

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Engenharia de Alimentos

Departamento de Tecnologia de Alimentos

**EFEITO DA ADIÇÃO DE CASEINATO DE CÁLCIO E
DO TEMPO DE COZIMENTO NA TEXTURA,
FUNCIONALIDADE E ACEITAÇÃO SENSORIAL DO
REQUEIJÃO CULINÁRIO**

Mônica Correia Gonçalves

Engenheira de Alimentos

Profa. Dra. Walkiria Hanada Viotto

Orientadora

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da

Universidade Estadual de Campinas para obtenção do Título de

Mestre em Tecnologia de Alimentos

Campinas – SP

2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

Gonçalves, Mônica Correia

G586e Efeito da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento na
textura, funcionalidade e aceitação sensorial do requeijão culinário /
Mônica Correia Gonçalves. -- Campinas, SP: [s.n.], 2010.

Orientador: Walkiria Hanada Viotto

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos

1. Requeijão. 2. Textura. 3. Tamanho de partículas. 4.
Derretimento. I. Viotto, Walkiria Hanada. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III.
Título.

Titulo em inglês: Effect of calcium caseinate and cooking time on the texture, functionality
and sensory acceptance of “requeijão culinário” cheese

Palavras-chave em inglês (Keywords): Requeijão, Texture, Particle size, Melting

Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Walkiria Hanada Viotto

Clarissa Reschke da Cunha

Darlila Aparecida Gallina

Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia Alimentos

Este exemplar corresponde à redação final da dissertação defendida em
______ por _____
aprovado pela comissão julgadora em ______.

Profa. Dra. Walkiria Hanada Viotto
Universidade Estadual de Campinas (Orientadora)

Dra. Clarissa Reschke da Cunha
(Membro)

Darlila Aparecida Gallina
Instituto de Tecnologia de Alimentos-ITAL (Membro)

Leila Maria Spadoti
Instituto de Tecnologia de Alimentos-ITAL (Membro)

Prof. Dr. Salvador Massaguer Roig
Universidade Estadual de Campinas (Membro)

“Primeiro eu vos ensino os fundamentos.

Depois, sereis mais sábios do que eu”.

(Autor desconhecido)

AGRADECIMENTOS

Ao nosso Senhor, por sempre estar comigo e atender prontamente as minhas súplicas.

Ao meu santo esposo, por todo amor e carinho e por toda a sua sabedoria.

À razão da minha existência, minha querida mãe Altair, por sempre estar comigo.

Ao meu pai Franço, que é o responsável por todo o meu interesse pela área de laticínios.

Aos meus queridos irmãos, Plácida, Cláudio, Françoá e Mary Ann pelo apoio durante toda a minha formação.

À minha orientadora Walkiria, por toda a sua paciência e compreensão.

Às queridas amigas da Residência Universitária Júlia Pinto, Angélica, Denise, Janete, Juliana, Mariana e Vaninha, por todo apoio durante os anos de convivência.

À Neuminha, do laboratório de microbiologia da Universidade Federal do Ceará, por ser uma grande seguidora dos ensinamentos do Senhor.

Às queridas amigas Renata, Veridiana, Lígia, Clarice e Priscila Mamede, por estarem sempre dispostas a ajudar e principalmente a escutar.

Às alunas da iniciação científica Luana e Mirian e também a estagiária Renatinha, por todo apoio durante os processamentos.

Ao Diogo, Cecília e Priscila Viana por todo apoio.

À Bete, do laboratório de leite, por toda a paciência e ajuda.

À Renata e ao Diego, do laboratório de instrumentação, por toda a sua orientação.

Ao Aduato por toda a dedicação e apoio durante todos os processos.

Às indústrias, Arla Foods, BKG, Gemacom, Grati, Kerry e Massupack pelo fornecimento de ingredientes e embalagens.

Aos membros da banca examinadora, pelas correções e sugestões,

À CAPES, pela bolsa de pesquisa concedida ao longo do curso.

Mônica.

ÍNDICE GERAL

| | |
|---|-----|
| ÍNDICE DE TABELAS | X |
| ÍNDICE DE FIGURAS | XII |
| ÍNDICE DE EQUAÇÕES | XIV |
| RESUMO GERAL | XV |
| GENERAL SUMMARY | XVI |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL | 1 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 2.1. Queijos processados..... | 4 |
| 2.1.1. Tipos de requeijões..... | 4 |
| 2.2. Tecnologia de fabricação do requeijão culinário..... | 6 |
| 2.2.1. Papel dos ingredientes..... | 6 |
| 2.2.1.1. Caseinato de cálcio..... | 9 |
| 2.2.2. Processamento..... | 10 |
| 2.2.2.1. Obtenção e trituração da massa de queijo..... | 10 |
| 2.2.2.2. Mistura e Homogeneização..... | 11 |
| 2.2.2.3. Fusão | 11 |
| 2.2.2.4. Embalagem..... | 12 |
| 2.3. Propriedades funcionais dos queijos processados usados como ingredientes. | 13 |
| 2.3.1. Capacidade de derretimento..... | 13 |
| 2.3.2. Escurecimento não enzimático..... | 14 |
| 2.3.3. Textura | 14 |
| 2.3.4. Aspectos Sensoriais..... | 16 |
| 2.4. Influência da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento na textura e propriedades funcionais..... | 16 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 19 |
| 3.1. Material..... | 19 |
| 3.1.1. Matérias-primas..... | 19 |
| 3.2. Métodos..... | 19 |
| 3.2.1. Processamento dos requeijões culinários..... | 19 |
| 3.2.1.1. Preparo da massa enzimática..... | 19 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2.1.2. Cálculo das formulações..... | 22 |
| 3.2.1.3. Processo de fusão e cozimento..... | 24 |
| 3.2.2. Procedimento de Amostragem..... | 26 |
| 3.2.3. Caracterização das matérias-primas..... | 26 |
| 3.2.3.1. Leite..... | 26 |
| 3.2.3.2. <i>Butter oil</i> | 26 |
| 3.2.3.3. Caseinato de cálcio..... | 26 |
| 3.2.3.4. Massa..... | 27 |
| 3.2.4. Caracterização dos requeijões culinários..... | 27 |
| 3.2.5. Avaliação do tamanho das partículas..... | 28 |
| 3.2.6. Avaliação do perfil de textura..... | 28 |
| 3.2.7 Avaliação da Firmeza – Teste força-compressão..... | 29 |
| 3.2.8. Avaliação da Cor..... | 29 |
| 3.2.9. Teste da capacidade derretimento | 30 |
| 3.2.10. Avaliação sensorial..... | 31 |
| 3.2.11. Delineamento experimental e análise estatística dos resultados | 33 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 35 |
| 4.1. Caracterização físico-química das matérias-primas..... | 35 |
| 4.2. Caracterização físico-química dos requeijões culinários..... | 35 |
| 4.3. Efeito da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento no tamanho das partículas dos requeijões culinários..... | 37 |
| 4.4. Efeito da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento nos atributos de textura instrumental dos requeijões culinários..... | 42 |
| 4.4.1. Dureza..... | 42 |
| 4.4.2. Adesividade..... | 46 |
| 4.4.3. Elasticidade..... | 49 |
| 4.4.4. Gomosidade | 52 |
| 4.5. Efeito da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento na firmeza dos requeijões culinários..... | 56 |
| 4.6. Efeito da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento na cor instrumental dos requeijões culinários..... | 58 |
| 4.6.1. Parâmetro L* (luminosidade) da análise instrumental de cor..... | 58 |
| 4.6.2. Croma (C*)..... | 60 |

| | |
|---|----|
| 4.6.3. Ângulo de tonalidade (h^*)..... | 61 |
| 4.6.4. Parâmetro WI CIE (índice de brancura) da análise instrumental de cor..... | 63 |
| 4.7. Efeito da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento na capacidade de derretimento dos requeijões culinários..... | 66 |
| 4.8. Efeito da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento na aceitação sensorial dos requeijões culinários..... | 69 |
| 5. CONCLUSÃO | 72 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 73 |
| 7. ANEXO 1. Cálculo para a fabricação dos requeijões culinários..... | 79 |
| 8. ANEXO 2. Termo de consentimento livre e esclarecido..... | 81 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabela 1 | Requisitos físico-químicos para as diferentes variedades de requeijão..... | 5 |
| Tabela 2 | Requerimentos de composição do requeijão culinário..... | 6 |
| Tabela 3 | Definições físicas dos parâmetros da análise do perfil de textura (TPA)..... | 15 |
| Tabela 4 | Quantidades de matérias-primas e ingredientes utilizados em todos os processos de fabricação dos requeijões culinários..... | 23 |
| Tabela 5 | Variáveis e faixas de variação..... | 33 |
| Tabela 6 | Planejamento fatorial 2^2 com 3 pontos centrais e 4 pontos axiais para as duas variáveis (valores codificados e reais)..... | 34 |
| Tabela 7 | Composição química média da matéria-prima utilizada na fabricação do requeijão culinário..... | 35 |
| Tabela 8 | Composição química média dos requeijões culinários..... | 36 |
| Tabela 9 | Valores médios (n=3) obtidos para o tamanho das partículas (D(3,2)) dos requeijões culinários..... | 38 |
| Tabela 10 | Coeficiente de regressão para o tamanho das partículas..... | 39 |
| Tabela 11 | Análise de Variância para o tamanho das partículas dos requeijões culinários..... | 40 |
| Tabela 12 | Valores obtidos para os parâmetros dureza, adesividade, elasticidade e gomosidade para os requeijões culinários estudados..... | 42 |
| Tabela 13 | Coeficiente de regressão para a dureza dos requeijões culinários.. | 43 |
| Tabela 14 | Análise de Variância para a dureza dos requeijões culinários..... | 44 |
| Tabela 15 | Coeficiente de regressão para a adesividade dos requeijões culinários..... | 46 |
| Tabela 16 | Análise de Variância para a adesividade dos requeijões culinários. | 47 |
| Tabela 17 | Coeficiente de regressão para a elasticidade dos requeijões culinários..... | 49 |
| Tabela 18 | Análise de Variância para a elasticidade dos requeijões culinários. | 50 |
| Tabela 19 | Coeficiente de regressão para a gomosidade dos requeijões culinários..... | 53 |
| Tabela 20 | Análise de Variância para a gomosidade dos requeijões culinários. | 54 |

| | | |
|------------------|---|----|
| Tabela 21 | Valores obtidos para a firmeza instrumental dos requeijões culinários..... | 56 |
| Tabela 22 | Coeficiente de regressão para a firmeza dos requeijões culinários. | 57 |
| Tabela 23 | Análise de Variância para a firmeza dos requeijões culinários..... | 57 |
| Tabela 24 | Valores obtidos dos parâmetros L*, C*, h* e WI CIE (índice de brancura) dos requeijões culinários..... | 58 |
| Tabela 25 | Coeficiente de regressão para a luminosidade (L*)..... | 59 |
| Tabela 26 | Análise de Variância para a luminosidade (L*) dos requeijões culinários..... | 59 |
| Tabela 27 | Coeficiente de regressão para o croma (C*) dos requeijões culinários..... | 60 |
| Tabela 28 | Análise de Variância para o croma (C*) dos requeijões culinários... | 61 |
| Tabela 29 | Coeficiente de regressão para o índice de tonalidade (h*)..... | 61 |
| Tabela 30 | Coeficiente de regressão para o índice de brancura dos requeijões culinários..... | 63 |
| Tabela 31 | Análise de Variância para o índice de brancura dos requeijões culinários..... | 64 |
| Tabela 32 | Valores obtidos para a capacidade de derretimento dos requeijões culinários..... | 66 |
| Tabela 33 | Coeficiente de regressão para a capacidade de derretimento dos requeijões culinários..... | 67 |
| Tabela 34 | Análise de Variância para a capacidade de derretimento dos requeijões culinários..... | 67 |
| Tabela 35 | Valores médios (n=57) das notas atribuídas pelos provadores para os requeijões culinários em relação aos atributos consistência e fluidez*..... | 70 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1 | Mecanismo de atuação do sal emulsificante..... | 8 |
| Figura 2 | Fluxograma geral de fabricação da massa utilizada no processamento dos requeijões culinários..... | 21 |
| Figura 3 | Fluxograma geral de fabricação dos requeijões culinários..... | 25 |
| Figura 4 | Ficha utilizada no teste de aceitação dos requeijões culinários..... | 32 |
| Figura 5 | Distribuição de tamanho das partículas para os ensaios de requeijão culinário..... | 38 |
| Figura 6 | Superfície de resposta para o tamanho das partículas dos requeijões culinários..... | 40 |
| Figura 7 | Curva de contorno para o tamanho das partículas dos requeijões culinários..... | 41 |
| Figura 8 | Superfície de resposta para a dureza-TPA da análise de textura instrumental dos requeijões culinários..... | 44 |
| Figura 9 | Curva de contorno para a dureza-TPA da análise de textura instrumental dos requeijões culinários..... | 45 |
| Figura 10 | Superfície de resposta para a adesividade-TPA da análise de textura instrumental dos requeijões culinários..... | 47 |
| Figura 11 | Curva de contorno para a adesividade-TPA da análise de textura instrumental dos requeijões culinários..... | 48 |
| Figura 12 | Superfície de resposta para a elasticidade-TPA da análise de textura instrumental dos requeijões culinários..... | 51 |
| Figura 13 | Curva de contorno para a elasticidade-TPA da análise de textura instrumental dos requeijões culinários..... | 51 |
| Figura 14 | Superfície de resposta para a gomosidade-TPA da análise de textura instrumental dos requeijões culinários..... | 54 |
| Figura 15 | Curva de contorno para a gomosidade-TPA da análise de textura instrumental dos requeijões culinários..... | 55 |
| Figura 16 | Gráfico com os valores de L*(Luminosidade), C*(Croma) e h*(ângulo de tonalidade) dos requeijões culinários..... | 62 |
| Figura 17 | Superfície de resposta para o índice de brancura da análise de cor instrumental dos requeijões culinários..... | 64 |
| Figura 18 | Curva de contorno para o índice de brancura da análise de cor | |

| | | |
|------------------|--|----|
| | instrumental dos requeijões culinários..... | 65 |
| Figura 19 | Representação gráfica da capacidade de derretimento dos requeijões culinários..... | 69 |
| Figura 20 | Valores da escala do ideal atribuídos pelos provadores ao atributo consistência para cada ensaio do planejamento experimental..... | 71 |
| Figura 21 | Valores da escala do ideal atribuídos pelos provadores ao atributo fluidez para cada ensaio do planejamento experimental..... | 71 |

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

| | | |
|------------------|--|----|
| Equação 1 | Cálculo da cromaticidade..... | 30 |
| Equação 2 | Cálculo do ângulo de tonalidade..... | 30 |
| Equação 3 | Cálculo para o modelo predito do tamanho das partículas..... | 39 |
| Equação 4 | Cálculo para o modelo predito da dureza..... | 43 |
| Equação 5 | Cálculo para o modelo predito da adesividade..... | 46 |
| Equação 6 | Cálculo para o modelo predito da elasticidade..... | 49 |
| Equação 7 | Cálculo para o modelo predito da gomosidade..... | 53 |
| Equação 8 | Cálculo para o modelo predito do índice de brancura..... | 63 |

RESUMO GERAL

A produção de requeijão culinário tem aumentado de forma significativa e sem dúvida o seu potencial de crescimento é promissor. O requeijão culinário é o terceiro queijo mais produzido no Brasil. Em 2008, o Brasil produziu 125.000 toneladas, uma produção 60% maior do que o requeijão cremoso. O requeijão culinário não é especificado pela legislação brasileira, apresentando uma consistência entre o requeijão de barra e o requeijão cremoso, permitindo o envase em bisnagas para posterior escoamento quando utilizado. É muito utilizado como ingrediente culinário, devendo suportar as altas temperaturas de assamento e fritura sem apresentar derretimento excessivo, além de não se desmanchar ou escoar quando utilizado em recheios. O teor protéico e o tempo de cozimento influenciam o desenvolvimento das propriedades funcionais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de caseinato de cálcio e o tempo de cozimento no tamanho de partícula instrumental, propriedades de textura instrumental, cor instrumental, capacidade de derretimento e aceitação sensorial do requeijão culinário. Um delineamento central composto rotacional foi utilizado. O aumento da concentração de caseinato de cálcio diminuiu o tamanho das partículas de gordura e aumentou a dureza, adesividade e gomosidade. A elasticidade e o índice de brancura foram influenciados pela concentração de caseinato de cálcio e pelo tempo de cozimento do requeijão. Houve uma tendência de diminuição da capacidade de derretimento com o aumento da concentração de caseinato de cálcio e tempo de cozimento. Provedores julgaram que o requeijão culinário fabricado com 2% de caseinato de cálcio e 2,3 min de cozimento apresentou consistência e fluidez mais próximas do ideal. A análise sensorial mostrou que os requerimentos funcionais de textura firme e baixa capacidade de derretimento de requeijões culinários se antagonizam com a conveniência do uso (ou remoção da embalagem) desse produto pelo consumidor, que prefere um produto mais fluido e menos consistente.

Palavras-chaves: Requeijão, textura, tamanho de partícula, derretimento.

GENERAL SUMMARY

The manufacture of “requeijão culinário” cheese has increased significantly and its growth potential is promising. It is considered the third most produced cheese in Brazil and in 2008 its production achieved 125,000 tons, which is about 60% higher than “requeijão cremoso”. “Requeijão culinário” is not specified by Brazilian legislation and its consistency is peculiar, allowing filling in tubes and disposed during the use. It is widely used as a culinary ingredient so it may have a firm consistency and must support high temperatures of baking and frying, without excessive melting, once. The development of its functional properties is influenced by protein content and cooking time. The objective of this study was to evaluate the effect of concentration of calcium caseinate and cooking time in particle size, instrumental texture properties, color, melting capacity and sensory acceptance of “requeijão culinário”. A central composite rotational design was used. The increased concentration of calcium caseinate decreased the particle size and increased hardness, adhesiveness and gumminess. The springness and whiteness index were influenced by the concentration of calcium caseinate and cooking time. There was a decreasing trend of melting capacity as the concentration of calcium caseinate and cooking time increased. Consumers judged the “requeijão culinário” cheese produced with 2% calcium caseinate and 2.3 min of cooking time with consistency and flow closer to the ideal. The experiment showed that the functional requirements of firm texture and low melting capacity of “requeijão culinário” cheese is antagonistic to the convenience of use (or unpacking) of that product by consumers, who prefer a product more fluid and less consistent.

Keywords: Requeijão, texture, particle size, melting.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O requeijão caracteriza-se como um produto genuinamente brasileiro. É definido pela legislação brasileira como 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 butter oil. O produto poderá estar adicionado de condimentos, especiarias e/ou outras substâncias alimentícias”*. A denominação requeijão está reservada ao produto no qual a base láctea contenha apenas gordura e/ou proteína de origem láctea (BRASIL, 1997a).

Nos últimos anos, o crescimento das redes de alimentos prontos para o consumo e a expansão do uso do requeijão em pizzas, pastéis, esfirras e massas gerou a necessidade de produção de um requeijão com características específicas. O requeijão ideal para este novo mercado deve ter características sensoriais ligeiramente mais pronunciadas do que aquelas do produto original e precisa suportar as altas temperaturas dos fornos (180º a 200ºC por 30 a 40 min) sem apresentar escurecimento e derretimento excessivos quando utilizados em recheios. Criou-se assim um novo tipo de requeijão que ficou conhecido como requeijão culinário.

O requeijão culinário não é especificado pela legislação brasileira e sua consistência situa-se entre a consistência do requeijão de barra e a do requeijão cremoso, permitindo o envase também em bisnagas e posterior escoamento quando utilizado (SOBRAL, 2007).

A produção do requeijão culinário tem aumentado de forma significativa e, sem dúvida, o seu potencial de crescimento é promissor. É o terceiro queijo mais produzido no país. Em 2008, o Brasil produziu 125.000 toneladas, uma produção aproximadamente 59% maior do que o requeijão cremoso (ABIQ, 2010). O requeijão do norte ou queijo de manteiga, como também é conhecido, representa menos de 1% do mercado de requeijões produzidos sob inspeção federal no Brasil (VIEIRA, 2006).

No processo de fusão da massa básica existe uma grande variação nos parâmetros de processamento, como o tempo de cozimento e teor de proteína influenciando diretamente o desenvolvimento das propriedades funcionais e características sensoriais, o que contribui para aumentar ainda mais a

variabilidade dos produtos disponíveis comercialmente. Segundo Oliveira (1986), não existe um padrão típico para os vários queijos comercializados como requeijão. Portanto, o controle dos parâmetros de processo do requeijão culinário é fundamental para se obter um produto com propriedades funcionais específicas.

O tempo necessário para se obter a fusão depende do equipamento utilizado, do tipo, da idade e do grau de maturação da matéria-prima, das propriedades que se deseja no produto final e do tipo de sal emulsificante utilizado (MEYER, 1973; ZEHREN e NUSBAUM, 1992). Um estudo realizado por SHIRASHOJI *et al.* (2006), com queijo processado a 80°C, durante 10, 20 e 30 minutos usando queijo cheddar (38.5 a 40.1% de umidade, 32% de gordura) e 2,75% de citrato trissódico, mostrou que quando o tempo de processamento aumenta, a firmeza aumenta e capacidade de derretimento diminui.

Alguns ingredientes podem ser incluídos na formulação de queijos processados com o objetivo de desenvolver propriedades funcionais específicas. O caseinato de cálcio pode ser usado em requeijões culinários, com o objetivo de aumentar a firmeza e diminuir o derretimento.

Trabalhos que estudaram a adição de caseinato de cálcio e o efeito do tempo de cozimento na qualidade de queijos processados estão disponíveis na literatura (CAVALIER-SALOU e CHEFTEL, 1991; GUINEE e KILCAWLEY *et al.* 2004; KAPOOR e METZGER, 2008; MEYER, 1973; ZEHREN e NUSBAUM 1992). Segundo pesquisa realizada por Cavalier-Salou e Cheftel (1991), o uso do caseinato de sódio em substituição ao caseinato de cálcio resultou em queijos análogos com maior pH, menor firmeza e maiores graus de emulsificação da gordura e de dissociação da caseína. Para o requeijão culinário não existem estudos a respeito. Conhecer e entender como a adição de caseinato de cálcio e o tempo de cozimento afetam as propriedades funcionais e quais são as concentrações de caseinato de cálcio e os tempos de cozimento que atendam às exigências do mercado consumidor podem ajudar a estabelecer padrões de qualidade para a fabricação desse produto tão importante no cenário brasileiro.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito das condições de processamento nas propriedades funcionais e sensoriais do requeijão culinário, envolvendo os seguintes objetivos específicos:

- ❖ Avaliar o efeito da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento no tamanho de partícula, perfil de textura, cor e capacidade de derretimento.

- ❖ Estudar a aceitação sensorial do requeijão culinário submetido a esses diferentes tratamentos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Queijos processados

Os queijos processados são produtos à base de queijo produzidos através da moagem, fusão e emulsificação de uma ou mais variedades de queijos com diferentes graus de maturação na presença de sais emulsificantes e outros ingredientes opcionais usando aquecimento e agitação contínua para formar um produto homogêneo com uma vida de prateleira estendida (GUINEE *et al.* 2002).

Queijo processado, fundido ou pasteurizado é definido pela legislação brasileira como o produto obtido por trituração, mistura, fusão e emulsão por meio de calor e agentes emulsionantes, de uma ou mais variedades de queijo, com ou sem adição de outros produtos lácteos e/ou sólidos de origem láctea e ou especiarias, condimentos ou outras substâncias alimentícias na qual o queijo constitui o ingrediente lácteo utilizado como matéria-prima preponderante na base láctea. O produto assim definido pode ser denominado Queijo Processado, Queijo Fundido ou Queijo Processado Pasteurizado (BRASIL, 1997b).

Genericamente existem três tipos básicos de queijos fundidos: queijo fundido em bloco, fatiável e cremoso. As diferenças entre eles consistem no tipo de matéria-prima e de sal emulsificante empregado no processo e nos teores de gordura e de umidade contido no produto final (VAN DENDER, 2006).

Os queijos processados ou fundidos caracterizam-se por terem uma consistência definida, estrutura típica e um teor de caseína intacta de no mínimo 12% para que a estabilização da emulsão possa ocorrer (BERGER *et al.* 1989).

2.1.1. Tipos de requeijões

Segundo a legislação brasileira o requeijão é definido como 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 butter oil. O*

produto poderá estar adicionado de condimentos, especiarias e/ou outras substâncias alimentícias". A denominação requeijão está reservada ao produto no qual a base láctea não contenha gordura e/ou proteína de origem não láctea (BRASIL, 1997a). Assim pode-se dizer que o requeijão é um tipo de queijo processado ou fundido.

De acordo com as matérias-primas empregadas no processo de elaboração são classificados em requeijão, requeijão cremoso e requeijão de manteiga (BRASIL, 1997a). O Requeijão é obtido por fusão de uma massa coalhada, dessorada e lavada obtida por coagulação ácida e/ou enzimática do leite com ou sem adição do creme de leite e/ou manteiga e/ou gordura anidra de leite ou *butter oil*. O cremoso é aquele obtido por fusão de uma massa coalhada dessorada e lavada, obtida por coagulação ácida e/ou enzimática do leite, com adição de creme de leite e/ou manteiga e/ou gordura anidra de leite ou *butter oil* (BRASIL, 1997a). O requeijão de manteiga, por outro lado, é obtido pela fusão prolongada com agitação de uma mistura de manteiga e massa de coalhada de leite integral, semidesnatado ou desnatado (BRASIL, 1997a). O requeijão do norte ou queijo de manteiga, como também é conhecido, representa menos de 1% do mercado de requeijões produzidos sob inspeção federal no Brasil (VIEIRA, 2006). A Tabela 1 mostra os requisitos físico-químicos exigidos para cada uma dessas variedades.

Tabela 1. Requisitos físico-químicos para as diferentes variedades de requeijão.

| Requisito | Requeijão | Requeijão cremoso | Requeijão de manteiga |
|--------------------------------------|-------------|-------------------|-----------------------|
| Matéria gorda no extrato seco g/100g | 45,0 a 54,9 | Min. 55 | 25,0 a 59,9 |
| Umidade g/100g | Máx. 60 | Máx. 65 | Max. 58 |

Fonte: Brasil, 1997a.

O requeijão culinário é uma outra classe de requeijão, que não é especificada pela legislação brasileira e, sua consistência situa-se entre a consistência do requeijão de barra e do requeijão cremoso (SOBRAL, 2007).

O requeijão culinário é muito utilizado como ingrediente de pratos prontos, pizzas, salgados e massas, por isso, deve possuir características sensoriais um pouco mais acentuadas e suportar as altas temperaturas dos fornos sem apresentar escurecimento não enzimático e derretimentos excessivos (VAN DENDER e MORENO 2006).

A Tabela 2 apresenta os requerimentos de composição do requeijão culinário, encontrados na literatura.

Tabela 2. Requerimentos de composição do requeijão culinário.

| Requerimentos físico-químicos | | | | | | | Referência |
|-------------------------------|---------|-------------|--------------|-------------------|-----------|-------------|----------------------------|
| Acidez (%) | EST (%) | Gordura (%) | GBS (%) | pH | Sal (%) | Umidade (%) | |
| — | — | 26 a 28 | — | 5,40 a 5,70 | 0,8 a 1,0 | 59 a 61 | Anônimo (2003) |
| 0,56 a 0,60 | 45 | 24 a 28 | mínimo de 55 | 5,40 a 5,60 | 0,6 | 55 | Rodrigues (2006) |
| — | 39 a 41 | 26 a 28 | 64 a 71 | 5,40 a 5,70 | 0,6 a 1,0 | — | Van Dender e Moreno (2006) |

2.2. Tecnologia de fabricação do requeijão culinário

2.2.1. Papel dos ingredientes

Os ingredientes fundamentais para a fabricação do requeijão culinário são a massa, água, gordura, sal emulsificante, cloreto de sódio, além de outros ingredientes que podem ser incluídos na formulação de queijos processados com o objetivo de desenvolver propriedades funcionais específicas.

A massa fresca (não maturada), obtida por coagulação enzimática com formação de paracaseinato de cálcio, é constituída basicamente de caseína

não degradada (estrutura longa) e é o ingrediente que está em maior proporção no requeijão culinário. A utilização do paracaseinato é mais vantajosa, pois confere melhor sabor ao queijo e este apresenta maior estabilidade na estocagem.

A água exerce um papel essencial na elaboração de queijos fundidos, tanto por auxiliar a transferência de energia térmica e mecânica durante a formação do sol de caseinato como por atuar como solvente e dispersante da mistura.

Os sais normalmente empregados como emulsificantes são à base de citratos e fosfatos de sódio, usados, geralmente em misturas, em proporções variáveis de cada sal de acordo com as características da massa (OLIVEIRA, 1986). As duas funções primárias dos sais emulsificantes são: seqüestrar o cálcio e ajustar o pH, o que ajuda a hidratar a caseína, facilitando a interação entre a água e a gordura e produzindo uma emulsão homogênea (KAPOOR e METZGER, 2008).

Os sais emulsificantes não atuam como agentes emulsificantes propriamente ditos; o seu papel é reagir com as proteínas, tornando suas propriedades adequadas para que estas, sim, atuem como emulsificantes da dispersão óleo-água (ZEHREN e NUSBAUM, 1992). O sal emulsificante atua rompendo as pontes de fosfato de cálcio que existem entre as micelas e submicelas. Quando o cálcio do caseinato é removido, há uma troca iônica entre o cálcio e o sódio, transformando o caseinato de cálcio que é insolúvel, em caseinato de sódio solúvel (BRICKLEY *et al.* 2008), com a conseqüente formação de sol homogêneo (MEYER, 1973), formando uma estrutura protéica mais aberta e desagregada e também mais susceptível a um maior volume de água de hidratação em suas porções hidrofílicas (BERGER *et al.* 1989), como mostra a Figura 1.

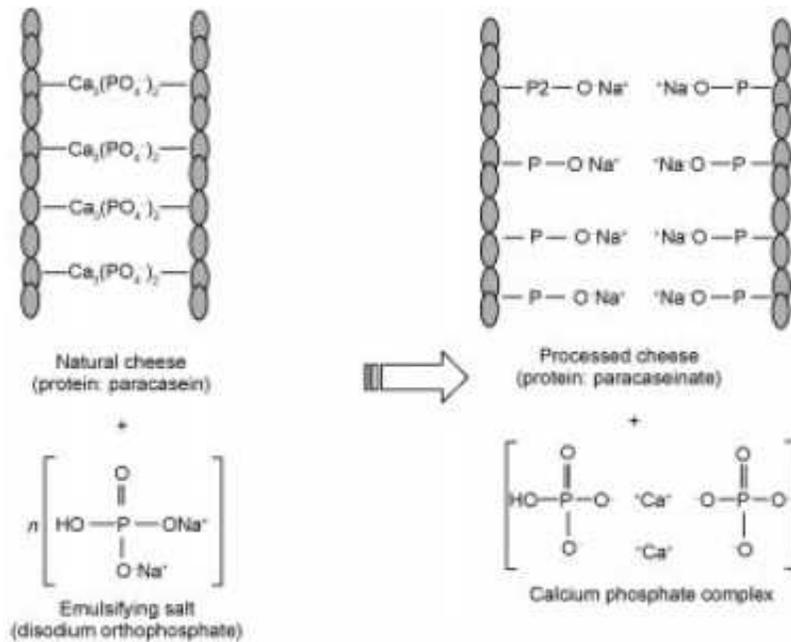


Figura 1. Mecanismo de atuação do sal emulsificante (FONTE: GUINEE, 2007).

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 (ZEHREN e NUSBAUM, 1992). A caseína solubilizada é capaz de se ligar à água e à gordura sob agitação e aquecimento e formar um gel durante o resfriamento.

A transformação da rede caseína em uma dispersão coloidal estável é acompanhada por um aumento da viscosidade da massa fundida, e esse aumento da viscosidade é conhecido como cremificação (GUINEE *et al.* 2004). Essa capacidade de cremificação, ou seja, de conferir à massa do queijo uma estrutura curta, assegurando, por outro lado, a formação de uma estrutura estável, é provavelmente a condição mais importante para a fabricação de queijo fundido pastoso e seus derivados (VAN DENDER e GALLINA, 2006).

Lee *et al.* (2003), através de estudos realizados com queijos processados sem gordura, e Heertje (1993), através de estudos realizados com queijos processados contendo gordura, mostraram que a reação de cremificação é principalmente uma reação protéica e não precisa da presença de gordura para ocorrer. Entretanto, a gordura exerce um papel importante na consistência do requeijão culinário, além de realçar o sabor do produto

(CUNHA, 2007). A gordura diminui consideravelmente a viscosidade do produto e afeta de modo favorável a consistência do produto final, tornando-o mais macio (MEYER, 1973).

A função do cloreto de sódio é contribuir para o desenvolvimento do sabor dos queijos processados, além de inibir o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (OLIVEIRA, 1986). O efeito do sal tem sido relacionado também ao grau de hidratação protéica (GUINEE e KILCAWLEY, 2004).

2.2.1.1. Caseinato de cálcio

Caseinatos podem ser obtidos a partir da neutralização da caseína com hidróxidos que podem ser de sódio, potássio, amônio e cálcio. Na forma de unidades secundárias monoméricas ou na forma de agregados, podem migrar rapidamente para a interface óleo/água de emulsões e estabilizá-las evitando a coalescência ou fusão da gordura, apresentando boas propriedades emulsificantes e estabilidade ao aquecimento (LINDEN e LORIENT, 2000).

O caseinato de cálcio é obtido a partir da caseína precipitada por coagulação ácida e neutralizada com hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Possui características físico-químicas diferentes se comparadas às características do caseinato de potássio e sódio (WALSTRA, 2006). Atualmente, o caseinato de cálcio tem sido usado em produtos como mistura para bolos, cereais matinais e análogos de queijo, por possuir alta solubilidade, absorver água (higroscopicidade) e ser estável ao aquecimento (LINDEN e LORIENT, 2000). Em requeijões, o uso do caseinato de cálcio, é permitido pela legislação brasileira, por ser um ingrediente de origem láctea.

Em um trabalho realizado por Bosi (2007), com requeijão cremoso light contendo 6,7% de fibra alimentar foi adicionado caseinato de cálcio com o objetivo de aumentar a firmeza do produto e garantir a textura característica.

Segundo pesquisa realizada por Cavalier-Salou e Cheftel (1991), o uso do caseinato de sódio em substituição ao caseinato de cálcio resultou em queijos análogos com maior pH, menor firmeza e maiores graus de emulsificação da gordura.

2.2.2. Processamento

O processamento tem duas funções principais: (1) destruir os patógenos potenciais e microrganismos deteriorantes e, com isso, estender a vida de prateleira do produto; e (2) facilitar mudanças físico-químicas que transformam a mistura em um produto estável e com características desejáveis (KAPOOR e METZGER, 2008).

A produção de queijos fundidos envolve as seguintes etapas: obtenção e trituração da massa de queijo; mistura e homogeneização; cozimento ou fusão, com a aplicação de calor e vácuo, embalagem e armazenamento.

2.2.2.1. Obtenção e trituração da massa do queijo

A obtenção da massa do queijo pode ser feita através de três processos: o tradicional, onde a massa é obtida por fermentação láctica; a acidificação direta, em que se adiciona ácido láctico ao leite aquecido a 80°C; e a coagulação enzimática, em que a massa é obtida por adição de renina. A massa pode também ser obtida pela coagulação enzimática, através da adição de coalho e das culturas lácticas acidificantes *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* e *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*. As massas obtidas em cada caso apresentam características diferentes, o que influenciará nas etapas posteriores do processamento (VAN DENDER *et al*, 2006; CUNHA, 2007). Os queijos fabricados por coagulação enzimática geram soro doce que pode ser usado na indústria na fabricação de alguns subprodutos como bebidas lácteas.

A trituração da massa é efetuada na máquina homogeneizadora através de facas cortantes que se agitam com diferentes velocidades, dependendo do modelo da máquina (MEYER, 1973). Durante o processo, a massa de queijo, constituída principalmente de proteína e gordura, é dispersa, homogeneizada e convertida em uma emulsão.

2.2.2.2. Mistura e homogeneização

O cálculo da quantidade de gordura a ser adicionada depende do teor de gordura no extrato seco que se deseja no produto final, bem como da porcentagem de gordura e extrato seco da massa inicial (MEYER, 1973).

A adição de metade da água no início da fusão ajuda a diminuir o tempo necessário para que o sal emulsificante se dissolva durante a fusão, aumentando a eficiência do sal em promover as mudanças físico-químicas desejáveis na mistura (GUINEE *et al.* 2004). A outra metade da água é adicionada próximo ao final do processo de fusão.

O tipo e a quantidade de sal emulsificante que será usado no processamento de queijos fundidos depende de uma série de fatores, entre os quais o pH, grau de maturação e estrutura do queijo usado como matéria-prima; características de textura desejadas no produto final; ingredientes utilizados; equipamento empregado para fusão; vida de prateleira e estabilidade microbiológica do produto final (ZEHREN e NUSBAUM, 1992). Por isso, a quantidade de sal emulsificante a ser adicionada é calculada em relação à matéria-prima a ser fundida.

A quantidade de cloreto de sódio que deve ser adicionado à massa na fabricação de requeijão culinário situa-se geralmente na faixa de 0,5 a 1,6% em relação ao peso inicial da massa, podendo ser colocada na forma de uma solução ou mesmo polvilhando sobre a massa no momento do processo de fusão.

2.2.2.3. Fusão

A fusão de queijos consiste na transformação, através do emprego de calor e de um sal emulsificante apropriado, do gel de paracaseína insolúvel em um sol de paracaseína homogêneo e fluido que pode ser pasteurizado e que, após o resfriamento, adquire consistência e estrutura próprias (ANÔNIMO 2002).

Para se obter a fusão do coágulo enzimático é necessário que haja uma remoção do cálcio bivalente, que se encontra ligado às moléculas de caseína,

o que ocorre por meio de uma troca iônica entre o cálcio do paracaseinato e o sódio, a qual é geralmente induzida pela adição de sais emulsificantes (VAN DENDER e GALLINA, 2006). Os sais emulsificantes empregados devem ser de alto poder de cremificação, de baixa ou nula refundibilidade e de reações básicas (ANÔNIMO, 2003). A formação da emulsão deve ocorrer dentro de uma determinada faixa de pH, que é limitada, de um lado, pela estrutura do queijo, e do outro lado, pela durabilidade do produto.

O tempo necessário para se obter a fusão depende do equipamento utilizado, do tipo, da idade e do grau de maturação da matéria-prima, das propriedades que se deseja no produto final e do tipo de sal emulsificante utilizado (MEYER, 1973; ZEHREN e NUSBAUM, 1992). A temperatura também é um fator muito importante, pois o calor, além de agir na peptização da caseína, também influencia a estrutura do produto final (MEYER, 1973; OLIVEIRA, 1986).

O tratamento mecânico da massa promove uma mistura eficiente dos ingredientes, o que é fundamental para a obtenção de uma emulsão estável e homogênea. A interação entre a massa, os sais emulsificantes, água, gordura e o processo de solubilização, os quais causam a ação cremificante, ocorrerá mais rapidamente quanto mais intensa for a agitação. A intensidade da agitação depende das características da massa utilizada no processo e das características desejadas para o produto final (MEYER, 1973).

O resfriamento varia de acordo com o tipo de queijo fundido. Os queijos fundidos cremosos devem ser resfriados rapidamente, para interromper a cremificação da massa e garantir que o produto mantenha a cremosidade ideal (VAN DENDER *et al.* 2006).

2.2.2.4. Embalagem

Atualmente o requeijão culinário pode ser encontrado em embalagens plásticas rígidas fabricadas com polipropileno (PP) ou polietileno de alta densidade (PEAD) e em embalagens plásticas flexíveis. Na embalagem plástica rígida o produto é comercializado com peso líquido ao redor de 3 Kg e

abastece o mercado de “food service” e o mercado institucional. É comercializado ainda na forma de baldes de PEAD, não pigmentados.

A utilização de embalagens plásticas flexíveis para o requeijão culinário tem aumentado muito, tanto para o consumo doméstico como para o consumo institucional. O tipo de estrutura mais comum é a composta de politereftalato de etileno e polietileno (PET/PE).

A embalagem plástica flexível pode possuir um formato de bico ou ter um formato triangular para facilitar a dosagem do produto no momento do seu uso. Pode acondicionar de 100 a 400g (mercado varejista) e de 1Kg a 10Kg (mercado institucional) (ALVES e JAIME, 2006).

2.3. Propriedades funcionais dos queijos processados usados como ingredientes

A versatilidade dos queijos processados é atribuída a propriedades funcionais únicas. De acordo com GUINEE (2002), as propriedades funcionais referem-se ao comportamento dos queijos processados durante todos os estágios, desde a preparação até o consumo. Estas propriedades funcionais podem eventualmente contribuir para o sabor bem como para o apelo estético dos pratos preparados com estes queijos.

Um aspecto chave do comportamento do queijo processado aquecido, como é o caso do requeijão culinário, é a sua funcionalidade induzida pelo aquecimento, que é composta de diferentes atributos, incluindo, dentre outros, a capacidade de derretimento e a tendência ao escurecimento (GUINEE e KILCAWLEY, 2004). O requeijão culinário deve apresentar satisfatório derretimento quando submetido a forno médio entre 180º e 200ºC por 30 a 40 minutos. Além disso, não pode desmanchar ou escoar quando utilizado em recheios (RODRIGUES, 2006).

2.3.1. Capacidade de derretimento

A característica de derretimento (ou de refundibilidade) dos queijos processados é uma das propriedades funcionais mais importantes e refere-se à facilidade e a extensão com que o queijo poderá derreter quando aquecido

(GUNASEKARAM, 2002). A capacidade de derretimento é um bom parâmetro de qualidade. Em alimentos, que passa por um processo de aquecimento, como o requeijão culinário, é necessário que o mesmo não derreta excessivamente.

2.3.2. Escurecimento não enzimático

A cor é um fator de grande importância para a qualidade dos queijos processados. O escurecimento pode ocorrer durante o aquecimento bem como durante o armazenamento (GUINEE e KILCAWLEY, 2004).

A reação de Maillard envolve os grupamentos amino das proteínas e os açúcares redutores, com formação de pigmentos coloridos (melanoidinas). Enquanto um leve escurecimento pode ser desejável em algumas aplicações culinárias como em pizzas, um escurecimento excessivo é altamente indesejável do ponto de vista estético e nutricional.

Devido ao seu pH elevado, alta concentração de lactose e capacidade tampão (associada à adição de fosfato de sódio), os queijos processados tornam-se mais propensos ao escurecimento durante o armazenamento e o aquecimento do que outros queijos (GUINEE e KILCAWLEY, 2004).

Vários fatores relacionados com as matérias-primas e processamento podem alterar a cor dos queijos fundidos, que varia do creme a branco (ZEHREN E NUSBAUM, 1992).

2.3.3. Textura

A textura, que é um atributo sensorial, resulta da combinação de propriedades físicas que são percebidas pelos órgãos dos sentidos e tem sido relacionada com as características reológicas dos queijos (GUINEE e KILCAWLEY, 2004).

A estrutura e o arranjo das moléculas de proteína são largamente responsáveis pelas características de textura do queijo. A proteína confere rigidez ao sistema devido à formação de uma rede que pode ser mais ou menos elástica em virtude das características físico-químicas do sistema (pH, força iônica e composição). Enquanto a proteína confere esse caráter, a água e

a gordura em menor proporção devem atuar como plasticizantes, permitindo que as cadeias de proteínas deslizem uma sobre as outras com maior facilidade (BARONI *et al*, 1999).

A textura pode ser medida, quantificada e descrita subjetivamente pela análise sensorial através de julgadores treinados. Como alternativa a avaliação sensorial, a textura pode ser medida objetivamente através de métodos instrumentais. Uma das técnicas mais empregadas para determinar as propriedades de textura é a Análise do Perfil de Textura. Instrumentos do tipo universal, como o Texture Analyser TA-XT_{2i}, podem determinar o perfil de textura, possibilitando a obtenção das seguintes propriedades mecânicas: dureza, elasticidade, adesividade, coesividade, mastigabilidade e gomosidade (FOX *et al*. 2000). As principais características de textura do requeijão culinário são: dureza, adesividade, elasticidade e gomosidade, definidos na Tabela 3.

Tabela 3. Definições físicas dos parâmetros da análise do perfil de textura (TPA).

| Parâmetros | Definição |
|--------------|---|
| Dureza | Força necessária para alcançar uma certa deformação. |
| Adesividade | Força necessária para vencer as forças de atração entre a superfície do alimento e a superfície do probe. |
| Elasticidade | Grau de recuperação da amostra após a remoção da força que causou a deformação. |
| Gomosidade | Energia requerida para desintegrar o alimento até o ponto ideal de deglutição. |

Fonte: (VLEIT, 1991).

A firmeza é a força necessária para obter uma certa penetração ou deformação (VLIET, 1991).

Os testes de compressão são métodos em que os parâmetros básicos reológicos podem ser obtidos. Esses parâmetros podem dar informações

objetivas e comparativas das propriedades de textura se forem obtidos dentro de condições padronizadas (ANJOS *et al.* 2006).

2.3.4. Aspectos sensoriais

O requeijão culinário deve ter características sensoriais ligeiramente mais pronunciadas do que aquelas do produto original (ANÔNIMO, 2003; VAN DENDER e MORENO, 2006). Em resumo deve apresentar as seguintes características: sabor mais picante que o requeijão cremoso, lembrando creme maturado, sendo mais amanteigado; odor característico; cor amarelo palha, bem pálido e opaco. A textura do requeijão culinário é uma das suas características mais importantes. Esta deve ser fina, curta e sem filamentos longos. O requeijão culinário deve ter a consistência firme (VAN DENDER E MORENO, 2006). Segundo Rodrigues (2006), deve possuir elasticidade que permita sua moldagem com “bolsa de confeitiro” ou modelagem com as mãos.

2.4. Influência da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento na textura e propriedades funcionais.

Alguns fatores controlam as propriedades funcionais dos queijos processados, como alguns parâmetros de formulação e condições do processamento. Entre os parâmetros de formulação estão incluídos a quantidade de gordura, umidade, pH, cálcio total, a quantidade de proteína total e proteínas do soro e, entre as condições do processamento, estão incluídos tempo, temperatura, velocidade de agitação e condições de armazenamento (KAPOOR e METZGER, 2008).

O aquecimento é um fator decisivo no processamento de queijos fundidos. A formação intermediária do “sol”, que é necessária para este tipo de queijo, não pode ser obtida sem a aplicação do calor. O calor age na peptização da caseína e influencia na estrutura do produto final. Atua com as forças mecânicas e químicas, reforçando a tendência natural da caseína de

absorver água e inchar. Esse fenômeno é acompanhado de encurtamento da estrutura e formação do corpo (cremificação).

Segundo Lee *et al.* (2003), estudos da microestrutura mostram que durante o início do cozimento as proteínas estão em sua maioria na forma de partículas individuais. Entretanto, há pequenas regiões de estruturas protéicas firmemente unidas. Logo após o início do aquecimento a desagregação das proteínas ocorre resultando em uma observável fase protéica. Com o passar do tempo, as proteínas formam uma estrutura de rede, com uma forte interação proteína-proteína. A progressiva mudança na estrutura da proteína do queijo processado durante o processamento envolve as seguintes etapas:

- 1) durante o estágio inicial de aquecimento, as proteínas (mais especificamente as caseínas) são dispersas em pequenas unidades de proteína (possivelmente a nível de submicelas), devido a ação do pH e/ou dos sais emulsificantes, auxiliado pela ação mecânica da máquina de cozimento ;

- 2) as pontes de fosfato de cálcio que mantinham as unidades de proteína juntas são quebradas, permitindo a dissociação das unidades de proteína. O seqüestro do cálcio e as reações de troca de íons também aumentam a hidratação das proteínas. A expansão das unidades de proteína resulta em um aumento no volume da fase dispersa, no desdobramento das proteínas e no seu espalhamento. O desdobramento das micelas de proteína aumenta as interações proteína-proteína. A estrutura desenvolvida devido a tais enlaçamentos moleculares das cadeias de proteína possivelmente contribui para o aumento inicial na viscosidade;

- 3) com o aquecimento progressivo, as interações proteína-proteína controlam o aumento da viscosidade resultando na dispersão das unidades de proteína e reassociação para formar uma rede. O aquecimento permite que as proteínas assumam estruturas intermediárias cruciais para as interações proteína-proteína. Entre outras interações, agrupamentos intermoleculares destas estruturas intermediárias (através da exposição de grupos não polares) levam a reassociação das unidades de proteína, o que se reflete no aumento da viscosidade.

As interações protéicas são a base para a reação de cremificação que pode ser observada através das mudanças na viscosidade. Segundo Pirot (1988), citado por Rapacci (1997), a cremificação inicia-se durante o cozimento

da massa a altas temperaturas (92-95°C) dentro da homogeneizadora e estende-se até o resfriamento.

Um estudo realizado por Shirashoji *et al.* (2006), com queijo processado a 80°C, durante 10, 20 e 30 minutos usando queijo cheddar (38.5 a 40.1% de umidade, 32% de gordura) e 2,75% de citrato trissódico, mostrou que quando o tempo de processamento aumenta, a firmeza aumenta e a capacidade de derretimento diminui.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Matérias-Primas

O leite destinado ao processamento foi do tipo “A” proveniente de uma cooperativa local, e a fabricação do requeijão culinário foi realizada na planta piloto do Departamento de Tecnologia de Alimentos, FEA - Unicamp. Foi utilizado o caseinato de cálcio (calcium caseinate I, Kerry do Brasil Ltda, três corações, Brasil) e a fonte de gordura utilizada foi o *butter oil* (Gordura de leite anidra – AMF, Fonterra Brasil Ltda, Goiânia, Brasil). Os coadjuvantes tecnológicos utilizados foram: cloreto de sódio (Cisne®, Refinaria Nacional de Sal S/A, Cabo Frio, Brasil), cloreto de cálcio (ECIBRA®, Ind. e Com. de produtos químicos Ltda, Santo Amaro, Brasil), coagulante quimosina pura obtida por fermentação (CHY-MAX®, Chr Hansen Ind. e Com. Ltda, Valinhos, Brasil), fermento láctico utilizado foi à cultura termofílica (CHOOZIT TM81, Danisco Brasil Ltda, Cotia, Brasil), sal emulsificante à base de polifosfato de sódio (JOHA®S10, BKG Adicon Aditivos para Alimentos Ltda, São Bernardo do Campo, Brasil) e o aditivo sorbato de potássio (sorbato de potássio, Gemacom Comércio e Serviços Ltda, Juiz de Fora, Brasil).

3.2. Métodos

3.2.1. Processamento dos requeijões culinários

3.2.1.1. Preparo da massa enzimática

Para a obtenção da massa de coagulação enzimática utilizada na fabricação dos requeijões foram utilizados 400 litros de leite pasteurizado a 75°C/ 15 segundos e refrigerado a 5°C. No dia seguinte à pasteurização o leite foi adicionado em um tanque de queijo, agitado e uma amostra de leite foi retirada para as análises físico-químicas. Ao leite aquecido à temperatura de 37°C foi adicionado 1% de fermento láctico, 250 ppm de solução de cloreto de cálcio 50% m/v e o coagulante sob agitação contínua. Após o período de

coagulação de aproximadamente 35 minutos, a coalhada foi cortada em grãos com 1,5 cm de aresta e agitada lentamente por um período de 25 minutos. Em seguida, a massa foi aquecida até 45°C, elevando-se 1°C a cada 2 a 3 minutos. Atingida a temperatura de 45°C, um terço do soro foi removido, e a massa permaneceu em repouso até pH = 5,2. A massa foi resfriada imediatamente, prensada por 40 min, 20 minutos a 20 lb.pol⁻² e 20 minutos 30 lb.pol⁻², moída e congelada a - 18 °C.

O fluxograma apresentado na Figura 2 mostra, de maneira simplificada, o processo de fabricação da massa obtida por coagulação enzimática utilizada no processamento dos requeijões culinários.

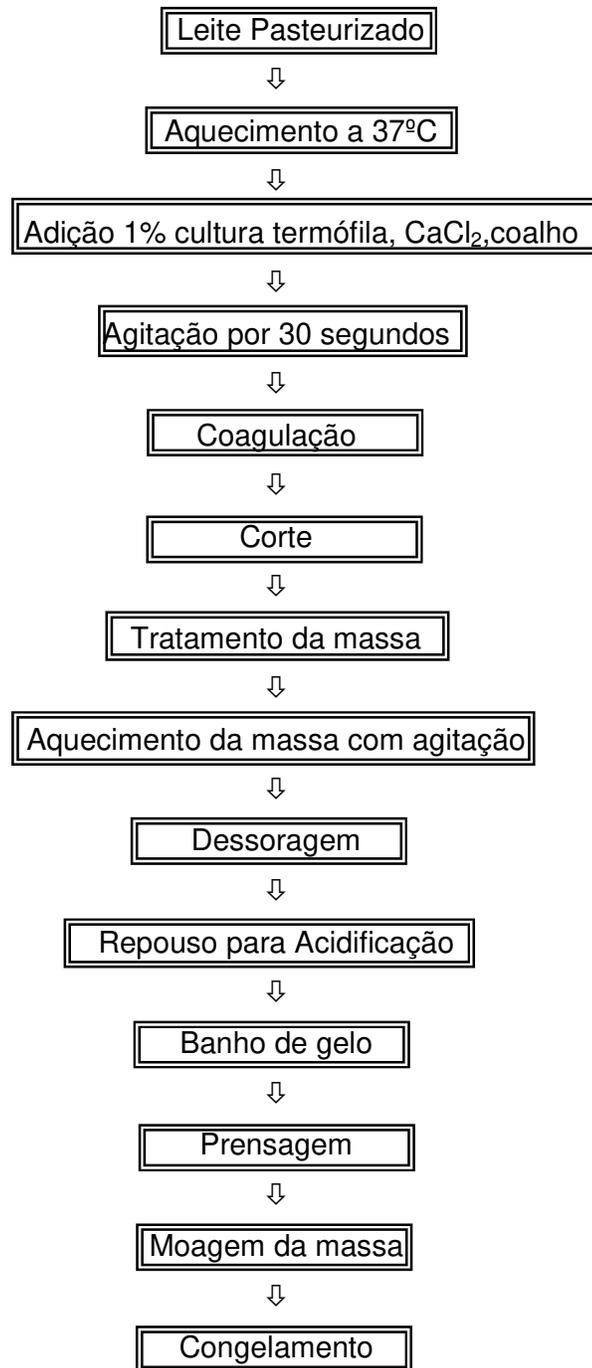


Figura 2. Fluxograma geral de fabricação da massa utilizada no processamento do requeijão culinário.

3.2.1.2. Cálculo das Formulações

Inicialmente foram realizados alguns experimentos preliminares para ajustar os principais parâmetros do processo de fabricação do requeijão culinário: concentração de caseinato de cálcio, tempo de cozimento da massa e a consistência (firmeza) do produto final.

O cálculo das formulações foi realizado de modo que os requeijões culinários apresentassem 60% de gordura em base seca (GBS) e 59% de umidade, através de um balanço de massa (ANEXO 1). O cálculo das quantidades de sal (1,5%), sal fundente (1,6%) e caseinato de cálcio (0,6 a 3,4) foi feito em relação ao peso da massa. O cálculo do sorbato de potássio (0,03%) foi feito em relação ao peso de produto final.

A Tabela 4 apresenta as quantidades de matérias-primas e ingredientes utilizados em todos os processos de fabricação dos requeijões culinários (11 processos de acordo com o planejamento experimental e 1 padrão (P)).

Tabela 4. Quantidades de matérias-primas e ingredientes utilizados em todos os processos de fabricação dos requeijões culinários.

| Variáveis | Ensaio | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | P |
| Concentração de caseinato de cálcio (% p/p) | 1,0 | 3,0 | 1,0 | 3,0 | 0,6 | 3,4 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 0,0 |
| Tempo de cozimento (min) | 4,0 | 4,0 | 12,0 | 12,0 | 8,0 | 8,0 | 2,3 | 13,7 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 |
| | Ingredientes | | | | | | | | | | | |
| Massa básica (g) | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 |
| Sal (g) | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Sal fundente (g) | 35,2 | 35,2 | 35,2 | 35,2 | 35,2 | 35,2 | 35,2 | 35,2 | 35,2 | 35,2 | 35,2 | 35,2 |
| <i>Butter oil</i> (g) | 396,53 | 458,79 | 396,53 | 458,79 | 384,04 | 471,23 | 427,66 | 427,66 | 427,66 | 427,66 | 427,66 | 365,37 |
| Caseinato de cálcio (g) | 22 | 66 | 22 | 66 | 13,2 | 74,8 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | — |
| Água (g) | 1434,75 | 1584,74 | 1434,75 | 1584,74 | 1404,78 | 1614,17 | 1509,52 | 1509,52 | 1509,52 | 1509,52 | 1509,52 | 1359,95 |
| Sorbato de Potássio (g) | 1,23 | 1,31 | 1,23 | 1,31 | 1,22 | 1,32 | 1,27 | 1,27 | 1,27 | 1,27 | 1,27 | 1,19 |

3.2.1.3. Processo de Fusão e Cozimento

Os processos de fusão e cozimento foram realizados em uma máquina homogeneizadora-trituradora Stephan-Geiger (Stephan Machinery Singapore Pte Ltd, Warehouse, Singapore), modelo UM12, com capacidade para 8 Kg de produto, com duas velocidades de agitação (1500 e 3000 rpm) com aquecimento por injeção indireta de vapor.

Para a fabricação dos requeijões a massa foi transferida para a máquina homogeneizadora-trituradora Stephan-Geiger e em seguida acrescida do NaCl, sal emulsificante, sorbato de potássio e caseinato de cálcio, que foi previamente hidratado com a metade do volume de água e mantido refrigerado por uma noite. Em todos os processamentos a mistura foi inicialmente submetida à agitação a 1500 rpm (fusão a frio) por 2 min.

Em seguida foi adicionado o *butter oil* em quantidade previamente calculada. A mistura foi aquecida até 70°C (fusão a quente) e permaneceu sob agitação a 3000 rpm por 5 min a essa temperatura. Durante o aquecimento a abertura da válvula de entrada de vapor foi controlada manualmente para que a temperatura de 70°C fosse atingida em 1,5 a 2,0 min. O restante da água foi então adicionado à mistura, que foi em seguida aquecida com vapor indireto e mantida a temperatura de 92-95°C (cozimento) a 3000 rpm durante o tempo desejado (Tabela 4). Antes do final de cada processo, a bomba de vácuo foi ligada por 30s. Um requeijão padrão sem adição de caseinato de cálcio e com o tempo de cozimento de 8 minutos foi feito com o objetivo de comparar o tamanho das partículas.

Em todos os processos, uma parte do requeijão culinário foi envasado a quente em potes plásticos de 220g previamente higienizados com cloro a 200 ppm e selados com tampas de alumínio, também previamente higienizadas com cloro a 200 ppm. O restante foi envasado em embalagens plásticas flexíveis (bisnagas) de 250g e selados. Após o envase os copos e as bisnagas contendo o requeijão culinário foram imediatamente resfriados em banho de gelo e em seguida estocados a 5 -10 °C.

O fluxograma apresentado na Figura 3 mostra, de maneira simplificada, o processo de fusão e cozimento dos requeijões culinários.

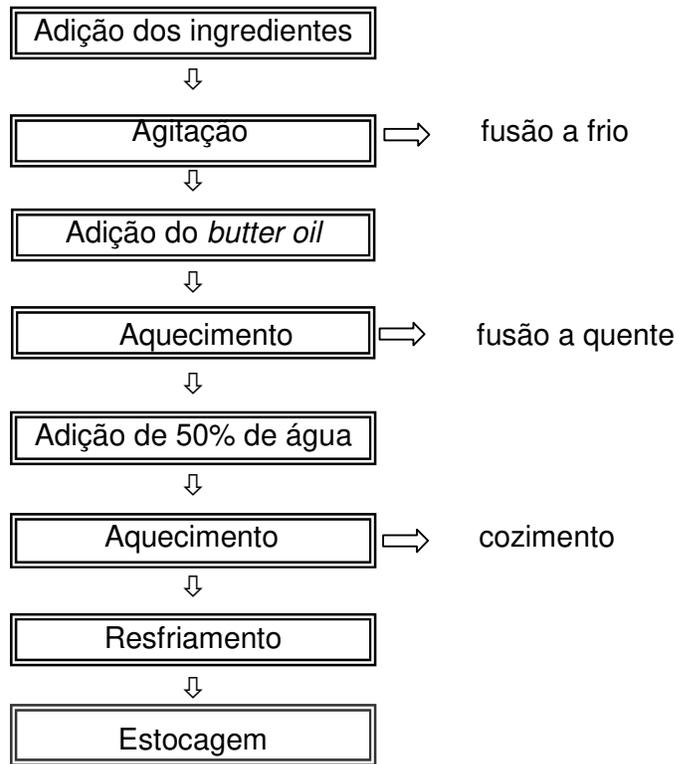


Figura 3. Fluxograma geral de fabricação dos requeijões culinários.

3.2.2. Procedimento de Amostragem

Foram retiradas amostras de leite, *butter oil* e massa para análises de composição. As amostras de requeijão foram tomadas aleatoriamente. Para todas as análises físico-químicas foram retiradas e desprezadas porções de aproximadamente 1 cm de produto da parte superior das embalagens. O restante foi homogeneizado com o auxílio de uma espátula antes da retirada de amostras para análise. Para as análises de tamanho de partícula, perfil de textura instrumental, firmeza, cor instrumental e capacidade de derretimento, foram adotados procedimentos diferenciados, detalhados nos itens 3.2.5., 3.2.6. 3.2.7., 3.2.8.e 3.2.9.

3.2.3. Caracterização das matérias-primas

3.2.3.1. Leite

O leite pasteurizado foi avaliado, em triplicata, com relação ao teor de gordura, pelo método de Gerber, segundo normas analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), pH – pelo método potenciométrico (potenciômetro Digimed DM20, Digicron Analítica Ltd., Santo Amaro, SP, Brasil), e umidade segundo procedimento AOAC 926.08 (AOAC, 1997).

3.2.3.2. *Butter oil*

O *butter oil* foi avaliado, em triplicata, em relação aos teores de umidade, segundo procedimento AOAC 926.08 (AOAC, 1997) e gordura, pelo método de Mojonnier, segundo procedimento AOAC 989.05 (AOAC, 1997).

3.2.3.3. Caseinato de cálcio

O caseinato de cálcio foi avaliado, em triplicata, em relação aos teores de umidade, segundo procedimento AOAC 926.08 (AOAC, 1997); gordura, pelo método de Mojonnier, segundo procedimento AOAC 989.05 (AOAC, 1997); Nitrogênio não-caséico (NNC) – através da determinação do teor de nitrogênio

solúvel em pH 4,6, conforme metodologia descrita por Bynum e Barbano (1985); Nitrogênio não-protéico (NNP) - pelo método de Kjeldahl AOAC 991.21 (AOAC,1997); Nitrogênio Total (NT) – pelo método de Kjeldahl AOAC 991.20 (AOAC,1997); Proteína Total – multiplicando-se o teor de NT pelo fator de conversão de 6,38; Caseína – (NT-NNC) x 6,38; e Proteína real – (NT-NNP) x 6,38.

3.2.3.4. Massa

A massa foi avaliada em triplicata em relação à Acidez titulável – segundo procedimento oficial da AOAC 920.124 (AOAC, 1997); Gordura – pelo método de Mojonnier, segundo procedimento AOAC 989.05 (AOAC, 1997); pH – pelo método potenciométrico (potenciômetro Digimed DM20, Digicron Analítica Ltd, Santo Amaro, Sp, Brasil); Umidade – segundo procedimento oficial da AOAC 926.08 (AOAC, 1997); Nitrogênio não-caséico (NNC) – através da determinação do teor de nitrogênio solúvel em pH 4,6, conforme metodologia descrita por Bynum e Barbano (1985); Nitrogênio não-protéico (NNP) - pelo método de Kjeldahl AOAC 991.21 (AOAC, 1997); Nitrogênio Total (NT) – pelo método de Kjeldahl AOAC 991.20 (AOAC, 1997); Proteína Total – multiplicando-se o teor de NT pelo fator de conversão de 6,38; Caseína – (NT-NNC) x 6,38 e Proteína real – (NT-NNP) x 6,38.

3.2.4. Caracterização dos requeijões culinários

Todas as análises de caracterização dos requeijões culinários foram feitas em triplicata, com exceção da umidade, que foi feita em quadruplicata.

As amostras foram analisadas no sétimo dia após o processamento em relação à Acidez titulável – segundo procedimento oficial da AOAC 920.124 (AOAC, 1997); Cálcio total pelo método da digestão úmida com ácido nítrico, seguida da titulação com EDTA, na presença de murexina (Taras, 1995); Caseína – (NT-NNC) x 6,38; Cinzas – por incineração em mufla a 550°C, segundo procedimento oficial da AOAC 935.42 (AOAC, 1997); Gordura – pelo

método de Mojonier, segundo método oficial da AOAC 920.124 (AOAC, 1997); Nitrogênio não-caséico (NNC) – através da determinação do teor de nitrogênio solúvel em pH 4,6, conforme metodologia descrita por Bynum e Barbano (1985); Nitrogênio não-protéico (NNP) - pelo método de Kjeldahl AOAC 991.21 (AOAC, 1997); Nitrogênio Total (NT) – pelo método de Kjeldahl AOAC 991.20 (AOAC, 1997); pH – pelo método potenciométrico (potenciômetro Digimed DM20, Digicron Analítica Ltd, Santo Amaro, Sp, Brasil); Proteína Total – multiplicando-se o teor de NT pelo fator de conversão de 6,38; Proteína real – $(NT - NNP) \times 6,38$; Umidade – segundo procedimento oficial da AOAC 926.08 (AOAC, 1997) e Sal – pelo método de Volhard (Richardson, 1985).

3.2.5. Avaliação do tamanho das partículas

Os requeijões foram avaliados em duplicata em relação ao tamanho de partículas conforme a metodologia descrita por LEE *et al.* (2004). 0,5 g de amostra foi dispersa em 50 ml de solução de EDTA (0,375% p/p) e Tween 20 (0,125% v/v), e o pH foi ajustado a 10 usando hidróxido de sódio 1N. Após uma noite na geladeira (7°C), as amostras foram colocadas à temperatura ambiente por uma hora. Em seguida, as suspensões foram levadas para a leitura em um Analisador de Tamanho de Partículas por Difração a Laser Mastersizer S, modelo S-MAN 5005, da marca Malvern. O tamanho de partícula obtido foi o diâmetro médio das partículas (D(3,2)), calculado como a relação entre o volume e a área superficial total das mesmas. Foi obtida também a distribuição de tamanho das partículas.

3.2.6. Avaliação do Perfil de Textura

O perfil de textura das amostras foi determinado utilizando-se o modo análise do perfil de textura (TPA-Texture Profile Analysis) utilizando-se o texturômetro universal (TAXT_{2i}, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK). As condições utilizadas foram: a) velocidade pré-teste = 1 mm/s; b) velocidade do teste = 1 mm/s; c) velocidade pós-teste = 1 mm/s; d) distância que o dispositivo comprimiu a amostra = 10 mm; e) força de contato = 10g; f) tempo de contato =

5s; g) dispositivo = probe de acrílico com 25 mm de diâmetro e 10 mm de altura, haste longa e base comum. Para todas as análises foram retiradas e desprezadas porções de aproximadamente 1 cm de produto da parte superior das embalagens. As embalagens foram então mantidas refrigeradas em BOD a 10°C por uma noite para a estabilização da temperatura. As amostras foram retiradas da BOD uma a uma, imediatamente antes da realização do teste, que foi conduzido segundo metodologia descrita por Rapacci (1997). Foram obtidos valores para os seguintes parâmetros: dureza, adesividade, elasticidade e gomosidade. Todas as determinações foram realizadas em quadruplicata.

3.2.7. Avaliação da Firmeza – Teste força em compressão

A firmeza dos requeijões culinários foi determinada utilizando-se o modo de teste regular de compressão, força-compressão, utilizando-se o texturômetro universal (TAXT_{2i}, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK). As condições utilizadas foram: a) velocidade pré-teste = 2 mm/s; b) velocidade do teste = 1mm/s; c) velocidade pós-teste = 2mm/s; d) distância que o dispositivo comprimiu a amostra = 10 mm; e) força de contato = 0,10N; f) dispositivo = probe de acrílico com 25 mm de diâmetro e 10 mm de altura, haste longa e base comum. Para todas as análises foram retiradas e desprezadas porções de aproximadamente 1 cm de produto da parte superior das embalagens. As embalagens foram então mantidas refrigeradas em BOD a 10°C por uma noite para a estabilização da temperatura. As amostras foram retiradas da BOD uma a uma, imediatamente antes da realização do teste. Todas as determinações foram realizadas em quadruplicata.

3.2.8. Avaliação da cor

Para a avaliação instrumental da cor foi utilizado um colorímetro da marca Hunterlab (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, VA, USA), modelo Color Quest II. A determinação baseou-se nos sistemas CIE L*C*h* (representação polar do sistema L*a*b*). O valor de L* representa a luminosidade da amostra, variando de preto (0) a branco (100); enquanto a* e b* representam as coordenadas de cromaticidade, sendo que o +a* indica tendência para o

vermelho e $-a^*$ tendência para o verde; $+b^*$ indica tendência para o amarelo e $-b^*$ tendência para o azul. No sistema L^*C^*h , o croma (C^*) e o ângulo de tonalidade (h) representam a intensidade da cor, sendo determinados pelas Equações 1 e 2, respectivamente. O aparelho foi calibrado no modo de reflectância especular excluída, usando placas de referência branca (C6299 Hunterlab Color Standard) e cinza (C6299G Hunterlab Color Standard), iluminante D_{65} (6900°K) com abertura de 10° . Para a leitura, foi utilizada uma cubeta de quartzo de 20 mm. Foi obtido ainda o valor do índice de brancura WI_{CIE} , calculado pelo equipamento.

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

$$h_{ab} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad \text{(Equação 2)}$$

3.2.9. Teste da Capacidade de Derretimento

Para o teste de derretimento, foi utilizado o método descrito por Olson e Price (1958) adaptado às condições definidas por Mounsey (1999), que empregou a condição de $180^\circ\text{C}/15$ minutos para análogos de queijo. Amostras de $15,00 \pm 0,20$ gramas de requeijão culinário a 10°C foram pesadas diretamente dentro do tubo de derretimento (tubo de vidro, de forma cilíndrica, com 250 mm 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 colocados em BOD a 10°C por 30 min, para ajuste da temperatura. A rolha de borracha foi ajustada 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 um suporte de madeira numa estufa a 180°C . Após 15 minutos, o suporte foi retirado da estufa e inclinado a 45° para interromper o fluxo do requeijão, marcou-se a distância do fluxo a partir da linha de referência até a borda da

amostra derretida. Essa distância foi denominada “fluxo de queijo” e usada como medida da capacidade de derretimento.

3.2.10 Avaliação sensorial

Para a avaliação sensorial, foi realizado um teste de aceitação com 57 consumidores não treinados. A ordem de apresentação das amostras foi balanceada, de forma a evitar vícios entre os provadores (MACFIE & BRATCHELL, 1989).

O teste foi realizado no laboratório de análise sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos da FEA-UNICAMP. Os provadores fizeram o teste em cabines individuais, sob luz branca.

Foi solicitado aos provadores para que eles lessem e assinassem o termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO 2).

Antes da apresentação das amostras, foi feito um corte padrão na parte inferior das bisnagas (bico) de 250g e, em seguida, a bisnaga foi apresentada aos provadores junto com pratos descartáveis codificados com números de três dígitos. Foi solicitado aos provadores que apertassem as bisnagas e avaliassem os atributos consistência e a fluidez, utilizando a escala do ideal. A ficha de avaliação é apresentada na Figura 4.

Ficha de Avaliação Sensorial

Nome: _____

Data: ___/___/___

1) Você irá receber 11 amostras codificadas de **REQUEIJÃO CULINÁRIO** envasado em bisnagas. Por favor, pressione a embalagem e indique usando as escalas abaixo o quão ideal encontra-se a consistência e a fluidez das amostras.

- Se ao apertar a bisnaga à amostra estiver muito consistente, a consistência será maior que a ideal e se ao apertar a bisnaga à amostra estiver pouco consistente a consistência será menor que a ideal.
- Se ao apertar a bisnaga à amostra escoar com muita facilidade a fluidez será maior que a ideal e se ao apertar a bisnaga à amostra escoar com muita dificuldade então será menor que a ideal.

| <u>Consistência</u> | <u>Fluidez</u> |
|--|---|
| +3 muito mais consistente que o ideal | +3 muito mais fluido que o ideal |
| +2 moderadamente mais consistente que o ideal | +2 moderadamente mais fluido que o ideal |
| +1 ligeiramente mais consistente que o ideal | +1 ligeiramente mais fluido que o ideal |
| 0 ideal | 0 ideal |
| -1 ligeiramente menos consistente que o ideal | -1 ligeiramente menos fluido que o ideal |
| -2 moderadamente menos consistente que o ideal | -2 moderadamente menos fluido que o ideal |
| -3 muito menos consistente que o ideal | -3 muito menos fluido que o ideal |

| Número da amostra | Consistência | Fluidez |
|-------------------|--------------|---------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Muito obrigada!

Figura 4. Ficha utilizada no teste de aceitação dos Requeijões culinários.

3.2.11. Delineamento experimental e análise estatística dos resultados

Foi usado um delineamento do tipo central composto rotacional para analisar e quantificar a influência da adição de caseinato de cálcio e tempo de cozimento na variável resposta. Os experimentos foram realizados conforme planejamento experimental fatorial completo 2^2 , com dois níveis (-1, +1), três pontos centrais (0) e dois níveis de pontos axiais ($-\alpha$, $+\alpha$), resultando em 11 ensaios (RODRIGUES, IEMMA, 2005). A Tabela 5 apresenta as variáveis e as faixas de variação.

Tabela 5. Variáveis e faixas de variação.

| Variáveis Independentes | Níveis das variáveis | | | | |
|-----------------------------|----------------------|-----|-----|------|--------|
| | - 1,41 | -1 | 0 | +1 | + 1,41 |
| Caseinato de cálcio (% p/p) | 0,6 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 3,4 |
| Tempo de cozimento (min) | 2,3 | 4,0 | 8,0 | 12,0 | 13,7 |

Através da metodologia de planejamento fatorial foi possível avaliar os efeitos principais, de interação e quadráticos das variáveis independentes, sobre as respostas analisadas. As variáveis dependentes foram análises de perfil de textura para os parâmetros dureza-TPA, adesividade-TPA, elasticidade-TPA, gomosidade-TPA; firmeza; os parâmetros de cor L^* , C^* , h^* e o índice de brancura; a capacidade de derretimento e o tamanho das partículas. Trabalhou-se com um intervalo de confiança de 90% ($p < 0,1$) na avaliação dos efeitos. Foi utilizado o pacote Statistica® (Statsoft, v. 7.0) nas análises dos efeitos das variáveis independentes sobre as respostas analisadas.

Nas tabelas de coeficiente de regressão foram excluídas as variáveis não estatisticamente significativas ($p \geq 0,1$)

A partir da análise de variância (ANOVA), realizada no planejamento fatorial completo, pode-se propor modelos probabilísticos adequados, que correlacionassem às respostas em função das variáveis estudadas, com a construção de superfícies de resposta.

O Teste de Tukey foi realizado utilizando o programa SAS® System para comparação entre as médias da análise sensorial.

A Tabela 6 mostra o planejamento experimental, com as combinações dos níveis e das variáveis.

Tabela 6. Planejamento fatorial 2^2 com 3 pontos centrais e 4 pontos axiais para as duas variáveis (valores codificados e reais).

| Ensaio | % caseinato de cálcio (CaCN) codificado | % caseinato de cálcio (CaCN) real | Tempo de cozimento (tc) codificado | Tempo de cozimento (tc) real |
|---------------|--|--|---|---|
| 1 | -1 | 1,0 | - 1 | 4 |
| 2 | +1 | 3,0 | - 1 | 4 |
| 3 | - 1 | 1,0 | + 1 | 12 |
| 4 | +1 | 3,0 | + 1 | 12 |
| 5 | - 1,41421 | 0,6 | 0 | 8 |
| 6 | + 1,41421 | 3,4 | 0 | 8 |
| 7 | 0 | 2,0 | - 1,41421 | 2,3 |
| 8 | 0 | 2,0 | + 1,41421 | 13,7 |
| 9 | 0 | 2,0 | 0 | 8 |
| 10 | 0 | 2,0 | 0 | 8 |
| 11 | 0 | 2,0 | 0 | 8 |

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização físico-química das matérias-primas

A composição da matéria-prima utilizada na fabricação do requeijão culinário é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7. Composição química média da matéria-prima utilizada na fabricação do requeijão culinário.

| ANÁLISES FÍSICO- QUÍMICAS | MATÉRIAS-PRIMAS | | | |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| | Leite | Butter oil | Massa | Caseinato de Cálcio |
| Extrato Seco Total | 12,02 (0,07) | 99,50 (0,01) | 54,80 (0,12) | 96,83 (0,10) |
| Gordura, % | 3,46 (0,05) | 99,50 (0,20) | 28,13 (0,06) | 1,77 (0,01) |
| Proteína, % | - | - | 23,72 (0,17) | 90,71 (0,03) |
| Caseína, % | - | - | 22,75 (0,00) | 88,94 (0,02) |
| NNP, % | - | - | 0,05 (0,01) | 0,09 (0,00) |
| pH | 6,85 (0,00) | - | 5,23 (0,01) | - |
| Acidez, % de ácido láctico | - | - | 0,67 (0,02) | - |

*Os valores entre parênteses indicam o desvio padrão. Todas as análises foram realizadas em triplicata, com exceção da análise de extrato seco total que foi feita em quadruplicata.

4.2. Caracterização físico-química dos requeijões culinários

A composição dos requeijões culinários é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8. Composição química média dos requeijões culinários.

| Variáveis | Ensaio | | | | | | | | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Concentração de caseinato de cálcio (%p/p) | 1,0 | 3,0 | 1,0 | 3,0 | 0,6 | 3,4 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Tempo de cozimento (min) | 4,0 | 4,0 | 12,0 | 12,0 | 8,0 | 8,0 | 2,3 | 13,7 | 8,0 | 8,0 | 8,0 |
| Composição química | | | | | | | | | | | |
| Umidade, % | 57,56 (0,03) | 58,01 (0,05) | 57,64 (0,04) | 57,97 (0,06) | 57,71 (0,28) | 57,97 (0,02) | 57,91 (0,12) | 57,86 (0,08) | 58,01 (0,18) | 57,51 (0,39) | 57,73 (0,07) |
| Gordura, % | 24,96 (0,14) | 24,98 (0,13) | 24,95 (0,11) | 24,87 (0,14) | 24,78 (0,02) | 24,53 (0,08) | 24,70 (0,05) | 25,30 (0,19) | 24,52 (0,11) | 24,93 (0,13) | 24,77 (0,04) |
| Gordura em base seca, % | 58,83 (0,12) | 59,50 (0,01) | 58,91 (0,17) | 59,19 (0,08) | 58,61 (0,23) | 58,37 (0,02) | 58,70 (0,03) | 60,04 (0,06) | 58,42 (0,01) | 58,70 (0,02) | 58,63 (0,19) |
| Cálcio, mg/100g | 191,41 (0,03) | 270,47 (0,52) | 191,26 (0,09) | 287,68 (0,15) | 175,88 (0,03) | 366,48 (0,92) | 240,00 (0,07) | 269,86 (0,08) | 255,74 (0,00) | 255,63 (0,22) | 255,06 (0,07) |
| Proteína, % | 13,15 (0,02) | 13,48 (0,03) | 13,18 (0,08) | 13,44 (0,01) | 13,10 (0,03) | 13,53 (0,05) | 13,30 (0,04) | 13,26 (0,09) | 13,31 (0,03) | 13,22 (0,10) | 13,30 (0,02) |
| Caseína, % | 12,34 (0,09) | 12,68 (0,07) | 12,30 (0,10) | 12,60 (0,05) | 12,16 (0,08) | 12,89 (0,01) | 12,54 (0,13) | 12,48 (0,10) | 12,52 (0,05) | 12,47 (0,08) | 12,50 (0,01) |
| Nitrogênio não-protéico, % | 0,03 (0,00) | 0,02 (0,00) | 0,03 (0,00) | 0,03 (0,00) | 0,02 (0,00) | 0,03 (0,00) | 0,02 (0,00) | 0,02 (0,00) | 0,03 (0,00) | 0,03 (0,00) | 0,03 (0,00) |
| Relação caseína/gordura | 0,49 (0,10) | 0,51 (0,10) | 0,49 (0,11) | 0,51 (0,08) | 0,49 (0,05) | 0,53 (0,05) | 0,50 (0,05) | 0,51 (0,09) | 0,49 (0,15) | 0,50 (0,08) | 0,50 (0,10) |
| Cinzas, % | 2,77 (0,00) | 2,63 (0,00) | 2,77 (0,05) | 2,63 (0,02) | 2,79 (0,01) | 2,56 (0,00) | 2,67 (0,00) | 2,65 (0,01) | 2,68 (0,01) | 2,68 (0,01) | 2,65 (0,01) |
| Sal, % | 0,61 (0,03) | 0,56 (0,01) | 0,62 (0,01) | 0,58 (0,00) | 0,62 (0,00) | 0,57 (0,00) | 0,61 (0,00) | 0,60 (0,00) | 0,59 (0,01) | 0,59 (0,03) | 0,59 (0,01) |
| Relação Sal/umidade | 1,06 (0,00) | 0,97 (0,00) | 1,08 (0,03) | 1,00 (0,00) | 1,08 (0,02) | 0,99 (0,01) | 1,05 (0,03) | 1,03 (0,00) | 1,01 (0,03) | 1,03 (0,01) | 1,02 (0,02) |
| Acidez, % ácido láctico | 0,55 (0,03) | 0,47 (0,01) | 0,51 (0,01) | 0,58 (0,07) | 0,58 (0,05) | 0,44 (0,01) | 0,55 (0,04) | 0,52 (0,02) | 0,59 (0,00) | 0,58 (0,03) | 0,62 (0,02) |
| pH | 5,55 (0,01) | 5,64 (0,02) | 5,54 (0,01) | 5,62 (0,01) | 5,56 (0,04) | 5,65 (0,01) | 5,62 (0,03) | 5,57 (0,02) | 5,61 (0,04) | 5,65 (0,00) | 5,60 (0,02) |

*Os valores entre parênteses indicam o desvio padrão relativo à triplicata de análises, com exceção da umidade que foi feito em quadruplicata.

Como mostra a Tabela 8, houve pouca variação na composição dos requeijões culinários. A umidade variou de 57,51% a 58,01%, a gordura variou de 24,52% a 25,30%, GBS de 58,37% a 60,04%. O teor de cinzas variou de 2,56% a 2,79%, o sal variou de 0,56% a 0,62% e a acidez em ácido láctico de 0,44 a 0,62%. O pH variou de 5,54 a 5,65.

Os teores de proteína, caseína e cálcio total aumentaram com o aumento da concentração de caseinato de cálcio, como esperado. O teor de proteína variou de 13,10% a 13,53, o de caseína de 12,16% a 12,89% e o de cálcio total de 175,88 mg/100g a 366,48 mg/100g.

Não há na legislação brasileira um Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) para o requeijão culinário. A composição dos requeijões está de acordo com os valores indicados na literatura (ANÔNIMO 2003; RODRIGUES, 2006; VAN DENDER e MORENO, 2006a) para o requeijão culinário.

4.3. Efeito da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento no tamanho das partículas dos requeijões culinários

A Tabela 9 mostra o tamanho médio das partículas (D(3,2)) para os requeijões culinários, e a Figura 5 mostra a distribuição de tamanho das partículas para os mesmos ensaios.

Tabela 9. Valores médios (n=3) obtidos para o tamanho das partículas (D(3,2)) dos requeijões culinários.

| Ensaio | Variáveis | | D(3,2) (µm) |
|--------|------------|----------|-------------|
| | CaCN(%p/p) | Tc (min) | |
| 1 | 1,0 | 4 | 0,68 |
| 2 | 3,0 | 4 | 0,48 |
| 3 | 1,0 | 12 | 0,85 |
| 4 | 3,0 | 12 | 0,49 |
| 5 | 0,6 | 8 | 0,72 |
| 6 | 3,4 | 8 | 0,45 |
| 7 | 2,0 | 2,3 | 0,80 |
| 8 | 2,0 | 13,7 | 0,52 |
| 9 | 2,0 | 8 | 0,74 |
| 10 | 2,0 | 8 | 0,68 |
| 11 | 2,0 | 8 | 0,56 |
| Padrão | 0,0 | 8 | 1,24 |

*CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio

**Tc – Tempo de cozimento

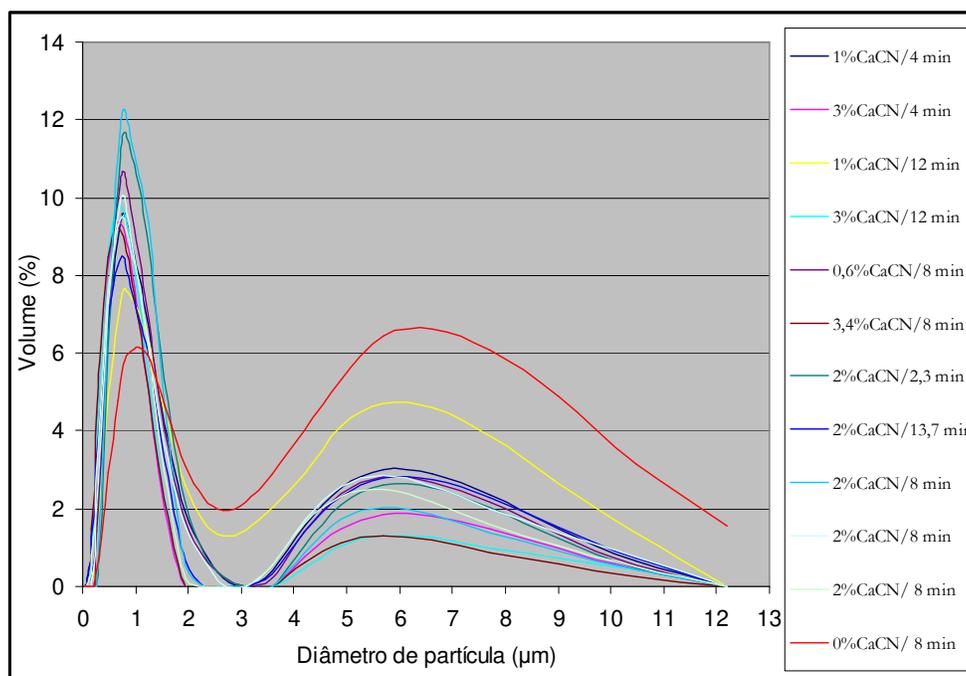


Figura 5. Distribuição de tamanho das partículas para os ensaios de requeijão culinário. Os resultados referem-se aos valores médios (n=3).

Através dos resultados obtidos da análise do tamanho das partículas foi possível determinar os coeficientes de regressão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Coeficiente de regressão para o tamanho das partículas.

| | Coeficiente de regressão | Erro Padrão | T(5) | p-valor |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|----------|----------|
| Média/Interação | 0,660000 | 0,064420 | 10,24524 | 0,000152 |
| CaCN (%p/p) (L) | -0,117730 | 0,039449 | -2,98434 | 0,030646 |
| CaCN (%p/p) (Q) | -0,036875 | 0,046954 | -0,78535 | 0,467814 |
| Tc (min) (L) | -0,026997 | 0,039449 | -0,68436 | 0,524171 |
| Tc (min) (Q) | 0,000625 | 0,046954 | 0,01331 | 0,989895 |
| CaCN (% p/p) x Tc (min) (L) | -0,040000 | 0,055789 | -0,71698 | 0,505473 |

CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio/ Tc – Tempo de cozimento

(L) – nível linear / (Q) – nível quadrático

A Tabela 10 mostra que apenas o coeficiente de regressão CaCN (% p/p) afetou significativamente o tamanho das partículas ($p < 0,1$) no nível linear, como apresentado na equação 3. O tamanho das partículas não foi influenciado pelo tempo de cozimento.

$$\text{Tamanho das partículas} = 0,63 - 0,11\text{CaCN}$$

(Equação 3)

Como mostra a Tabela 11, o $F_{\text{calculado}}$ da regressão foi estatisticamente significativo ($p = 0,0070$) e o $F_{\text{calculado}}$ para os resíduos não foi estatisticamente significativo ($p = 0,3755$), indicando que o modelo para o tamanho de partícula foi considerado preditivo (Tabela 11). Assim foi possível construir as superfícies de resposta e as curvas de contorno (Figuras 6 e 7, respectivamente).

Tabela 11. Análise de Variância para o tamanho das partículas dos requeijões culinários.

| Fonte de Variação | Soma de Quadrados | Graus de Liberdade | Quadrado Médio | Fcalculado | p-valor |
|-------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------|
| Regressão | 0,11 | 1 | 0,11 | 12,03 | 0,0070 |
| Resíduos | 0,08 | 9 | 0,01 | | |
| Falta de Ajuste | 0,07 | 7 | 0,01 | 1,13 | 0,3755 |
| Erro Puro | 0,02 | 2 | 0,01 | | |
| Total | 0,019 | 10 | | | |

% variação explicada (R^2)= 57,20

*Valores tabelados de F a $p < 0,1$. Fregressão: $F_{1;9;0,1} = 3,36$ Fresíduos: $F_{7;2;0,1} = 9,35$

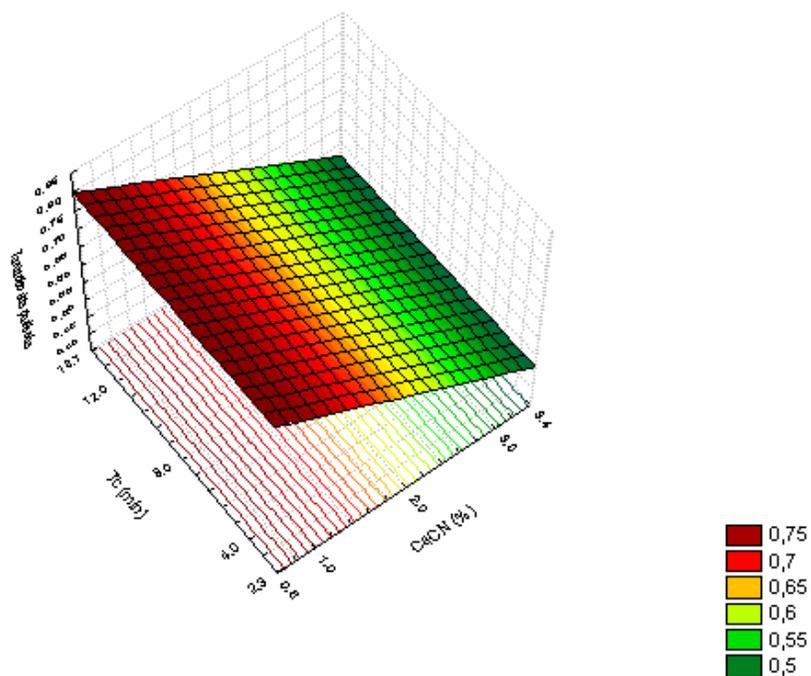


Figura 6. Superfície de resposta para o tamanho das partículas de gordura dos requeijões culinários.

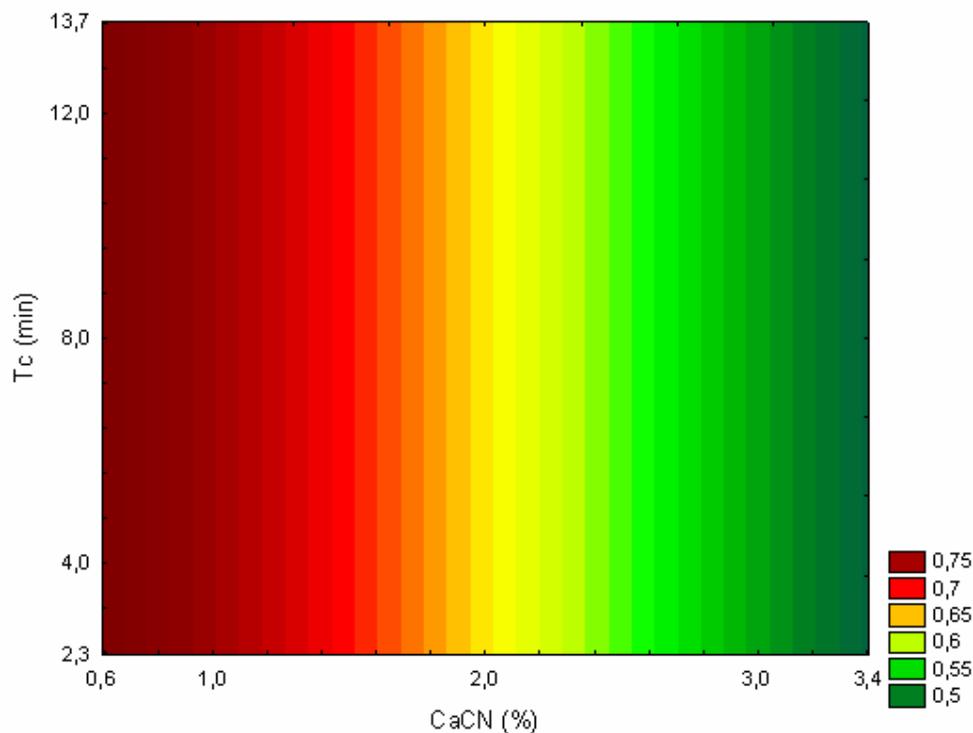


Figura 7. Curva de contorno para o tamanho das partículas de gordura dos requeijões culinários.

As Figuras 6 e 7 mostram que o aumento da concentração de caseinato de cálcio promoveu uma diminuição no tamanho das partículas de gordura. Isso provavelmente se deveu ao fato que, na quantidade de sal emulsificante utilizada, o aumento de caseinato resultou em um aumento de caseína agindo como emulsificante. O sal emulsificante adicionado promoveu a troca do cálcio pelo sódio, permitindo a caseína agir como emulsificante, o que pode ser comprovado pela diminuição do tamanho das partículas de gordura.

O tempo de cozimento não influenciou significativamente o tamanho dos glóbulos de gordura. Outros autores (KALAB et al. 1987; RYAN et al, 1980), citados por Kapoor e Metzger (2008), relataram que o tamanho dos glóbulos de gordura diminuiu com o aumento do tempo de cozimento, a altas temperaturas. Segundo Guinee e Mcsweeney (2004), isso acontece para a maioria dos sais emulsificantes até tempos de cozimento de 40 min. Em nosso estudo, os tempos utilizados foram relativamente curtos e a variação entre eles pequena, quando comparados com os utilizados por esses autores, o que pode explicar a diferença nos resultados.

4.4. Efeito da adição de caseinato de cálcio e tempo de cozimento nos atributos de textura instrumental dos requeijões culinários

A Tabela 12 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros dureza, adesividade, elasticidade e gomosidade resultados da análise do perfil de textura.

Tabela 12. Valores obtidos para os parâmetros dureza, adesividade, elasticidade e gomosidade para os requeijões culinários estudados.

| Ensaio | Variáveis | | Parâmetros da Análise do Perfil de Textura | | | |
|--------|----------------|-------------|--|----------------------|---------------------|-------------------|
| | CaCN (%p/p) | Tc (min) | Dureza (g) | Adesividade (g.s) | Elasticidade (-) | Gomosidade (-) |
| 1 | 1,0 | 4 | 1106,85 | 2367,62 | 0,947 | 542,77 |
| 2 | 3,0 | 4 | 1552,59 | 4755,74 | 0,949 | 915,42 |
| 3 | 1,0 | 12 | 1099,70 | 2365,80 | 0,936 | 522,05 |
| 4 | 3,0 | 12 | 1484,99 | 4294,56 | 0,938 | 779,00 |
| 5 | 0,6 | 8 | 987,44 | 2016,94 | 0,959 | 450,29 |
| 6 | 3,4 | 8 | 1603,54 | 4672,15 | 0,954 | 864,65 |
| 7 | 2,0 | 2,3 | 859,97 | 2529,79 | 0,938 | 464,39 |
| 8 | 2,0 | 13,7 | 989,57 | 2471,79 | 0,929 | 441,86 |
| 9 | 2,0 | 8 | 1002,80 | 3009,19 | 0,931 | 461,09 |
| 10 | 2,0 | 8 | 1170,12 | 2769,34 | 0,931 | 513,94 |
| 11 | 2,0 | 8 | 1119,92 | 3060,73 | 0,944 | 585,93 |

CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio

Tc – Tempo de cozimento

4.4.1. Dureza

Através dos resultados obtidos da análise instrumental de dureza foi possível determinar os coeficientes de regressão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13. Coeficiente de regressão para a dureza dos requeijões culinários.

| | Coeficiente de regressão | Erro Padrão | T(5) | p-valor |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------|----------|----------|
| Média/Interação | 1097,613 | 83,26394 | 13,18234 | 0,000045 |
| CaCN (%p/p) (L) | 212,791 | 50,98854 | 4,17331 | 0,008711 |
| CaCN (%p/p) (Q) | 149,164 | 60,68850 | 2,45786 | 0,057379 |
| Tc (min) (L) | 13,567 | 50,98854 | 0,26607 | 0,800809 |
| Tc (min) (Q) | -36,196 | 60,68850 | -0,59642 | 0,576867 |
| CaCN (% p/p) x Tc (min) (L) | -15,113 | 72,10869 | -0,20958 | 0,842268 |

CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio/ Tc – Tempo de cozimento

(L) – nível linear / (Q) – nível quadrático

Apenas os coeficientes de regressão CaCN (% p/p), nos níveis linear e quadrático, influenciaram positivamente a dureza dos requeijões culinários (Tabela 13) O tempo de cozimento não afetou significativamente a dureza dos requeijões. A equação 4 apresenta o modelo gerado excluindo as variáveis não estatisticamente significativas.

$$\text{Dureza} = 1063,55 + 212,79\text{CaCN} + 159,806\text{CaCN}^2 \quad (\text{Equação 4})$$

A Tabela 14 mostra que a porcentagem de variação explicada foi de 82,05%. O F calculado da regressão foi estatisticamente significativo ($p = 0,001$) e o F calculado para os resíduos não foi estatisticamente significativo ($p = 0,3404$) indicando que o modelo para a variável dureza foi considerado preditivo. Assim foi possível construir as superfícies de resposta e as curvas de contorno (Figuras 8 e 9, respectivamente).

Tabela 14. Análise de Variância para a dureza dos requeijões culinários.

| Fonte de Variação | Soma de Quadrados | Graus de Liberdade | Quadrado Médio | Fcalculado | p-valor |
|-------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------|
| Regressão | 520113,00 | 2 | 260056,50 | 18,28 | 0,001 |
| Resíduos | 113780,60 | 8 | 14222,58 | | |
| Falta de Ajuste | 99036,60 | 6 | 16506,10 | 2,24 | 0,3404 |
| Erro Puro | 14744,00 | 2 | 7372,00 | | |
| Total | 633893,60 | 10 | | | |

% variação explicada (R^2) = 82,05

* Valores tabelados de F a $p < 0,1$. Fregressão: $F_{2;8;0,1} = 3,11$ Fresíduos: $F_{6;2;0,1} = 9,33$

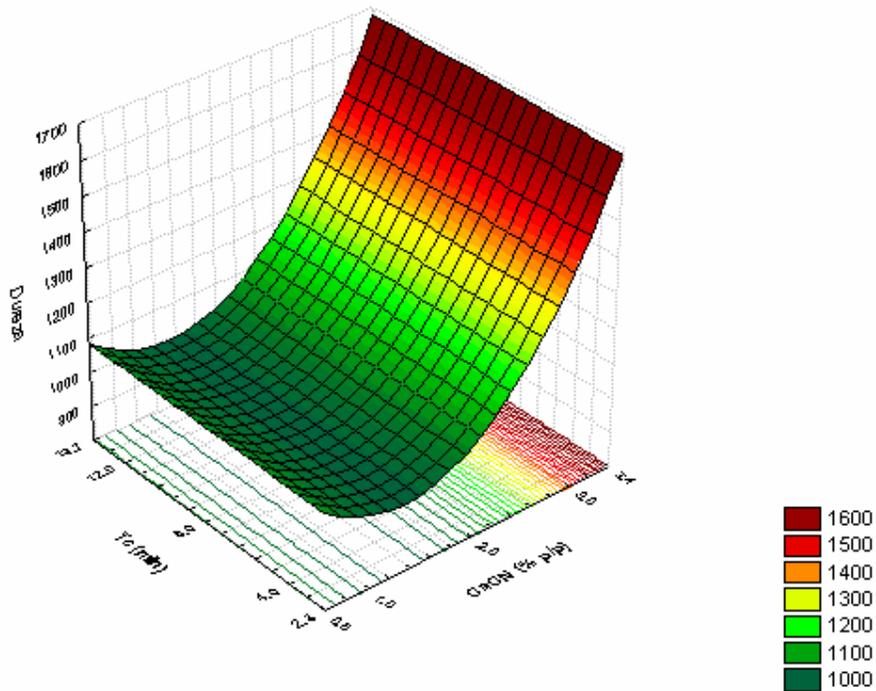


Figura 8. Superfície de resposta para a dureza-TPA da análise de textura instrumental dos requeijões culinários.

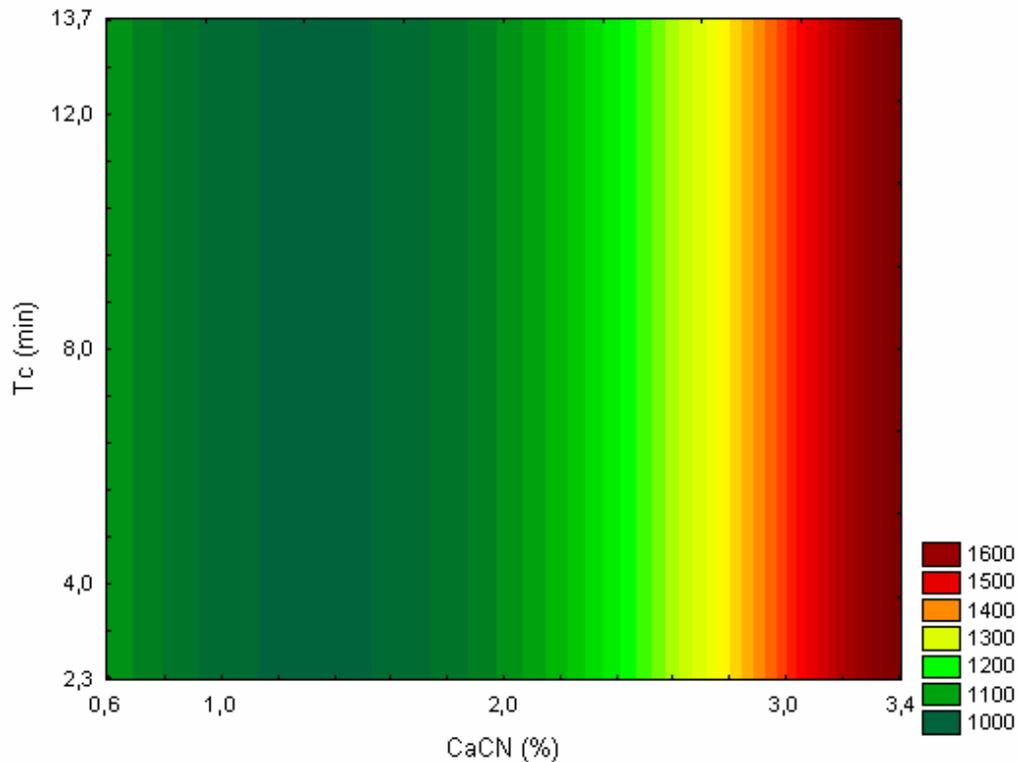


Figura 9. Curva de contorno para a dureza-TPA da análise de textura instrumental dos requeijões culinários.

Analisando a superfície de resposta e a curva de contorno (Figura 8 e 9), pode ser observado que o aumento da concentração de caseinato de cálcio proporcionou um aumento na dureza dos requeijões e que o tempo de cozimento não influenciou a dureza dos requeijões culinários. A Figura 9 mostra que os maiores valores de dureza foram encontrados nas concentrações de caseinato de cálcio acima de 2,8%. Nessas concentrações de caseinato de cálcio, o requeijão também apresentou os menores tamanhos de partícula de gordura, evidenciando maior grau de emulsificação nesses requeijões. Segundo Guinee e Mcsweeney (2004), os glóbulos de gordura emulsificados, cobertos por uma membrana de para caseína podem ser considerados pseudoproteínas, que se ligam à matriz protéica, contribuindo para a continuidade da mesma. Portanto, o maior grau de emulsificação nesses requeijões, resultado do aumento da concentração de caseinato, resultou em

maior interação protéica, tornando a matriz mais rígida e aumentando a dureza dos requeijões.

4.4.2. Adesividade

Como mostra a Tabela 15, a adesividade não foi afetada pelo tempo de cozimento. Somente a concentração de caseinato afetou significativamente ($p < 0,1$) a adesividade dos requeijões culinários, apresentando coeficientes de regressão CaCN (% p/p) significativos nos níveis linear e quadrático.

Tabela 15. Coeficiente de regressão para a adesividade dos requeijões culinários.

| | Coeficiente de regressão | Erro Padrão | T(5) | p-valor |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|----------|----------|
| Média/Interação | 2946,420 | 208,7380 | 14,11540 | 0,000032 |
| CaCN (%p/p) (L) | 1008,989 | 127,8254 | 7,89350 | 0,000525 |
| CaCN (%p/p) (Q) | 329,878 | 152,1426 | 2,16822 | 0,082328 |
| Tc (min) (L) | -68,128 | 127,8254 | -0,53298 | 0,616878 |
| Tc (min) (Q) | -91,999 | 152,1426 | -0,60469 | 0,571773 |
| CaCN (% p/p) x Tc (min) (L) | -114,840 | 180,7724 | -0,63527 | 0,553181 |

CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio/ Tc – Tempo de cozimento
(L) – nível linear / (Q) – nível quadrático

A equação 5 apresenta o modelo gerado excluindo as variáveis não estatisticamente significativas.

$$\text{Adesividade} = 2859,83 + 1008,99\text{CaCN} + 356,93\text{CaCN}^2 \quad (\text{Equação 5})$$

Como mostra a Tabela 16, referente a ANOVA para o modelo codificado, verifica-se que a porcentagem de variação explicada foi de 91,86%. O F calculado da regressão foi estatisticamente significativo ($p < 0,0001$) e o

Fcalculado para os resíduos não foi estatisticamente significativo ($p = 0,1723$) indicando que o modelo para a variável adesividade foi considerado preditivo. Assim foi possível construir as superfícies de resposta e as curvas de contorno (Figuras 10 e 11, respectivamente).

Tabela 16. Análise de Variância para a adesividade dos requeijões culinários.

| Fonte de Variação | Soma de Quadrados | Graus de Liberdade | Quadrado Médio | Fcalculado | p-valor |
|-------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------|
| Regressão | 8932081 | 2 | 4466041 | 45,15 | <0,0001 |
| Resíduos | 791259 | 8 | 98907,38 | | |
| Falta de Ajuste | 742894 | 6 | 123815,7 | 5,12 | 0,1723 |
| Erro Puro | 48365 | 2 | 24182,5 | | |
| Total | 9723340 | 10 | | | |

% variação explicada (R^2) = 91,86

* Valores tabelados de F a $p < 0,1$. Fregressão: $F_{2;8;0,1} = 3,11$ Fresíduos: $F_{6;2;0,1} = 9,33$

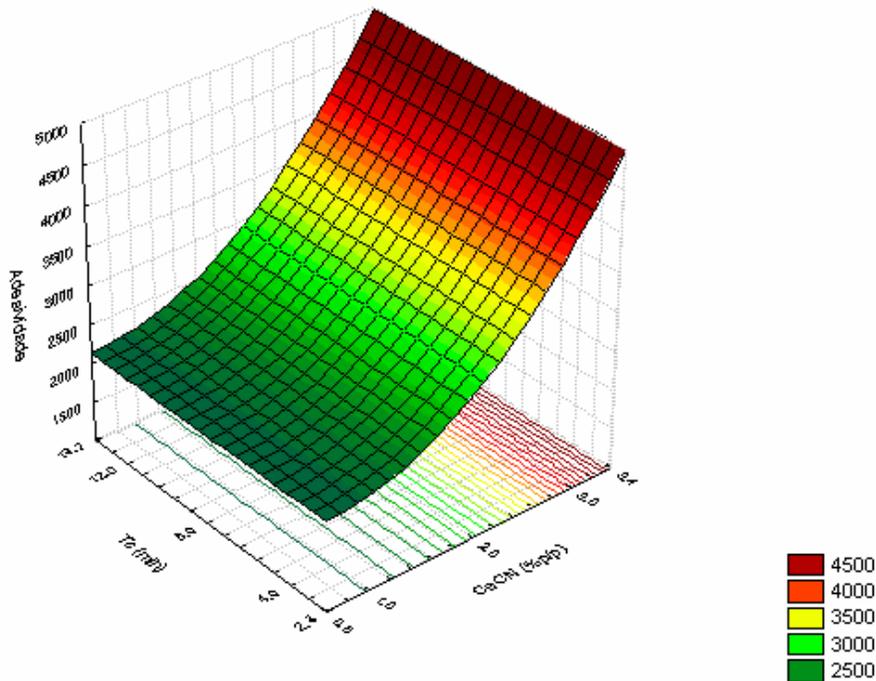


Figura 10. Superfície de resposta para a adesividade-TPA para os requeijões culinários.

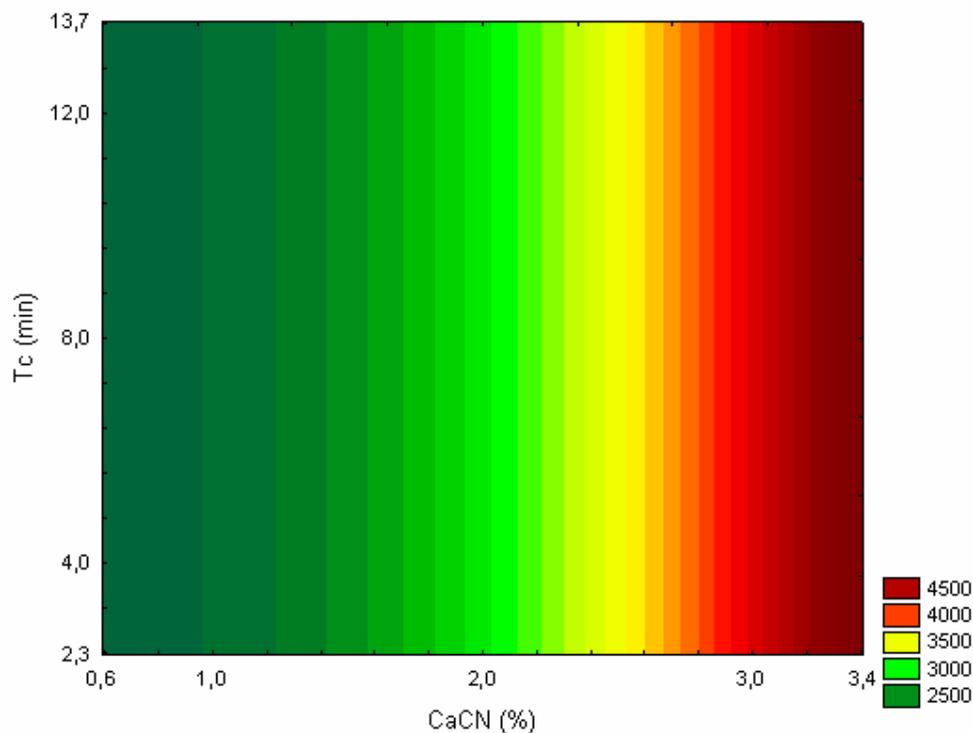


Figura 11. Curva de contorno para a adesividade-TPA para os requeijões culinários.

A superfície de resposta e a curva de contorno (Figuras 10 e 11) mostram que o aumento da concentração de caseinato de cálcio promoveu um aumento na adesividade e que a região com maior adesividade é a de concentração de caseinato de cálcio acima de 2,6%. O tempo de cozimento não influenciou a adesividade dos requeijões culinários. Esses resultados, bastante semelhantes aos de dureza, parecem também estar relacionados ao tamanho das partículas de gordura (Tabela 9), já que, quanto maior o grau de interação entre a matriz protéica e a fase lipídica, maior a adesividade.

4.4.3. Elasticidade

Através dos resultados obtidos da análise instrumental da elasticidade foi possível determinar os coeficientes de regressão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17. Coeficiente de regressão para a elasticidade dos requeijões culinários.

| | Coeficiente de regressão | Erro Padrão | T(5) | p-valor |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|----------|----------|
| Média/Interação | 0,935333 | 0,003175 | 294,5690 | 0,000000 |
| CaCN (%p/p) (L) | -0,000384 | 0,001944 | -0,1974 | 0,851269 |
| CaCN (%p/p) (Q) | 0,009958 | 0,002314 | 4,3029 | 0,007694 |
| Tc (min) (L) | -0,004341 | 0,001944 | -2,2325 | 0,075925 |
| Tc (min) (Q) | -0,001542 | 0,002314 | -0,6661 | 0,534822 |
| CaCN (% p/p) x Tc (min) (L) | 0,000000 | 0,002750 | 0,0000 | 1,000000 |

CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio/ Tc – Tempo de cozimento

(L) – nível linear / (Q) – nível quadrático

De acordo com a Tabela 17, apenas os coeficientes de regressão CaCN (% p/p) no nível quadrático e tempo de cozimento no nível linear influenciaram a elasticidade dos requeijões culinários. A equação 6 apresenta o modelo gerado excluindo as variáveis não estatisticamente significativas.

$$\text{Elasticidade} = 0,93 + 0,02\text{CaCN}^2 - 0,004\text{Tc}$$

(Equação 6)

A Tabela 18 mostra que a porcentagem de variação explicada foi de 83,19%. O Fcalculado da regressão foi estatisticamente significativo ($p = 0,0007$) e o Fcalculado para os resíduos não o foi ($p = 0,9658$), indicando que o modelo para o atributo elasticidade foi considerado preditivo. Assim foi possível construir as superfícies de resposta e as curvas de contorno (Figuras 12 e 13, respectivamente).

Tabela 18. Análise de Variância para o atributo elasticidade dos requeijões culinários.

| Fonte de Variação | Soma de Quadrados | Graus de Liberdade | Quadrado Médio | Fcalculado | p-valor |
|-------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------|
| Regressão | 0,000834 | 2 | 0,000417 | 20,34 | 0,0007 |
| Resíduos | 0,000164 | 8 | 0,0000205 | | |
| Falta de Ajuste | 0,000056 | 6 | 0,000009 | 0,16 | 0,9658 |
| Erro Puro | 0,000108 | 2 | 0,000054 | | |
| Total | 0,000998 | 10 | | | |

% variação explicada (R^2) = 83,19

* Valores tabelados de F a $p < 0,1$. Fregressão: $F_{2;8;0,1} = 3,11$ Fresíduos: $F_{6;2;0,1} = 9,33$

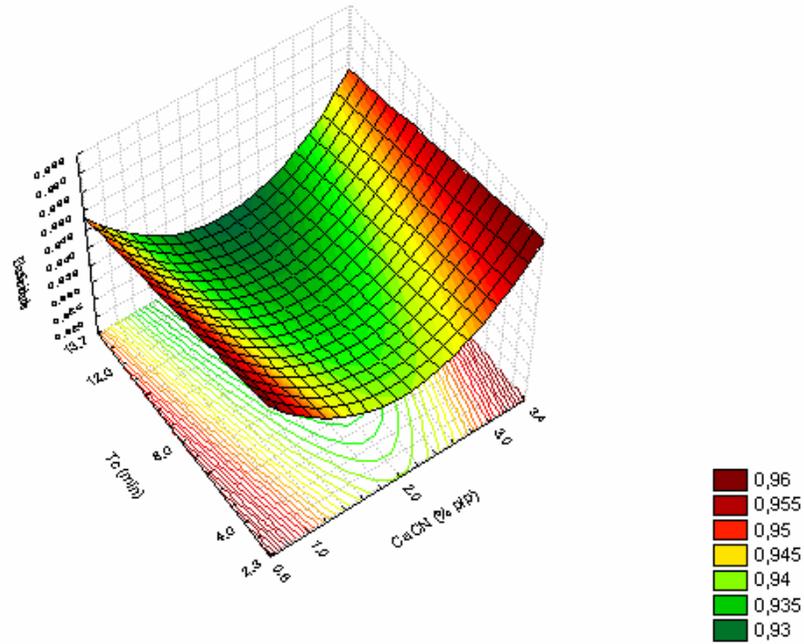


Figura 12. Superfície de resposta para a elasticidade-TPA da análise de textura instrumental dos queijões culinários.

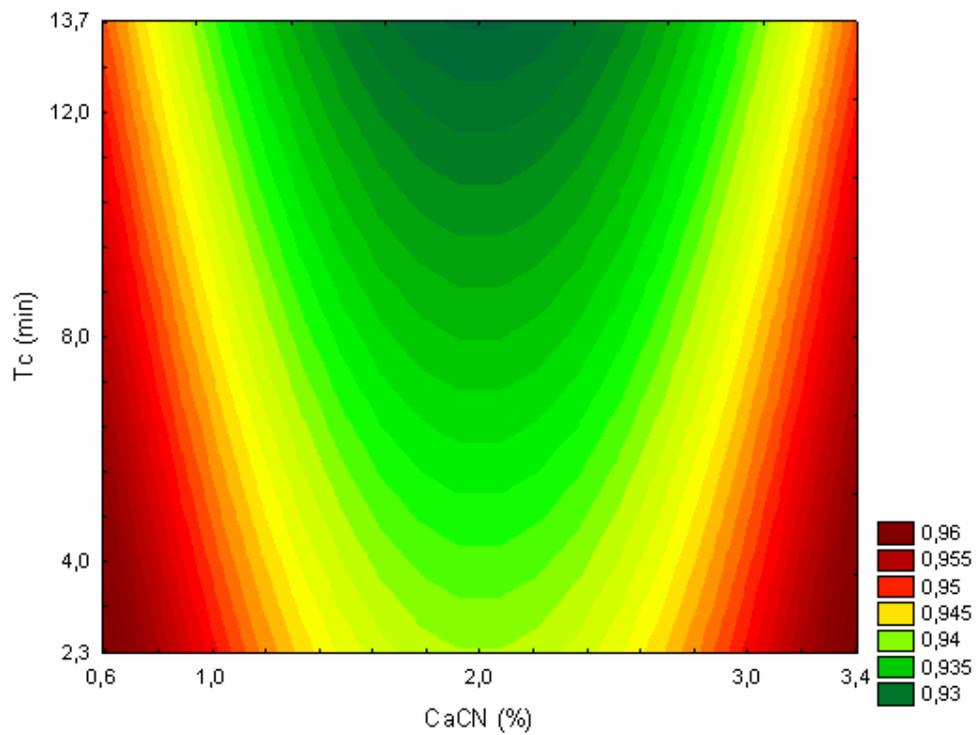


Figura 13. Curva de contorno para a elasticidade-TPA da análise de textura instrumental dos queijões culinários.

O tempo de cozimento influenciou negativamente a elasticidade, ou seja, com o aumento do tempo de cozimento, houve uma diminuição da elasticidade. (Figuras 12 e 13). Rayan *et. al* (1980) citado por Kapoor e Metzger (2008), também mostraram que o aumento do tempo de cozimento de queijos processados diminuiu a elasticidade. A menor elasticidade foi observada no ensaio 8 (2%CaCN/13,7 min) e pode estar relacionada com o maior teor de gordura (Tabela 8) e o maior tempo de cozimento.

A análise da superfície de resposta e da curva de contorno, Figura 12 e Figura 13, mostram que as regiões com menor elasticidade são as que apresentam concentração de caseinato de cálcio acima de 1,4% e abaixo de 2,6%.

A elasticidade pode ser definida como o grau de recuperação da amostra após a remoção da força que a causou a deformação (VLIET, 1991) e é normalmente associada com a concentração de proteína e mais especificamente com as interações da rede protéica. Um comportamento similar ao da dureza seria o esperado. No entanto, apesar da concentração de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento terem influenciado a elasticidade, a variação foi tão pequena (0,929-0,959) que dificilmente terá algum significado prático.

4.4.4. Gomosidade

Através dos resultados obtidos da análise instrumental de gomosidade, foi possível determinar os coeficientes de regressão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19. Coeficiente de regressão para a gomosidade dos requeijões culinários.

| | Coeficiente de regressão | Erro Padrão | T(5) | p-valor |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------|----------|
| Média/Interação | 520,3230 | 55,52207 | 9,371462 | 0,000233 |
| CaCN (%p/p) (L) | 151,9499 | 34,00019 | 4,469090 | 0,006585 |
| CaCN (%p/p) (Q) | 102,2047 | 40,46832 | 2,525549 | 0,052816 |
| Tc (min) (L) | -23,6255 | 34,00019 | -0,694863 | 0,518101 |
| Tc (min) (Q) | 0,0321 | 40,46832 | 0,000793 | 0,999398 |
| CaCN (% p/p) x Tc (min) (L) | -28,9260 | 48,08353 | -0,601578 | 0,573688 |

CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio/ Tc – Tempo de cozimento

(L) – nível linear / (Q) – nível quadrático

A análise das variáveis estatisticamente significativas ($p < 0,1$) (Tabela 19) mostra que apenas os coeficientes de regressão CaCN (% p/p), nos níveis linear e quadrático, influenciaram positivamente a gomosidade dos requeijões culinários. A equação 7 apresenta o modelo gerado excluindo as variáveis não estatisticamente significativas.

$$\text{Gomosidade} = 520,35 + 151,94\text{CaCN} + 102,20\text{CaCN}^2 \quad (\text{Equação 7})$$

A Tabela 20 mostra que a porcentagem de variação explicada foi de 82,18%. O $F_{\text{calculado}}$ da regressão foi estatisticamente significativo ($p = 0,0010$) e o $F_{\text{calculado}}$ para os resíduos não foi estatisticamente significativo ($p = 0,3757$) indicando que o modelo para a variável gomosidade foi considerado preditivo. Assim foi possível construir as superfícies de resposta e as curvas de contorno (Figuras 14 e 15, respectivamente).

Tabela 20. Análise de Variância para a gomosidade dos requeijões culinários.

| Fonte de Variação | Soma de Quadrados | Graus de Liberdade | Quadrado Médio | Fcalculado | p-valor |
|-------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------|
| Regressão | 249272,30 | 2 | 124636,15 | 18,45 | 0,0010 |
| Resíduos | 54052,70 | 8 | 6756,59 | | |
| Falta de Ajuste | 46199,10 | 6 | 7699,85 | 1,96 | 0,3757 |
| Erro Puro | 7853,60 | 2 | 3926,80 | | |
| Total | 303325,00 | 10 | | | |

% variação explicada (R^2) = 82,18

*Valores tabelados de F a $p < 0,1$. Fregressão: $F_{2;8;0,1} = 3,11$ Fresíduos: $F_{6;2;0,1} = 9,33$

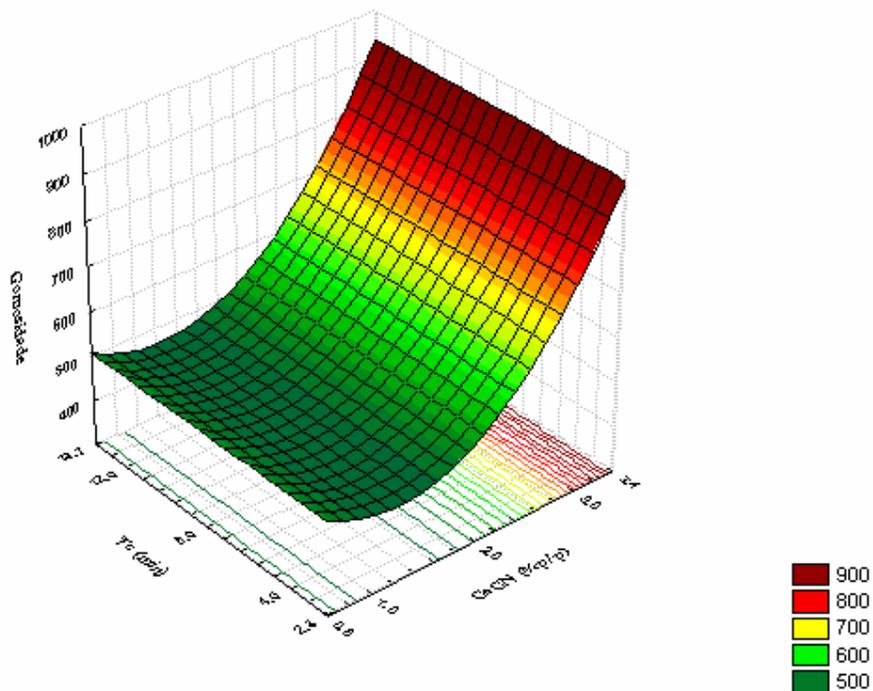


Figura 14. Superfície de resposta para a gomosidade-TPA para os requeijões culinários.

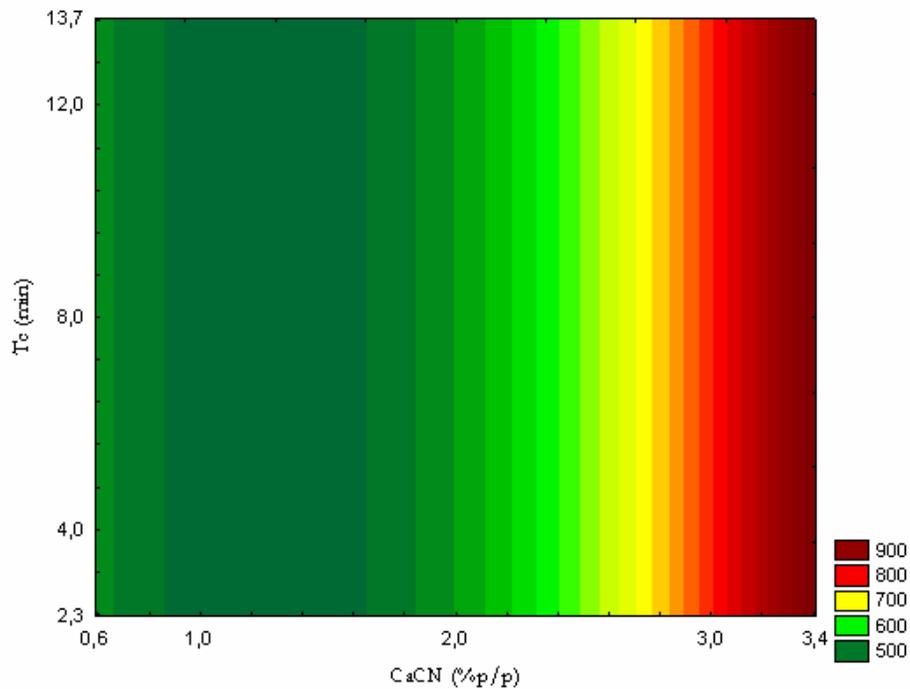


Figura 15. Curva de contorno para a gomosidade-TPA para os requeijões culinários.

A gomosidade é definida como a energia requerida para desintegrar o alimento até o ponto ideal de deglutição (FOX et al. 2000). Em geral, os mesmos fatores que influenciam a dureza também influenciam a gomosidade, já que a energia necessária para desintegrar o alimento é semelhante à necessária para comprimi-lo, assim, como mostram as Figuras 14 e 15, a gomosidade apresentou a mesma tendência observada para a dureza- TPA, ou seja, de aumento com o aumento da concentração de caseinato, e com a diminuição do tamanho de partícula de gordura (Figuras 7 e 9). Como explicado anteriormente, glóbulos de gordura emulsificados funcionam como pseudoproteínas, aumentando o grau de interação protéica e tornando a rede mais firme e mais difícil de desintegrar.

4.5. Efeito da adição de caseinato de cálcio e tempo de cozimento na firmeza dos requeijões culinários.

Os resultados obtidos na avaliação instrumental de firmeza são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21. Valores obtidos para a firmeza instrumental dos requeijões culinários.

| Ensaio | Variáveis | | Força em compressão |
|--------|------------|----------|---------------------|
| | CaCN(%p/p) | Tc (min) | Firmeza (N) |
| 1 | 1,0 | 4 | 8,75 |
| 2 | 3,0 | 4 | 16,59 |
| 3 | 1,0 | 12 | 6,33 |
| 4 | 3,0 | 12 | 10,81 |
| 5 | 0,6 | 8 | 5,78 |
| 6 | 3,4 | 8 | 14,83 |
| 7 | 2,0 | 2,3 | 7,29 |
| 8 | 2,0 | 13,7 | 5,59 |
| 9 | 2,0 | 8 | 5,85 |
| 10 | 2,0 | 8 | 6,14 |
| 11 | 2,0 | 8 | 6,38 |

CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio

Tc – Tempo de cozimento

Através dos resultados obtidos da análise instrumental de firmeza foi possível determinar os coeficientes de regressão apresentados na Tabela 22.

Tabela 22. Coeficiente de regressão para a firmeza dos requeijões culinários.

| | Coeficiente de regressão | Erro Padrão | T(5) | p-valor |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|----------|----------|
| Média/Interação | 6,12333 | 0,978571 | 6,25742 | 0,001529 |
| CaCN (%p/p) (L) | 3,13608 | 0,599250 | 5,23334 | 0,003372 |
| CaCN (%p/p) (Q) | 2,65083 | 0,713250 | 3,71656 | 0,013761 |
| Tc (min) (L) | -1,32177 | 0,599250 | -2,20571 | 0,078527 |
| Tc (min) (Q) | 0,71833 | 0,713250 | 1,00713 | 0,360097 |
| CaCN (% p/p) x Tc (min) (L) | -0,83250 | 0,847467 | -0,98234 | 0,371046 |

CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio/ Tc – Tempo de cozimento

(L) – nível linear /(Q) – nível quadrático

A Tabela 23 mostra que o Fcalculado da regressão foi estatisticamente significativo ($p= 0,0241$) e o Fcalculado para os resíduos foi estatisticamente significativo ($p= 0,0173$). Assim não foi possível construir as superfícies de resposta e as curvas de contorno.

Tabela 23. Análise de Variância para a firmeza dos requeijões culinários.

| Fonte de Variação | Soma de Quadrados | Graus de Liberdade | Quadrado Médio | Fcalculado | p-valor |
|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|------------|---------|
| Regressão | 129,76 | 3 | 43,25 | 14,97 | 0,0241 |
| Resíduos | 20,22 | 7 | 2,89 | | |
| Falta de Ajuste | 20,08 | 5 | 4,02 | 57,01 | 0,0173 |
| Erro Puro | 0,14 | 2 | 0,07 | | |
| Total | 149,98 | 10 | | | |

Coeficiente de correlação: $R^2= 86,31$

*Valores tabelados de F a $p < 0,1$. Regressão: $F_{3;7;0,1}= 3,07$ Resíduos: $F_{5;2;0,1}= 9,29$

4.6. Efeito da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento na cor instrumental dos requeijões culinários

A Tabela 24 apresenta os resultados da Luminosidade (L^*) croma (C^*), ângulo de tonalidade (h^*) e do WI CIE (índice de brancura).

Tabela 24. Valores obtidos dos parâmetros L^* , C^* , h^* e WI CIE (índice de brancura) dos requeijões culinários.

| Ensaio | Variáveis | | Parâmetros de cor instrumental | | | |
|--------|------------|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|
| | CaCN(%p/p) | Tc (min) | L^* | C^* | h^* | WI CIE |
| 1 | 1,0 | 4 | 83,99 | 9,87 | 92,38 | 13,01 |
| 2 | 3,0 | 4 | 83,66 | 10,04 | 92,40 | 9,16 |
| 3 | 1,0 | 12 | 84,40 | 9,98 | 92,58 | 12,24 |
| 4 | 3,0 | 12 | 84,60 | 9,97 | 92,13 | 15,13 |
| 5 | 0,6 | 8 | 84,23 | 10,78 | 91,76 | 13,65 |
| 6 | 3,4 | 8 | 83,89 | 10,35 | 92,05 | 11,65 |
| 7 | 2,0 | 2,3 | 84,10 | 10,11 | 92,10 | 10,02 |
| 8 | 2,0 | 13,7 | 84,16 | 10,00 | 91,95 | 14,20 |
| 9 | 2,0 | 8 | 84,48 | 10,43 | 92,09 | 14,93 |
| 10 | 2,0 | 8 | 84,46 | 10,86 | 92,01 | 14,56 |
| 11 | 2,0 | 8 | 84,48 | 10,13 | 92,09 | 15,48 |

CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio

Tc – Tempo de cozimento

4.6.1. Parâmetro L^* (luminosidade) da análise instrumental de cor

Os valores de luminosidade (L^*) variaram de 0 (preto) a 100 (branco). Os dados da Tabela 24 mostram que os requeijões culinários apresentaram valores de luminosidade (L^*) entre 83,66 a 84,60. Esses valores encontram-se mais próximos do branco.

Através dos resultados obtidos para a Luminosidade (L^*) foi possível determinar os coeficientes de regressão apresentados na Tabela 25.

Tabela 25. Coeficiente de regressão para a luminosidade (L^*) dos requeijões culinários.

| | Coeficiente de regressão | Erro Padrão | T(5) | p-valor |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|----------|----------|
| Média/Interação | 84,47417 | 0,122762 | 688,1138 | 0,000000 |
| CaCN (%p/p) (L) | -0,07347 | 0,075176 | -0,9772 | 0,373327 |
| CaCN (%p/p) (Q) | -0,18865 | 0,089477 | -2,1083 | 0,088812 |
| Tc (min) (L) | 0,17816 | 0,075176 | 2,3699 | 0,063960 |
| Tc (min) (Q) | -0,15302 | 0,089477 | -1,7102 | 0,147926 |
| CaCN (% p/p) x Tc (min) (L) | 0,13187 | 0,106315 | 1,2404 | 0,269851 |

CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio/ Tc – Tempo de cozimento

(L) – nível linear / (Q) – nível quadrático

Eliminando-se os coeficientes de regressão não significativos, verificou-se na análise de variância da Tabela 26 que o $F_{\text{calculado}}$ da regressão foi maior do que o F_{tabelado} e que o $F_{\text{calculado}}$ do resíduo também foi maior do que o F_{tabelado} , assim, para a luminosidade (L^*) não foi possível construir a superfície de resposta e a curva de contorno.

Tabela 26. Análise de Variância para a luminosidade (L^*) dos requeijões culinários.

| Fonte de Variação | Soma de Quadrados | Graus de Liberdade | Quadrado Médio | $F_{\text{calculado}}$ | p-valor |
|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|---------|
| Regressão | 2,27 | 1 | 2,27 | 10,35 | 0,0105 |
| Resíduos | 1,98 | 9 | 0,22 | | |
| Falta de Ajuste | 1,98 | 7 | 0,28 | 2114,78 | 0,0004 |
| Erro Puro | 0,00 | 2 | 0,00 | | |
| Total | 4,25 | 1 | | | |

% variação explicada (R^2) = 53,47

*Valores tabelados de F a $p < 0,1$. Fregressão: $F_{1;9;0,1} = 3,36$ Fresíduos: $F_{7;2;0,1} = 9,35$

4.6.2. Croma (C*)

Os dados da Tabela 24 mostram que os requeijões culinários apresentaram valores de croma (C*) entre 9,87 a 10,86.

Através dos resultados obtidos para o croma (C*) foi possível determinar os coeficientes de regressão apresentados na Tabela 27. Somente o termo quadrático do tempo de cozimento foi estatisticamente significativo ($p < 0,10$). A Tabela 28 da ANOVA mostra que a porcentagem de variação explicada pela regressão é muito baixa 40,05%. Não há um bom ajuste dos valores experimentais ao modelo.

Tabela 27. Coeficiente de regressão para o croma (C*) dos requeijões culinários.

| | Coeficiente de regressão | Erro Padrão | T(5) | p-valor |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|----------|----------|
| Média/Interação | 10,47333 | 0,197627 | 52,99544 | 0,000000 |
| CaCN (%p/p) (L) | -0,05601 | 0,121021 | -0,46284 | 0,662922 |
| CaCN (%p/p) (Q) | -0,04042 | 0,144044 | -0,28059 | 0,790268 |
| Tc (min) (L) | -0,01445 | 0,121021 | -0,11936 | 0,909636 |
| Tc (min) (Q) | -0,29542 | 0,144044 | -2,05087 | 0,095536 |
| CaCN (% p/p) x Tc (min) (L) | -0,04500 | 0,171150 | -0,26293 | 0,803097 |

CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio/ Tc – Tempo de cozimento

(L) – nível linear / (Q) – nível quadrático

Tabela 28. Análise de Variância para o croma (C*) dos requeijões culinários.

| Fonte de Variação | Soma de Quadrados | Graus de Liberdade | Quadrado Médio | Fcalculado | p-valor |
|-------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------|---------|
| Regressão | 0,50 | 1,00 | 0,50 | 7,36 | 0,0250 |
| Resíduos | 0,63 | 9,00 | 0,07 | | |
| Falta de Ajuste | 0,36 | 7,00 | 0,06 | 0,40 | 0,8594 |
| Erro Puro | 0,27 | 2,00 | 0,13 | | |
| Total | 1,13 | 10,00 | | | |

% variação explicada (R^2) = 40,05

*Valores tabelados de F a $p < 0,1$. Regressão: $F_{1;9;0,1} = 3,36$ Resíduos: $F_{7;2;0,1} = 9,35$

4.6.3. Ângulo de tonalidade (h*)

Para o parâmetro ângulo de tonalidade (h*) nenhum coeficiente de regressão foi estatisticamente significativo ($p < 0,1$), como mostra a Tabela 29. O modelo não foi considerado preditivo. Assim não foi possível construir as superfícies de resposta e a curva de contorno.

Tabela 29. Coeficiente de regressão para o índice de tonalidade (h*).

| | Coeficiente de regressão | Erro Padrão | T(5) | p-valor |
|-----------------------------|--------------------------|-------------|----------|----------|
| Média/Interação | 92,06333 | 0,168746 | 545,5723 | 0,000000 |
| CaCN (%p/p) (L) | -0,00248 | 0,103336 | -0,0240 | 0,981746 |
| CaCN (%p/p) (Q) | 0,02271 | 0,122994 | 0,1846 | 0,860775 |
| Tc (min) (L) | -0,03527 | 0,103336 | -0,3413 | 0,746766 |
| Tc (min) (Q) | 0,08271 | 0,122994 | 0,6725 | 0,531111 |
| CaCN (% p/p) x Tc (min) (L) | -0,11750 | 0,146139 | -0,8040 | 0,457885 |

CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio/ Tc – Tempo de cozimento

(L) – nível linear / (Q) – nível quadrático

O ângulo de tonalidade h^* , expresso em graus, define a coloração dos produtos, sendo, 0 graus igual a $+a^*$, ou seja, cor vermelha, e 90 graus igual a $+b^*$, ou seja, cor amarela. A Tabela 24 mostra que os requeijões culinários apresentaram valores do ângulo de tonalidade (h^*) entre 91,76 a 92,58.

Os parâmetros de cor (luminosidade (L^*), croma (C^*) e ângulo de tonalidade (h^*)) não apresentaram modelos considerados preditivos.

Dentro da faixa estudada de concentração de caseinato de cálcio e tempo de cozimento, os requeijões culinários apresentaram coloração muito parecida, o que pode ser observado através da sobreposição das amostras (Figura 16).

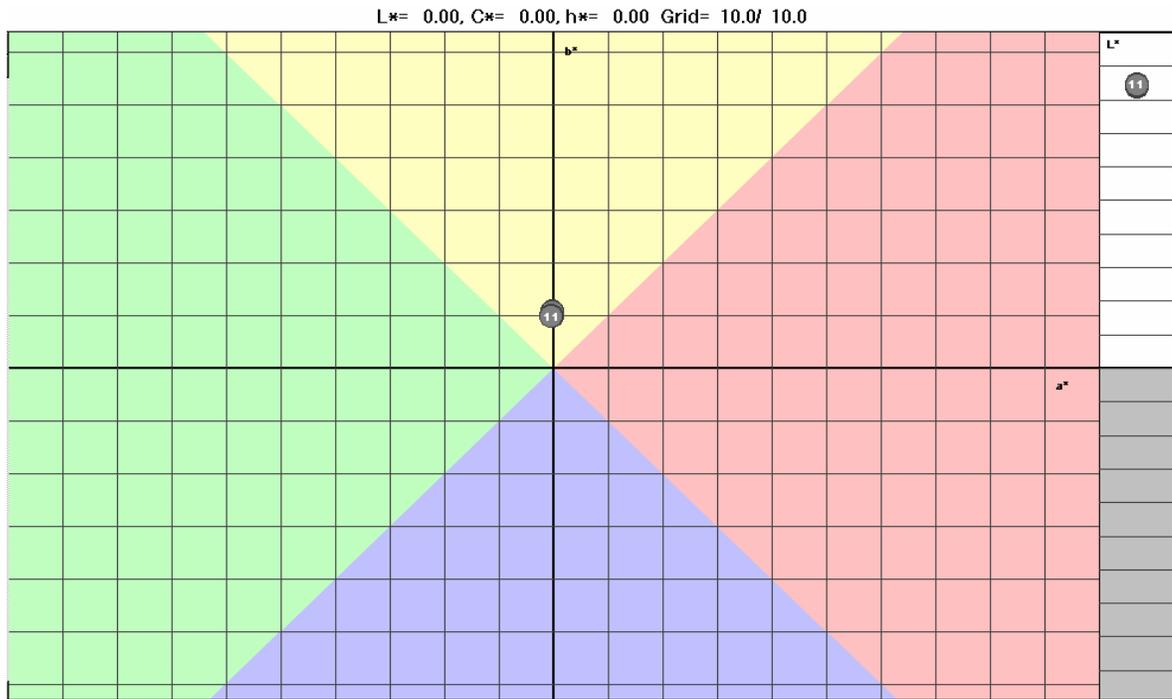


Figura 16. Gráfico com os valores de L^* (Luminosidade), C^* (Croma) e h^* (ângulo de tonalidade) dos requeijões culinários.

4.6.4. Parâmetro WI CIE (índice de brancura) da análise instrumental de cor

Através dos resultados obtidos da análise instrumental do parâmetro WI CIE (índice de brancura), foi possível determinar os coeficientes de regressão apresentados na Tabela 30.

Tabela 30. Coeficiente de regressão para o índice de brancura dos requeijões culinários.

| | Coeficiente de regressão | Erro Padrão | T(5) | p-valor |
|-----------------------------|--------------------------|-------------|----------|----------|
| Média/Interação | 14,98000 | 0,252282 | 59,37806 | 0,000000 |
| CaCN (%p/p) (L) | -0,47355 | 0,154490 | -3,06526 | 0,027934 |
| CaCN (%p/p) (Q) | -1,16375 | 0,183880 | -6,32884 | 0,001452 |
| Tc (min) (L) | 1,38893 | 0,154490 | 8,99038 | 0,000284 |
| Tc (min) (Q) | -1,43375 | 0,183880 | -7,79719 | 0,000556 |
| CaCN (% p/p) x Tc (min) (L) | 1,68500 | 0,218482 | 7,71229 | 0,000585 |

CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio/ Tc – Tempo de cozimento

(L) – nível linear / (Q) – nível quadrático

A Tabela 30 mostra que os coeficientes de regressão linear e quadrático de CaCN (% p/p) e Tc (min), bem como a interação linear entre eles, foram significativos ($p < 0,1$) para o índice de brancura e podem ser descritos pela equação 8.

$$\text{Índice de brancura} = 14,98 - 0,47\text{CaCN} - 1,16 \text{CaCN}^2 + 1,38\text{Tc} - 1,43\text{Tc}^2 + 1,68\text{CaCNxTc}$$

(Equação 8)

A Tabela 31 referente a ANOVA para o modelo codificado mostra que a porcentagem de variação explicada foi de 95,71%. O Fcalculado da regressão

foi estatisticamente significativo ($p = 0,0002$) e o $F_{\text{calculado}}$ para os resíduos não foi estatisticamente significativo ($p = 0,6783$) indicando que o modelo para o índice de brancura foi considerado preditivo. Assim foi possível construir as superfícies de resposta e as curvas de contorno (Figuras 17 e 18 respectivamente).

Tabela 31. Análise de Variância para o índice de brancura dos requeijões culinários.

| Fonte de Variação | Soma de Quadrados | Graus de Liberdade | Quadrado Médio | $F_{\text{calculado}}$ | p-valor |
|-------------------|-------------------|--------------------|----------------|------------------------|---------|
| Regressão | 43,60 | 5 | 8,72 | 45,67 | 0,0002 |
| Resíduos | 0,95 | 5 | 0,19 | | |
| Falta de Ajuste | 0,50 | 3 | 0,17 | 0,73 | 0,6783 |
| Erro Puro | 0,46 | 2 | 0,23 | | |
| Total | 44,55 | 10 | | | |

% variação explicada (R^2) = 95,71

*Valores tabelados de F a $p < 0,1$. Regressão: $F_{5;5;0,1} = 3,45$ Resíduos: $F_{3;2;0,1} = 9,16$

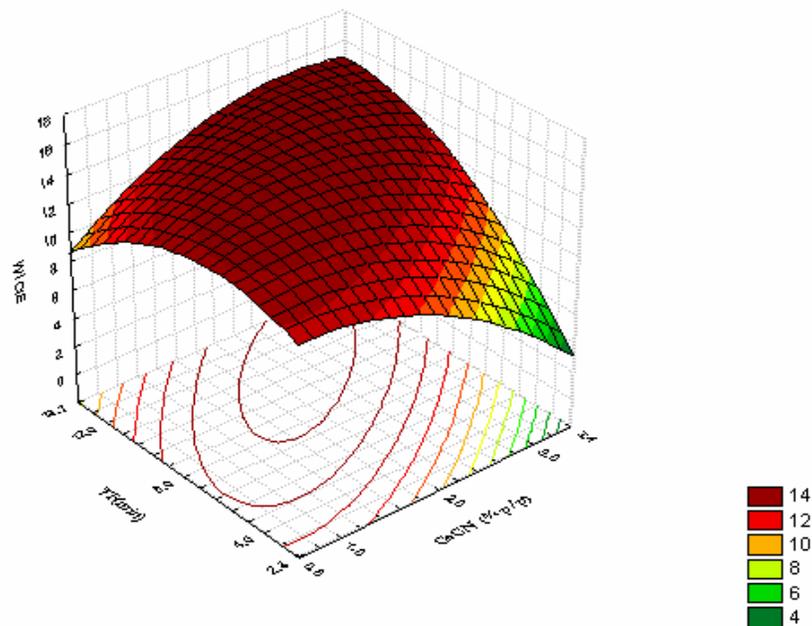


Figura 17. Superfície de resposta para o índice de brancura da análise de cor instrumental dos requeijões culinários.

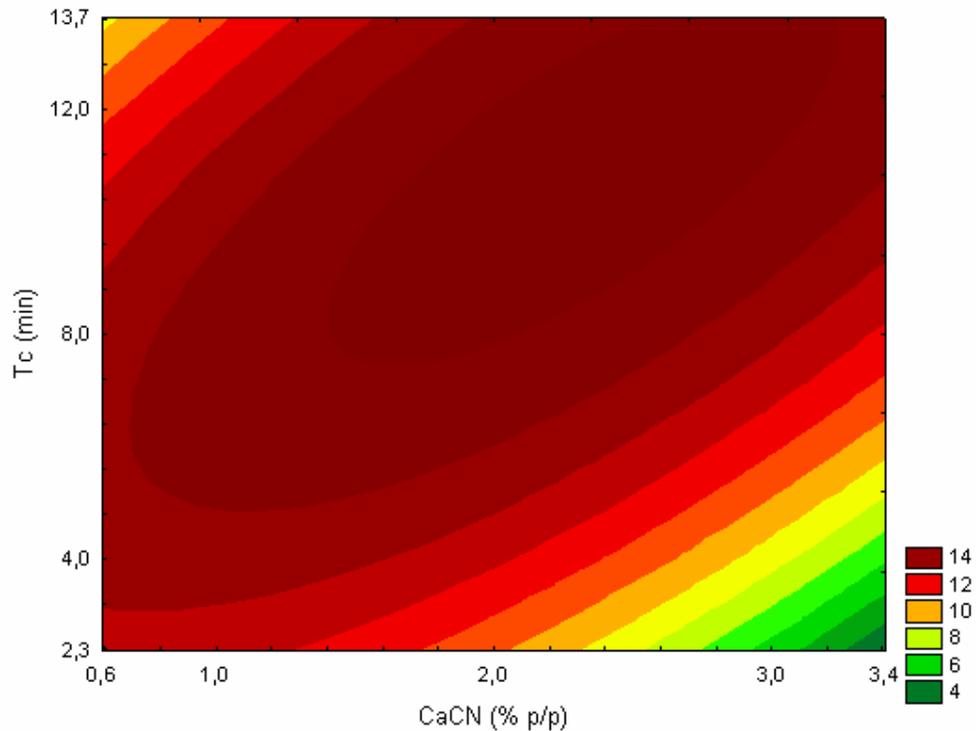


Figura 18. Curva de contorno para o índice de brancura da análise de cor instrumental dos requeijões culinários.

O índice de brancura é um valor numérico que indica a similaridade em cor da amostra refletida em relação a um padrão branco selecionado (BOSI, 2007).

A curva de contorno (Figura 18) mostra que o índice de brancura foi alto para quase todos os requeijões. Somente em uma faixa muito estreita de 2,8 a 3,4% de caseinato de cálcio e de 2,3 a 4,2 min de tempo de cozimento, houve diminuição do índice de brancura. A Figura 18 também indica haver uma tendência de diminuição da brancura com aumento do tempo de cozimento acima de 13,7 min.

Os valores elevados de brancura obtidos para a maioria das condições estudadas de concentração de caseinato e tempo de cozimento parecem estar relacionados com a diminuição do tamanho de partícula de gordura ocorrida e do conseqüente aumento do número de partículas e da área superficial o que aumenta a brancura do produto.

Outros estudos devem ser realizados para explicar a diminuição da brancura nas condições de maior concentração de caseinato e baixo tempo de cozimento.

4.7. Efeito da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento na capacidade de derretimento dos requeijões culinários.

A Tabela 32 mostra a capacidade de derretimento dos requeijões culinários em função da adição de caseinato de cálcio e temperatura de cozimento.

Tabela 32. Valores obtidos para a capacidade de derretimento dos requeijões culinários.

| Ensaio | Variáveis | | Fluxo de queijo (mm) |
|--------|------------|----------|----------------------|
| | CaCN(%p/p) | Tc (min) | |
| 1 | 1,0 | 4 | 21 |
| 2 | 3,0 | 4 | 9 |
| 3 | 1,0 | 12 | 10 |
| 4 | 3,0 | 12 | 6 |
| 5 | 0,6 | 8 | 20 |
| 6 | 3,4 | 8 | 8 |
| 7 | 2,0 | 2,3 | 56 |
| 8 | 2,0 | 13,7 | 10 |
| 9 | 2,0 | 8 | 13 |
| 10 | 2,0 | 8 | 12 |
| 11 | 2,0 | 8 | 15 |

*CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio

** Tc – Tempo de cozimento

Através dos resultados obtidos para a capacidade de derretimento foi possível determinar os coeficientes de regressão apresentados na Tabela 33.

A Tabela 34 mostra que o $F_{\text{calculado}}$ da regressão foi maior do que o F_{tabelado} e que o $F_{\text{calculado}}$ do resíduo também foi maior do que o F_{tabelado} . Assim, para a capacidade de derretimento não foi possível construir a superfície de resposta e a curva de contorno.

Tabela 33. Coeficiente de regressão para a capacidade de derretimento dos requeijões culinários.

| | Coeficiente de regressão | Erro Padrão | T(5) | p-valor |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|----------|----------|
| Média/Interação | 13,33333 | 6,421817 | 2,07626 | 0,092501 |
| CaCN (%p/p) (L) | -4,12132 | 3,932544 | -1,04800 | 0,342630 |
| CaCN (%p/p) (Q) | -2,66667 | 4,680663 | -0,56972 | 0,593510 |
| Tc (min) (L) | -9,88173 | 3,932544 | -2,51281 | 0,053644 |
| Tc (min) (Q) | 6,83333 | 4,680663 | 1,45991 | 0,204140 |
| CaCN (% p/p) x Tc (min) (L) | 2,00000 | 5,561457 | 0,35962 | 0,733822 |

CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio/ Tc – Tempo de cozimento

(L) – nível linear /(Q) – nível quadrático

Tabela 34. Análise de Variância para a capacidade de derretimento dos requeijões culinários.

| Fonte de Variação | Soma de Quadrados | Graus de Liberdade | Quadrado Médio | $F_{\text{calculado}}$ | p-valor |
|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|---------|
| Regressão | 781,19 | 1,00 | 781,19 | 6,01 | 0,0366 |
| Resíduos | 1169,36 | 9,00 | 129,93 | | |
| Falta de Ajuste | 1164,69 | 7,00 | 166,38 | 71,30 | 0,0138 |
| Erro Puro | 4,67 | 2,00 | 2,33 | | |
| Total | 1950,55 | 10,00 | | | |

Coeficiente de correlação: $R^2 = 40,05$ Fregressão: $F_{1;9;0,1} = 3,36$ Fresíduos: $F_{7;2;0,1} = 9,35$

*Valores tabelados de F a $p < 0,1$.

Os dados da Tabela 32 mostram que o requeijão fabricado com adição de 2% de caseinato de cálcio e 2,3 minutos de tempo de cozimento foi o que apresentou a maior capacidade de derretimento e também a menor dureza TPA (Tabela 11)

O derretimento pode ser definido como a capacidade do queijo de fluir sob aquecimento (LUCEY *et al.* 2003). A Tabela 32 e a Figura 19 mostram que, em geral, o aumento da concentração de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento diminuiu o derretimento dos requeijões.

O aumento do tempo de cozimento do requeijão deve ter provocado um aumento das interações hidrofóbicas e, portanto um aumento do número e da força de ligações proteína-proteína. Isso provavelmente dificultou a capacidade da matriz protéica de se deformar e fluir. Shirashoji (2006) também mostrou que um aumento do tempo de cozimento aumentou a emulsificação da gordura e contribuiu para diminuir o derretimento dos queijos processados.

O mesmo efeito deve ocorrer com o aumento da concentração de caseína. A interação das partículas de gordura emulsificadas, cobertas por caseína, levam a um maior número de interações e torna a matriz mais rígida e difícil de fluir, diminuindo a capacidade de derretimento.

Um dos requerimentos funcionais de queijos usados como ingrediente, como o requeijão culinário, é a baixa capacidade de derretimento quando submetido ao assamento e fritura. Esse requisito pode ser alcançado com a adição de caseinato de cálcio e aumento do tempo de cozimento durante a sua fabricação.

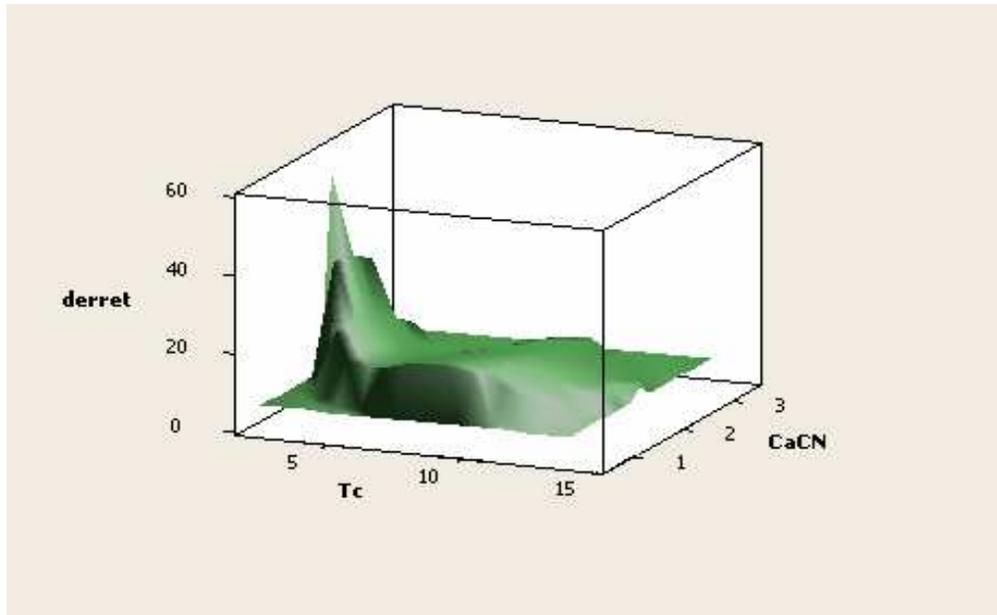


Figura 19. Representação gráfica da capacidade de derretimento dos requeijões culinários.

4.8. Efeito da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento na aceitação sensorial dos requeijões culinários

O requeijão culinário é comercializado geralmente em embalagens plásticas na forma de cunha, sendo necessário que o consumidor corte e esprema a embalagem para a remoção e uso do produto. A avaliação sensorial, usando a escala do ideal, procurou medir a conveniência e/ou facilidade da remoção do produto da embalagem, através de atributos como fluidez e consistência do requeijão.

A Tabela 35 apresenta as médias das notas atribuídas pelos provadores à consistência e a fluidez dos requeijões culinários.

Tabela 35. Valores médios (n=57) das notas atribuídas pelos provadores para os requeijões culinários em relação aos atributos consistência e fluidez*

| Ensaio | Variáveis | | Parâmetros da avaliação sensorial | |
|--------|------------|----------|-----------------------------------|----------------------|
| | CaCN(%p/p) | Tc (min) | Consistência | Fluidez |
| 1 | 1,0 | 4 | 1,03 ^{abc} | -1,12 ^{bcd} |
| 2 | 3,0 | 4 | 1,56 ^a | -1,35 ^{bcd} |
| 3 | 1,0 | 12 | 0,77 ^{bc} | -0,77 ^b |
| 4 | 3,0 | 12 | 1,07 ^{abc} | -1,26 ^{bcd} |
| 5 | 0,6 | 8 | 0,89 ^{abc} | -0,84 ^b |
| 6 | 3,4 | 8 | 1,40 ^{ab} | -1,22 ^{bcd} |
| 7 | 2,0 | 2,3 | -0,17 ^d | 0,07 ^a |
| 8 | 2,0 | 13,7 | 0,98 ^{abc} | -1,01 ^{bc} |
| 9 | 2,0 | 8 | 1,35 ^{ab} | -1,50 ^{cd} |
| 10 | 2,0 | 8 | 1,14 ^{abc} | -1,22 ^{bcd} |
| 11 | 2,0 | 8 | 0,64 ^c | -0,89 ^{bc} |

a,b,c e d Médias com letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si.
CaCN – porcentagem de Caseinato de Cálcio

Tc – Tempo de cozimento

* Para a avaliação da consistência e fluidez foi utilizada a escala do ideal, com notas variando de +3 (= muito mais consistente que o ideal) a -3(= muito menos consistente que o ideal) e notas variando do +3 (=muito mais fluido que o ideal) a -3 (= muito menos fluido que o ideal) para o atributo consistência. O valor zero corresponde à consistência ou a fluidez ideal.

Os provadores julgaram que o requeijão fabricado com 2% de caseinato de cálcio e 2,3 min de cozimento foi o que apresentou consistência e fluidez mais próxima do ideal. Este requeijão também foi considerado o menos consistente (pouco firme) e mais fluido, como mostram as Figuras 20 e 21.

A análise sensorial mostrou que os requerimentos funcionais de textura firme e baixa capacidade de derretimento de requeijões culinários se antagonizam com a conveniência do uso (ou remoção da embalagem) desse produto pelo consumidor, que prefere um produto mais fluido e menos consistente. Para o setor de “food service” ou uso institucional, esse não seria um problema. A mudança do tipo e/ou material de embalagem para torná-lo mais conveniente ao consumidor seria uma solução.

Novos testes com um público consumidor que usa esse produto como ingrediente ou testes com um painel treinado poderiam gerar resultados diferentes dos obtidos, uma vez que os provadores utilizados em nosso trabalho não possuem experiência culinária.

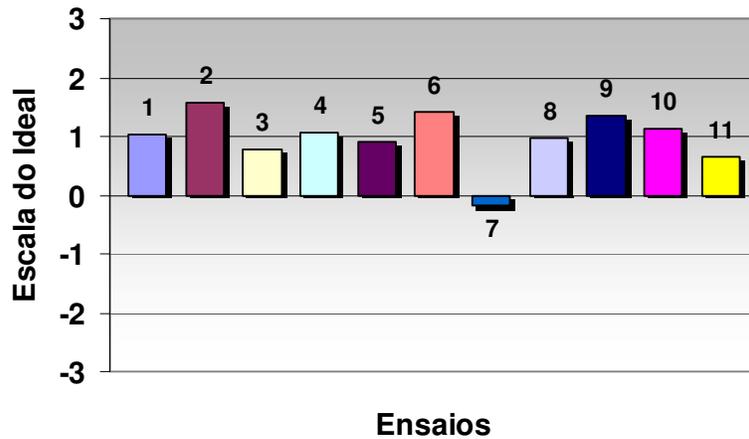


Figura 20. Valores da escala do ideal atribuídos pelos provadores ao atributo consistência para cada ensaio do planejamento experimental.

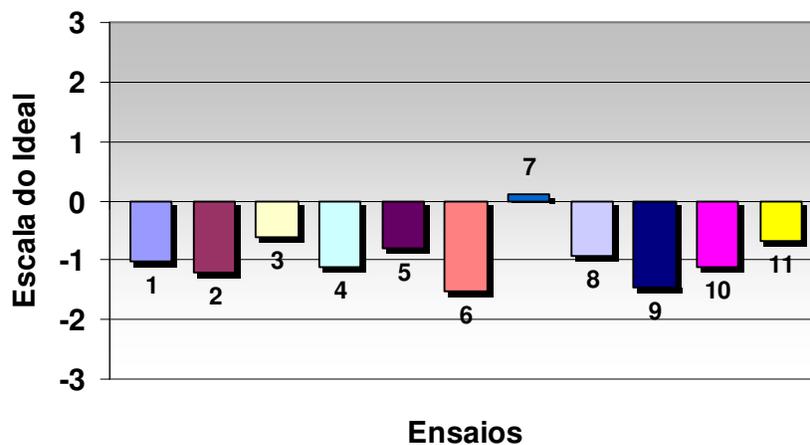


Figura 21. Valores da escala do ideal atribuídos pelos provadores ao atributo fluidez para cada ensaio do planejamento experimental.

5. CONCLUSÃO

O aumento da concentração de caseinato de cálcio diminuiu o tamanho das partículas de gordura e promoveu um aumento da dureza, adesividade e gomosidade. Tanto o caseinato de cálcio quanto o tempo de cozimento influenciaram a elasticidade e o índice de brancura. A firmeza e a cor não foram afetadas pela adição de caseinato de cálcio e tempo de tratamento térmico. Houve uma tendência de diminuição da capacidade de derretimento com o aumento da concentração de caseinato de cálcio e tempo de cozimento. A análise sensorial mostrou que os requerimentos funcionais de textura firme e baixa capacidade de derretimento de requeijões culinários se antagonizam com a conveniência do uso (ou remoção da embalagem) desse produto pelo consumidor, que preferiu um produto mais fluido e menos consistente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R. M. V.; JAIME, S.B.M. Embalagem para requeijão cremoso e outros queijos fundidos. In: VAN DENDER, F. G. A. **Requeijão cremoso e outros queijos fundidos: tecnologia de fabricação, controle do processo e aspectos de mercado**. Fonte Comunicações e Editora, São Paulo, Brasil, 2006. Cap. 9, p. 217-239.
- ANJOS, V. D. A.; VAN DENDER A. G. F.; ALVES, A.T.S.; SPADOTI, L.M. Avaliação instrumental de textura em requeijão no processo de produção e estocagem. In: VAN DENDER, F. G. A. **Requeijão cremoso e outros queijos fundidos: tecnologia de fabricação, controle do processo e aspectos de mercado**. Fonte Comunicações e Editora, São Paulo, Brasil, 2006. Cap. 7, p. 177-190.
- ANÔNIMO. Requeijão culinário: características diferenciadas em um mercado em expansão. **Informativo HÁ-LA biotec, CHR Hansen**, ano XI, nº 71, setembro/ outubro, Brasil, 2002.
- ANÔNIMO. Queijos processados. **Informativo HÁ-LA biotec, CHR Hansen**, ano XII, nº 73, janeiro/ fevereiro, Brasil, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS DE QUEIJOS. Produção Brasil – queijos comuns em estabelecimentos sob inspeção federal em toneladas. São Paulo, 2010.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16 ed. Washington, 1997.
- BARONI, A. F.; FREITAS, I.C.; CUNHA, R. L.; HUBIGER, M. D.; MENEGALLI, F. C. Caracterização Reológica de Requeijão Cremoso Tradicional e com Teor Reduzido de Gordura: Viscosidade Extensional e em Cisalhamento. **Brasilian Journal of Food Technology**, v. 2, p. 21-29, 1999.
- BERGER, W.; KLOSTERMEYER, H.; MERKENICH, K.; UHLMANN, G. **Processed cheese manufacture**. A joha Guide. BK Landenburg, 1989, 238p.
- BOSI, M. G. **Desenvolvimento do processo de fabricação de requeijão cremoso light e sem gordura com adição de fibra alimentar**.

- Campinas, 2007. 248p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- BRASIL. Ministério do Estado da Agricultura e do Abastecimento. Aprova Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Requeijão ou Requesón. Portaria nº 359, de 04 de dezembro de 1997a. Disponível em <http://www.agricultura.org.br> . Acesso em: 30 mar. 2005.
- BRASIL. Ministério do Estado da Agricultura e do Abastecimento. Aprova Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Queijo Processado ou Fundido, Processado Pasteurizado e Processado ou Fundido U.H.T. (UAT). Portaria nº 356, de 04 de setembro de 1997b. Disponível em <http://www.agricultura.org.br> . Acesso em: 30 mar. 2005.
- BRICKLEY, C. A.; GOVINDASAMY-LUCEY, S.; JAEGGI, J.J.; JOHNSON, M. E.; McSWEENEY, L. H.; LUCEY, J.A. Influence of Emulsifying Salts on the Textural Properties of Nonfat Process Cheese Made from Direct Acid Cheese Bases. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 1, p. 39-48, 2008.
- BYNUM, D. G.; BARBANO, D. M. Whole milk reverse osmosis retentates for Cheddar cheese manufacture: chemical changes during ageing. **Journal of Dairy Science**, v. 68, p. 1-10, 1985.
- CAVALIER-SALOU, C.; CHEFTEL, J.C. Emulsifying salts influence on characteristics of cheese analogs from calcium caseinate. **Journal of Food Science**, v.56, p.1542-1547, 1991.
- CHEFTEL, J.C., CUQ, J.L., LORIENT, D. Aminoácidos, peptídeos y proteínas. In: Fennema O.R. (Ed.), **Química de los alimentos**, Editorial Acribia, Zaragoza, p. 275-414, 1996.
- CUNHA, C. R. **Papel da gordura e do sal emulsificante em análogos de requeijão cremoso**. Campinas, 2007. 177p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- FOX, P.F., GUINEE, T.P., COGAN, T.M., McSWEENEY, P.L.H. Biochemistry of cheese ripening. In FOX, P.F., GUINEE, T.P., COGAN, T.M.,

- McSWEENEY, P.L.H. **Fundamentals of Cheese Science**. Aspen, 2000. Cap.11, p.236-281.
- GUINEE, T. P. The functionality of cheese as an ingredient: a review. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 57, n. 2, p. 79-91, 2002.
- GUINEE, T. P e McSWEENEY. Role of lipids in cheese and cheese products. In: FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. **Advanced Dairy Chemistry. Volume 2: Lipids 3rd**. Ed. London: Blackie, 2003.
- GUINEE, T. P; CARIC, M.; KALÁB, M. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. In: FOX, P. F.; McWEENEY, P. L. H.; COGAM, T. P. (Eds.) **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 2: Major cheese groups. 3rd**. London: Elsevier Ltd., 2004. p. 349-394.
- GUINEE, T. P.; KILCAWLEY, K. N. Cheese as an ingredient. In: FOX, P. F.; McSWEENEY, P. L. H.; COGAN, T. M.; GUINEE, T. P. (Eds) **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Volume 2: Major cheese groups.3rd Ed**. London: Elsevier Ltd., 2004. p. 395-428.
- GUINEE, T. P; **Processed Cheese**. In: McWEENEY, P. L. H. (Eds) **Cheese problems solved. 1st Ed**. CRC Press, USA, 2007, 387p.
- GUNASEKARAN, S.; AK, M. M. **Cheese Rheology and Textura**. CRC Press, USA, 2002, 637p.
- LINDEN, G.; LORIENT, D. **New ingredients in food processing: Biochemistry and agriculture**. CRC Press, USA, 2000, 360p.
- HEERTJE, I. Structure and function of food products: A review. **Food Structure**, v.12, p. 343-364, 1993.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. D.B. Rebocho ed. São Paulo, 1985.
- KALÁB, M. Practical aspects of electron microscopy in dairy research. **Food Structure**, v. 12, p. 95-114, 1993.
- KAPOOR, R.; METZGER, L. E. Process cheese: Scientific and Tecnological Aspects – A review. **Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety**. V. 7, 2008.

- KINDSTEDT, P. S.; FOX, P. F. Modified Gerber test for free oil in melted Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.56, n.4, p.1115-1116, 1991.
- LEE BO, Paquet D, Alais C. 1981.Ultrastructural study on processed cheese. Effect of different parameters. **Milchwissenschaft** 36: 343-8.
- LEE, S. K.; BUWALDA, R. J.; EUSTON, S. R.; FOEGEDING, E. A.; McKENNA, A. B. Changes in the rheology and microstructure of processed cheese during cooking. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, v. 36, p. 339-345, 2003.
- LEE, S. K.; ANEMA, S. G.; KLOSTERMEYER, H. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 39, p. 763-771, 2004.
- LUCEY, J.A.; JOHNSON, M.E.; HORNE, D.S. Invited review: Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal of Dairy Science*, v.86, n.9, p.2725-2743, 2003.
- MA, L.; DRAKE, M. A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V; SWANSON, B. G. Rheology of full-fat and low-fat Cheddar cheese as related to type of fat mimetic. **Journal of Food Science**, v. 52, p. 748-752, 1997.
- MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v. 4, p. 129-148, 1989.
- MEYER, A. **Process cheese manufacture**. London: Food Trade Press, 1973. 360p.
- MOUNSEY J. S.; O'RIORDAN E. D. Empirical and dynamic rheological data correlation to characterize melt characteristics of imitation cheese. **Journal of Food Science**, v. 64, n.4, p. 701-703, 1999.
- OAKENFULL, D.; MIYOSHI, E.; NISHINARI, K.; SCOTT, A. Rheological and thermal properties of milk gels formed with k-carrageenan. I. Sodium caseinate. *Food Hydrocolloids*, v. 13, p. 525-533, 1999.
- OLIVEIRA, J. S. **QUEIJOS: Fundamentos Tecnológicos**. Campinas: Ícone, 1986. 146p.

- OLSON, N. F.; PRICE, W. V. A. A melting test for pasteurized process cheese spreads. **Journal of Dairy Science**, v. 41, n.7, p. 999-1000, 1958.
- RAPACCI, M. **Estudo comparativo das características físicas e químicas, reológicas e sensoriais do requeijão cremoso obtido por fermentação láctica e acidificação direta**. Campinas, 1997. 144p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- RICHARDSON, G. H. (Ed.) **Standard methods for examination of dairy products**. 15a. ed. Washington: American Public Health Association, 1985. p. 340-342.
- RODRIGUES, F. **Requeijão, Fondue, Especialidade, Queijo Processado**. Templo Gráfica e Editora, Juiz de Fora, Brasil, 2006, 172p.
- RODRIGUES, M. S.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos** – Uma estratégia sequencial de planejamentos, Casa do Pão editora, Campinas, 2005, 326p.
- RUDAN, M. A.; BARBANO, D. M. A model of Mozzarella cheese melting and bowing during pizza baking. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 2312-2319, 1997.
- 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**, v. 65, n. 5, p. 822-825, 2006.
- SOBRAL, D. **Otimização do processo de fabricação de análogos de requeijão culinário**. Campinas, 2007. 102 p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- TARAS, M. J. Standard methods for the examination of water and waste water. American Public Health Association, 1995.
- VAN DENDER, F. G. A.; GALLINA, D. A. Princípio da fusão e propriedades dos sais fundentes. In: VAN DENDER, F. G. A. **Requeijão cremoso e outros queijos fundidos: tecnologia de fabricação, controle do processo e**

- aspectos de mercado.** Fonte Comunicações e Editora, São Paulo, Brasil, 2006a, Cap 2, p.19-37.
- VAN DENDER, F. G. A.; MORENO, I. Alternativas tecnológicas para fabricação de requeijão cremoso visando novos mercados. In: VAN DENDER, F. G. A. **Requeijão cremoso e outros queijos fundidos: tecnologia de fabricação, controle do processo e aspectos de mercado.** Fonte Comunicações e Editora, São Paulo, Brasil, 2006, Cap 10, p.241-283.
- VAN DENDER, F. G. A. Requeijão: Aspectos gerais. In: VAN DENDER, F. G. A. **Requeijão cremoso e outros queijos fundidos: tecnologia de fabricação, controle do processo e aspectos de mercado.** Fonte Comunicações e Editora, São Paulo, Brasil, 2006, Cap 1, p.11-18.
- VAN DENDER, MORENO, I.; ALVES, A. T. S.; SPADOTI, L. M. Tecnologia básica de fabricação e parâmetros de controle de processo In: VAN DENDER, F. G. A. **Requeijão cremoso e outros queijos fundidos: tecnologia de fabricação, controle do processo e aspectos de mercado.** Fonte Comunicações e Editora, São Paulo, Brasil, 2006, Cap 3, p.39-73.
- VIEIRA, M. C. Características, importância econômica e tendências de mercado de requeijão cremoso e outros queijos fundidos. In: VAN DENDER, F. G. A. **Requeijão cremoso e outros queijos fundidos: tecnologia de fabricação, controle do processo e aspectos de mercado.** Fonte Comunicações e Editora, São Paulo, Brasil, 2006. Cap.12, p. 301-319.
- VLIET, Y. V. Terminology to be used in cheese rheology. **Bulletin of the International Dairy Federation**, n. 268, cap.2, p. 5-14,1991.
- WALSTRA P. **Dairy Science and Technology.** 2ªEdição. New York, CRC Press, 762p., 2006.
- ZEHREN, V. L. NUSBAUM, D. D. **Process cheese.** Madison: Cheese Reporter Publishing Company, 1992. 363p.

7. ANEXO 1. Cálculo para a fabricação dos requeijões culinários

Dados

| | |
|---|---------|
| % GBS desejada no produto final (60%) | GBSpf |
| % G da massa (análise) | Gm |
| % G do <i>butter oil</i> (análise) | Gb |
| % G do caseinato de cálcio (análise) | Gcacn |
| % ST desejado no produto (41%) | STpf |
| % ST da massa (análise) | STm |
| % ST do <i>butter oil</i> (análise) | STb |
| % ST do caseinato de cálcio (análise) | STcacn |
| % de U da massa (análise) | Um |
| % de U do creme (análise) | Ub |
| % de U do caseinato de cálcio (análise) | Ucacn |
| Peso da massa | Mm |
| Peso do caseinato de cálcio (0,6-3,4%) | Mcacn |
| Peso da água no produto final | Máguapf |
| Quantidade de NaCl adicionado (1,5%) | STs |
| Quantidade de sal emulsificante adicionado (1,6%) | STse |
| Quantidade de sorbato de potássio | STsp |

1. Cálculo da quantidade de creme(Mc) a ser adicionada

$$GBSpf = \frac{Gm + Gb + Gcacn}{Stm + Sts + Stsf + Stb + Stcacn}$$

$$GBSpf = \frac{Gm.Mm + Gb.Mb + Gcacn.Mcacn}{Stm.Mm + Sts.Mm + Stsf.Mm + Stb.Mb + Stcacn.Mcacn}$$

2. Cálculo da quantidade de água a ser adicionada

$$STpf = STm + STs + STse + STb + STcacn$$

$$STpf = STm.Mm + STs.Mm + Stse.Mm + STcacn.Mcacn$$

$$Stpf - 41\%$$

$$\text{Máguapf} - 59\% = \text{massa de água no produto final}$$

$$\text{Máguapf} = \frac{\quad}{\quad} \text{ g}$$
$$\text{Máguapf} = \text{Um.Mm} + \text{Ub.Mb} + \text{Ucacn.Mcacn} + \text{Mágua.}$$

3. Cálculo da quantidade de sorbato de potássio a ser adicionado

$$(\text{Mm} + \text{Mb} + \text{Ms} + \text{Msf} + \text{Mcacn} + \text{Máguapf}) \times 0,03\%$$

8. ANEXO 2. Termo de consentimento livre e esclarecido.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PROJETO DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado: EFEITO DA ADIÇÃO DE CASEINATO DE CÁLCIO E DO TEMPO DE COZIMENTO NA TEXTURA, FUNCIONALIDADE E ACEITAÇÃO SENSORIAL DO REQUEIJÃO CULINÁRIO.

Responsável pela pesquisa: Mônica Correia Gonçalves

JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS: No processo de fusão do requeijão culinário existe uma grande variação nos parâmetros de processamento e isso influencia diretamente o desenvolvimento das propriedades funcionais e características sensoriais o que contribui ainda mais para a variabilidade dos produtos disponíveis comercialmente. O objetivo desse projeto é avaliar o efeito da adição de caseinato de cálcio e do tempo de cozimento nas propriedades funcionais e sensoriais do requeijão culinário.

PROCEDIMENTO: Você receberá amostras de requeijão culinário envasado em bisnagas, em cada uma das onze amostras você será solicitado a expressar a sua opinião em relação à consistência e fluidez.

O teste realizado não apresenta riscos ou desconfortos. O provador possui direito de esclarecimentos em caso de dúvidas durante e após o teste assim como pode se recusar a participar do mesmo. A equipe deixa claro ao provador que não haverá qualquer risco com a sua participação na pesquisa, a menos que o provador tenha alergia a algum dos ingredientes do requeijão culinário, o que deverá ser informado previamente à equipe responsável pela pesquisa. Além disso, a equipe assegura que os dados de identidade fornecidos são sigilosos.

Membros da Equipe:

MÔNICA CORREIA GONÇALVES
WALKIRIA HANADA VIOTTO

FONE: (19) 3521-4007

FONE: (19) 3521-3988

Comitê de Ética em Pesquisa em caso de reclamações: (19) 3521-8936

Data ___/___/___

Assinatura do responsável pela pesquisa: _____

Assinatura do provador: _____

RG: _____