 2,0 mm/s, velocidade de teste 1,0 mm/s e velocidade de pós-teste 2,0 mm/s, tempo 5,0 segundos, força de contato 100g, temperatura 10°C \pm 2°C (CAMPOS, 1989). O produto foi colocado em cápsula de alumínio de 55 mm de diâmetro x 26 mm de altura, com capacidade de 52cm³, padronizando-se desta forma a massa a ser analisada. Foram determinadas as características de:

- dureza: força necessária para produzir uma certa deformação;
- adesividade: trabalho necessário para superar as forças de atração entre a superfície do alimento e a de outras superfícies que o alimento entra em contato;
- elasticidade: é a razão pela qual um material deformado volta a condição não deformada, após a remoção da força de deformação;
- coesividade: resistência das ligações internas;
- gomosidade: energia para desintegrar um alimento semi-sólido até que esteja pronto para a deglutição, é o produto de baixo grau de dureza e alto grau de coesividade;
- mastigabilidade: é o tempo ou o número de mastigação requeridos para desintegrar um alimento sólido a um estado pronto para ser deglutido, sendo o produto da dureza, coesividade e elasticidade.

4.10 - Caracterização reológica

Os parâmetros foram obtidos em triplicata a 10°C, usando-se um reômetro de cone e placa, modelo RVDV III, marca Brookfield, Stoughton, USA. O reômetro possui uma camisa termostaticada situada ao redor do arranjo cone e placa, em cujo interior circula água para aquecimento ou resfriamento, permitindo um melhor controle de temperatura. O aumento da tensão de cisalhamento foi obtido pelo aumento da rotação, a partir da variação contínua da velocidade angular do cone. Foram utilizadas as rotações entre 0,1 e 0,7 rpm com acréscimos de 0,03 rpm a cada 15 segundos, em curvas ascendentes e descendentes, cone CP 52 e 0,5 mL de amostra.. A taxa de deformação foi determinada usando-se um programa computacional (Brookfield Reocalc for Windows) que emprega as seguintes equações:

$$\dot{\gamma} = \frac{\omega}{\sin\theta} \quad (\text{equação 2})$$

$$\tau = \frac{T}{\frac{2}{3}\pi r^3} \quad (\text{equação 3})$$

em que: $\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (1/s); τ = tensão de cisalhamento (Pa); ω = velocidade angular do cone (rpm); θ = ângulo do cone. A descrição do comportamento reológico foi feita utilizando-se o modelo reológico de Ostwald-de-Waele com auxílio do programa Origin versão 5.0.

4.11 - Teste de capacidade de derretimento

Foi utilizado o método descrito por Olson e Price (1958) adaptado às condições definidas por Gigante (1998). Foram pesados 15,00 ± 0,20 gramas de requeijão cremoso modificado a 10°C, diretamente dentro de um tubo de derretimento de vidro de forma cilíndrica, com 25 cm de comprimento e 30 mm de diâmetro e com duas linhas de referência gravadas no vidro, no sentido longitudinal e transversal. Após a pesagem do produto os tubos foram deixados na posição vertical em um banho de gelo por 30 minutos. Ajustou-se a rolha de borracha até que a superfície do queijo estivesse alinhada com a linha de referência transversal gravada no vidro. Em seguida as amostras foram colocadas na posição horizontal sobre o suporte de madeira numa estufa com corrente de ar forçada a 110°C. Após 8 minutos o suporte foi retirado da estufa e inclinado 30° a fim de interromper o fluxo do requeijão cremoso modificado, assinalando a distância

percorrida entre a linha transversal no tubo e a borda do produto derretido. Retornou-se o suporte para a posição horizontal e colocou-se por mais 2 minutos na estufa. Repetiu-se a operação de marcação da distância. A distância total, em milímetros, percorrida pela amostra nos 8 + 2 minutos de aquecimento foi denominada “fluxo do requeijão” e usada como critério de derretimento.

4.12 - Planejamento experimental

Os ensaios foram realizados segundo um planejamento experimental do tipo fatorial com quatro variáveis e dois níveis e quatro pontos centrais (MONTGOMERY, 2001), com repetição, constituindo os blocos 1 e 2. A Tabela 1 mostra as variáveis independentes e os níveis das variações que foram usados nos 20 tratamentos. O ponto central codificado como “0” foi selecionado segundo dados da literatura e testes preliminares. Os níveis de variação, codificados como -1 e +1, foram escolhidos para cobrir a região experimental conveniente. Os valores originais desses níveis foram estabelecidos pelas equações:

$$X_1 = \frac{CL - 4,0}{2,0} \quad (\text{equação 4})$$

X_1 = valor codificado da variável creme de leite - CL (%)

$$X_2 = \frac{GVH - 8,0}{6,0} \quad (\text{equação 5})$$

X_2 = valor codificado da variável gordura vegetal hidrogenada - GVH (%)

$$X_3 = \frac{IPS - 1}{0,5} \quad (\text{equação 6})$$

X_3 = valor codificado da variável isolado protéico de soja - IPS (%)

$$X_4 = \frac{I - 5,05}{3,8} \quad (\text{equação 7})$$

X_4 = valor codificado da variável da inulina - I (%)

Após a preparação dos experimentos do bloco 1, houve uma re-adequação do processo, corrigindo eventuais problemas que não haviam sido previstos anteriormente. As variações entre os experimentos dos blocos 1 e 2 foram: (1) redução na velocidade de rotação do equipamento de fusão (Termoprocessador) nos ensaios do bloco 2, pois ocorria a cremificação dos requeijões cremosos modificados e incorporação de ar durante a fusão, (2) na etapa de resfriamento ocorria a formação de uma película superficial no produto, que foi solucionada com a imersão total do béquer dentro de um recipiente com água e gelo para um resfriamento mais rápido, seguido de envase e refrigeração. O resfriamento rápido cessa a cremificação da massa, o produto retém a consistência cremosa e a estrutura curta necessária para se obter a espalhabilidade ideal, e (3) foi incluída a análise da composição da massa utilizada na elaboração dos requeijões cremosos modificados. Nos experimentos do bloco 1 foram realizadas apenas as análises físico-químicas e nos experimentos do bloco 2 foram incluídas outras avaliações: perfil eletroforético, caracterização do perfil de textura, análises reológicas, microestrutura e teste da capacidade de derretimento.

A seqüência de preparo dos requeijões cremosos modificados foi realizada seguindo a ordem dos experimentos no planejamento experimental, devido à impossibilidade de se realizar as 20 formulações de uma única vez.

Foi feita a análise de variância (ANOVA) dos resultados das amostras e a comparação entre as médias com a utilização do teste de Tukey, através do programa ESTAT (BANZATTO, KRONKA, 1995). Foi considerado um nível de significância de $p < 0,05$.

Tabela 1 - Planejamento dos experimentos.

| Tratamentos | Níveis das variáveis codificadas | | | | Níveis das variáveis originais | | | |
|-------------|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|-------|-------|------|
| | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | CL % | GVH % | IPS % | I % |
| 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 2,0 | 6,0 | 0,5 | 3,8 |
| 2 | +1 | -1 | -1 | -1 | 6,0 | 6,0 | 0,5 | 3,8 |
| 3 | -1 | +1 | -1 | -1 | 2,0 | 10,0 | 0,5 | 3,8 |
| 4 | +1 | +1 | -1 | -1 | 6,0 | 10,0 | 0,5 | 3,8 |
| 5 | -1 | -1 | +1 | -1 | 2,0 | 6,0 | 1,5 | 3,8 |
| 6 | +1 | -1 | +1 | -1 | 6,0 | 6,0 | 1,5 | 3,8 |
| 7 | -1 | +1 | +1 | -1 | 2,0 | 10,0 | 1,5 | 3,8 |
| 8 | +1 | +1 | +1 | -1 | 6,0 | 10,0 | 1,5 | 3,8 |
| 9 | -1 | -1 | -1 | +1 | 2,0 | 6,0 | 0,5 | 6,3 |
| 10 | +1 | -1 | -1 | +1 | 6,0 | 6,0 | 0,5 | 6,3 |
| 11 | -1 | +1 | -1 | +1 | 2,0 | 10,0 | 0,5 | 6,3 |
| 12 | +1 | +1 | -1 | +1 | 6,0 | 10,0 | 0,5 | 6,3 |
| 13 | -1 | -1 | +1 | +1 | 2,0 | 6,0 | 1,5 | 6,3 |
| 14 | +1 | -1 | +1 | +1 | 6,0 | 6,0 | 1,5 | 6,3 |
| 15 | -1 | +1 | +1 | +1 | 2,0 | 10,0 | 1,5 | 6,3 |
| 16 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6,0 | 10,0 | 1,5 | 6,3 |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,0 | 8,0 | 1,0 | 5,05 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,0 | 8,0 | 1,0 | 5,05 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,0 | 8,0 | 1,0 | 5,05 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,0 | 8,0 | 1,0 | 5,05 |

X₁ = CL = creme de leite; X₂ = GVH = gordura vegetal hidrogenada; X₃ = IPS = isolado protéico de soja; X₄ = I = inulina.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 - Tipo e concentração de hidrocolóide utilizado no preparo do requeijão cremoso modificado

Os resultados da análise visual dos requeijões adicionados de hidrocolóides estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise visual das amostras de requeijão cremoso modificado para definição do tipo e concentração de hidrocolóide.

| Hidrocolóides | Concentrações | Observações |
|---------------|---------------|---|
| Guar | 0,1 | Boa aparência e consistência muito mole |
| | 0,3 | Boa aparência e consistência mole |
| | 0,5 | Boa aparência e consistência mole |
| Xantana | 0,1 | Boa aparência e consistência mole, sem ponto de fio |
| | 0,3 | Boa aparência e consistência firme, ponto de fio |
| | 0,5 | Boa aparência e consistência dura |
| Carragena | 0,1 | Boa aparência, consistência firme, sem ponto fio |
| | 0,2 | Boa aparência, consistência dura |
| | 0,5 | Formou grumos, consistência muito dura |

A partir destes resultados, optou-se pela goma xantana numa concentração intermediária de 0,2%, pois na concentração de 0,3% de goma xantana, o produto apresentava-se com consistência firme e ponto de fio sem rompimento, dificultando a espalhabilidade.

5.2 - Caracterização das matérias-primas

Os resultados da caracterização físico-química do leite tipo B pasteurizado (pH, densidade, gordura, sólidos totais, proteína, ponto crioscópico, acidez titulável e resíduos de antibióticos) e do creme de leite (pH, acidez, gordura, sólidos totais e cinzas) estão apresentados nas Tabelas de 3 a 6. As amostras A de leite pasteurizado e creme de leite foram utilizadas para a obtenção dos experimentos 2, 6, 9, 10, 13, 14, 17 e 18, a amostra B de leite pasteurizado e creme de leite foram utilizadas para a obtenção

dos experimentos 3, 5, 7, 11, 15 e 19 e a amostra C de leite pasteurizado e creme de leite foram utilizadas para a obtenção dos experimentos 1, 4, 8, 12, 16 e 20 do bloco 1. Na elaboração dos requeijões do bloco 2 foram realizados 4 experimentos no mesmo dia, utilizando as amostras de leite pasteurizado, creme de leite e massa denominados D, E, F, G e H para os 20 experimentos, respectivamente

Algumas características físico-químicas como pH, acidez, teor de gordura, extrato seco total, proteína, entre outros, devem ser considerados e conhecidos, pois são de grande importância na manufatura de queijo fundido (VAN DENDER, 2006).

A composição do leite pode variar em função do tipo e idade do gado, da estação do ano, do tipo de ordenha e alimentação e esta exerce grande influência nas características do requeijão, principalmente a gordura que tem um papel importante na cor, na consistência e no sabor final do produto. Variações na composição do leite implicam em variações na composição da massa básica e, conseqüentemente, na composição dos requeijões (OLIVEIRA, 1986).

Para o leite, os valores médios de pH variaram de 6,72 a 6,79, para o bloco 1 e 6,63 a 6,73 para o bloco 2. Mudanças do pH durante o processo alteram o equilíbrio do sistema salino e, como conseqüência, a estabilidade da proteína. Quando o leite é aquecido, o fosfato passa da fase solúvel para a fase coloidal. Por outro lado, diminuindo-se o pH do leite, ocorrem mudanças do cálcio e fosfato coloidal para a forma solúvel, sendo que em pH 5,2 todo o cálcio e o fosfato do leite passam para a forma solúvel, com posterior solubilização destes íons no meio ácido (TAKAYOSHI, UMEDA, KAKO, 1990). Variações na acidez do leite, como ocorreu de 14,92 a 15,36°D no bloco 1 e 14,90 a 17,00°D no bloco 2, ocasionam mudanças no equilíbrio salino (FOX; McSWEENEY, 1998). A adição de ácidos como o ácido lático ao leite causa a redução do pH e define o teor de acidez do produto. A acidez do leite deve-se a presença de caseína, fosfatos, albumina, dióxido de carbono e citratos. A desmineralização é decorrente da remoção do cálcio da rede protéica, resultando na desintegração das micelas de caseína, com conseqüente separação das subunidades de proteínas, portanto para uma fusão adequada do coágulo ácido da caseína, é necessário que ocorra recuperação do equilíbrio salino perdido (FOX; McSWEENEY, 1998).

Tabela 3 – Valores médios da composição do leite pasteurizado utilizado no bloco 1.

| Leite | A | B | C |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| pH | 6,79±0,09 ^a | 6,75±0,01 ^b | 6,72±0,00 ^c |
| Densidade (g/mL) | 1,032±0,00 ^a | 1,032±0,06 ^a | 1,032±0,06 ^a |
| Gordura (%) | 3,4±0,01 ^a | 3,1±0,01 ^b | 3,4±0,01 ^a |
| Sólidos totais (%) | 8,88±0,01 ^b | 8,92±0,00 ^a | 8,92±0,01 ^a |
| Proteína (%) | 3,25±0,01 ^b | 3,26±0,00 ^a | 3,26±0,00 ^a |
| P ^{lo} crioscópico | -0,5290±0,00 ^c | -0,5330±0,00 ^a | -0,5317±0,06 ^b |
| Acidez (°D) | 14,92±0,44 ^a | 15,36±0,00 ^a | 15,36±0,00 ^a |
| Teste antibiótico | negativo | negativo | negativo |

^{a, b, c} Letras iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$).

Tabela 4 – Valores médios da composição do leite pasteurizado utilizado no bloco 2.

| Leite | D | E | F | G | H |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| pH | 6,63±0,00 ^b | 6,73±0,00 ^a | 6,72±0,00 ^a | 6,70±0,00 ^a | 6,71±0,00 ^a |
| Densidade (g/mL) | 1,031±0,17 ^b | 1,031±0,06 ^b | 1,031±0,00 ^b | 1,031±0,00 ^b | 1,032±0,00 ^a |
| Gordura (%) | 3,3±0,0 ^a | 3,2±0,0 ^b | 3,1±0,0 ^c | 3,0±0,0 ^d | 2,8±0,0 ^c |
| Sólidos totais (%) | 8,72±0,03 ^{ab} | 8,68±0,01 ^{bc} | 8,76±0,01 ^{ab} | 8,62±0,00 ^c | 8,80±0,00 ^a |
| Proteína (%) | 3,18±0,01 ^b | 3,09±0,01 ^d | 3,20±0,00 ^{ab} | 3,15±0,00 ^c | 3,21±0,00 ^a |
| P ^{lo} crioscópico | -0,5193±0,21 ^{bc} | -0,5173±0,06 ^c | -0,5220±0,00 ^b | -0,5130±0,00 ^d | -0,5260±0,00 ^a |
| Acidez (°D) | 17,00±0,12 ^a | 15,66±0,00 ^c | 15,87±0,00 ^b | 15,77±0,00 ^{bc} | 14,90±0,11 ^d |
| Teste antibiótico | negativo | negativo | negativo | negativo | negativo |

^{a, b, c, d} Letras iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$).

A densidade das amostras de leite que variou de 1,031 a 1,032 g/mL podem estar relacionados a pequenas variações na composição do leite. O leite apresentou ausência de resíduos de antibióticos, o que o torna apto para a fabricação do requeijão, pois quando o mesmo está contaminado tanto por bactérias quanto por agentes químicos como antibióticos, herbicidas e pesticidas, este se torna inadequado para o processo. Os antibióticos quando administrados ao gado podem passar ao leite, podendo inibir a sua coagulação ou no caso de queijos, até alterar o tempo de maturação devido às alterações na microbiota láctica (PERRY, 2004), as quais são responsáveis pelo desenvolvimento da acidez, aroma e sabor dos queijos. A qualidade do leite utilizado atende o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Leite, IN nº 51 (BRASIL, 2002).

A análise de variância dos resultados das análises do leite pasteurizado demonstrou que houve diferença significativa entre as amostras, com exceção dos teores de acidez e densidade do bloco 1.

Tabela 5 – Valores médios da composição do creme de leite utilizado no bloco 1.

| Creme | A | B | C |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Gordura (%) | 37,3±1,2 ^a | 36,7±1,2 ^a | 36,0±0,0 ^a |
| Acidez (°D) | 11,51±0,11 ^a | 10,37±0,11 ^b | 11,25±0,40 ^a |
| Sólidos totais (%) | 43,82±0,05 ^a | 41,68±0,15 ^b | 41,49±0,01 ^b |

^{a, b} Letras iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$).

Tabela 6 – Valores médios da composição do creme de leite utilizado no bloco 2.

| Creme | D | E | F | G | H |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| pH | 6,73±0,00 ^b | 6,73±0,00 ^b | 6,75±0,00 ^a | 6,75±0,00 ^a | 6,74±0,00 ^{ab} |
| Acidez (°D) | 10,25±0,01 ^b | 9,81±0,00 ^c | 10,86±0,00 ^b | 10,20±0,00 ^b | 11,50±0,00 ^a |
| Gordura (%) | 36,0±0,0 ^a | 36,3±0,6 ^a | 36,7±0,6 ^a | 36,7±0,6 ^a | 36,0±0,0 ^a |
| Sólidos totais (%) | 42,42±0,21 ^b | 43,09±0,05 ^a | 41,41±0,02 ^c | 41,43±0,04 ^c | 41,22±0,01 ^c |
| Cinzas (%) | 0,47±0,01 ^b | 0,46±0,01 ^b | 0,54±0,04 ^a | 0,50±0,01 ^{ab} | 0,49±0,01 ^b |
| Proteína (%) | 1,89±0,03 ^b | 1,85±0,00 ^b | 2,04±0,00 ^a | 2,01±0,03 ^a | 2,00±0,08 ^a |

^{a, b, c} Letras iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$).

O pH do creme de leite variou de 6,73 a 6,75 no bloco 2, valores um pouco inferiores aos obtidos por Van Dender et al. (2005), de 6,79. A acidez titulável variou de 10,37 a 11,51°D no bloco 1 e 9,81 a 11,50°D no bloco 2, esta oscilação é considerada normal e pode estar ligada a variações na matéria prima utilizada para o processamento do creme de leite.

O teor de gordura do creme variou de 36,0 a 37,3% no bloco 1 e 36,0 a 36,7 no bloco 2, muito inferiores aos obtidos por Van Dender et al. (2005), que utilizou creme de leite com 69,08% de gordura. A quantidade de gordura a ser adicionada depende do teor de gordura que se deseja no extrato seco do produto final, bem como do teor de gordura e de extrato seco da massa inicial. Os teores de sólidos totais variaram de 41,49 a 43,82% para o bloco 1 e 41,22 a 43,09% para o bloco 2, também inferiores ao obtido por Van Dender et al. (2005) que foi 70,39%. Esta diferença pode estar relacionada ao tipo e concentração de ingredientes utilizados e diferenças no processo de fabricação. O teor de cinzas e proteína variaram de 0,46 a 0,54% e 1,85 a 2,04 %, respectivamente, para o creme de leite utilizado nos experimentos do bloco 2.

O creme de leite, responsável pelas principais características sensoriais desejáveis no requeijão cremoso, também é responsável pelo seu alto teor de gordura. A proporção de creme a ser adicionada dependerá do teor de gordura desejado no requeijão. A adição de uma proporção maior de creme de leite à massa resulta num requeijão mais macio e mais consistente, ao contrário, a adição de uma proporção menor resulta em um queijo processado mais duro (GALLINA, 2005).

A análise de variância dos resultados das composições do creme de leite demonstrou que houve diferença significativa entre as amostras utilizadas no processamento dos requeijões cremosos modificados de todos os tratamentos. Estas variações na composição das amostras de cremes de leite utilizados na fabricação dos requeijões cremosos são consideradas normais, pois as amostras não eram do mesmo lote e foram adquiridos no dia de preparo dos experimentos.

5.3 - Caracterização físico-química da massa

Os resultados da caracterização físico-química da massa: pH, acidez titulável, gordura, sólidos totais e cinzas, estão apresentados na Tabela 7.

Os valores de pH da massa variaram de 5,30 a 5,40, inferiores aos obtidos por Rapacci (1997) e Van Dender et al. (2005) (em média 5,53), pois a massa utilizada no processamento dos requeijões, nestes trabalhos, não foram lavadas, tendo sido realizada apenas a dessoragem, enformagem e prensagem. Por outro lado, Gallina (2005) obteve valores de pH da massa de 5,80 a 5,82 ao trabalhar com requeijão UHT fabricado a partir de massa obtida por precipitação ácida, à quente, e lavada com água a temperatura ambiente.

Tabela 7 – Valores médios da composição da massa do bloco 2.

| Massa | D | E | F | G | H |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| pH | 5,30±0,00 ^b | 5,40±0,00 ^a | 5,30±0,00 ^b | 5,30±0,00 ^b | 5,35±0,00 ^{ab} |
| Acidez (°D) | 53,38±0,06 ^a | 52,12±0,12 ^b | 52,12±0,12 ^b | 52,07±0,10 ^b | 52,13±0,19 ^b |
| Gordura (%) | 13,7±0,6 ^{ab} | 13,0±0,5 ^{ab} | 13,7±0,6 ^{ab} | 14,3±0,6 ^a | 14,0±0,0 ^{ab} |
| Sólidos totais (%) | 35,72±0,01 ^d | 34,46±0,04 ^c | 37,23±0,02 ^c | 39,07±0,05 ^b | 39,53±0,03 ^a |
| Cinzas (%) | 3,03 ± 0,03 ^c | 2,28 ± 0,03 ^d | 2,04 ± 0,03 ^c | 6,05 ± 0,08 ^b | 7,86 ± 0,02 ^a |

^{a, b, c, d, e} Letras iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$).

Na obtenção da massa pelo processo de acidificação direta do leite, à quente, o pH no momento da coagulação das proteínas é maior que 4,6 (ponto isoelétrico da

caseína), e a coagulação se deve a ação conjunta do calor e ácido, aumentando a taxa de colisão entre as partículas e desidratando as proteínas do leite, deslocando o pHi das frações de caseína para o ponto isoelétrico, que varia na faixa de 5,4 a 5,8 (RAPACCI, 1997). Deste modo, a redução de pH é suficiente para acelerar a precipitação, e ao mesmo tempo, produz um coágulo mais macio (FOX; McSWEENEY, 1998).

A acidez da massa variou de 52,07 a 53,38°D e este é um parâmetro que deve ser controlado, uma vez que influencia a perda de cálcio da rede protéica, a consistência, textura, sabor e vida de prateleira do requeijão (FOX; McSWEENEY, 1998). Os valores de acidez obtidos por Lubeck (2005) foram superiores, porém após a acidificação e obtenção da massa, esta foi lavada com leite integral ao invés de água. O leite pode levar a uma restauração do equilíbrio salino da massa pela incorporação de uma nova porção de coágulo, que contém equilíbrio salino diferente da massa obtida lavada com água.

O teor de sólidos totais variou de 34,46 a 39,53%, e são inferiores aos encontrados por Rapacci (1997), que estudou tanto a acidificação direta quanto a fermentação láctica (41,78 a 43,58%), Van Dender et al. (2005), que obteve um valor médio de 42,97%, e Silva (2003), que obteve de 46,67 a 46,86% de sólidos totais, mas superiores aos encontrados por Lubeck (2005), que obteve um valor médio de 31,98%. Os valores obtidos são semelhantes aos valores médios encontrados na literatura, de 38 a 40% de extrato seco total na fabricação de requeijão cremoso. Esta variação dos valores de sólidos totais da massa se deve ao tipo de leite usado (integral ou desnatado), a prensagem e manutenção da massa (tempo de secagem) até sua homogeneização e uso.

Os valores de cinzas variaram de 2,04 a 7,86% e são semelhantes aos obtidos por Rapacci (1997) e superiores aos obtidos por Lubeck (2005) e Van Dender (2005). O teor de cinzas está relacionado ao grau de desmineralização que a massa sofreu durante a etapa de acidificação e lavagem, e também ao teor de umidade da massa utilizada no processamento.

O teor de gordura da massa variou de 13,0 a 14,3%, uma vez que foi obtida a partir de leite integral. Lubeck (2005) e Van Dender (2005) utilizaram leite desnatado com teor médio de gordura de 0,5% e 0,48 %, respectivamente.

A análise de variância demonstrou que houve diferença significativa entre os valores de pH, acidez titulável, sólidos totais e cinzas na massa obtida nos diferentes tratamentos.

5.4 - Caracterização físico-química dos requeijões cremosos modificados

Os resultados das avaliações físico-químicas: pH, acidez titulável, sólidos totais, cinzas, gordura, gordura no extrato seco e proteína dos requeijões cremosos modificados estão apresentados nas Tabelas 8 e 9.

A análise de variância dos resultados dos requeijões cremosos modificados (Apêndice A) demonstrou que houve diferença significativa entre os tratamentos, com relação ao pH, acidez titulável, proteínas, cinzas, sólidos totais, gordura e gordura no extrato seco.

Os resultados médios de pH variaram de 6,26 a 6,38 para os requeijões cremosos do bloco 1 e 6,22 a 6,30 para os do bloco 2, superiores aos encontrados por Sobral (2007), Lubeck (2005) e Gallina (2005). O pH é um importante parâmetro na fabricação, pois o seu controle é necessário para se obter e manter as características desejáveis de textura e propriedades reológicas dos requeijões. Em requeijão cremoso fabricado a partir de um coágulo ácido obtido por fermentação, a desacidificação da massa é um fator determinante para se obter uma fusão homogênea, uma vez que as proteínas no seu ponto isoelétrico ($pH_i = 4,6$) tem solubilidade mínima. Neste caso, logo após a dessora, o coágulo de caseína que apresenta pH por volta de 4,6 a 5,4 deve ser desacidificado com a finalidade de se obter a cremosidade típica de um queijo processado. A correção do pH da massa pode ser obtida por meio de lavagens sucessivas da massa com água filtrada de boa qualidade (RAPACCI, 1997).

A faixa de pH é relativamente estreita, limitada pela estrutura do queijo e durabilidade do produto final (GALLINA, 2005). O intervalo de pH recomendado varia de 5,5 a 5,9 para requeijões com fermentação láctica e significativamente maior quando por acidificação direta (5,4 a 6,2). Se o pH for abaixo de 5,4 prejudica a estrutura, o paladar e tende a dar uma textura granulosa e muito firme. Valores de pH na faixa entre 5,5 a 5,7 resultam em queijos de consistência cremosa e firme. O aumento do pH resulta no decréscimo da interação proteína-proteína e no aumento da hidratação das proteínas, deixando o requeijão menos firme (RAPACCI, 1997; VAN DENDER, 2006). Para os valores acima de 6,2, tem-se o perigo de reduzir a durabilidade do queijo, além de alterações no sabor (gosto salgado, sabor de sabão e separação de gordura (SHIRASHOJI, JAEGGI, LUCEY, 2006) e consistência pastosa. Analisando-se os valores de pH dos requeijões cremosos modificados, verifica-se que o sal fundente e a adição dos ingredientes tiveram uma atuação no aumento destes teores, pois os valores

iniciais do pH das massas variaram de 5,30 a 5,40 e aumentaram para 6,22 a 6,38 na obtenção do requeijão cremoso modificado.

Os teores de acidez variaram de 0,24 a 0,39% para os requeijões cremosos modificados do bloco 1 e de 0,34 a 0,45% para os do bloco 2. A variação do pH e a acidez titulável dos requeijões cremosos modificados podem estar diretamente ligadas às variações da composição do produto, como teores de proteína e cinzas. Em geral, requeijões cujos teores de proteína são mais baixos apresentam menores valores de acidez titulável e pH mais elevado.

Os requeijões cremosos modificados apresentaram 28,63 a 35,56 % sólidos totais no bloco 1 e 27,45 a 38,54% no bloco 2. A variação nos teores de sólidos totais está relacionada à variação na formulação, composição do leite e do creme de leite. O teor de sólidos é importante pelas suas propriedades físicas, como a consistência e a viscosidade e pelo valor nutritivo do produto. Segundo Soares et al. (2002), é difícil a obtenção de requeijões com sólidos totais constantes, tanto pela incorporação de água condensada proveniente da injeção de vapor, quanto pela quantidade de amido adicionado. Os teores obtidos são ligeiramente superiores aos relatados por Van Dender et al. (2005), de 27,39 a 28,02%, provavelmente pelos diferentes ingredientes utilizados no processamento de requeijão, tais como isolado protéico de soja, inulina e gordura vegetal hidrolisada e o tipo de processamento. Por outro lado, os teores de sólidos totais foram próximos aos obtidos por Gallina (2005), de 33,78 a 34,16 % no requeijão cremoso e superiores ao requeijão cremoso light, que variou de 25,60 a 25,98 %, porém inferiores aos encontrados por Lubeck (2005), de 35,40 a 40,92%.

O conteúdo médio de sólidos totais requerido para queijos processados untáveis, como o requeijão cremoso, é de 38 a 40% (RAPACCI, 1997). Comparando-se os valores médios de sólidos totais apresentados por todas as amostras de requeijão cremoso modificado fabricados neste estudo com os valores citados em literatura, apenas uma formulação está incluída nesta faixa, devido à modificação da formulação.

Tabela 8 – Valores médios da caracterização físico-química dos requeijões cremosos modificados do bloco 1.

| Experimentos | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | pH | Acidez (%) | Sólidos totais (%) | Cinzas (%) | Gordura (%) | GES (%) | Proteínas (%) |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 6,27±0,01 ^{hi} | 0,37±0,00 ^b | 30,94±0,07 ^{efg} | 1,77±0,01 ^a | 12,5±0,00 ^d | 40,3±3,36 ^d | 9,02±0,29 ^{ab} |
| 2 | +1 | -1 | -1 | -1 | 6,30±0,00 ^e | 0,34±0,01 ^{cd} | 29,42±0,01 ^{hi} | 1,74±0,02 ^{abc} | 12,5±0,01 ^d | 42,4±3,51 ^{cd} | 8,21±0,03 ^{bc} |
| 3 | -1 | +1 | -1 | -1 | 6,32±0,00 ^d | 0,27±0,01 ^j | 30,18±0,01 ^{fgh} | 1,70±0,01 ^{cdef} | 13,9±0,01 ^{cd} | 46,2±3,43 ^{cd} | 7,70±0,28 ^{bc} |
| 4 | +1 | +1 | -1 | -1 | 6,28±0,00 ^{gh} | 0,35±0,01 ^{bc} | 34,42±0,01 ^{ab} | 1,68±0,00 ^{de fgh} | 16,9±0,01 ^{bc} | 49,0±3,01 ^{bcd} | 8,11±0,09 ^{bc} |
| 5 | -1 | -1 | +1 | -1 | 6,30±0,01 ^e | 0,31±0,01 ^{efg} | 28,63±0,01 ⁱ | 1,75±0,01 ^{ab} | 15,4±0,01 ^{cd} | 53,8±3,60 ^{bc} | 8,90±0,15 ^{ab} |
| 6 | +1 | -1 | +1 | -1 | 6,31±0,01 ^{de} | 0,36±0,01 ^{cde} | 30,27±0,01 ^{fgh} | 1,63±0,01 ^{hi} | 12,5±0,01 ^d | 40,8±3,39 ^d | 8,46±0,12 ^{abc} |
| 7 | -1 | +1 | +1 | -1 | 6,27±0,00 ^{hi} | 0,29±0,01 ^{ghi} | 31,47±0,01 ^{ef} | 1,70±0,01 ^{bcd} | 13,2±0,01 ^{cd} | 41,9±0,01 ^{cd} | 8,56±0,14 ^{abc} |
| 8 | +1 | +1 | +1 | -1 | 6,28±0,00 ^{ghi} | 0,39±0,01 ^a | 28,63±0,02 ⁱ | 1,70±0,01 ^{cde} | 16,9±0,03 ^{bc} | 48,7±3,04 ^{bcd} | 10,04±0,50 ^a |
| 9 | -1 | -1 | -1 | +1 | 6,32±0,00 ^d | 0,32±0,00 ^{ef} | 31,27±0,01 ^{ef} | 1,65±0,02 ^{fghi} | 14,7±0,01 ^{cd} | 46,9±0,01 ^{cd} | 8,35±0,26 ^{abc} |
| 10 | +1 | -1 | -1 | +1 | 6,36±0,00 ^b | 0,31±0,00 ^{fgh} | 31,28±0,01 ^{ef} | 1,63±0,02 ^{ghi} | 12,5±0,01 ^d | 39,8±3,31 ^d | 7,93±0,35 ^{bc} |
| 11 | -1 | +1 | -1 | +1 | 6,28±0,01 ^{ghi} | 0,26±0,00 ^{jk} | 31,65±0,01 ^{de} | 1,62±0,01 ⁱ | 13,9±0,00 ^{cd} | 43,9±3,13 ^{cd} | 7,93±0,18 ^{bc} |
| 12 | +1 | +1 | -1 | +1 | 6,30±0,00 ^{ef} | 0,32±0,01 ^{def} | 34,36±0,01 ^{ab} | 1,63±0,01 ^{ghi} | 15,4±0,01 ^{cd} | 43,3±3,04 ^{cd} | 7,80±0,72 ^{bc} |
| 13 | -1 | -1 | +1 | +1 | 6,37±0,01 ^{ab} | 0,32±0,01 ^{fgh} | 30,97±0,01 ^{efg} | 1,70±0,03 ^{bcd} | 13,9±0,00 ^{cd} | 45,0±3,33 ^{cd} | 8,07±0,27 ^{bc} |
| 14 | +1 | -1 | +1 | +1 | 6,33±0,01 ^{cd} | 0,29±0,01 ^{hi} | 30,58±0,02 ^{efgh} | 1,62±0,04 ⁱ | 15,4±0,01 ^{cd} | 50,3±3,42 ^{bcd} | 7,29±0,27 ^c |
| 15 | -1 | +1 | +1 | +1 | 6,34±0,01 ^c | 0,24±0,00 ^k | 31,05±0,02 ^{ef} | 1,65±0,01 ^{efghi} | 20,5±0,02 ^{ab} | 66,1±0,05 ^a | 7,58±0,65 ^{bc} |
| 16 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6,29±0,01 ^{fg} | 0,33±0,01 ^{def} | 35,56±0,01 ^a | 1,68±0,01 ^{de f g} | 21,3±0,01 ^a | 59,8±2,93 ^{ab} | 9,04±0,52 ^{ab} |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,38±0,00 ^a | 0,31±0,01 ^{efg} | 31,90±0,01 ^{de} | 1,64±0,02 ^{ghi} | 14,0±0,00 ^{cd} | 43,7±3,24 ^{cd} | 7,57±0,62 ^{bc} |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,26±0,01 ⁱ | 0,33±0,01 ^{cde} | 30,14±0,02 ^{fgh} | 1,66±0,02 ^{de f g h} | 13,2±0,00 ^{cd} | 43,8±0,00 ^{cd} | 8,65±0,75 ^{abc} |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,33±0,01 ^{cd} | 0,26±0,01 ^{jk} | 29,63±0,01 ^{ghi} | 1,68±0,01 ^{de f g} | 13,9±0,00 ^{cd} | 47,0±3,49 ^{cd} | 7,64±0,29 ^{bc} |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,32±0,00 ^d | 0,32±0,00 ^{ef} | 32,97±0,01 ^{cd} | 1,72±0,01 ^{bcd} | 13,9±0,01 ^{cd} | 42,3±3,14 ^{cd} | 8,06±1,50 ^{bc} |

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$). GES = gordura no extrato seco.

X₁ = creme de leite; X₂ = gordura vegetal hidrogenada; X₃ = isolado protéico de soja; X₄ = inulina.

Tabela 9 – Valores médios da caracterização físico-química dos requeijões cremosos modificados do bloco 2.

| Experimentos | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | pH | Acidez (%) | Sólidos totais (%) | Cinzas (%) | Gordura (%) | GES (%) | Proteínas (%) |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 6,25±0,01 ^{ef} | 0,39±0,01 ^{bc} | 27,45±0,12 ^q | 1,74±0,01 ^{def} | 12,5±0,04 ^b | 45,5±3,96 ^{abcde} | 8,63±0,00 ^{gh} |
| 2 | +1 | -1 | -1 | -1 | 6,21±0,01 ^g | 0,38±0,01 ^{bcd} | 27,89±0,06 ^p | 1,69±0,01 ^{gh} | 13,2±0,00 ^{ab} | 47,3±0,10 ^{abcde} | 8,44±0,00 ^{hi} |
| 3 | -1 | +1 | -1 | -1 | 6,25±0,00 ^f | 0,38±0,01 ^{bcd} | 30,75±0,02 ^j | 1,69±0,01 ^h | 15,4±0,04 ^{ab} | 50,1±3,37 ^{abcd} | 8,63±0,00 ^{gh} |
| 4 | +1 | +1 | -1 | -1 | 6,22±0,01 ^g | 0,36±0,00 ^{fg} | 30,83±0,01 ^j | 1,64±0,01 ^{ij} | 16,1±0,00 ^a | 52,3±0,01 ^{ab} | 8,40±0,03 ^{ij} |
| 5 | -1 | -1 | +1 | -1 | 6,26±0,00 ^{def} | 0,39±0,00 ^{bcd} | 28,71±0,08 ⁿ | 1,72±0,01 ^{ef} | 13,9±0,03 ^{ab} | 48,5±3,42 ^{abcde} | 9,25±0,00 ^e |
| 6 | +1 | -1 | +1 | -1 | 6,26±0,00 ^{def} | 0,39±0,01 ^{bc} | 28,41±0,02 ^o | 1,73±0,01 ^{def} | 11,7±0,00 ^{ab} | 41,3±0,03 ^{bcd} | 9,54±0,03 ^{cd} |
| 7 | -1 | +1 | +1 | -1 | 6,27±0,01 ^{cdef} | 0,37±0,01 ^{def} | 30,51±0,07 ^l | 1,75±0,01 ^{cd} | 12,5±0,04 ^b | 40,9±3,53 ^{cde} | 8,90±0,10 ^f |
| 8 | +1 | +1 | +1 | -1 | 6,29±0,00 ^{abc} | 0,34±0,01 ^g | 30,57±0,01 ^l | 1,65±0,01 ⁱ | 15,4±0,04 ^{ab} | 50,4±3,38 ^{abc} | 8,38±0,00 ⁱ |
| 9 | -1 | -1 | -1 | +1 | 6,30±0,01 ^{ab} | 0,45±0,01 ^a | 33,84±0,03 ^d | 1,98±0,01 ^a | 15,4±0,04 ^{ab} | 45,5±3,36 ^{abcde} | 9,71±0,07 ^{bc} |
| 10 | +1 | -1 | -1 | +1 | 6,27±0,01 ^{cdef} | 0,39±0,01 ^{bc} | 30,18±0,01 ^m | 1,83±0,01 ^b | 12,5±0,04 ^{ab} | 41,3±3,42 ^{bcd} | 8,71±0,03 ^{fg} |
| 11 | -1 | +1 | -1 | +1 | 6,28±0,01 ^{bcd} | 0,35±0,01 ^{fg} | 31,94±0,02 ^g | 1,67±0,01 ^{hi} | 12,5±0,04 ^{ab} | 39,0±3,24 ^{de} | 7,58±0,14 ⁱ |
| 12 | +1 | +1 | -1 | +1 | 6,28±0,00 ^{bcd} | 0,38±0,01 ^{bcd} | 34,17±0,02 ^c | 1,78±0,01 ^c | 15,4±0,04 ^{ab} | 45,1±3,05 ^{abcde} | 8,61±0,04 ^{ghi} |
| 13 | -1 | -1 | +1 | +1 | 6,28±0,01 ^{cd} | 0,37±0,01 ^{cde} | 33,26±0,04 ^e | 1,78±0,01 ^c | 12,5±0,04 ^{ab} | 37,5±3,06 ^e | 9,34±0,13 ^{de} |
| 14 | +1 | -1 | +1 | +1 | 6,30±0,00 ^{ab} | 0,39±0,01 ^{bc} | 31,05±0,05 ⁱ | 1,84±0,02 ^b | 13,9±0,05 ^{ab} | 44,9±3,39 ^{abcde} | 10,21±0,09 ^a |
| 15 | -1 | +1 | +1 | +1 | 6,30±0,01 ^a | 0,40±0,01 ^b | 38,54±0,08 ^a | 1,75±0,00 ^{de} | 19,1±0,00 ^a | 49,4±0,11 ^{abcd} | 9,59±0,08 ^{bc} |
| 16 | +1 | +1 | +1 | +1 | 6,27±0,00 ^{cdef} | 0,34±0,01 ^g | 36,05±0,01 ^b | 1,62±0,01 ^j | 19,8±0,04 ^a | 54,9±2,89 ^a | 8,65±0,08 ^{gh} |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,27±0,00 ^{cdef} | 0,38±0,01 ^{bcd} | 31,59±0,03 ^h | 1,75±0,01 ^{cd} | 13,9±0,03 ^{ab} | 44,1±3,30 ^{abcde} | 9,27±0,03 ^e |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,27±0,02 ^{cde} | 0,38±0,01 ^{bcd} | 32,06±0,02 ^g | 1,74±0,01 ^{def} | 13,9±0,03 ^{ab} | 43,5±3,21 ^{bcd} | 9,67±0,01 ^{bc} |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,27±0,01 ^{cde} | 0,39±0,01 ^{bcd} | 32,34±0,02 ^f | 1,72±0,01 ^{fg} | 13,2±0,00 ^b | 40,8±0,02 ^{cde} | 9,77±0,01 ^b |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,28±0,00 ^{bcd} | 0,38±0,00 ^{bcd} | 32,02±0,07 ^g | 1,75±0,01 ^{de} | 14,3±0,5 ^{ab} | 44,6±0,72 ^{abcde} | 9,60±0,08 ^{bc} |

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, l, m, n, o, p, q Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa (p < 0,05). GES = gordura no extrato seco.

X₁ = creme de leite; X₂ = gordura vegetal hidrogenada; X₃ = isolado protéico de soja; X₄ = inulina.

O teor de umidade variou de 64,44 a 71,37% para os produtos do bloco 1 e de 61,46 a 72,55% para os do bloco 2. No entanto, a legislação brasileira estabelece para requeijão cremoso (máximo de 65%) e requeijão tradicional (máximo de 60%) (BRASIL, 1997), portanto algumas formulações apresentam-se fora do estabelecido pela legislação. Lubeck (2005) obteve alguns valores abaixo e outros de acordo com o exigido na legislação (59,00 a 64,50%) no desenvolvimento de requeijão cremoso.

Do ponto de vista econômico, a umidade do produto final é um fator importante, pois quanto maior é a sua porcentagem, maior é o rendimento. Além disso, a umidade influencia na consistência (VAN DENDER, 2006).

Os requeijões cremosos modificados apresentaram uma variação de 1,62 a 1,77% e 1,62 a 1,98% nos teores de cinzas, para os blocos 1 e 2, respectivamente. Esta diferença está relacionada à variação das formulações e das matérias primas utilizadas nos requeijões cremosos. O teor de minerais influencia o grau de fusão e derretimento do requeijão, onde quanto maior o teor de minerais menor é a capacidade de derretimento do mesmo (SILVA; VAN DENDER; MELLO, 2005). O tratamento que apresentou maior teor de cinzas foi o 9, porém não foi observado o menor valor de derretimento.

Os teores de cinzas dos requeijões cremosos modificados foram semelhantes ao requeijão cremoso e requeijão cremoso *light* fabricados por processo convencional obtidos por Silva, Van Dender e Mello (2005) e ao requeijão cremoso (1,78g/100g) avaliados por Gallina (2005). Sobral (2007) obteve teores médios de 2,03 a 2,29 % de cinzas em requeijões cremosos e 3,39 a 4,32% nos requeijão cremoso *light* fabricados por processo de ultrafiltração, enquanto Gallina (2005) obteve 2,13g/100g em requeijão cremoso *light*.

Os resultados médios do teor de gordura e gordura no extrato seco variaram de 12,47 a 21,26% e 39,84 a 66,11% para os requeijões cremosos modificados do bloco 1 e de 11,73 a 19,80% e 37,47 a 54,92% para os do bloco 2, respectivamente.

Para um requeijão ser classificado como *light* ou com baixo teor de gordura deve obedecer a classificação estabelecida pelo Ministério da Saúde na portaria nº 27 de 1998, ou seja, para ser *light* deverá sofrer redução de no mínimo 25% do teor de gordura. Somente os produtos das formulações 1, 6, e 10 do bloco 1 e 7, 11, 13 e 19 do bloco 2 não podem ser classificados como requeijão cremoso *light*, pois não apresentaram redução de pelo menos 25% do teor de gordura.

Os teores de gordura e gordura no extrato seco foram maiores que os citados na literatura para requeijões adicionados de outros ingredientes, como os de Van Dender et al. (2005) em amostras de requeijão e requeijão *light* com adição de fibra, de Gallina (2005) para requeijão cremoso *light*. Por outro lado, os teores de gordura e gordura no extrato seco foram inferiores aos resultados de requeijão cremoso de Lubeck (2005) e de Sobral (2007), respectivamente.

Algumas formulações encontram-se fora das especificações da legislação brasileira para requeijão cremoso, cujo mínimo de gordura em base seca deve ser 55% (BRASIL, 1997), considerando os produtos *light*, o teor mínimo deveria ser 41,25%. Os teores de extrato seco total e gordura no extrato seco total são dois fatores importantes que devem ser controlados, já que a consistência do produto final depende basicamente do teor de gordura e umidade, pois esta diminui consideravelmente a firmeza do produto. No entanto, variações no conteúdo de gordura não influenciaram tanto a firmeza quanto o conteúdo de umidade, o que mais tem influência é o conteúdo de extrato seco desengordurado (RAPACCI, 1997).

Cavalcanti et al. (1992) estudaram a utilização de gordura vegetal em substituição ao creme de leite em requeijões cremosos em diferentes proporções (0, 20, 40 e 60%) e concluíram que se obtém bons resultados quando a substituição não excede valores de 40%. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na aceitação sensorial para os atributos de cor, aroma, textura, consistência, gosto ácido, salgado e amargo, houve apenas uma maior preferência no sabor do produto sem gordura vegetal (controle) em relação aos demais.

A composição centesimal dos requeijões cremosos modificados, elaborados nos dois blocos, diferiram muito da composição típica do requeijão cremoso, que deve apresentar em média: 58 a 60% de umidade, 38 a 40% de extrato seco total, 28 a 30% de gordura, 60 a 62% de gordura no extrato seco, 30 a 33% de proteína total e pH entre 5,2 a 5,7 (GALLINA, 2005).

O teor de proteína oscilou entre 7,29 a 10,04% para os requeijões do bloco 1 e de 7,58 a 10,21% para os do bloco 2. No estudo desenvolvido por Gallina (2005) o requeijão cremoso apresentou 11,11 a 11,44 g/100g de proteína e o requeijão cremoso *light*, 14,43 a 15,21 g/100g de proteína. Lubeck (2005) obteve teores médios de 11,45 a 15,08% de proteínas em requeijões cremosos com diferentes níveis de sal emulsificante e concentrado protéico de soro.

As amostras de requeijão cremoso e requeijão cremoso *light* com adição de fibras desenvolvidas por Van Dender et al. (2005) apresentaram de 12,86 a 14,69% de proteína. Os autores citaram que o aumento no teor de fibra resultou em menor teor de proteína na formulação, pois a fibra substituiu parte da proteína no extrato seco total do produto.

Os teores de proteína obtidos estão bem abaixo dos citados na literatura, uma vez que os requeijões cremosos modificados apresentaram elevado conteúdo de umidade. Além da proteína da massa, foram adicionados o isolado protéico de soja em três diferentes concentrações e 3% de concentrado protéico de soro. Os teores de proteína estão diretamente relacionados com as características de fusão da massa.

Durante a fusão, o aquecimento e a adição de sais fundentes, resultam na peptização da massa, que aumenta a área superficial e a capacidade de retenção de água da proteína, provocando uma mudança na textura do produto final, obtendo-se a estabilidade da emulsão ou suspensão, devido à troca iônica do cálcio do complexo paracaseinato de cálcio, resultando num rearranjo das moléculas protéicas e exposição de grupos hidrofílicos. Em seguida a esse efeito da caseína com o sal fundente, ocorre uma série de efeitos secundários, como “redução da estrutura da massa” e alterações no estado de hidratação da caseína que são identificados como efeito cremificante (MAURER-ROTHMANN; SCHEURER, 2005).

5.5 - Caracterização do perfil eletroforético

Os perfis eletroforéticos das frações de caseína dos requeijões do bloco 2 estão apresentados na Figura 4. Comparando-se os resultados observa-se que o perfil de separação das frações de caseína foi praticamente igual em todas as amostras de requeijão cremoso modificado.

Pode-se observar a presença das frações α , β e γ -caseína em todos os experimentos. O aparecimento da γ -caseína pode ser devido a degradação da β -caseína por ação das proteinases do leite, especialmente a plasmina, que é extremamente termoestável e sua atividade é aumentada após o tratamento térmico ou pela inativação de inibidores naturais da plasmina, ou ainda, pela inibição dos ativadores de plasminogênio (FOX; McSWEENEY, 1998).

Outro fator que pode ter atuado para que não houvesse diferença no perfil eletroforético das proteínas nos requeijões cremosos modificados foi o tipo de

coagulação utilizada (ácida, à quente), sem a utilização de bactérias lácticas (fermento), que secretam proteinases, agindo sobre a caseína (GALLINA, 2005).

Hokes et al. (1982) observaram, através do perfil eletroforético das frações de caseínas, que o caseinato de cálcio era composto basicamente por α_{s1} e β -caseínas e pequenas quantidades de unidades menores de proteína, quando realizaram um estudo sobre as propriedades de fusão do caseinato de cálcio obtido por diferentes métodos.

Em queijos processados, as micelas de caseína podem ser dissociadas pela remoção de cálcio da sua estrutura. Assim, quando todo cálcio é removido da micela por ação complexante dos fosfatos ou polifosfatos, as micelas sofrem uma hidrólise, resultando na formação de unidades pequenas de proteínas (FOX; McSWEENEY, 1998). No entanto, pelo perfil eletroforético obtido, não é possível observar diferenças na hidrólise em função da formulação. Rapacci (1997) esclarece que queijos maturados não se comportam como os queijos fundidos fabricados com massa fresca (não maturada), como é o caso particular dos requeijões, em relação à peptização da massa e à produção de nitrogênio solúvel.

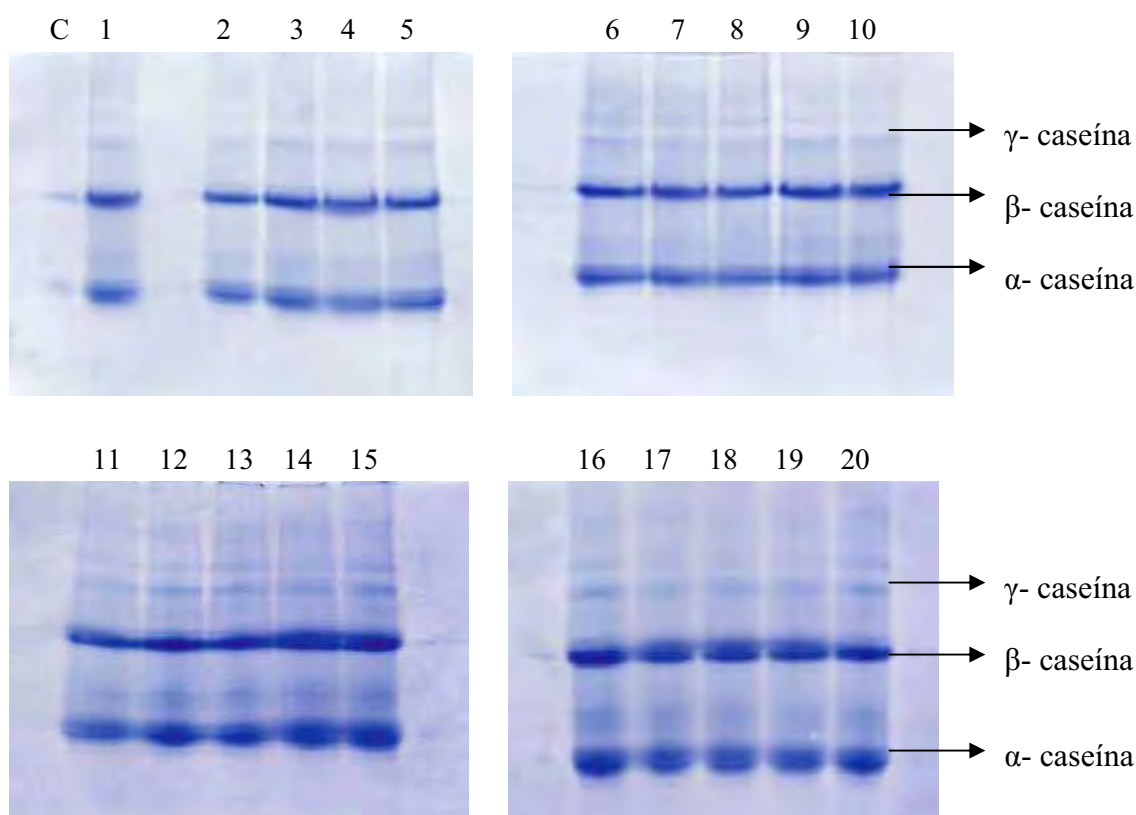


Figura 4 - Perfil eletroforético em gel de poliacrilamida (Urea-PAGE) das amostras de requeijão cremoso modificado dos 20 experimentos.

5.6 - Caracterização da microestrutura

A microscopia eletrônica de transmissão dos requeijões cremosos modificados do bloco 2 foram realizadas nos experimentos 1, 5, 8, 16 e 19 conforme as Figuras de 5 a 9 respectivamente. Estas amostras foram escolhidas para auxiliar no entendimento do efeito dos ingredientes sobre as características tecnológicas.

Pode-se observar que a gordura vegetal hidrogenada apresenta em sua superfície uma camada de proteínas e fibras que não se misturam, enquanto os glóbulos de gordura láctea apresentam uma camada menos espessa de proteína e fibras, com a incorporação das fibras ao glóbulo de gordura láctea (Figura 5). O’Riordan et al. (2006) observaram que os glóbulos de gordura em imitação de queijo apresentavam sua superfície coberta por proteína, e algumas regiões mais escuras na matriz protéica, indicando alterações estruturais na proteína, que ocorrem principalmente em queijos processados.

A região escura pode ser resultado da compactação da proteína do queijo, ou alterações em sua estrutura química causada pelo calor durante o processamento. Estas proteínas modificadas reagem de forma mais intensa com metais pesados (ósmio, chumbo e urânio) utilizados durante a etapa de fixação, no preparo das amostras. Quando não são utilizados metais pesados na etapa de fixação, as áreas escuras podem indicar que as proteínas estão mais compactadas do que alteradas quimicamente (KALAB, 2005).

Kalab (1993) explica que o processamento do queijo para obtenção de queijo processado muda a microestrutura do queijo natural e resulta no desenvolvimento de uma nova microestrutura, tendo um aspecto característico. As junções do coágulo desaparecem e as partículas de gordura tornam-se re-emulsificadas. Durante este processo, a membrana original do glóbulo de gordura se desintegra e novas membranas são formadas com proteínas do queijo na superfície das partículas de gordura.

A Figura 6 mostra a presença de cristais de cálcio na matriz do requeijão cremoso modificado e, segundo Kalab (1993), os cristais dos sais emulsificantes usados para restaurar a capacidade de emulsificação da proteína do queijo dissolvem-se durante o processamento, mas cristais de sais emulsificantes não dissolvidos podem ainda estar presentes no produto final. Tais sais seqüestram íons cálcio do complexo de caseinato de cálcio, podendo conseqüentemente formar cristais de cálcio (fosfato de cálcio) insolúveis no queijo processado.

Os glóbulos de gorduras apresentam diferentes tamanhos e formatos, inseridos na matriz do requeijão cremoso modificado, como pode ser observado na Figura 8. Segundo Gallina (2005), o tamanho dos glóbulos varia com o grau de emulsificação, o que é regulado pela formulação e condições de processamento. Os glóbulos de gordura recentemente emulsificados tornam-se uma parte integrante da matriz devido à interação com a matriz de paracaseinato. Nos queijos fundidos, os glóbulos de gordura estão uniformemente distribuídos na matriz protéica e a emulsificação reduz a dimensão dos glóbulos de gordura, ou seja, quanto menor a dimensão dos glóbulos de gordura, maior a emulsificação. O tamanho do glóbulo de gordura é importante, pois influencia a firmeza do produto final e a habilidade da gordura para tornar-se livre e contribuir para a saída de óleo (“oiling-off”) quando o queijo processado é aquecido.

Com o aumento das concentrações de isolado protéico de soja e inulina os glóbulos de gordura diminuíram de tamanho e a gordura vegetal hidrogenada apresentou maiores glóbulos e formato uniforme, com isto a textura do requeijão cremoso modificado tornou-se mais parecida com a de requeijão comercial.

As diferenças na microestrutura dos requeijões cremosos modificados podem ter ocorrido pela diferença na composição, pois o tratamento mecânico aplicado (o tempo, a temperatura e a velocidade de agitação) durante o processamento foi padronizado em todos os experimentos. O diâmetro médio dos glóbulos de gordura e as interações intermoleculares, responsáveis pela coesão do gel podem ter sido afetados pelos ingredientes adicionados nas formulações, como observado nas Figuras de 5 a 9.

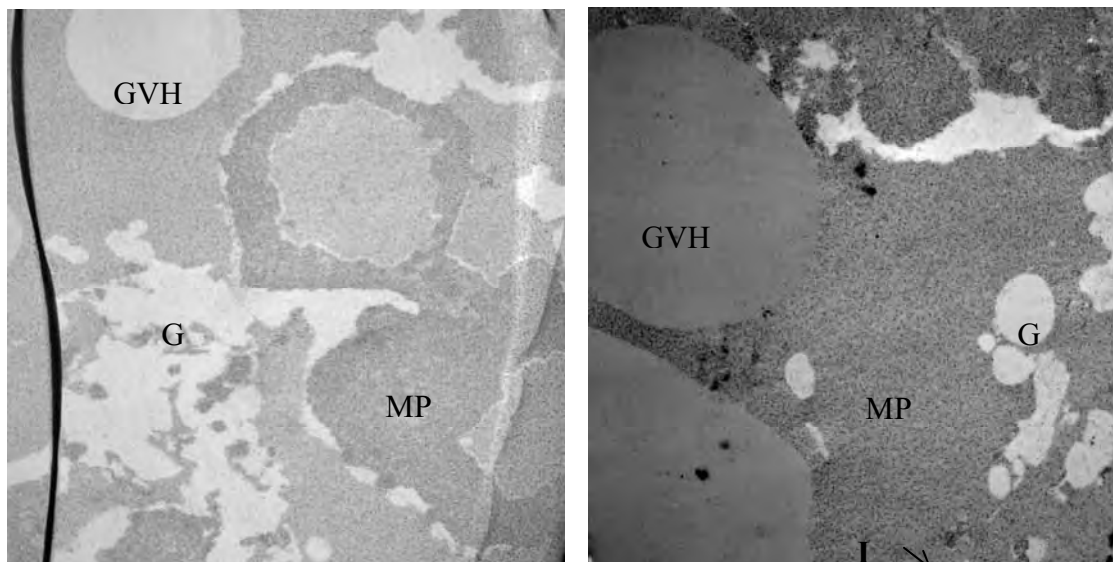


Figura 5. Microestrutura do requeijão cremoso modificado do bloco 2, experimento 1, contendo 2,0% de creme de leite, 6,0% de gordura vegetal hidrogenada - GVH, 0,5% de isolado protéico de soja - IPS e 3,8% de inulina - I. Aumentos de 12.930 e 35.970 x, respectivamente. MP = matriz protéica e G = glóbulo de gordura láctea.

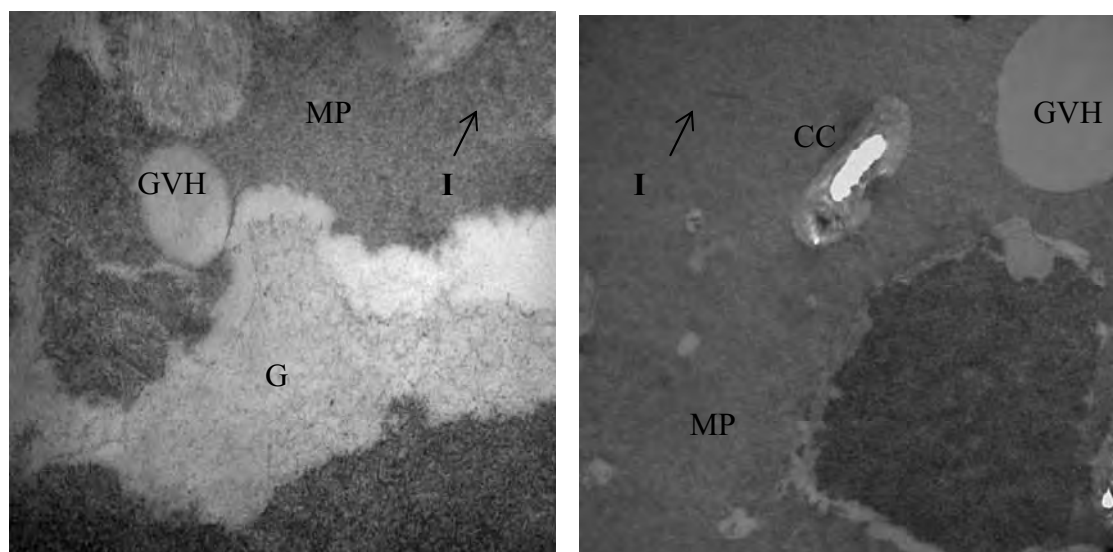


Figura 6. Microestrutura do requeijão cremoso modificado do bloco 2, experimento 5, contendo 2,0% de creme de leite, 6,0% de gordura vegetal hidrogenada - GVH, 1,5% de isolado protéico de soja - IPS e 3,8% de inulina - I. Aumentos de 12.930 e 35.970 x, respectivamente. MP = matriz protéica, G = glóbulo de gordura láctea e CC = cristais de cálcio.

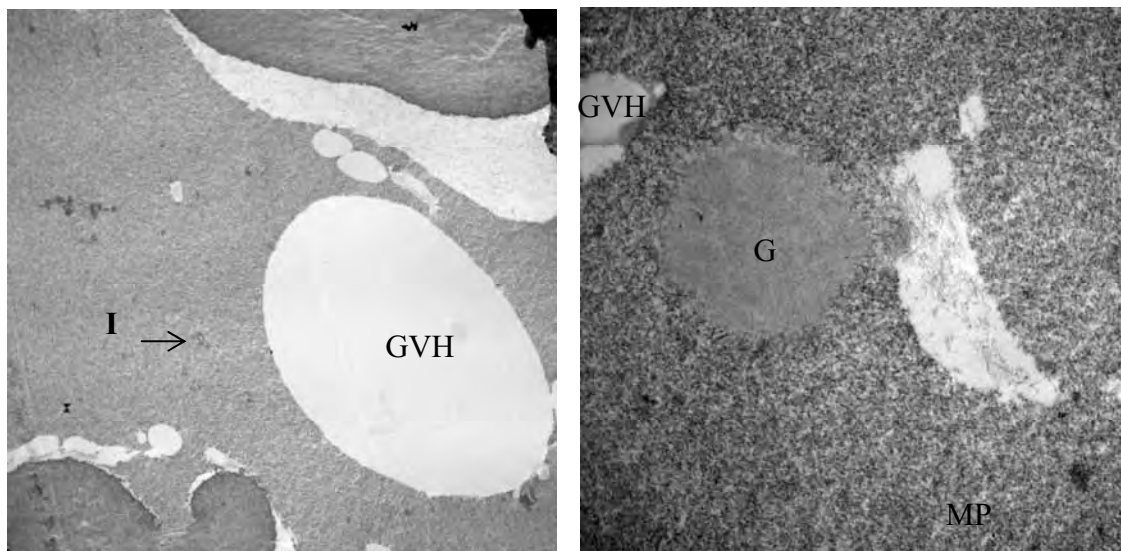


Figura 7. Microestrutura do requeijão cremoso modificado do bloco 2, experimento 8, contendo 6,0% de creme de leite, 10,0% de gordura vegetal hidrogenada - GVH, 1,5% de isolado protéico de soja - IPS e 3,8% de inulina - I. Aumentos de 12.930 e 35.970 x, respectivamente. MP = matriz protéica, G = glóbulo de gordura láctea.

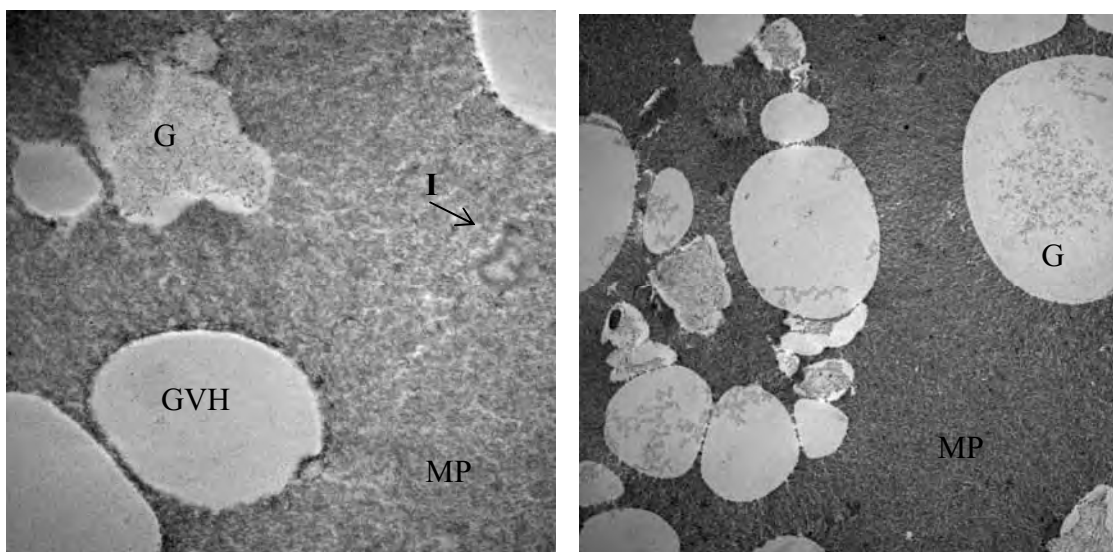


Figura 8. Microestrutura do requeijão cremoso modificado do bloco 2, experimento 16, contendo 6,0% de creme de leite, 10,0% de gordura vegetal hidrogenada - GVH, 1,5% de isolado protéico de soja - IPS e 6,3% de inulina - I. Aumentos de 12.930 e 35.970 x, respectivamente. MP = matriz protéica, G = glóbulo de gordura láctea.

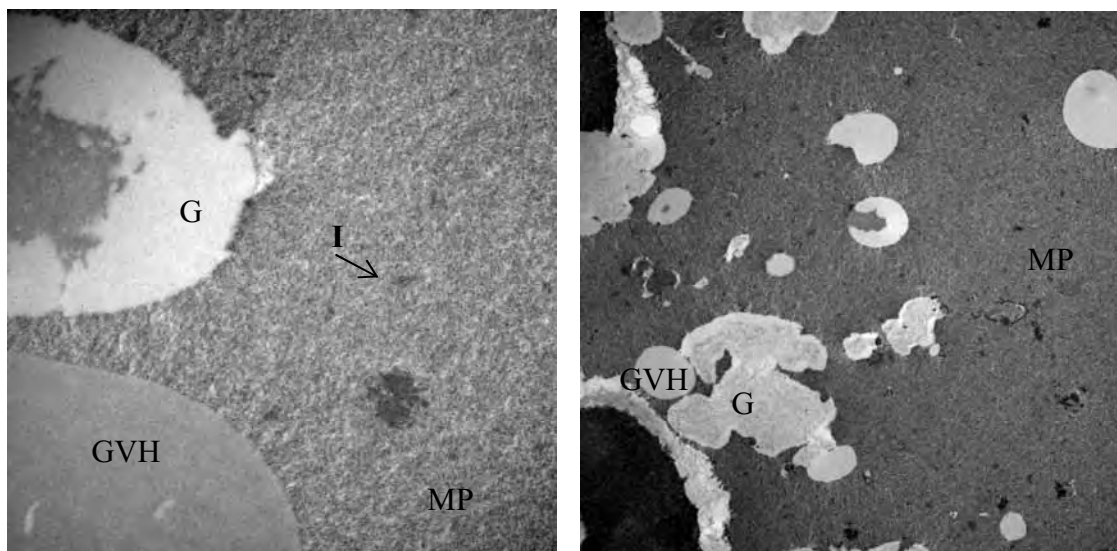


Figura 9. Microestrutura do requeijão cremoso modificado do bloco 2, experimento 19, contendo 4,0% de creme de leite, 8,0% de gordura vegetal hidrogenada - GVH, 1,0% de isolado protéico de soja - IPS e 5,05% de inulina - I. Aumentos de 12.930 e 35.970 x, respectivamente. MP = matriz protéica, G = glóbulo de gordura láctea.

5.7 - Caracterização do perfil de textura

No perfil de textura dos requeijões cremosos modificados foram analisadas as características: dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade. Estas propriedades estão relacionadas com a deformação, desintegração e escoamento do alimento quando submetido a uma determinada força, enquanto a velocidade e a distância permanecem constantes. Elas são medidas objetivas em função do tempo, força, massa e distância (FOX, McSWEENEY, 1998). Os resultados apresentaram variação, com elevado desvio padrão, podendo ser por falta de uniformidade e homogeneidade ou pelos tipos de interações entre os ingredientes dos experimentos analisados (Tabela 10).

Os valores médios de dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade obtidos foram respectivamente: 10,51 a 56,49 g, -0,50 a -113,77 g.s, 0,79, a 1,00, 0,77 a 0,95, 9,28 a 47,68 e 8,24 a 47,46. Estes valores são muito inferiores aos obtidos por Lubeck (2005), que obteve 42,21 a 263,68 g de dureza, -257,48 a -1722,89 g.s de adesividade, 0,02 a 0,04 de elasticidade, 0,73 a 0,87 de coesividade e 33,54 a 192,31 de gomosidade para requeijões cremosos comerciais, após

três semanas, armazenados a 10°C. As condições analíticas foram idênticas, porém a formulação e equipamentos de preparo dos requeijões cremosos foram distintos.

A textura dos requeijões cremosos depende da composição, do estado físico dos componentes e do tipo de interação entre eles. As variações encontradas nos parâmetros de textura dos requeijões cremosos modificados estão relacionadas com a composição da massa lática, com a quantidade dos ingredientes adicionados (creme de leite, gordura vegetal hidrogenada, inulina, isolado protéico de soja), e a interação entre eles. Os requeijões cremosos modificados dos experimentos 14 e 15, contendo as maiores concentrações de proteína total (10,21% e 9,59%), de IPS (1,5% e 1,5%) e inulina (6,3% e 6,3%) foram aqueles que apresentaram os maiores valores de dureza, 56,49 g e 54,70 g, respectivamente.

Os requeijões cremosos modificados dos experimentos 14 e 15 também apresentaram maior adesividade, -113,77 g.s e -112,20 g.s. Sipahioglu, Alvez, Solano-Lopez (1999) explicam que dentre os componentes do requeijão cremoso, a umidade é o que mais influencia a firmeza do produto final. De acordo com vários estudos, o aumento do conteúdo de umidade diminui consideravelmente a dureza dos queijos fundidos, isto por que o conteúdo de umidade está diretamente relacionado ao de extrato seco desengordurado. Além da umidade, a porcentagem de gordura também influencia a dureza do queijo. Na medida em que a porcentagem de gordura é reduzida, as proporções de proteína e umidade aumentam. O maior teor de proteína em queijos com redução de gordura causa defeitos na textura, como maior dureza e adesividade.

Lubeck (2005) afirma que os principais fatores que influenciam a dureza dos queijos processados untáveis, como é o caso do requeijão cremoso, são pH, conteúdo de umidade, tipo de sal emulsificante e conteúdo de extrato seco desengordurado. Olsen e Price (1961) avaliaram o efeito que alguns componentes de queijos processados exercem sobre a dureza e verificaram que o aumento no conteúdo de umidade diminuiu consideravelmente a firmeza. O teor de gordura parece influenciar pouco tal propriedade (GWARTNEX, FOEGEDING, LARINCK, 2002). Como os requeijões cremosos modificados apresentavam elevado teor de umidade, obteve-se queijos menos duros.

Gallina (2005) estudou a influência do tratamento UHT na qualidade de requeijão tradicional e *lighth*. Os parâmetros de dureza e adesividade foram bem maiores e valores de elasticidade e coesividade muito próximos aos obtidos neste estudo, provavelmente pela maior relação proteína/gordura.

A Figura 10 apresenta uma curva característica do perfil de textura, obtida no texturômetro, onde A_2/A_1 = coesividade; dureza = primeiro pico e adesividade = A_3 .

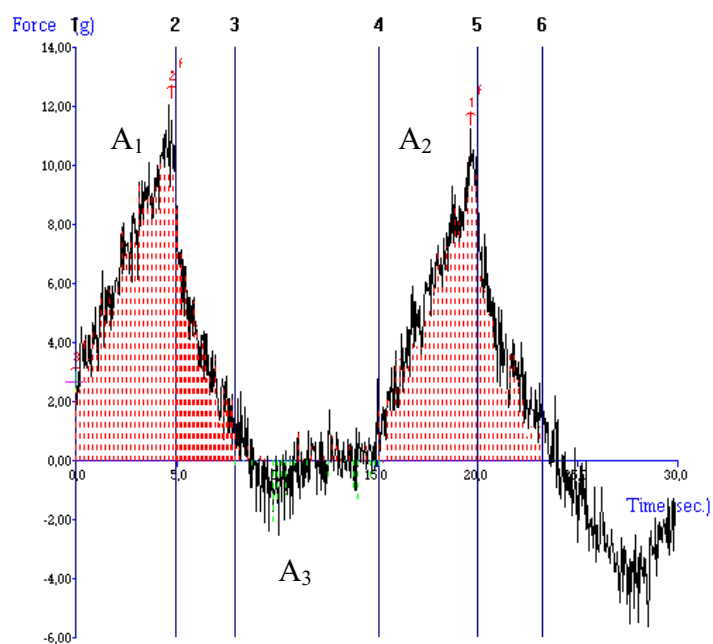


Figura 10 – Curva característica do perfil de textura.

Tabela 10 – Valores médios do perfil de textura dos requeijões cremosos modificados do bloco 2.

| Experimentos | Dureza (g) | Adesividade* (g.s) | Elasticidade | Coesividade | Gomosidade | Mastigabilidade |
|--------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1 | 11,45±0,25 ^g | ** | 0,95±0,06 ^a | 0,95±0,01 ^a | 10,84±0,34 ^{ef} | 8,96±0,83 ^{gh} |
| 2 | 11,49±0,97 ^g | ** | 0,79±0,02 ^c | 0,88±0,01 ^c | 9,28±0,38 ^f | 13,84±1,16 ^{efgh} |
| 3 | 12,73±0,53 ^{fg} | 3,84±0,74 ^g | 0,93±0,02 ^{ab} | 0,85±0,01 ^d | 10,76±0,38 ^{ef} | 10,92±0,98 ^{efgh} |
| 4 | 12,10±0,42 ^g | ** | 0,98±0,03 ^a | 0,93±0,00 ^{ab} | 11,26±0,36 ^{ef} | 10,98±0,02 ^{efh} |
| 5 | 10,56±0,65 ^g | ** | 0,97±0,02 ^a | 0,95±0,00 ^a | 10,36±0,40 ^{ef} | 8,98±0,32 ^{gh} |
| 6 | 11,69±0,19 ^g | 0,50±0,21 ^g | 0,94±0,02 ^{ab} | 0,92±0,02 ^b | 10,79±0,06 ^{ef} | 10,09±0,24 ^{gh} |
| 7 | 12,13±0,04 ^g | 5,06±1,62 ^{fg} | 0,94±0,02 ^a | 0,87±0,01 ^{cd} | 10,90±0,01 ^{ef} | 10,26±0,34 ^{efh} |
| 8 | 10,51±0,09 ^g | 2,01±0,52 ^g | 0,93±0,01 ^{ab} | 0,89±0,00 ^c | 9,32±0,11 ^f | 8,24±0,66 ^h |
| 9 | 44,42±1,83 ^b | 83,92±3,79 ^b | 0,99±0,00 ^a | 0,80±0,00 ^{efg} | 34,66±0,24 ^b | 34,31±0,28 ^b |
| 10 | 15,79±0,26 ^{efg} | 17,28±0,25 ^{defg} | 0,92±0,01 ^{ab} | 0,87±0,00 ^{cd} | 13,57±0,03 ^{def} | 12,37±0,14 ^{efgh} |
| 11 | 12,97±0,31 ^{fg} | 4,65±1,01 ^g | 0,85±0,02 ^{ab} | 0,88±0,01 ^c | 11,58±0,11 ^{ef} | 9,90±0,38 ^{gh} |
| 12 | 26,22±0,14 ^{cd} | 35,01±0,33 ^d | 0,99±0,00 ^a | 0,81±0,00 ^e | 21,53±0,31 ^{cd} | 21,30±0,36 ^{cd} |
| 13 | 18,23±0,17 ^{defg} | 15,36±0,46 ^{efg} | 0,97±0,00 ^a | 0,78±0,00 ^{efgh} | 14,24±0,06 ^{def} | 13,80±0,19 ^{efgh} |
| 14 | 56,49±0,76 ^a | 113,77±16,72 ^a | 1,00±0,00 ^a | 0,78±0,01 ^{gh} | 47,68±6,40 ^a | 47,46±6,34 ^a |
| 15 | 54,70±3,16 ^a | 112,20±7,46 ^a | 1,00±0,00 ^a | 0,78±0,00 ^{gh} | 46,11±3,30 ^a | 46,06±3,30 ^a |
| 16 | 20,97±0,72 ^{def} | 13,92±0,08 ^{efg} | 0,97±0,00 ^a | 0,77±0,00 ^h | 15,94±0,23 ^{def} | 15,59±0,47 ^{defg} |
| 17 | 21,62±0,65 ^{de} | 24,01±1,87 ^{def} | 0,99±0,00 ^a | 0,81±0,01 ^{ef} | 17,16±0,20 ^{def} | 16,96±0,19 ^{def} |
| 18 | 31,64±0,74 ^c | 54,59±2,42 ^c | 1,00±0,00 ^a | 0,82±0,00 ^e | 25,54±0,27 ^{bc} | 25,50±0,26 ^c |
| 19 | 24,00±1,79 ^{cde} | 30,06±1,61 ^{de} | 0,98±0,00 ^a | 0,80±0,00 ^{ef} | 19,28±1,40 ^{de} | 19,01±1,49 ^{cde} |
| 20 | 23,81±0,49 ^{cde} | 27,27±0,96 ^{de} | 0,99±0,00 ^a | 0,81±0,00 ^{ef} | 18,54±0,49 ^{de} | 18,40±0,41 ^{de} |

a, b, c, d, e, f, g, h Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa (p < 0,05).

* Valores negativos

** Dados não obtidos

Van Dender et al. (2005) obtiveram valores de dureza, adesividade e gomosidade bem maiores, tanto para o requeijão cremoso controle (153,72 a 288,54 g, -370,40 a -591,94 g.s e 106,15 a 195,90, respectivamente) quanto para o requeijão cremoso adicionado de fibra (107,05 a 157,38 g, -252,29 a -370,09 g.s e 90,11 a 93,50, respectivamente), entretanto os parâmetros de elasticidade foram próximos para requeijão cremoso controle (0,98) e para o requeijão cremoso com fibra (0,95 a 0,97).

O queijo processado como o requeijão é um sistema complexo, composto de proteínas, gordura, água, sais minerais e outros ingredientes, sendo as principais características de textura (firmeza, adesividade, elasticidade, gomosidade, coesividade e arenosidade) dependentes da estrutura e do rearranjo das moléculas de proteína (PRENTICE, 1992). As variações na adesividade nos requeijões cremosos modificados podem ser explicadas pela estrutura da rede de proteína e extensão das interações entre a gordura (creme de leite e gordura vegetal hidrogenada) e demais constituintes (concentrado protéico de soro, isolado protéico de soja e inulina) com a rede de paracaseína (massa lática).

Drake, Truingm e Daubert (1999) também observaram a influência do teor de gordura e adição de ingredientes nos parâmetros de textura de queijos processados. Os autores avaliaram o efeito da adição de lecitina de soja e lecitina de soja hidrogenada como substitutos de gordura na textura instrumental de queijo processado, comparando com outros queijos processados com adição integral de gordura e queijos com teor reduzido de gordura. Os atributos de textura dos queijos processados com teor reduzido de gordura adicionados de lecitina foram mais similares aos queijos processados integrais do que aqueles com teor reduzido de gordura. Queijos com lecitina de soja foram menos elásticos do que os queijos com reduzido teor de gordura, determinados sensorial e instrumentalmente.

Os requeijões cremosos modificados apresentaram alta viscosidade e muita incorporação de ar, conforme relatado anteriormente, e segundo Maures-Rothmann e Scheurer (2005), estas características são comuns em requeijões fabricados exclusivamente com massa fresca (caseína não degradada).

O aumento da dureza também depende do tipo e da concentração de amido utilizado e dos tipos e das concentrações dos substitutos de gordura, pois pode ocorrer uma interação com a água disponível do queijo, formando um gel e aumentando a dureza do produto (COPELAND et al., 2009; BENETT et al., 2006). Nos requeijões cremosos modificados foi utilizado 2,6 % de amido de milho, 3,0 % de concentrado

protéico de soro e diferentes combinações de creme de leite, gordura vegetal hidrogenada, isolado protéico de soja e inulina. A adição de amido na fabricação de queijos processados resulta em maior emulsificação da gordura, por diminuir a coalescência dos glóbulos de gordura que se apresentam com tamanho menor e também provoca maior separação da matriz de proteína (MOUNSEY, O'RIORDAN, 2001), a ação do concentrado protéico de soro aumenta a firmeza e diminui a capacidade de derretimento (GIGANTE et al., 2001).

Lubeck (2005), Shirashoji, Jaeggi e Lucey (2006) e Almena-Aliste, Gigante e Kindstedt (2006) que estudaram *cream cheese*, afirmam que valores de pH na faixa entre 5,5 a 5,7 resultam em queijos de consistência cremosa e firme. O aumento do pH resulta no decréscimo da interação proteína-proteína e no aumento da hidratação das proteínas, deixando o queijo menos firme.

O valor de pH também possui correlação com a gomosidade, da mesma forma que ocorre com a dureza, pois com o aumento do pH ocorre uma redução da gomosidade do produto (LUBECK, 2005). No entanto, no caso dos requeijões cremosos modificados, o experimento que apresentou maior valor de pH (experimento 14) foi o que apresentou maior dureza e a maior gomosidade. Provavelmente, a dureza e a gomosidade foram compensadas pelo elevado teor de proteínas, obtido pela adição de concentrado protéico de soro e isolado protéico de soja, apesar do elevado valor de pH.

A elasticidade dos requeijões cremosos modificados variou de 0,79 a 1,00 e está relacionada com o teor de proteína e suas interações. Provavelmente, a adição de creme de leite, gordura vegetal hidrogenada, isolado protéico de soja e inulina alteraram as diferentes interações entre os compostos, como amido-gordura, amido-inulina, inulina-gordura, inulina-proteína, proteína-proteína, proteína-amido e proteína-gordura, influenciando as características dos requeijões. Segundo Bennett et al. (2006), a ligação proteína-amido possui menor grau de elasticidade que a ligação proteína-proteína, portanto quanto maior for a interação proteína-amido menor a elasticidade do requeijão.

As características de elasticidade da massa de mussarela no momento do processo de filagem são praticamente as mesmas que ocorrem com a massa de queijos processados no momento da fusão, como é o caso do requeijão. A elasticidade da massa de mussarela, durante a etapa de filagem é influenciada pelo valor de pH e pela quantidade de fosfato de cálcio retida na massa, portanto o grau de desmineralização da massa está diretamente ligado às propriedades de elasticidade e de filagem (PRENTICE, 1992).

Nos requeijões cremosos modificados, a desmineralização da massa foi obtida pela acidificação direta e também pela adição de 1,2% de sais emulsificantes. Os requeijões cremosos que apresentaram os maiores valores de pH (6,30), experimentos 14 e 15, foram os que apresentaram a maior elasticidade (1,00).

Os valores de coesividade (0,77 a 0,95) foram relativamente maiores que os obtidos por Rapacci (1997), que obtiveram de 0,52 a 0,73 em um estudo comparativo das características físico-químicas, reológicas e sensoriais do requeijão cremoso obtido por fermentação láctica e acidificação direta. Provavelmente ocorreu um rearranjo das moléculas de proteínas existentes, principalmente pela adição de concentrado protéico de soro e isolado protéico de soja nas formulações.

Com base nos dados obtidos de coesividade e os teores de extrato seco total, umidade, cinzas e proteína total dos experimentos, observa-se, para a maioria dos dados, uma relação diretamente proporcional entre coesividade e umidade. Com o aumento da umidade os produtos apresentaram-se mais coesivos (Tabelas 8 e 9).

Como o requeijão cremoso é um produto tipicamente brasileiro, há poucos estudos disponíveis na literatura sobre o perfil instrumental de textura, principalmente quando são adicionados outros ingredientes, tais como isolado protéico de soja e inulina. Ainda, a análise sensorial de textura poderia ser uma ferramenta adicional para se avaliar a influência dos ingredientes na formulação de requeijão cremoso modificado. Um estudo mais aprofundado utilizando diferentes técnicas de avaliação sensorial, tal como a análise de aceitabilidade ou a análise descritiva poderia complementar as informações obtidas na análise instrumental de textura. Diversos trabalhos disponíveis na literatura citam a boa correlação entre textura instrumental e sensorial em queijos (TAMIME et al., 1999; ANTONIOU et al., 2000; BENEDITO et al., 2000; BREUIL e MUELLENET, 2001; ADHIKARI, HEYMANN e HUFF, 2003; KONUKLAR et al., 2004; TRUNONG, et al, 2002).

A análise de variância dos resultados do perfil de textura (Apêndice A) mostrou que houve diferença significativa entre os diferentes requeijões cremosos modificados (Tabela 10).

5.8 - Caracterização reológica

Os parâmetros reológicos dos requeijões cremosos modificados (Tabela 11) foram obtidos utilizando-se o modelo da Lei da Potência, a partir de uma regressão não linear dos dados de taxa de deformação e tensão de cisalhamento. O modelo da Lei da Potência é o modelo que permite os ajustes mais simples, facilitando os cálculos de dimensionamento de tubulações e equipamentos, bem como para estimar os valores de viscosidade do produto. Os reogramas estão representados nas Figuras 11 a 17.

Tabela 11 – Parâmetros reológicos dos requeijões cremosos modificados do bloco 2, obtidos pelo Modelo da Lei da Potência ($\tau = K \dot{\gamma}^n$)

| Experimentos | Curvas ascendentes | | | Curvas descendentes | | |
|--------------|---------------------------|---------------------|----------------|----------------------------|---------------------|----------------|
| | K (Pa.s ⁿ) | n | R ² | K (Pa.s ⁿ) | n | R ² |
| 1 | 11,00±0,02 ^l | 0,52 ^{hi} | 0,95 | 11,20±0,02 ^h | 0,54 ^g | 0,95 |
| 2 | 10,99±0,01 ^l | 0,49 ⁱ | 0,95 | 9,59±0,01 ^h | 0,57 ^{fg} | 0,95 |
| 3 | 147,72±0,06 ^b | 0,76 ^{cd} | 0,94 | 144,13±0,04 ^{ab} | 0,62 ^{def} | 0,93 |
| 4 | 126,41±0,07 ^c | 0,65 ^g | 0,94 | 117,98±0,02 ^{bcd} | 0,64 ^{de} | 0,94 |
| 5 | 18,14±0,03 ^l | 0,70 ^f | 0,93 | 15,85±0,01 ^h | 0,78 ^a | 0,94 |
| 6 | 103,59±0,07 ^{de} | 0,71 ^{ef} | 0,94 | 115,57±0,06 ^{bcd} | 0,67 ^{cd} | 0,95 |
| 7 | 38,44±0,02 ^j | 0,65 ^g | 0,95 | 30,62±0,01 ^h | 0,76 ^{ab} | 0,95 |
| 8 | 16,66±0,02 ^l | 0,54 ^h | 0,95 | 13,33±0,03 ^h | 0,62 ^{def} | 0,95 |
| 9 | * | * | * | * | * | * |
| 10 | 66,84±0,02 ⁱ | 0,82 ^b | 0,95 | 68,19±0,01 ^{fg} | 0,62 ^{de} | 0,95 |
| 11 | 81,68±0,04 ^{gh} | 0,72 ^{def} | 0,95 | 80,08±0,02 ^g | 0,62 ^{def} | 0,95 |
| 12 | 126,33±0,02 ^c | 0,75 ^{de} | 0,95 | 124,98±0,00 ^{bc} | 0,59 ^{efg} | 0,95 |
| 13 | 174,74±0,01 ^a | 0,82 ^b | 0,95 | 162,62±0,02 ^a | 0,59 ^{efg} | 0,94 |
| 14 | * | * | * | * | * | * |
| 15 | * | * | * | * | * | * |
| 16 | 91,47±0,02 ^{fg} | 0,68 ^{fg} | 0,93 | 85,88±0,02 ^{efg} | 0,67 ^{cd} | 0,93 |
| 17 | 100,13±0,02 ^{ef} | 0,89 ^a | 0,99 | 87,88±0,01 ^{defg} | 0,68 ^{cd} | 0,93 |
| 18 | 112,14±0,02 ^d | 0,80 ^{bc} | 0,99 | 118,71±0,01 ^{bcd} | 0,66 ^{de} | 0,95 |
| 19 | 76,20±0,04 ^{hi} | 0,81 ^b | 0,99 | 74,40±0,02 ^{fg} | 0,74 ^{abc} | 0,94 |
| 20 | 99,00±0,01 ^{ef} | 0,83 ^b | 0,95 | 98,31±0,01 ^{cdef} | 0,69 ^{bcd} | 0,95 |

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, l Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$).

* Dados não obtidos.

Os requeijões apresentaram índice de consistência (K) variando de 10,99 a 174,74 Pa.sⁿ para as curvas ascendentes e 9,59 a 162,62 Pa.sⁿ para as curvas descendentes e índice de comportamento de escoamento (n) variando de 0,49 a 0,89 para as curvas ascendentes e 0,54 a 0,76 para as curvas descendentes. Os coeficientes de determinação (R²) obtidos variaram de 0,93 a 0,99, explicando aproximadamente 95% dos resultados experimentais, justificando o uso deste modelo para fins preditivos.

Houve diferença significativa nos parâmetros reológicos entre os experimentos (Apêndice A), provavelmente relacionados à variação das quantidades de creme de leite, gordura vegetal hidrogenada, isolado protéico de soja e inulina utilizados nas formulações dos requeijões.

As amostras apresentaram comportamento de fluido não-newtoniano, com presença de tixotropia. A diferença entre as curvas ascendentes e descendentes, com a formação de uma curva de histerese, é a medida da extensão de quebra estrutural causada pelo cisalhamento contínuo, quanto maior a área sob a curva, maior o efeito tixotrópico (HOLDSWORTH, 1993). A maior histerese foi observada nas formulações dos requeijões cremosos modificados 3, 10, 12 e 13 e de 17 a 20 (ponto central do planejamento experimental). Todos estes produtos apresentaram elevada consistência, que ao serem cisalhados continuamente, perdem sua estrutura original, apesar do cisalhamento ter sido realizado em baixas rotações.

Baroni et al. (1999) estudaram a caracterização reológica de requeijão cremoso tradicional e com teor reduzido de gordura e observaram que os parâmetros reológicos dos produtos, n (índice de comportamento) e K (índice de consistência) foram correlacionados com a composição dos requeijões, mostrando que o conjunto gordura-proteína aumenta a consistência do produto, ou seja, a viscosidade decresce com a taxa de deformação, sendo também observado nos requeijões cremosos modificados.

Dimitreli e Thomareis (2004) afirmam que o índice de consistência de queijos processados é afetado pela temperatura, pela umidade e pelo conteúdo de proteína. Quando o conteúdo de umidade é aumentado, o índice de consistência (K) é reduzido e o índice de comportamento (n) é aumentado, e o fluido tende a assumir comportamento newtoniano, indicando que queijo processado é menos viscoso, ao passo que, um aumento no conteúdo de proteína leva a um produto com grande interação viscosa, que é uma propriedade reológica, como índice de consistência e índice de comportamento.

Este comportamento foi observado nos requeijões cremosos modificados. Os experimentos 14 e 15, contendo elevados teores de sólidos foram os mais consistentes, e

em função desta característica, não puderam ser avaliados nas condições experimentais, pois ultrapassavam o limite de detecção do reômetro. Devido à elevada adesividade do requeijão cremoso do experimento 9, também não foi possível obter os parâmetros reológicos de índice de consistência (K) e do índice de comportamento do escoamento (n), pois à medida que o produto era cisalhado, adquiria maior consistência, com grande aderência ao cone de medida.

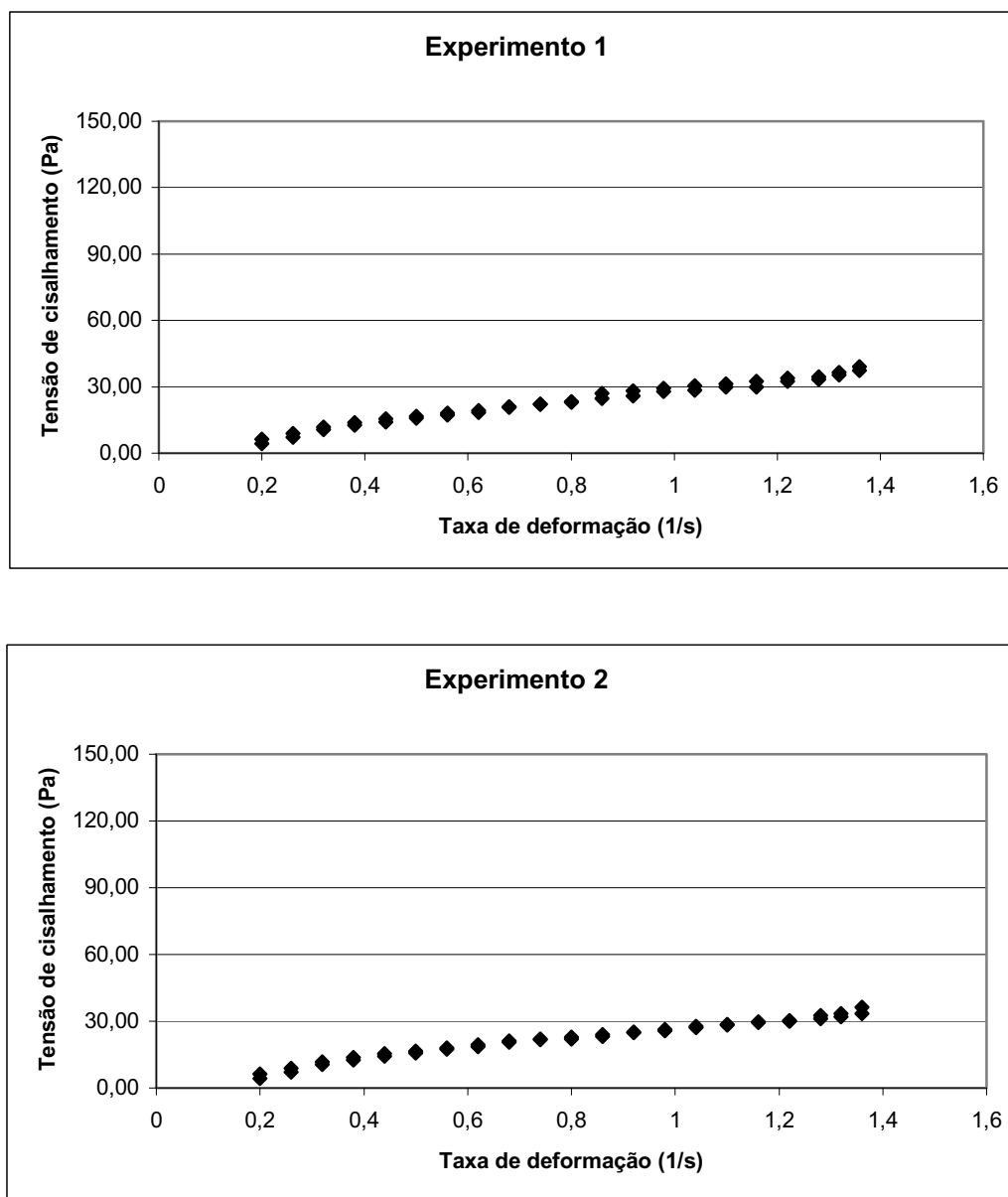


Figura 11 - Reogramas da relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento do requeijão cremoso modificado dos experimentos de 1 e 2.

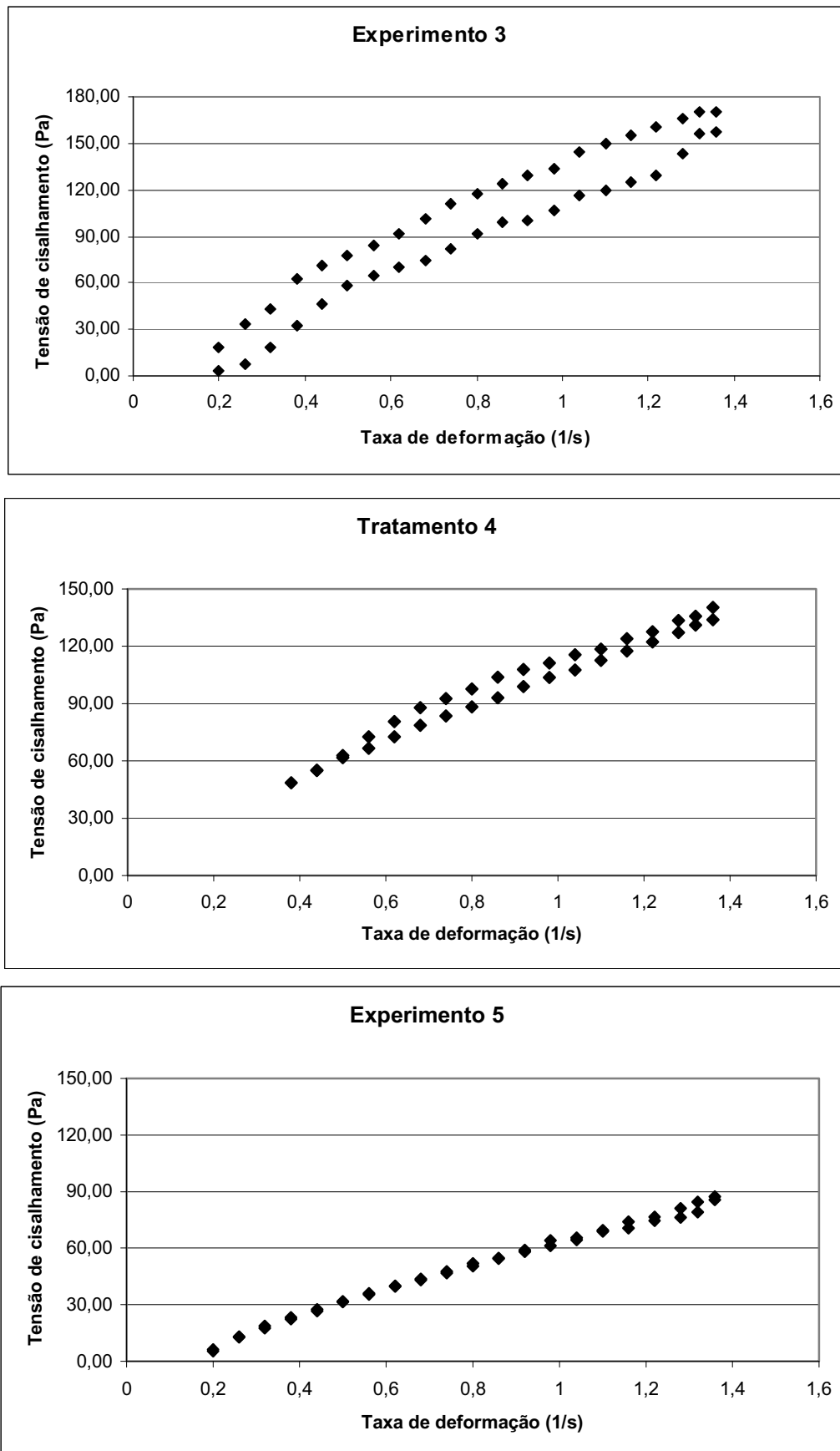


Figura 12 - Reogramas da relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento do requeijão cremoso modificado dos experimentos de 3 a 5.

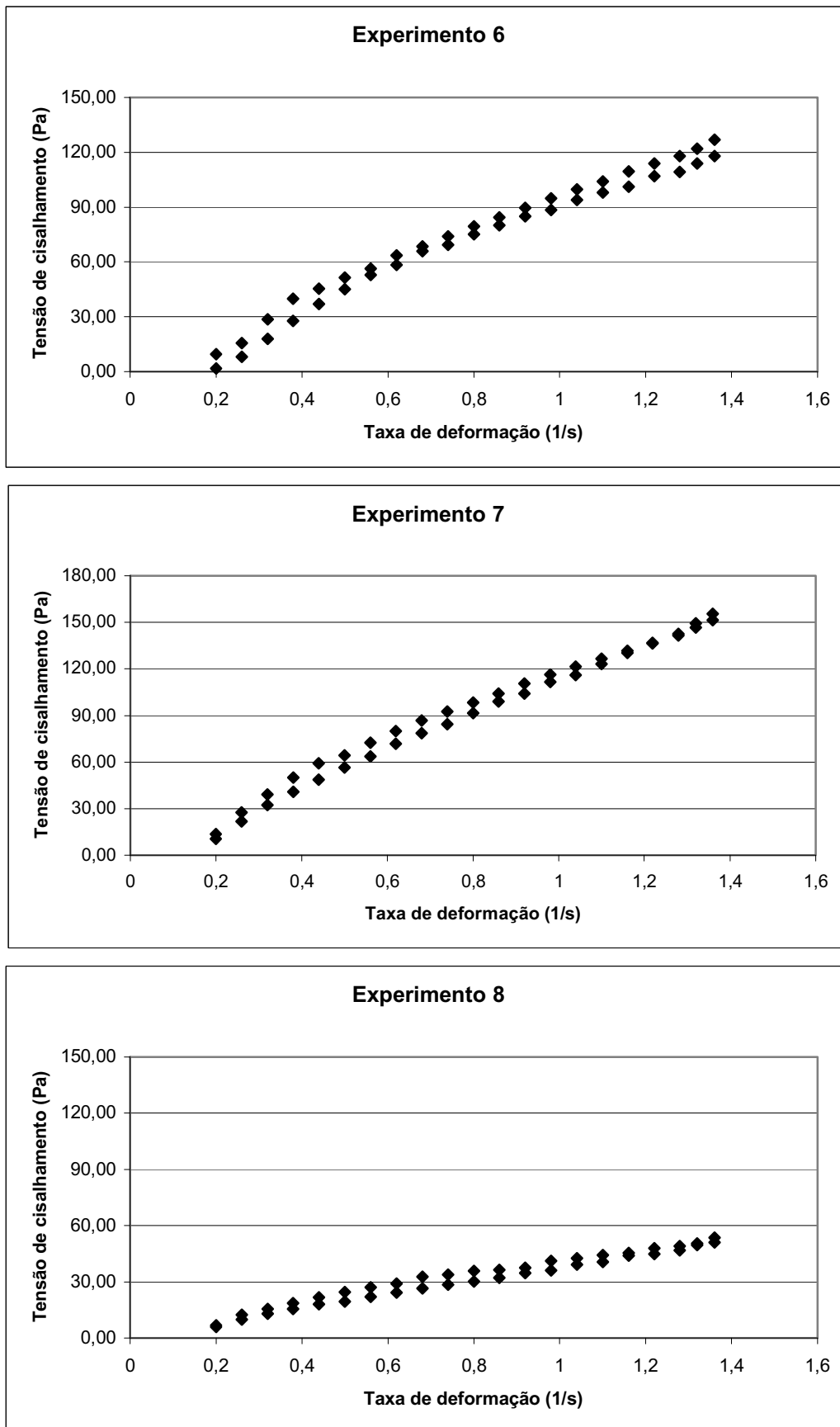


Figura 13 - Reogramas da relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento do requeijão cremoso modificado dos experimentos de 6 a 8.

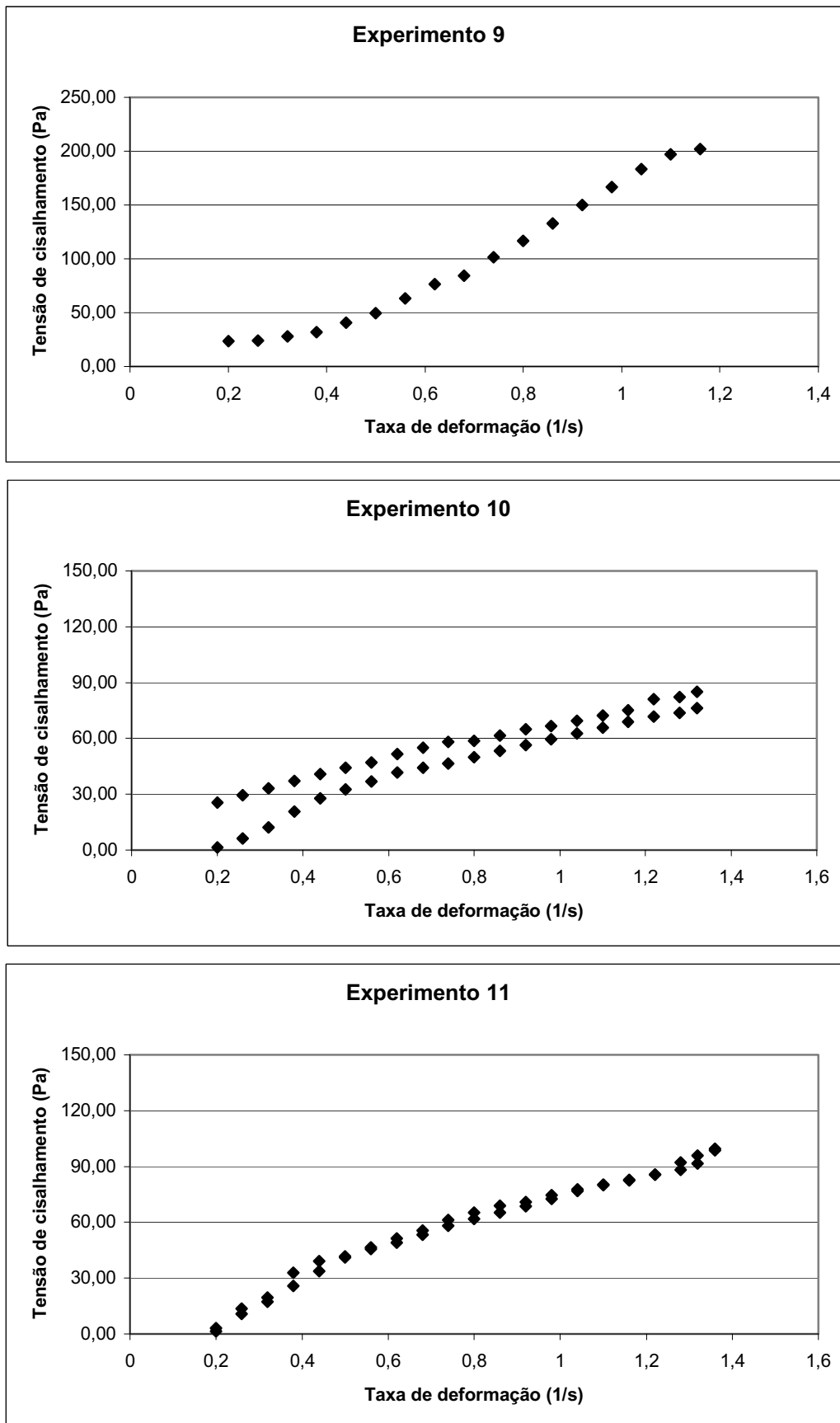


Figura 14 - Reogramas da relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento do requeijão cremoso modificado dos experimentos de 9 a 11.

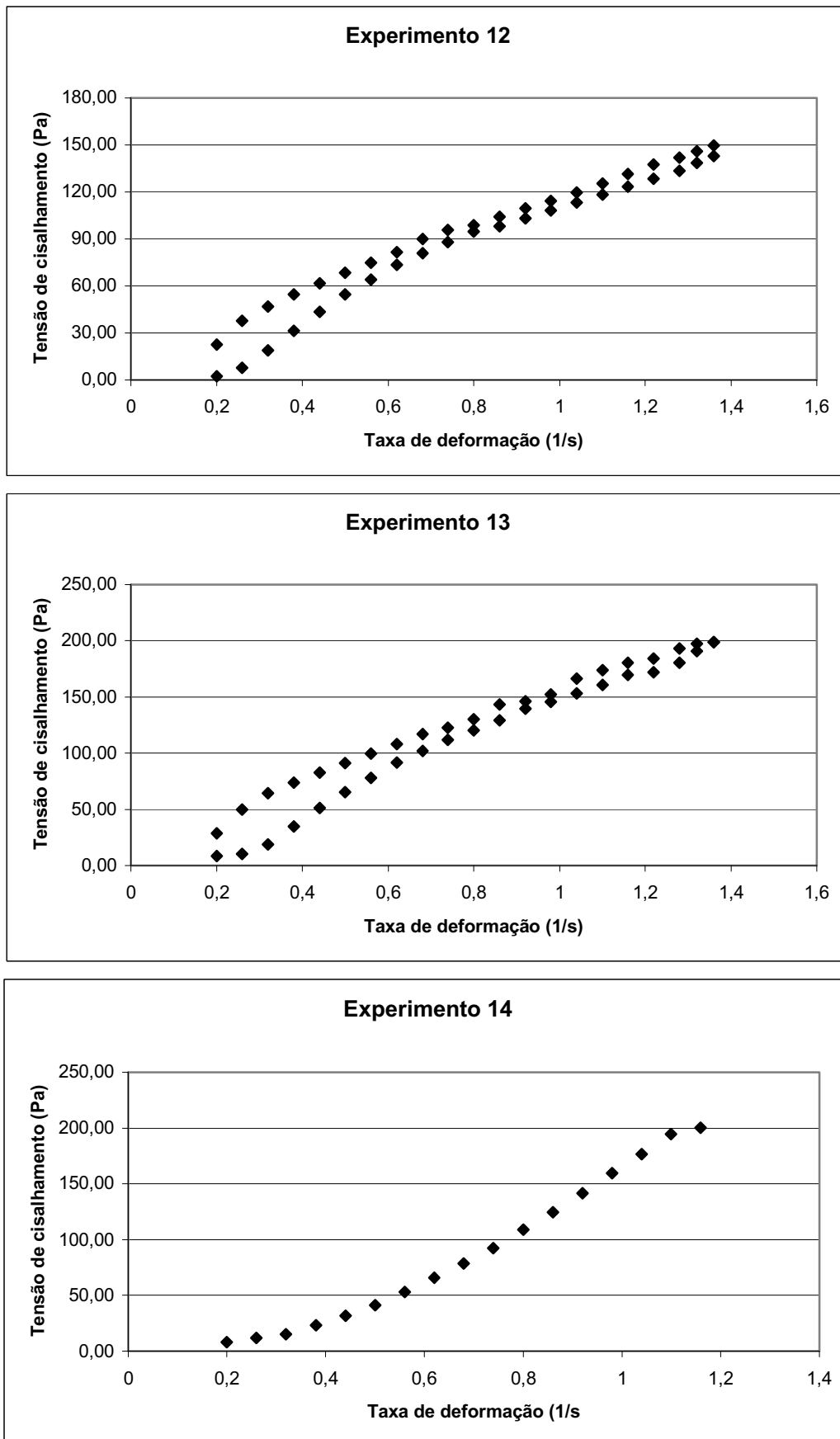


Figura 15 - Reogramas da relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento do requieijão cremoso modificado dos experimentos de 12 a 14.

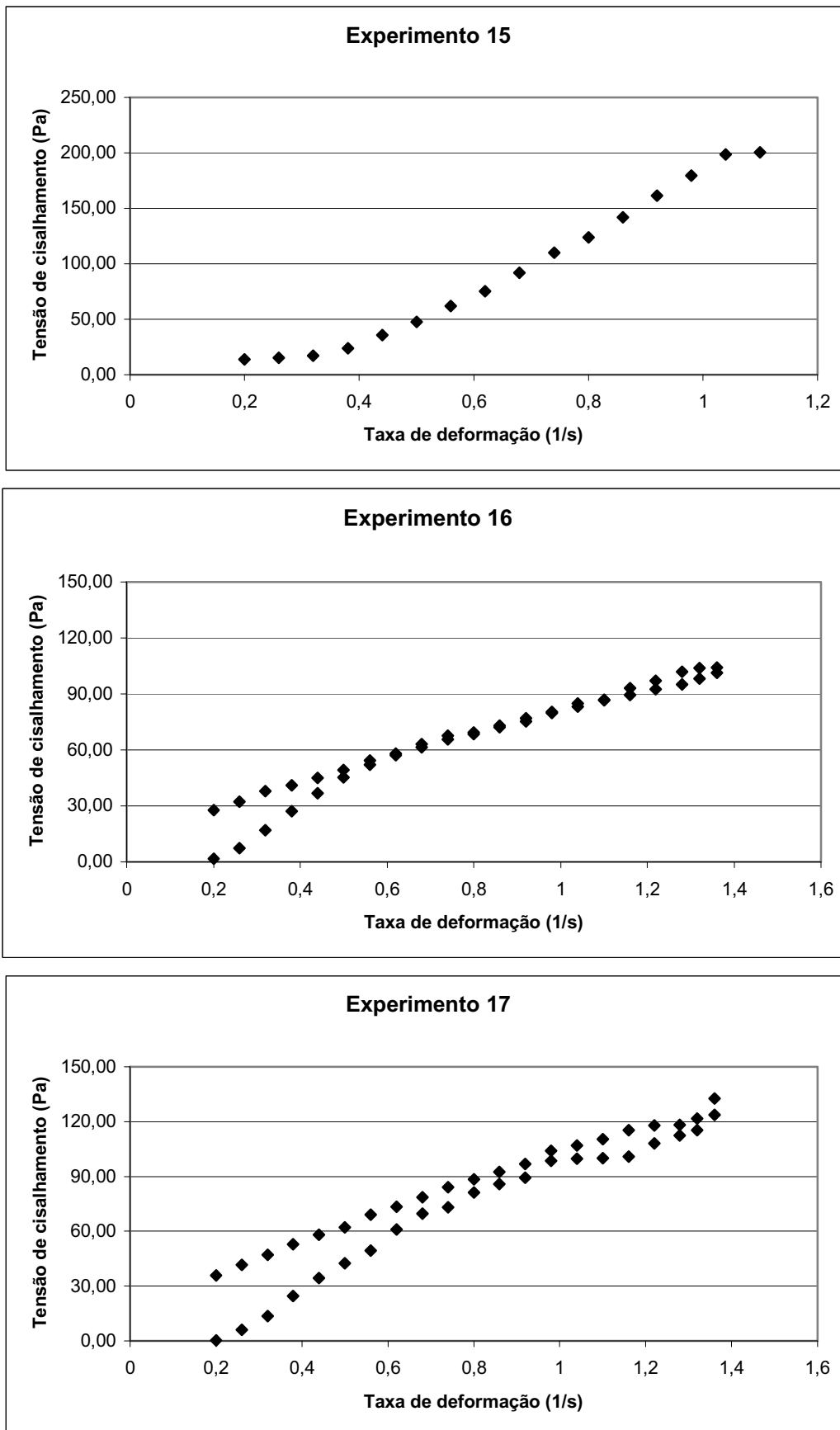


Figura 16 - Reogramas da relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento do requeijão cremoso modificado dos experimentos de 15 a 17.

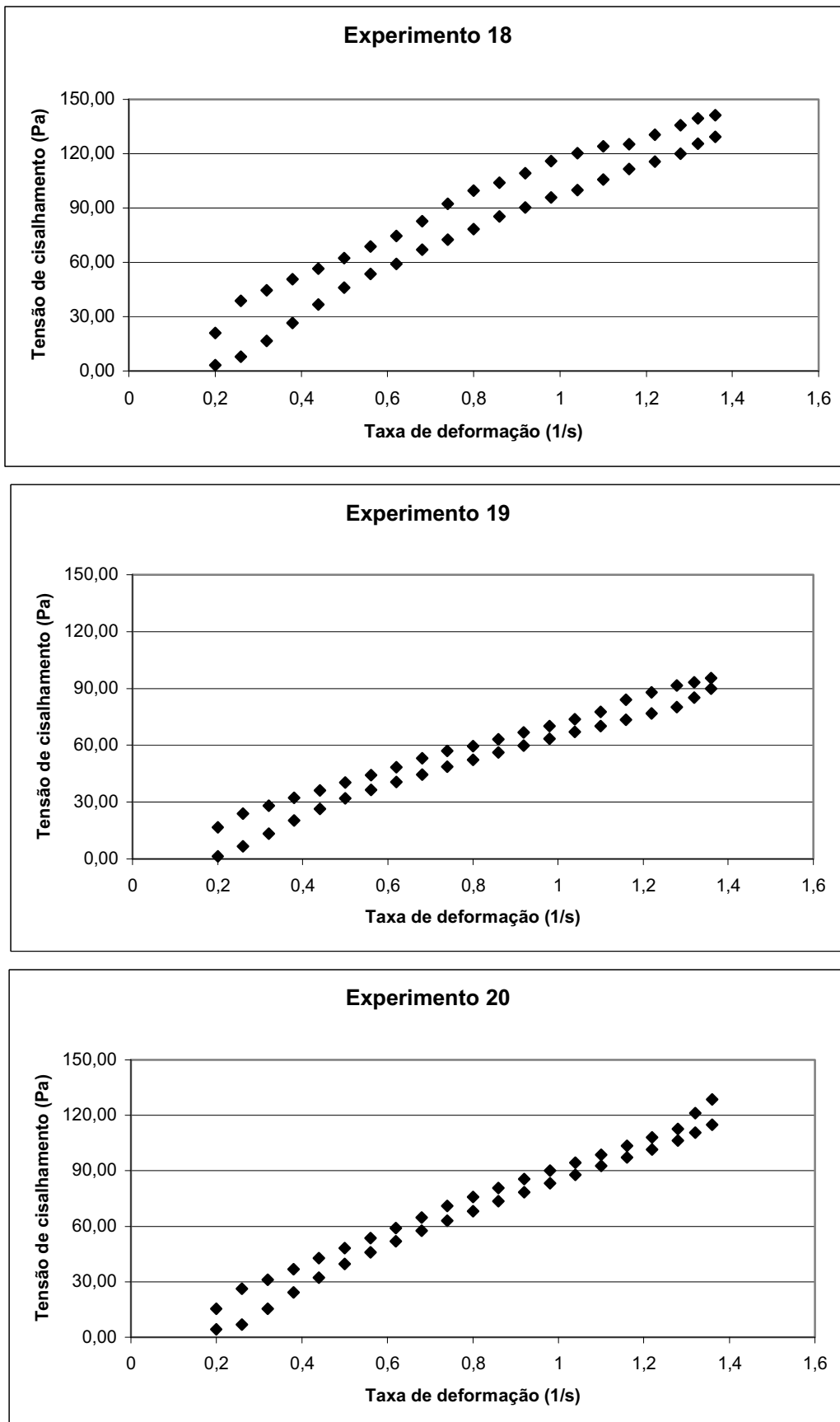


Figura 17 - Reogramas da relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento do requeijão cremoso modificado dos experimentos de 18 a 20.

5.9- Capacidade de derretimento

A capacidade de derretimento (escorrimento) variou de 30,50 a 43,33 cm (Tabela 12). O requeijão que apresentou o menor derretimento (experimento 9) foi aquele que recebeu as menores adições de creme de leite, gordura vegetal hidrogenada e isolado protéico de soja e o maior teor de inulina. O aumento nos teores de isolado protéico de soja e de inulina nos experimentos 14 e 15 foram compensados pelo elevado teor de gordura no extrato seco e resultaram em capacidade de derretimento intermediária. Obteve-se os maiores derretimentos quando os requeijões cremosos foram preparados com conteúdo intermediário dos ingredientes (ponto central do planejamento experimental, experimentos de 17 a 20). As demais formulações apresentaram capacidade de derretimento muito próximas, apesar da diferença significativas entre elas. A Figura 18 mostra as amostras de requeijão cremoso modificado colocadas dentro dos tubos para o teste de derretimento. Resultados semelhantes foram observados por Mounsey e O'Riordan (1999) e Sobral (2007).



Figura 18 – Amostras de requeijão cremoso modificado, submetidas ao teste de capacidade de derretimento.

Lubeck (2005) obteve valores de 31,6 a 80,6 cm para a capacidade de derretimento, e observou que maiores teores de concentrado protéico de soro e sal emulsificante no produto resultavam em maior capacidade de derretimento.

Este teste de derretimento é um bom parâmetro de qualidade para os requeijões que são utilizados como ingredientes ou recheio de alimentos, submetidos à elevadas temperaturas, como nos processos de fritura ou forneamento, mantendo a estrutura física e o aspecto de um creme encorpado (MOUNSEY, O'RIODAN, 1999).

A análise de variância dos resultados de derretimento dos requeijões cremosos modificados (Apêndice A) demonstrou que houve diferença significativa entre os experimentos (Tabela 11).

Tabela 12 - Capacidade de derretimento dos requeijões (cm).

| Tratamentos | Derretimento (cm) | Tratamentos | Derretimento (cm) |
|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| 1 | 35,50±1,80 ^e | 11 | 33,33±0,55 ^c |
| 2 | 37,10±0,69 ^{de} | 12 | 30,57±0,12 ^g |
| 3 | 37,97±0,15 ^{cd} | 13 | 33,33±0,29 ^f |
| 4 | 37,97±0,15 ^{cd} | 14 | 37,07±0,12 ^{de} |
| 5 | 37,07±0,25 ^{de} | 15 | 34,20±0,20 ^f |
| 6 | 37,73±0,12 ^{cd} | 16 | 33,33±0,12 ^e |
| 7 | 37,80±0,20 ^{cd} | 17 | 40,67±0,23 ^b |
| 8 | 37,47±0,12 ^d | 18 | 40,93±0,42 ^b |
| 9 | 30,50±0,70 ^g | 19 | 43,33±0,58 ^a |
| 10 | 37,27±0,58 ^{de} | 20 | 40,67±0,38 ^b |

a, b, c, d, e, f, g Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$).

6 – CONCLUSÕES

Considerando os resultados deste estudo:

- ✓ a goma xantana na concentração de 0,2% apresentou as melhores características (aparência visual e textura) para ser utilizada em requeijões cremosos modificados.
- ✓ as variações nos teores de creme de leite, gordura vegetal hidrogenada, isolado protéico de soja e inulina resultaram em variações nas características físico-químicas, frações protéicas, microestrutura, textura, propriedades reológicas e capacidade de derretimento dos requeijões cremosos modificados, ou seja:
 - não houve diferença no perfil eletroforético das caseínas dos diferentes experimentos. Em todas as amostras de requeijões cremosos modificados foi possível distinguir as bandas de α , β e γ -caseínas.
 - a microscopia eletrônica de transmissão mostrou diferenças nas interações entre os ingredientes das formulações. Os glóbulos da gordura láctea apresentavam-se irregulares, dispersos e emulsificados com os demais ingredientes, enquanto a gordura vegetal hidrogenada apresentava comportamento oposto. Foi observada a presença de cristais de fosfato de cálcio insolúveis.
 - houve diferença significativa nos parâmetros de dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade em função do tipo e da concentração de ingrediente adicionado. O maior o teor de sólidos na formulação resultou em maior dureza.
 - os requeijões apresentaram características de fluidos não newtonianos, com comportamento tixotrópico. Os maiores índices de consistência foram obtidos nos experimentos com os maiores teores de sólidos totais.
 - as variáveis da formulação tiveram efeito significativo na capacidade de derretimento dos requeijões cremosos modificados. Quanto menores os teores de gordura adicionados e maior teor de inulina, menor a capacidade de derretimento.

Pode-se concluir que:

- ✓ os produtos elaborados conforme as formulações 14 e 15, contendo respectivamente, 6,0% de creme de leite, 6,0% de gordura vegetal hidrogenada, 1,5% de isolado protéico de soja e 6,3% de inulina e 2,0% de creme de leite,

10% de gordura vegetal hidrogenada, 1,5% de isolado protéico de soja e 6,3% de inulina, apresentaram as características físico-químicas, microestrutura, textura, reologia e capacidade de derretimento mais adequadas, semelhantes aos produtos comerciais.

7 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- ✓ estudo mais aprofundado da microestrutura por meio da microscopia eletrônica de transmissão e de varredura, permitindo melhor entendimento das interações entre os compostos;
- ✓ realizar a otimização dos experimentos e definir a melhor formulação de requeijão cremoso modificado utilizando creme de leite, gordura vegetal hidrogenada, isolado protéico de soja e inulina.
- ✓ efetuar a análise sensorial com testes descritivos ou de aceitabilidade na formulação otimizada.
- ✓ realizar o estudo de vida de prateleira do produto da formulação otimizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADHIKARI, K.; HEYMANN, H.; HUFF, H. E. Textural characteristics of lowfat, fullfat and smoked cheeses: sensory and instrumental approaches. **Food Quality and Preference**, Barking v. 14, p. 211-218, 2003.

AIDER, M.; HALLEX, D. Isomerization of lactose and lactulose production: review. **Food Science and Technology**, London v. 18, n. 4, p. 356-364, 2007.

AKOH, C. C. Fat replacers. **Food Technology**, Chicago v. 52, n. 3, p. 47-53, 1998

ALEGRET, L. P. Substitutos de materia grasa. **Alimentaria**, Madrid, v. 36, n. 281, p. 119-121, 1997.

ALMENA-ALISTE, M.; GIGANTE, M. L.; KINDSTEDT, P. S. Impacto of pH on the texture of cultured cream cheese: firmness and water phase characteristics, **Lebensmittel-Wissenschaft und – Technologie**, London, v. 61, n. 4, p. 400-404, 2006.

ANDERSON, R. L.; WOLF, W. J. Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponins and isoflavones related to soybean processing. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 3, n. 125, p. 581-588, 1995.

ANJO, D. L. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Journal Vascular Brasileiro**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 145-154, 2004.

ANTONIOU, K. D.; PETRIDIS, D.; RAPHAELIDIS, S.; OMAR, Z. B.; KESTELLOTT, R. Texture assessment of fresh cheeses. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 1, p. 168-171, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE QUEIJOS. Queijos fundidos. Disponível em: <www.abiq.com.br> Acesso em: 13 ago 2007.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Washington, 1995. v.2.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. D. **Experimentação agrícola**. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.

BARONI, A. F.; FREITAS, I. C.; CUNHA, R. L.; HUBINGER, M. D.; MENEGALLI, F. C. Caracterização reológica de requeijão cremoso e com teor reduzido de gordura: viscosidade extensional e em cisalhamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 2, n. 1/2, p. 21-29, 1999.

BARROS, J. J. C. **Estudo *in situ* de culturas autóctones de *Lactobacillus helveticus* autolíticos sobre a dinâmica bioquímica e sensorial do queijo Parmesão**. São José do Rio Preto, 2009. 106f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, São José do Rio Preto, São Paulo 2009.

BENEDITO, J.; GONZÁLEZ, R.; ROSSELLO, C.; MULET, A. Instrumental and expert assessment of Mahon cheese texture. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 7, p. 1170-1174, 2000.

BENNETT, R. J.; TRIVEDIM, D.; HEMAR, Y.; REID, D. C.; ILLINGWORTH, D.; LEE, S. K. The effect of starch addition on the rheological and microstructural properties of model processed cheese. **Australian Journal of Dairy Technology**, Highett v. 61, n. 2, p. 157-159, 2006.

BERGER, W.; KLOSTERMEYER, H.; MERKENICH, K.; UHLMANN, G. **Processed cheese manufacture: a Joha guide**. Landerburg, BK Giulini, 1989. 238p.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela. 1992. 151p.

BRANDÃO, S. C. C.; SILVA, R. C.; REIS JR, J. S. Produtos de laticínios light: uma nova opção para o consumidor. **Leite & Derivados**, São Paulo, n. 22, p. 22-24, 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 2, 7 de jan. 2002. Regulamento técnico de substâncias bioativas e probióticos isolados com

alegação de propriedades funcional e ou de saúde. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de queijo processado ou fundido, processado pasteurizado ou fundido UHT (UAT): portaria nº 356, de 4 de setembro de 1997. In: **NOVA legislação de produtos lácteos e de alimentos para fins especiais diet, lighth, enriquecidos**. São Paulo: Fonte Comunicações, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamentos de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Regulamentos técnicos de identidade e qualidade de leite e produtos lácteos: portaria nº 359, regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do requeijão ou requeson. **Diário Oficial [da] União: Poder Executivo**, Brasília, DF, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Regulamentos técnicos de identidade e qualidade de leite e produtos lácteos: portaria nº 356, regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de queijo processado ou fundido, processado pasteurizado ou fundido UHT (UHA). **Diário Oficial [da] União: Poder Executivo**, Brasília, DF, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Regulamentos técnicos de identidade de produção, identificação e qualidade de leite, Instrução Normativa nº 51. **Diário Oficial [da] União: Poder Executivo**, Brasília, DF, 2002.

BREUIL, P.; MUELLENT, J. F. A comparison of three instrumental tests for predicting sensory texture profiles of cheese. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 32, p. 41-55, 2001.

BUNGE ALIMENTOS. **Proteína isolada de soja**. Disponível em: <www.bungealimentos.com.br> Acesso em: 1 ago. 2003.

CAMPOS, S. D. S. **Reologia e textura de alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1989. 84 p.

CANDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Alimentos funcionais. Uma revisão. **Boletim da Sociedade brasileira de ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 193-203, 2005.

CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. **Alimentos para fins especiais: dietéticos**. São Paulo: Varela, 1996. 172 p.

CARDARELLI, H. R. **Desenvolvimento de queijo petit-suisse simbiótico**. São Paulo, 2006. 138f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo 2006.

CASE, R. A.; BRADLEY JR., R. L.; WILLIAMS, R. R. Chemical and physical methods. In: AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of dairy products**. 15 th, Washington, 1985. p. 327-404.

CASSIDY, A.; BIGHAM, S.; SETCHELL, K. Biological effects of isoflavones in young women: importance of the chemical composition of soybean products. **Brazilian Journal Nutrition**, São Paulo, v. 4, n. 74, p. 587-601, 1995.

CAVALCANTI, A. B. D.; PINHEIRO, A. J. R.; MOSQUIM, M. C. A. A. C. Requeijão: uso de gordura vegetal como substituto parcial de gordura do leite na fabricação do requeijão tradicional. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 47, n. 279-281, p. 62-65, 1992.

COPELAND, L.; BLAZEK, J.; SALMAN, H.; TANG, M.C. Form and functionality of starch. **Food Hydrocolloids**, Oxford, n. 23, v. 2, p. 1527-1534, 2009.

COTTA-PEREIRA, G.; RODRIGO, F. G.; DAVID FERREIRA, J. F. The use of tannic-acid- glutaraldehyde in the study of elastic relates fibers. **Stain Technology**, Baltimore, v. 51, p. 7-11, 1976.

CREDIDIO, E. **Alimentos funcionais na nutrologia médica**. Itu: Ottoni Editora. 2005. 273p.

DE ANGELES, R. C. **Fome oculta: bases fisiológicas para reduzir seu risco**. São Paulo: Atheneu, 1999. 108p.

DELZENNE, N. M.; DAUBIOUL, C.; MARTINO, M.; LASA, M.; TAPER, H. S. Inulin and oligofructose modulate lipid metabolism in animals: review of biochemical events and future prospects. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 87, p.255-259, 2002. Supplement 2.

DEVEREUX, H. M.; JONES, G. P.; MCCORMICK, L.; HUNTER, W. C. Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 5, p. 1850-1854, 2003.

DIMITRELI, G.; THOMAREIS, A. S. Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 64, p. 265-271, 2004.

DRAKE, M. A.; TRUINGM, V. D.; DAUBERT, C. R. Rheological and sensory properties of reduced-fat processed cheeses containing lecithin. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 4, p. 744-747, 1999.

DZIEZAK, J. D. A focus on gums. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 3, p. 115-132, 1991.

ELUERS, G.; COSTA, M. R. Sais fundentes Joha. **Revista do Instituto Candido Tostes**, Juiz de Fora, v. 47, n. 279-281, p. 49-51, 1992.

ESAKI, H.; ONOZAKI, H.; MORIMITSU, Y. Potent antioxidative isoflavones isolate from soybeans fermented with *Aspergillus saitoi*. **Bioscience Biotechnology Biochemistry**, Tóquio, v. 4, n. 62, p. 740-746, 1998.

ESTEVEES, E. A.; MONTEIRO, J. B. R. Efeitos benéficos das isoflavonas de soja em doenças crônicas. **Revista Nutrição**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 43-52, 2001.

FAROOQ, K.; HOQUE, Z. U. Effect of sugar esters on textural properties of nonfat low calorie yogurt. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 10, p. 2676-2680, 1992.

FERNANDES, A. G. Sais emulsificantes. In: MARTINS, J. F. P. **Processamento de requeijão cremoso e outros queijos fundidos**, Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. p.23-29.

FERNANDES, A. S.; VALLE, J. L. E.; CAMPOS, S. D. S.; MORI, E. E. M. Formulação de sais emulsificantes para a elaboração de requeijão cremoso e outros tipos de queijos fundidos: parte II. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 40, n. 238, p. 27-39, 1985.

FIGUEIREDO JR., I. Açúcar e gordura: substitutos à altura. **Revista de Engenharia de Alimentos**, São Paulo, v. 2, n. 14, p. 18-23, 1997.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Food labeling: health claims; soy protein and coronary heart disease. **Federal Register**, Washington, n. 64, p. 57699-57733, 1999.

FOX, P. F.; McSWEENEY, P. L. H. **Dairy chemistry and biochemistry**, Gaithersburg: Aspen, 1998. 478p.

FRANCK, A. Technological functionality of inulin and oligofrutose. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 87, p. 287-291, 2002. Supplement 2.

FUSTER, G. O.; GONZÁLEZ-MOLERO I. Probióticos y prebióticos em la práctica clínica. **Nutricion Hospitalaria**, Madrid, v. 22, n. 2, p. 26-34, 2007.

GALLINA, D. A. **Influência do tratamento UHT na qualidade do requeijão cremoso tradicional e ligh**. Campinas, 2005. 235f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de

Campinas, Campinas, 2005.

GARRUTI, D. S.; BRITO, E. S.; BRANDÃO, T. M.; UCHÔA JR., P.; SILVA, M. A. Desenvolvimento do perfil sensorial e aceitação do requeijão cremoso. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 434-440, 2003.

GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. Atividades inibitória de tripsina em produtos derivados de soja (*Glycine max*) consumidos no Brasil. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 8, n. 3, p. 18-26, 1998.

GIBSON, G. R.; McCARTNEY, A. L.; RASTRALL, R. A. Prebiotics and resistance to gastrointestinal infections. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 93, p. 31-34, 2005. Supplement 1.

GIBSON, G. R.; PROBERT, H. M.; VAN LOO, J.; RASTALL, R. A.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. **Nutrition Research Review**, Cambridge, v. 17, n. 2, p. 259-275, 2004.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 125, n. 6, p. 1401-1412, 1995.

GIESE, J. Fat and fat replacers: balancing the health benefits. **Food Technology**, Chicago, v. 50, n. 9, p. 76-81, 1996.

GIGANTE, M. L. **Requeijão cremoso obtido por ultrafiltração de leite pré acidificado de concentrado protéico de soro**. Campinas, 1998. 122f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

GIGANTE, M. L.; ALMEIDA, T. C. A.; KAWASHIMA, L. M.; ROIG, S. M. Sensory evaluation of "requeijão cremoso" cheese with protein concentrate. 1999 IFT Annual Meeting, Chicago, E.U.A. **Book of Abstract**, p. 137, 1999.

GIGANTE, M. L.; ANTUNES, A. J.; PETENATE, A. J.; ROIG, S. M. Firmness and melting properties of requeijão cheese. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, London, v. 56, n. 10, p. 560-562, 2001.

GILLILAND, S. E. Probiotics and prebiotics. In: MARTH, E. H.; STEELE, J. L.(Ed.). **Applied dairy microbiology**, New York: Marcel Dekker, 2001. p. 327-343.

GLICKSMAN, M. **Gum technology in the food industry**. San Diego: Academic Press, 1969. 590p.

GWARTNEX, E. A.; FOEGEDING, E. A.; LARICK, D. K. The texture of commercial full-fat and reduced-fat cheese. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 2, p. 812-816, 2002.

HEDIN, C.; WHELAN, K.; LINDSAY, J. O. Evidence for the use of probiotics and prebiotics in inflammatory bowel disease: a review of clinical trials. **Processing of the Nutrition Society**, Philadelphia, v. 66, n. 3, p. 307-315, 2007.

HOKES, J.; MANGINO, M. E.; HANSEN, P. M. T. A model system for curd formation and melting properties of calcium caseinates. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, n. 4, p.1235-1249, 1982.

HOLDSWORTH, S.D. Rheological models used for the prediction of the flow properties of food products: a literature review. **Transactions of the Institute of Chemical Engineering**, London, v.71, part C, p.139 - 179, 1993.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 2.ed. São Paulo, 1985, v.1.

JONES, P. J.; JEW, S. Functional food development: concept to reality. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 18, n. 7, p.338-390, 2007.

KALAB, M. **Foods under the microscope**. Update: 28/09/2005. Disponível em: <http://www.magma.ca/~scima/Cheese.htm>. Acesso em: 20/05/2009.

KALAB, M. Practical aspects of electron microscopy in dairy research. **Food Structure**, Chicago, v. 12, n.1, p. 95-114, 1993.

KOLIDA, S.; GIBSON, G. R. Prebiotic capacity of inulin-type fructans. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 137, n. 11, p. 2503-3506, 2007.

KONUKLAR, G.; INGLETT, G. E.; WARNER, K.; CARRIERE, C .J. Use of a β -glucan hydrocolloidal suspension in the manufacture of low-fat cheddar cheeses: textural properties by instrumental methods and sensory panels. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 18, p. 535-545, 2004.

KWAK, N. S.; JUKES, D. L. Functional foods: part 1: the development of a regulatory concept. **Food Control**, Guildford, v. 12, n. 2, p. 99-107, 2001.

LAGRANGE, V.; DALLAS, P. Inovação de produto com concentrados de proteína de soro de leite dos Estados Unidos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 17-21, 1997.

LIONG, M. T. Probiotics: a critical review of their potential role as antihypertensives, immune modulators, hypocholesterolemic, and perimenopausal treatments. **Nutrition Reviews**, New York, v. 65, n. 7, p. 316-328, 2007.

LIU, K. Expanding soybean food utilization. **Food Technology**, Chicago, v. 54, n. 7, p. 46-58, 2000.

LUBECK, G. M. **Estudo da fabricação de requeijão cremoso com diferentes concentrações de gordura no extrato seco, sal emulsificantes e concentrado protéico de soro obtido por ultrafiltração**. Campinas, 2005. 321f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

LUCEY, J. A. A.; JOHNSON, M. E.; HORNE, D. S. Invited review perspectives on the base of the rheology and texture properties of cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 9, p. 2725-2743, 2003.

LUVIELMO, M. M.; ANTUNES, A. J. Influência da adição de íons Ca^{++} e Mg^{++} na dureza de géis de concentrado protéico de soro de leite bovino. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 35- 47, 2002.

MAGNONI, D.; EMED, T. **Revisão clínica sobre a proteína de soja**. The solay Company, São Paulo, 2006. 32 p.

MARCELINO, F. C.; GUIMARÃES, M. F.; BARROS, E. G. Detecção e quantificação de alimentos geneticamente modificados: o panorama brasileiro. **Revista Ceres**, v. 2, n. 2, p. 240-250, 2007.

MARCHIORI, E. Salvem o requeijão. **Revista Indústria de Laticínios**, São Paulo, ano 10, n. 58, p. 56-63, 2005.

MARTINS, J. F. P. **Processamento de requeijão cremoso e outros queijos fundidos**. Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas. 1981. 386p.

MATTES, R. D. Position of the American Dietetic Association: fat replacers. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 98, n. 4, p. 463-468, 1998.

MARTEAU, P.; BOUTRON-RUAULT, M. C. Nutritional advantages of probiotics and prebiotics. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 87, n. 2, p. 153-157, 2002.

MAURER-ROTHMANN, A.; SCHEURER, G. **Estabilização dos sistemas protéicos do leite**. A Joha Guide, Landerburg: BK Giulini, 2005. 51p.

MENNE, E.; GUGGENBUHL, N. Fn-type chicory inulin hidrolysate has a prebiotic effect in humans. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 130, n. 5, p. 1197-1199, 2000.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. New York: John Wiley, 2001. 684 p.

MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde, **Revista Eletrônica de Farmácia**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 199-122, 2006.

MORAIS, A. A. C.; SILVA, A.L. Valor nutritivo e funcional da soja. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 306-315, 2000.

MORENGHI, G. B. **Caracterização e vida de prateleira de queijos fundidos fabricados utilizando como conservadores sorbato de potássio, nisina e lisozima**. São Paulo, 2002. 136f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MORENO, I.; VIALTA, A.; VALLE, J. L. Efeitos das várias etapas do processamento de requeijão e queijos fundidos na microbiota do leite. **Revista Indústria de Laticínios**, São Paulo, mar-abr., p. 63-66, 2002.

MOUNSEY, J. S.; O'RIORDAN, E. D. Characteristics of imitation cheese containing native starches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 66, n. 4, p.586-591, 2001.

MOUNSEY, J. S.; O'RIODAN, E. D. Empirical and dynamic rheological data correlation to characterize melt characteristics of imitation cheese. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 4, p. 701-703, 1999.

MUSSATO, S. I.; MANCILHA, I. M. Non-digestible oligosaccharides: a review. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 68, n. 3, p. 587-597, 2007.

NEY, K. H. Sensogamme, eine methodische erweiterung der aromagramme. **Gondian**, Landerburg, v. 88, n. 1, p. 19, 1988.

NINES, K. R. Inulin and oligofructose: what are they? **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 29, v. 10, p. 1402-1406, 1999.

NUTTI, M. R. Rotulagem de alimentos geneticamente modificados: situação no Brasil e no mundo. In: **Seminário novos aspectos de legislação sobre rotulagem de alimentos funcionais, transgênicos, meio ambiente e comércio exterior**, 2002, Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, p.19-37, 2002.

OLIVEIRA, C. S. Queijos artificiais. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 39, n. 235, p. 49-51, 1986.

OLSON, N. F.; PRICE, W. V. A. A melting test for pasteurized process cheese spreads. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 41, n. 7, p. 999-1000, 1958.

O'RIORDAN, E. D.; SULLIVAN, M. O.; DUNNE, P. G.; HENNELLY, P. J. Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin, **Journal of food Engineering**, Essex, v. 75, p. 388-395, 2006.

PARADA, J.; AGUILERA, J. M. Food microstructures affects the bioavailability of several nutrients. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 72, n. 2, p. 21-32, 2007.

PENNA, A. L. B. Hidrocolóides: usos em alimentos. **Food Ingredients**, São Paulo, n. 17, p. 58-64, 2002.

PEREIRA, D. I. A.; GIBSON, G. R. Effects of consumption of probiotics and prebiotics on serum lipid levels in human. **Critical Reviews in Biochemical Molecular Biology**, London, v. 37, n. 4, p. 259-281, 2002.

PERRY, K. S. P. Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 293-300, 2004.

PRENTICE, J. H. **Dairy rheology: a concise guide**. Cambridge VCH, 1992. 165 p.

RAPACCI, M. **Estudo comparativo das características físicas e químicas, reológicas e sensoriais do requeijão cremoso obtido por fermentação láctica e acidificação direta**. Campinas, 1997. 142f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas,

Campinas, 1997.

ROBERFROID, M. B. Chicory fructooligosaccharides and the gastrointestinal tract. **Nutrition**, New York, v. 16, n. 7/8, p. 677-679, 2000.

ROBERFROID, M. B. Concepts in functional foods: the case of inulin and oligofructose. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 129, n. 3, p. 1398-1401, 1999. Supplement 7.

ROBERFROID, M. B. Functional food concept and its application to prebiotics. **Digestive and Liver Disease**, Greece, v. 34, n. 2, p. 105-110, 2002.

ROBERFROID, M. B. Prebiotics: the concept revisited. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 137, n. 3, p. 830-837, 2007.

ROCHA, J. R.; CATANA, R.; FERREIRA, B.S.; CABRAL, J. M. S.; FERNANDES, P. Design and characterisation of an enzyme system for inulin hydrolysis. **Food Chemistry**, London, v. 95, n. 1, p. 77-82, 2006.

RODRIGUES, F. **Requeijão, fondue, especialidade, queijo processado**. Juiz de Fora: Templo, 2006, 172 p.

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

SANDERSON, G. R. Polysaccharides in foods. **Food Technology**, Chicago, v. 35, n. 7, p. 50-57, 83, 1981.

SANTOS, J. A. Requeijão: produto típico do Brasil com mercado emergente. **Revista Leite e Derivados**, São Paulo, ano 11, n. 66, p. 36-46, 2002.

SCHAR, W.; BOSSET, J. O. Chemical and physico-chemical changes in processed cheese and residy-made fondue during storage: a review. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, London, v. 35, n. 1, p. 15-20, 2002.

SCHOLZ-AHRENS, K. E.; ADE, P.; MARTEN, B.; WEBER, P.; TIMM, W.; ASIL, Y.; GLUER, C. C. SCHREZENMEIR, J. Prebiotics, probiotics, and synbiotics affect mineral absorption, bone mineral content and bone structure. **The journal of nutrition**, Cambridge, v. 137, n. 2, p. 838-846, 2007.

SHALABI, S. I.; FOX, P. F. Electrophoretic analysis of cheese: comparison of methods. **Irish Journal of Food Science and Technology**, Dublin, v. 11, n. 2, p. 135–151, 1987.

SHIRASHOJI, N.; JAEGGI, J. J.; LUCEY, J. A. Effect of trisodium citrate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, n. 2, p. 15-28, 2006.

SIBBEL, A. The sustainability of functional food. **Social Science & Medicine**, Oxford, v. 64, n. 4, p. 554-561, 2007.

SILVA, A. T. **Fabricação de requeijão cremoso e de requeijão cremoso light a partir de retentado de ultrafiltração acidificado por fermentação ou adição de ácido láctico**. 2003. 185f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SILVA, A. T.; VAN DENDER, A. G. F.; MELLO, F. M. Capacidade de derretimento de requeijão cremoso obtido por diferentes processos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 60, n. 345, p. 414-417, 2005.

SILVA, A. T.; VAN DENDER, A. G. F.; MELLO, F. M. Características de fusão de quatro diferentes tipos de massas utilizadas na fabricação de requeijão cremoso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 59, n. 339, p. 97-103, 2004.

SILVA, P. H. F.; PEREIRA, D. B. C.; OLIVEIRA, L. L., COSTA JÚNIOR, L. C. G. **Físico-Química do Leite e Derivados: métodos analíticos**. Juiz de Fora: Oficina de

Impressão, 1997. 190 p.

SIMPLESSE. **O substituto natural da gordura:** uma visão científica. 2. ed., 1995. 13 p.

SIPAHIOLU, O.; ALVAREZ, V. B.; SOLANO-LOPEZ, C. Structure, physico-chemical and sensory properties of feta cheese made with tapioca starch and lecithin as fat mimetics. **International Dairy Journal**, Barking, v. 9, n. 11, p. 783-789, 1999.

SOARES, F. M.; FONSECA, L. M. MARTINS, R. T.; MACHADO, E. C.; PEREIRA, JR., F. N.; FONSECA, C. S. P. Influência do concentrado protéico de soro na composição do requeijão em barra com teor de gordura reduzido. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinário e Zootecnia**, São Paulo, v. 54, n. 6, p. 54-61, 2002.

SOBRAL, D. **Otimização do Processo de Fabricação de Análogos de Requeijão Culinário.** Campinas, 2007. 101f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

STANTON, C.; ROSS, R. P.; FITZGERALD, G. F.; SINDEREN, D. V. Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v. 16, n. 2, p. 198-203, 2005.

TAKAYOSHI, A.; UMEDA, T.; KAKO, Y. Cleavage of the linkage between colloidal calcium phosphate and casein on heating milk at high temperature. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 54, n. 2, p.559-574, 1990.

TAMIME, A. Y.; MUIR, D .D.; SHENANA, N. E.; KALAB, M.; DAWOOD, A. H. Processed cheese analogues incorporating fat-substitutes 2. rheology, sensory perception of texture and microstructure. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 32, n. 1, p. 50-59, 1999.

TAMIME, A.Y. Qualidade de iogurte elaborado com substitutos de gordura. In: LERAYER, A. L. S.; SALVA, T. J. G. (Coord.). **Leites fermentados e bebidas lácticas**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1997. p. 11-32.

TRONCO, V. M. **Manual para inspeção da qualidade do leite**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 166 p.

TRUNONG, V. D.; DAUBERT, C. R.; DRAKE, M. A.; BAXTER, S. R. Vane rheometry for textural characterization of cheddar cheeses correlation with other instrumental and sensory measurements. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 35, n. 4, p. 305-314, 2002.

TUNGLAND, B. C.; MEYER, D. Non digestible oligo-and-polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. **Comprehensive Review in Food Science and Food Safety**, Westport, v. 3, n. 27, p. 73-92, 2002.

VAN DENDER, A. G. F. Fabricação de queijos fundidos e de requeijão cremoso: aspectos legais e parâmetros para escolha de matéria-prima. **Revista Indústria de Laticínios**, São Paulo, ano 4, n. 35, p. 62-66, 2001.

VAN DENDER, A. G. F. **Requeijão cremoso e outros queijos fundidos: tecnologia de fabricação, controle do processo e aspectos de mercado**. São Paulo: Fonte Comunicações, 2006. 391p.

VAN DENDER, A. G. F.; ALVES, R. M. V. SILVA, A. T. JAIME, S. B. JUNQUER, R. L. SILVA, V.M. ABUJAMRA, F. Determinação da oxidação de requeijão cremoso pelo método de TBA. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 57, n. 327, p. 53-60, 2002.

VAN DENDER, A. G. F.; BOSI, M. G.; CONRADO, P. B.; YOTSUYANAGI, K.; ANJOS, V. A. D.; MONTEIRO, C. Análise do perfil de textura e características físico-químicas de requeijão cremoso light com fibra alimentar. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 60, n. 345, p. 404-409, 2005.

WALKER, W. A.; DUFFY, L. C. Diet and bacterial colonization: role of probiotics and prebiotics. **Journal of Nutrition and Biochemistry**, Cambridge, v. 9, n. 12, p. 668-675, 1998.

WANG, Y. Prebiotics: present and future in food science and technology. **Food Research International**, Chicago, v. 4, n. 4, p. 8-12, 2009.

APÊNDICES

1 - Leite pasteurizado para obtenção dos requeijões cremosos modificados - Bloco 1

1A – Análise de variância dos dados experimentais dos valores de pH do leite.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,01 |
| Erro padrão da média | 0,02 |
| Média geral | 6,75 |
| Coefficiente de variação | 0,12 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 2 | 0,00736 | 0,00368 | 55,1667** |
| Resíduos | 6 | 0,00040 | 0,00007 | |
| Total | 8 | 0,00776 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

1B – Análise de variância dos dados experimentais de teor de acidez titulável do leite.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,15 |
| Erro padrão da média | 0,63 |
| Média geral | 15,21 |
| Coefficiente de variação | 1,67 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Tratamentos | 2 | 0,39309 | 0,19654 | 30,0625 n.s. |
| Resíduos | 6 | 0,38507 | 0,06418 | |
| Total | 8 | 0,77816 | | |

n.s. = Teste não significativo ($p \geq 0,05$)

1C – Análise de variância dos dados experimentais de densidade do leite.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,04 |
| Erro padrão da média | 0,08 |
| Média geral | 32,18 |
| Coefficiente de variação | 0,10 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|
| Tratamentos | 2 | 0,24222 | 0,12111 | 109,0000** |
| Resíduos | 6 | 0,00667 | 0,00111 | |
| Total | 8 | 0,24887 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

1D – Análise de variância dos dados experimentais do teor de proteína do leite.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,00 |
| Erro padrão da média | 0,08 |
| Média geral | 3,26 |
| Coefficiente de variação | 0,32 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 2 | 0,00056 | 0,00028 | 25,0000** |
| Resíduos | 6 | 0,00007 | 0,00001 | |
| Total | 8 | 0,00062 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

1E – Análise de variância dos dados experimentais dos teores de sólidos totais do leite.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,01 |
| Erro padrão da média | 0,01 |
| Média geral | 8,90 |
| Coefficiente de variação | 0,05 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 2 | 0,00349 | 0,00174 | 78,5000** |
| Resíduos | 6 | 0,00013 | 0,00002 | |
| Total | 8 | 0,00362 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

1F – Análise de variância dos dados experimentais de ponto crioscópico do leite.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,02 |
| Erro padrão da média | 0,08 |
| Média geral | 53,12 |
| Coefficiente de variação | 0,06 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|
| Tratamentos | 2 | 0,24889 | 0,12444 | 112,0000** |
| Resíduos | 6 | 0,00667 | 0,00111 | |
| Total | 8 | 0,25556 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

2 -Creme de leite utilizado para obtenção dos requeijões cremosos modificados - Bloco 1

2A – Análise de variância dos dados experimentais de acidez titulável do creme.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,21 |
| Erro padrão da média | 0,27 |
| Média geral | 11,13 |
| Coefficiente de variação | 0,99 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 2 | 2,14996 | 1,07498 | 89,3333** |
| Resíduos | 6 | 0,07220 | 0,01203 | |
| Total | 8 | 2,22216 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

2B – Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura do creme.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,77 |
| Erro padrão da média | 2,36 |
| Média geral | 36,67 |
| Coefficiente de variação | 2,57 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-------------|
| Tratamentos | 2 | 2,66667 | 1,33333 | 1,5000 n.s. |
| Resíduos | 6 | 5,33333 | 0,88889 | |
| Total | 8 | 8,00000 | | |

n.s. Teste não significativo ($p > 0,05$)

2C – Análise de variância dos dados experimentais do teor de sólidos totais do creme.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,07 |
| Erro padrão da média | 0,23 |
| Média geral | 42,33 |
| Coefficiente de variação | 0,22 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|
| Tratamentos | 2 | 10,10424 | 5,05214 | 592,0482** |
| Resíduos | 6 | 0,05120 | 0,00853 | |
| Total | 8 | 10,15549 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

3 - Requeijão cremoso modificado – Bloco 1

3A – Análise de variância dos dados experimentais dos valores de pH dos requeijões cremosos modificados.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,00 |
| Erro padrão da média | 0,01 |
| Média geral | 6,31 |
| Coefficiente de variação | 0,07 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------|
| Tratamentos | 19 | 0,0651 | 0,0034 | 171,3** |
| Resíduos | 40 | 0,0008 | 0,000 | |
| Total | 59 | 0,0659 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

3B – Análise de variância dos dados experimentais do teor de acidez titulável dos requeijões cremosos modificados.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,07 |
| Erro padrão da média | 0,00 |
| Média geral | 0,31 |
| Coefficiente de variação | 2,22 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------|
| Tratamentos | 19 | 0,0813 | 0,0034 | 88,51** |
| Resíduos | 40 | 0,0019 | 0,000 | |
| Total | 59 | 0,0832 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

3C – Análise de variância dos dados experimentais do teor de proteína dos requeijões cremosos modificados.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,51 |
| Erro padrão da média | 0,30 |
| Média geral | 8,24 |
| Coefficiente de variação | 6,25 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------|
| Tratamentos | 19 | 22,8192 | 1,2010 | 4,54** |
| Resíduos | 40 | 10,5902 | 0,2648 | |
| Total | 59 | 33,4094 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

3D – Análise de variância dos dados experimentais do teor de sólidos totais dos requeijões cremosos modificados.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,26 |
| Erro padrão da média | 1,36 |
| Média geral | 31,61 |
| Coefficiente de variação | 1,39 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 19 | 189,16383 | 9,95599 | 51,5734** |
| Resíduos | 40 | 7,72180 | 0,19304 | |
| Total | 59 | 196,88563 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

3E – Análise de variância dos dados experimentais do teor de cinzas dos requeijões cremosos modificados.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,02 |
| Erro padrão da média | 0,01 |
| Média geral | 1,68 |
| Coefficiente de variação | 0,96 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------|
| Tratamentos | 19 | 0,1158 | 0,0061 | 23,28** |
| Resíduos | 40 | 0,0105 | 0,0003 | |
| Total | 59 | 0,1262 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

3F – Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura dos requeijões cremosos modificados.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,00 |
| Erro padrão da média | 0,00 |
| Média geral | 10,90 |
| Coefficiente de variação | 0,03 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------|
| Tratamentos | 19 | 155,3942 | 8,1786 | ***** |
| Resíduos | 40 | 0,005 | 0,000 | |
| Total | 59 | 155,3946 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

3G – Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura no extrato seco dos requeijões cremosos modificados.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,13 |
| Erro padrão da média | 0,08 |
| Média geral | 34,18 |
| Coefficiente de variação | 0,39 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|
| Tratamentos | 19 | 1382,7977 | 72,7788 | 4057,54 ** |
| Resíduos | 40 | 0,7175 | 0,0179 | |
| Total | 59 | 1383,5152 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

4 - Leite pasteurizado usado para obtenção dos requeijões cremosos modificados - Bloco 2

4A – Análise de variância dos dados experimentais dos valores de pH do leite.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,00 |
| Erro padrão da média | 0,07 |
| Média geral | 6,70 |
| Coefficiente de variação | 0,39 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|----------|
| Tratamentos | 4 | 0,01903 | 0,00476 | 6,8606** |
| Resíduos | 10 | 0,00693 | 0,00067 | |
| Total | 14 | 0,02596 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

4B – Análise de variância dos dados experimentais do teor de acidez titulável do leite.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,05 |
| Erro padrão da média | 0,20 |
| Média geral | 15,84 |
| Coefficiente de variação | 1,37 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-------------|
| Tratamentos | 4 | 6,78791 | 1,69698 | 316,2068**. |
| Resíduos | 10 | 0,05367 | 0,00537 | |
| Total | 14 | 6,84158 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

4C – Análise de variância dos dados experimentais dos valores de densidade do leite.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,05 |
| Erro padrão da média | 0,61 |
| Média geral | 31,59 |
| Coefficiente de variação | 0,71 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|----------|
| Tratamentos | 4 | 1,22267 | 0,30567 | 6,0329** |
| Resíduos | 10 | 0,50667 | 0,05067 | |
| Total | 14 | 1,72933 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

4D – Análise de variância dos dados experimentais do teor de proteína do leite.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,00 |
| Erro padrão da média | 0,02 |
| Média geral | 3,17 |
| Coefficiente de variação | 0,23 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|
| Tratamentos | 4 | 0,02564 | 0,00641 | 120,1875** |
| Resíduos | 10 | 0,00053 | 0,00005 | |
| Total | 14 | 0,02617 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

4E – Análise de variância dos dados experimentais do teor de sólidos totais do leite.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,01 |
| Erro padrão da média | 0,08 |
| Média geral | 8,72 |
| Coefficiente de variação | 0,35 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 4 | 0,04524 | 0,01131 | 12,0319** |
| Resíduos | 10 | 0,00940 | 0,00094 | |
| Total | 14 | 0,05464 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

4F – Análise de variância dos dados experimentais de ponto crioscópico do leite.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,05 |
| Erro padrão da média | 0,29 |
| Média geral | 51,95 |
| Coefficiente de variação | 0,20 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 4 | 2,82000 | 0,70500 | 62,2059** |
| Resíduos | 10 | 0,11333 | 0,01133 | |
| Total | 14 | 2,93333 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

4G – Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura do leite.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,01 |
| Erro padrão da média | 0,02 |
| Média geral | 3,08 |
| Coefficiente de variação | 0,28 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-------------|
| Tratamentos | 4 | 0,48863 | 0,12216 | 1665,7727** |
| Resíduos | 10 | 0,00073 | 0,00007 | |
| Total | 14 | 0,48936 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

5 - Creme de leite utilizado para a obtenção dos requeijões cremosos modificados - Bloco 1

5A – Análise de variância dos dados experimentais dos valores de pH do creme.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,00 |
| Erro padrão da média | 0,02 |
| Média geral | 6,74 |
| Coefficiente de variação | 0,07 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|----------|
| Tratamentos | 4 | 0,00120 | 0,00030 | 9,0000** |
| Resíduos | 10 | 0,00030 | 0,00003 | |
| Total | 14 | 0,00153 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

5B – Análise de variância dos dados experimentais do teor de acidez titulável do creme.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,00 |
| Erro padrão da média | 6,38 |
| Média geral | 10,52 |
| Coefficiente de variação | 23,96 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Tratamentos | 4 | 33,40356 | 8,35089 | 1,48300 n.s. |
| Resíduos | 10 | 56,31113 | 5,63111 | |
| Total | 14 | 89,71469 | | |

n.s. Teste não significativo ($p > 0,05$)

5C – Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura do creme.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,35 |
| Erro padrão da média | 1,55 |
| Média geral | 36,33 |
| Coefficiente de variação | 1,59 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Tratamentos | 4 | 3,06667 | 0,76667 | 2,30000 n.s. |
| Resíduos | 10 | 3,33333 | 0,33333 | |
| Total | 14 | 6,40000 | | |

n.s. Teste não significativo ($p > 0,05$)

5D – Análise de variância dos dados experimentais do teor de sólidos totais do creme.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,07 |
| Erro padrão da média | 0,03 |
| Média geral | 41,91 |
| Coefficiente de variação | 0,23 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|
| Tratamentos | 4 | 7,85083 | 1,96271 | 208,5028** |
| Resíduos | 10 | 0,09413 | 0,00941 | |
| Total | 14 | 7,94496 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

5E – Análise de variância dos dados experimentais do teor de cinzas do creme.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,02 |
| Erro padrão da média | 0,05 |
| Média geral | 0,49 |
| Coefficiente de variação | 3,43 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 4 | 0,01227 | 0,00307 | 10,6977** |
| Resíduos | 10 | 0,00287 | 0,00029 | |
| Total | 14 | 0,01513 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

5F – Análise de variância dos dados experimentais do teor de proteína do creme.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,03 |
| Erro padrão da média | 0,11 |
| Média geral | 1,96 |
| Coefficiente de variação | 2,02 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 4 | 0,08327 | 0,02082 | 13,2872** |
| Resíduos | 10 | 0,01567 | 0,00157 | |
| Total | 14 | 0,09893 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

6 – Massa - Bloco 2

6A – Análise de variância dos dados experimentais dos valores de pH da massa.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,00 |
| Erro padrão da média | 0,16 |
| Média geral | 5,33 |
| Coefficiente de variação | 1,09 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------|
| Tratamentos | 4 | 0,07067 | 0,01767 | 5,3000* |
| Resíduos | 10 | 0,03333 | 0,00333 | |
| Total | 14 | 0,10400 | | |

* Teste significativo a 5% de probabilidade $0,01 < p < 0,05$

6B – Análise de variância dos dados experimentais do teor de acidez da massa.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,12 |
| Erro padrão da média | 0,33 |
| Média geral | 52,36 |
| Coefficiente de variação | 0,24 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 4 | 3,84777 | 0,96194 | 62,3828** |
| Resíduos | 10 | 0,15420 | 0,01542 | |
| Total | 14 | 4,00197 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

6C – Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura da massa.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,35 |
| Erro padrão da média | 1,55 |
| Média geral | 13,73 |
| Coefficiente de variação | 4,25 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Tratamentos | 4 | 4,26667 | 1,06667 | 3,20000 n.s. |
| Resíduos | 10 | 3,33333 | 0,33333 | |
| Total | 14 | 7,60000 | | |

n.s. Teste não significativo ($p > 0,05$)

6D – Análise de variância dos dados experimentais do teor de sólidos totais da massa.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,03 |
| Erro padrão da média | 0,08 |
| Média geral | 37,20 |
| Coefficiente de variação | 0,08 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Tratamentos | 4 | 56,00517 | 14,00129 | 15556,9926** |
| Resíduos | 10 | 0,00900 | 0,00090 | |
| Total | 14 | 56,01417 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

6E – Análise de variância dos dados experimentais do teor de cinzas da massa.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,04 |
| Erro padrão da média | 0,12 |
| Média geral | 4,25 |
| Coefficiente de variação | 1,04 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Tratamentos | 4 | 79,55557 | 19,86889 | 10147,3946** |
| Resíduos | 10 | 0,01960 | 0,00196 | |
| Total | 14 | 79,57517 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7 - Requeijões cremosos modificados – bloco 2

7A – Análise de variância dos dados experimentais dos valores de pH do requeijão cremoso modificados.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,00 |
| Erro padrão da média | 0,02 |
| Média geral | 6,27 |
| Coefficiente de variação | 0,09 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 19 | 0,03127 | 0,00165 | 35,2707** |
| Resíduos | 40 | 0,00187 | 0,00005 | |
| Total | 59 | 0,03314 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7B – Análise de variância dos dados experimentais do teor de acidez titulável do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,01 |
| Erro padrão da média | 0,02 |
| Média geral | 0,38 |
| Coefficiente de variação | 1,87 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 19 | 0,03174 | 0,00167 | 33,4105** |
| Resíduos | 40 | 0,00200 | 0,00005 | |
| Total | 59 | 0,03374 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7C – Análise de variância dos dados experimentais do teor de proteína do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,06 |
| Erro padrão da média | 0,22 |
| Média geral | 9,04 |
| Coefficiente de variação | 0,79 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|
| Tratamentos | 19 | 23,84124 | 1,25480 | 244,4420** |
| Resíduos | 40 | 0,20533 | 0,00513 | |
| Total | 59 | 24,04657 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7D – Análise de variância dos dados experimentais do teor de sólidos totais do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,04 |
| Erro padrão da média | 0,15 |
| Média geral | 31,61 |
| Coefficiente de variação | 0,15 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-------------|
| Tratamentos | 19 | 416,23969 | 21,90735 | 9159,8685** |
| Resíduos | 40 | 0,09567 | 0,00239 | |
| Total | 59 | 416,33536 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7E – Análise de variância dos dados experimentais do teor de cinzas do requeijão cremoso modificados.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,01 |
| Erro padrão da média | 0,03 |
| Média geral | 1,74 |
| Coefficiente de variação | 0,54 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|
| Tratamentos | 19 | 0,36316 | 0,01911 | 216,3843** |
| Resíduos | 40 | 0,00353 | 0,00009 | |
| Total | 59 | 0,36670 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7F – Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,75 |
| Erro padrão da média | 8,08 |
| Média geral | 14,35 |
| Coefficiente de variação | 14,19 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 19 | 260,21766 | 13,69567 | 3,42205** |
| Resíduos | 40 | 80,04430 | 4,00221 | |
| Total | 59 | 340,26196 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7G – Análise de variância dos dados experimentais do teor de gordura do extrato seco do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 2,42 |
| Erro padrão da média | 11,31 |
| Média geral | 45,34 |
| Coefficiente de variação | 6,27 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|----------|
| Tratamentos | 19 | 798,75536 | 42,03976 | 5,3588** |
| Resíduos | 40 | 156,90020 | 7,84501 | |
| Total | 59 | 955,65556 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7H – Análise de variância dos dados experimentais da capacidade de derretimento do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,38 |
| Erro padrão da média | 1,48 |
| Média geral | 36,98 |
| Coefficiente de variação | 1,30 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|----------|
| Tratamentos | 19 | 29,05917 | 33,10838 | 143,8452 |
| Resíduos | 40 | 9,20607 | 0,23017 | |
| Total | 59 | 638,26583 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7I – Análise de variância dos dados experimentais de índice de consistência (K) ascendente do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,66 |
| Erro padrão da média | 0,01 |
| Média geral | 67,56 |
| Coefficiente de variação | 40,88 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|
| Tratamentos | 16 | 79054,64552 | 4940,91535 | 643,6454** |
| Resíduos | 17 | 130,49975 | 7,67646 | |
| Total | 33 | 79185,14527 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7J – Análise de variância dos dados experimentais de índice de consistência (K) descendente do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,03 |
| Erro padrão da média | 0,68 |
| Média geral | 1,51 |
| Coefficiente de variação | 16,16 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 16 | 107014,12196 | 88,38262 | 66,2793** |
| Resíduos | 34 | 3431,01104 | 100,91209 | |
| Total | 50 | 110445,13300 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7K – Análise de variância dos dados experimentais de comportamento do fluído (n) ascendente do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,74 |
| Erro padrão da média | 0,00 |
| Média geral | 71,13 |
| Coefficiente de variação | 14,67 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|
| Tratamentos | 16 | 0,42922 | 0,02683 | 190,0208** |
| Resíduos | 17 | 0,00240 | 0,00014 | |
| Total | 33 | 0,43162 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7L – Análise de variância dos dados experimentais de comportamento do fluido (n) descendente do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,07 |
| Erro padrão da média | 0,46 |
| Média geral | 1,80 |
| Coefficiente de variação | 10,63 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 19 | 0,20499 | 0,01281 | 22,4247** |
| Resíduos | 40 | 0,01943 | 0,00057 | |
| Total | 59 | 0,22441 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7M – Análise de variância dos dados experimentais de dureza do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,70 |
| Erro padrão da média | 8,42 |
| Média geral | 22,18 |
| Coefficiente de variação | 9,20 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|
| Tratamentos | 19 | 9198,73033 | 483,14370 | 111,3092** |
| Resíduos | 40 | 86,99076 | 4,34954 | |
| Total | 59 | 9285,72110 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7N – Análise de variância dos dados experimentais de adesividade do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 2,39 |
| Erro padrão da média | 19,18 |
| Média geral | 26,55 |
| Coefficiente de variação | 14,11 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|
| Tratamentos | 15 | 42680,57058 | 2845,37137 | 123,9361** |
| Resíduos | 16 | 367,33402 | 22,95838 | |
| Total | 31 | 43047,90460 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7O – Análise de variância dos dados experimentais de elasticidade do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,01 |
| Erro padrão da média | 0,08 |
| Média geral | 0,95 |
| Coefficiente de variação | 2,25 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 19 | 0,10502 | 0,00553 | 12,0455** |
| Resíduos | 40 | 0,00918 | 0,00046 | |
| Total | 59 | 0,11420 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7P – Análise de variância dos dados experimentais de coesividade do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|------|
| Desvio padrão | 0,00 |
| Erro padrão da média | 0,03 |
| Média geral | 0,85 |
| Coefficiente de variação | 0,79 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|
| Tratamentos | 19 | 0,13544 | 0,00713 | 160,2839** |
| Resíduos | 40 | 0,00089 | 0,00004 | |
| Total | 59 | 0,13633 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7Q – Análise de variância dos experimentais de gomosidade do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,76 |
| Erro padrão da média | 9,43 |
| Média geral | 18,47 |
| Coefficiente de variação | 12,46 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 19 | 5302,76215 | 279,09274 | 51,2014** |
| Resíduos | 40 | 109,01757 | 5,45088 | |
| Total | 59 | 5411,77972 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)

7R – Análise de variância dos dados experimentais de mastigabilidade do requeijão cremoso modificado.

| | |
|--------------------------|-------|
| Desvio padrão | 0,92 |
| Erro padrão da média | 6,87 |
| Média geral | 18,15 |
| Coefficiente de variação | 9,38 |

| Causas de variação | Graus de liberdade | Soma dos quadrados | Quadrado médio | Fator F |
|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Tratamentos | 19 | 5218,49513 | 274,65764 | 94,8787** |
| Resíduos | 40 | 57,89661 | 2,89483 | |
| Total | 59 | 5276,39174 | | |

** Teste significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,05$)