

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE
ANÁLOGOS DE REQUEIJÃO CULINÁRIO**

Denise Sobral
Engenheira de Alimentos

Profa. Dra. Walkiria Hanada Viotto
Orientadora

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do título de Mestre em
Tecnologia de Alimentos

Campinas – SP – Brasil

2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

So12o Sobral, Denise
Otimização do processo de fabricação de análogos de
requeijão culinário / Denise Sobral. -- Campinas, SP: [s.n.],
2007.

Orientador: Walkiria Hanada Viotto
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos

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

Título em inglês: Manufacture process optimization of “requeijão culinário” cheese
analogue

Palavras-chave em inglês (Keywords): Requeijão, Optimization, Texture, Color
Melting

Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Walkiria Hanada Viotto

Paulo Henrique Fonseca da Silva

Salvador Massaguer Roig

Ariene Gimenes Fernandes Van Dender

Data da defesa: 23/02/2007

Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia de Alimentos

DENISE SOBRAL

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE ANÁLOGOS DE
REQUEIJÃO CULINÁRIO

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia
de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas,
como requisito parcial à obtenção do título de Mestre
em Tecnologia de Alimentos

Aprovada em

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Walkiria Hanada Viotto (Orientadora)
Faculdade de Engenharia de Alimentos - UNICAMP

Prof. Dr. Paulo Henrique Fonseca da Silva (Membro)
Empresa de pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG

Prof. Dr. Salvador Massaguer Roig (Membro)
Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP

Profa. Dra. Ariene Gimenes Fernandes Van Dender (Membro)
Instituto de Tecnología de Alimentos - ITAL

*Ao meu pai, **Márcio Lopes Sobral**, e minha mãe, **Cleuza Maria de Oliveira Sobral**, pelo amor incondicional e por compartilharem e torcerem pelos meus ideais, me apoiando sempre.*

*À minha irmã, **Daniela Sobral Gissoni**, por nosso infinito amor e amizade.*

*Ao meu cunhado **Paulo Gissoni** pelo carinho e amizade,*

*Ao meu primo-irmão, **Marcelo Lopes Sobral Júnior**, pelo amor, amizade e companheirismo.*

*À **Ana Sobral Gissoni**, que já amo tanto.*

*À minha avó **Irene** e aos meus queridos avós **Agostinho** e **Efigênia** que mesmo somente na lembrança, serão inesquecíveis em minha vida.*

Aos familiares e amigos, que sempre estiveram ao meu lado.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de Mestrado.

À Profa. Dra. Walkiria Hanada Viotto, pela oportunidade e orientação.

Aos membros da banca, pela compreensão e sugestões de grande valia para a conclusão deste trabalho.

Ao Instituto de Laticínios Cândidos Tostes CT/ILCT/EPAMIG por permitir a realização do processo de fabricação e análises físico-químicas nas suas dependências, além de fornecer a maior parte das matérias-primas necessárias para realização do projeto.

Ao Júnio, Max, Gisela e Márcia Porto, pelas contribuições nos experimentos e principalmente pela grande amizade.

Aos amigos da UNICAMP, especialmente Priscila, Juliana, Nadime, Nelson, Daniel, Renata, Cris e Clarissa pela amizade, convívio e incentivo.

À Bete, pelo apoio, amizade e por estar sempre disposta a ajudar.

Às indústrias, Bunge Alimentos, Corn Products, Matrix, pelo fornecimento de ingredientes para realização do projeto.

À minha irmã de coração, Kelly, pela forte amizade e paciência durante todos esses anos de convívio e ao meu “anjo da guarda” Raquel por sempre aparecer nas horas mais difíceis.

Aos meus grandes e amados amigos Mar, Iara, Raquel, Camila, Carolina, Lu, Melissa, Lili, Carolzinha, Cynthia, Ellen, Ramona, Fefinha, Fábio Júnior, André, Tiago Filipe, Marcelo.

Aos amigos e companheiros de trabalho Helô, Alcy, Elis, Jaque, Paulo Henrique Paiva, Adbeel, Eduardo, Vanessa, Ítalo, Daniel, Pedro, Danielle, Augusto, Rosa, Irani, Eloá, Braz, Fernando, Cida, Luiza Albuquerque, Luzia, Luiz Carlos, Claudia, Sílvia, Carlos, Rita, Pierre, Conceição, Neuza e Sérgio.

Aos queridos amigos de graduação da EAL 99 (Universidade Federal de Viçosa): Abraão, Alexandre, Armando, Camila, Carol, Danilo, Esther, Kelly, Eveline, Guilherme, Iara, Marcelo, Luciana, Viviane, William, por estarem sempre presentes.

Aos meus queridos ex-alunos Lívia, Thamyres, Roberta, Gustavo, Fernanda, Letícia, Mariana e Pâmela pela ajuda e amizade.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

*“O correr da vida embrulha tudo.
A vida é assim, esquenta e esfria, aperta e depois afrouxa
e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem.
O que Deus quer é ver a gente aprendendo a ser capaz
de ficar alegre e amar, no meio da alegria.
E ainda mais alegre no meio da tristeza.
Todo caminho da gente é resvaloso,
mas cair não prejudica demais, a gente levanta,
a gente sobe, a gente volta.”*

(Guimarães Rosa)

RESUMO

O requeijão é um produto tipicamente brasileiro, fabricado em todo território nacional, com variações regionais de tecnologia. Os requeijões análogos surgiram como alternativa para fabricação de produtos de custo reduzido e características específicas de funcionalidade, em virtude da substituição de ingredientes lácteos por não lácteos. O requeijão culinário análogo possui mercado promissor, devido à sua utilização como ingrediente em alimentos congelados, pizzas e recheios. Neste trabalho, foram desenvolvidos diferentes análogos de requeijão culinário, substituindo o creme de leite por gordura vegetal hidrogenada, em diferentes proporções e também adicionando variadas porcentagens de amido modificado. A otimização das formulações dos análogos foi estudada empregando um planejamento experimental do tipo composto central rotacional, com dois níveis (-1, +1), resultando em 11 ensaios. As variáveis estudadas foram: porcentagem de substituição de creme por gordura vegetal hidrogenada (GVH), nos níveis 90% e 40% e porcentagem de adição de amido modificado (AM), nos níveis 2% e 6%. Os requeijões análogos foram analisados quanto à composição físico-química, aceitação sensorial, textura instrumental, cor instrumental e análise da capacidade de derretimento. Na faixa estudada, foi possível verificar que todos os atributos da análise de textura foram influenciados pela variação das porcentagens de adição de amido modificado. Na avaliação sensorial, verificou-se que as notas médias atribuídas aos análogos com 4% de amido e até 65% de gordura vegetal foram superiores às notas médias dos demais análogos em todos os atributos. Estes análogos apresentaram grande aceitabilidade por parte dos provadores, recebendo médias superiores a 6 para todos os atributos. A cor dos análogos não foi influenciada pela adição do amido modificado. Entretanto, quanto maior foi a substituição do creme pela gordura vegetal, menor foi a luminosidade e a intensidade da cor amarela dos análogos de requeijão. A adição de amido influenciou significativamente a capacidade de derretimento dos análogos. Acima de 4% de amido, não houve diferença significativa na capacidade de derretimento

dos análogos, que apresentaram uma capacidade de derretimento baixa ou praticamente inexistente. Abaixo de 4% de adição de amido, quanto menor a proporção de amido adicionado, maior foi a capacidade de derretimento dos requeijões análogos.

Palavras-chave: requeijão análogo, otimização, textura, cor, derretimento.

ABSTRACT

The “requeijão” is a typically Brazilian product, manufactured in all domestic territory, with regional technology variations. The “requeijão” cheese analogue had appeared as alternative for reduced the manufacture cost of products and their specific functionality characteristics, in virtue of the substitution of milky ingredients for not milky. The “requeijão culinário” cheese analogue possesses promising market, due to its use as ingredient in frozen foods, pizzas and fillings. In this work, it had been developed different analogous of “requeijão culinário”. The milk cream was substituted for hydrogenated vegetal fat in different ratios and also it was added different modified starch percentages. The analogue’s optimization was studied and it was used an experimental planning of the rotational central composed type, with two levels (-1, 1), resulting in 11 assays. The studied variables had been: cream percentage substitution for hydrogenated vegetal fat (GVH), in the levels 90% and 40% and percentage of modified starch addition (AM), in levels 2% and 6%. The analogous “requeijões” had been analyzed in relation to the composition physical-chemistry, sensorial acceptance, instrumental texture, instrumental color and analysis of the melting capacity. In this studied, it was possible to verify that all the attributes of the texture analysis had been influenced by the percentages of modified starch addition. In the sensorial evaluation, it was verified that the average notes to the analogous ones with 4% of starch and up to 65% of vegetable fat had been superior to average notes of the others analogous in all attributes. These analogous ones had presented the great acceptability and it has received superiors average to 6 for all attributes. The analogue’s color was not influenced by the addition of the modified starch. How much bigger it was the substitution of the cream for vegetable fat, however lesser it was the luminosity and the intensity of the yellow color of the analogous ones of “requeijão”. The starch addition influenced significantly the melting capacity of the analogous ones. Above of 4% of starch, it did not have significant difference in the capacity of melting of the analogous ones, that they had presented a melting

capacity practically inexistent. Below of 4% of addition starch, how much lesser the ratio of starch added, more bigger was the melting capacity of the “requeijões” cheeses analogues.

Key-words: requeijão, optimization, texture, color, melting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Máquina homogeneizadora trituradora STEPHAN-GEIGER.....	30
Figura 2. Ficha utilizada para avaliação da aceitabilidade de requeijão culinário análogo.....	37
Figura 3. Ficha utilizada para avaliação da aceitabilidade de requeijão culinário análogo.....	38
Figura 4. Tubos de suporte de madeira de inclinação controlada usados para teste de derretimento.....	40
Figura 5. Resultado do teste de derretimento realizado com 2 requeijões análogos diferentes, evidenciando a diferença de derretimento de cada um deles.....	41
Figura 6. Superfície de resposta para a variável dureza da análise de textura instrumental dos requeijões análogos.....	54
Figura 7. Superfície de contorno para a variável dureza da análise de textura instrumental dos requeijões análogos.....	55
Figura 8. Superfície de resposta para a variável adesividade da análise de textura instrumental dos requeijões análogos.....	58
Figura 9. Superfície de contorno para a variável adesividade da análise de textura instrumental dos requeijões análogos.....	59
Figura 10. Superfície de resposta para a variável elasticidade da análise de textura instrumental dos requeijões análogos.....	63

Figura 11. Superfície de contorno para a variável elasticidade da análise de textura instrumental dos requeijões análogos.....	63
Figura 12. Superfície de resposta para a variável coesividade da análise de textura instrumental dos requeijões análogos.....	67
Figura 13. Superfície de contorno para a variável coesividade da análise de textura instrumental dos requeijões análogos.....	67
Figura 14. Relação entre porcentagem de provadores e intenção de compra referente às amostras de requeijão culinário análogo.....	70
Figura 15. Gráfico com os valores de a^* , b^* e L^* para as amostras de requeijão culinário análogo.....	72
Figura 16. Superfícies de resposta para a variável L^* (luminosidade) da análise de cor dos requeijões análogos.....	75
Figura 17. Superfícies de contorno para a variável L^* (luminosidade) da análise de cor dos requeijões análogos.....	75
Figura 18. Superfície de resposta para a coordenada cromática b^* da análise de cor dos requeijões análogos.....	79
Figura 19. Superfície de contorno para a coordenada cromática b^* da análise de cor dos requeijões análogos.....	79
Figura 20. Fotografias realizadas do análogo com 4% de amido e 65% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).....	84

Figura 21. Fotografias realizadas do análogo com 6% de amido e 90% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).....	85
Figura 22. Fotografias realizadas do análogo com 6% de amido e 40% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).....	85
Figura 23. Fotografias realizadas do análogo com 2% de amido e 90% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).....	86
Figura 24. Fotografias realizadas do análogo com 2% de amido e 40% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).....	87
Figura 25. Fotografias realizadas do análogo com 4% de amido e 100% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).....	88
Figura 26. Fotografias realizadas do análogo com 4% de amido e 30% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).....	88
Figura 27. Fotografias realizadas do análogo com 1,18% de amido e 65% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).....	89
Figura 28. Fotografias realizadas do análogo com 6,82% de amido e 65% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).....	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Requisitos de umidade e gordura no extrato seco para requeijões exigidos pela legislação brasileira.....	9
Tabela 2. Comparação entre a gordura láctea e a gordura vegetal.....	23
Tabela 3. Variáveis independentes e níveis usados no estudo.....	42
Tabela 4. Planejamento fatorial 2^2 com 3 pontos centrais e 4 pontos axiais.....	43
Tabela 5. Composição química média das matérias-primas utilizadas na produção do requeijão culinário análogo.....	44
Tabela 6. Teores de extrato seco total (EST), umidade, gordura, gordura no extrato seco (GES) e sal dos requeijões culinários análogos.....	45
Tabela 7. Teores de proteína, nitrogênio não protéico (NNP), caseína, sal/umidade e cinzas dos requeijões culinários análogos.....	46
Tabela 8. Análises de acidez e pH dos requeijões culinários análogos.....	48
Tabela 9. Composição em ácidos graxos (% m/m) da gordura vegetal.....	50
Tabela 10. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores porcentagem de gordura vegetal hidrogenada (GVH) e porcentagem de amido (AM) da variável dureza.....	51
Tabela 11. Valores obtidos para a variável dureza dos requeijões análogos.....	52

Tabela 12. Análise de variância do modelo ajustado para dureza dos requeijões análogos.....	53
Tabela 13. Modelo ajustado e coeficiente de determinação (R^2) para os parâmetros dureza dos requeijões culinários análogos.....	53
Tabela 14. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores porcentagem de gordura vegetal hidrogenada (GVH) e porcentagem de amido (AM) da variável adesividade.....	56
Tabela 15. Valores obtidos para a variável adesividade dos requeijões análogos.....	57
Tabela 16. Análise de variância do modelo ajustado para a variável adesividade dos requeijões análogos.....	57
Tabela 17. Modelo ajustado e coeficiente de determinação (R^2) para a variável adesividade da análise de textura dos requeijões análogos.....	58
Tabela 18. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores porcentagem de gordura vegetal hidrogenada (GVH) e porcentagem de amido (AM) da variável elasticidade.....	60
Tabela 19. Valores obtidos para a variável elasticidade dos requeijões análogos.....	61
Tabela 20. Análise de variância do modelo ajustado para a variável elasticidade dos requeijões análogos.....	62
Tabela 21. Modelo ajustado e coeficiente de determinação (R^2) para a variável elasticidade da análise de textura dos requeijões análogos.....	62

Tabela 22. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores porcentagem de gordura vegetal hidrogenada (GVH) e porcentagem de amido (AM) da variável coesividade.....	64
Tabela 23. Valores obtidos para a variável coesividade dos requeijões análogos.....	65
Tabela 24. Análise de variância do modelo ajustado para a variável coesividade dos requeijões análogos.....	66
Tabela 25. Modelo ajustado e coeficiente de determinação (R^2) para a variável coesividade da análise de textura dos requeijões análogos.....	66
Tabela 26. Médias dos atributos sensoriais aparência, cor, sabor, derretimento, firmeza, impressão global e intenção de compra dos análogos.....	68
Tabela 27. Valores obtidos para a variável L^* e para as coordenadas cromáticas a^* e b^* da análise de cor dos experimentos de otimização de requeijão.....	71
Tabela 28. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores percentual de substituição de gordura vegetal e percentual de adição de amido modificado na variável L^* da análise de cor dos requeijões análogos.....	73
Tabela 29. Análise de variância do modelo ajustado para a coordenada cromática b^* e parâmetro L^* da análise de cor dos requeijões análogos.....	74
Tabela 30. Modelos ajustados e coeficiente de determinação (R^2) para a variável L^* da análise de cor dos requeijões análogos.....	74

Tabela 31. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores percentual de substituição de gordura vegetal e percentual de adição de amido modificado na variável L* e nas coordenadas a* e b* da análise de cor dos requeijões análogos.....	76
Tabela 32. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores percentual de substituição de gordura vegetal e percentual de adição de amido modificado na variável L* e nas coordenadas a* e b* da análise de cor dos requeijões análogos.....	77
Tabela 33. Análise de variância do modelo ajustado para a coordenada cromática b* e parâmetro L* da análise de cor dos requeijões análogos.....	78
Tabela 34. Modelos ajustados e coeficiente de determinação (R ²) para a coordenada cromática b* da análise de cor dos requeijões análogos.....	78
Tabela 35. Valores obtidos para a capacidade de derretimento dos requeijões análogos.....	80
Tabela 36. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores porcentagem de gordura vegetal hidrogenada (GVH) e porcentagem de amido (AM) da capacidade de derretimento dos requeijões análogos.....	82
Tabela 37. Análise de variância do modelo ajustado para os parâmetros dureza, adesividade, elasticidade e coesividade para os requeijões análogos...	82
Tabela 38. Parâmetros de qualidade recomendados para requeijões culinários análogos.....	91

ABREVIATÖES UTILIZADAS

GVH = gordura vegetal hidrogenada

AM = amido modificado

GES = gordura no extrato seco

EST = extrato seco total

NNP = nitrogênio não protéico

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica.....	3
2.1. Queijos processados ou fundidos.....	3
2.2. Requeijão.....	4
2.3. Ingredientes.....	7
2.3.1. Matéria-prima principal – massa de queijo.....	9
2.3.2. Sais emulsificantes.....	12
2.4. Processamento.....	16
2.5. Análogos de queijos.....	19
2.6. Gordura vegetal e gordura do leite.....	21
2.7. Amido.....	23
3. Material e Métodos.....	26
3.1. Material.....	26
3.1.1. Equipamentos.....	26
3.1.2. Matérias-primas.....	26
3.1.2.1. Leite.....	26
3.1.2.2. Creme.....	26

3.1.2.3. Coadjuvantes Tecnológicos.....	27
3.2. Métodos.....	28
3.2.1. Processamento dos Análogos de requeijão.....	28
3.2.1.1. Preparo da massa enzimática.....	28
3.2.1.2. Cálculo das formulações.....	29
3.2.1.3. Processo de fusão.....	30
3.2.2. Análises físico-químicas.....	31
3.2.2.1. Leite.....	31
3.2.2.2. Creme.....	32
3.2.2.3. Massa enzimática.....	32
3.2.2.4. Requeijões culinários análogos.....	33
3.2.3. Análise de caracterização da gordura vegetal.....	34
3.2.4. Perfil de textura instrumental.....	34
3.2.5. Avaliação sensorial – Teste de aceitação.....	35
3.2.6. Avaliação da cor.....	39
3.2.7. Teste da capacidade de derretimento.....	39
3.2.8. “Baking/ Blistering Test”.....	41
3.2.9. Planejamento experimental e análise estatística dos resultados.....	41
4. Resultados e Discussão.....	44

4.1. Composição da matéria-prima.....	44
4.2. Composição dos requeijões culinários análogos.....	44
4.3. Características da gordura vegetal.....	49
4.4. Efeito dos teores de amido e gordura vegetal hidrogenada nos atributos de textura instrumental dos requeijões análogos.....	50
4.4.1. Dureza.....	51
4.4.2. Adesividade.....	55
4.4.3. Elasticidade.....	59
4.4.4. Coesividade.....	64
4.5. Efeito do teor de amido e gordura vegetal hidrogenada na aceitação sensorial e intenção de compra dos requeijões análogos.....	68
4.6. Efeito do teor de amido e gordura vegetal hidrogenada na cor dos requeijões análogos.....	70
4.6.1. Parâmetro L* (luminosidade) da análise de cor.....	72
4.6.2. Coordenada cromática a*.....	76
4.6.3. Coordenada cromática b*.....	77
4.7. Efeito do teor de amido e gordura vegetal hidrogenada na capacidade de derretimento dos requeijões análogos.....	80
4.8. Efeito do teor de amido e gordura vegetal hidrogenada no assamento e formação de bolhas do requeijão análogo.....	83

4.9. Otimização das variáveis.....	90
5. Conclusões.....	92
Referências Bibliográficas.....	93
Anexo.....	101

1. Introdução

O requeijão é um queijo tipicamente brasileiro e apresenta um consumo expressivo no mercado nacional. Em 2004 o segmento movimentou R\$454 milhões, 3,6 pontos percentuais a mais que em 2003 (LIMA, 2005). Não é sabido se esses números incluem os requeijões análogos (MARCHIORI, 2005).

A maior forma de consumo do requeijão sempre foi à mesa com pães, biscoitos, doces, etc. Com crescimento das redes de alimentos congelados e o uso do requeijão em pizzas, pastéis, esfirras e massas houve a necessidade de produção de um requeijão com algumas características específicas diferenciadas. 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 de assamento e fritura, sem apresentar escurecimento e derretimento excessivos. O requeijão com essas características funcionais é conhecido como requeijão culinário. Sua produção tem aumentado de forma significativa e, sem dúvida, o seu potencial de crescimento é promissor. Dados registram que o requeijão culinário representa, aproximadamente, 74,6% do total de requeijão produzido no país, sendo os restantes 25,4% representados pelo requeijão cremoso, visto que o requeijão do norte fica com menos de 1% do mercado de requeijões produzido formalmente (sob inspeção) no Brasil (VAN DENDER, 2006).

Com o crescente aumento da produção e do consumo de requeijão, surgiram no mercado os requeijões análogos, também denominados produtos substitutos ou “Especialidade Láctea”. Esse aumento no interesse da indústria pela produção de análogos de queijo ou queijos imitação ocorre em virtude da redução dos custos de produção, que pode ser atribuída principalmente à substituição de ingredientes lácteos por outros não lácteos, como a gordura vegetal e o amido. A substituição de ingredientes pode trazer outros benefícios

além da redução do custo, como proporcionar produtos com características funcionais bem definidas e adequadas para aplicações específicas.

O presente trabalho teve por objetivo otimizar a proporção de substituição de creme de leite por gordura vegetal hidrogenada e o teor de amido modificado para a obtenção de um análogo de requeijão com características sensoriais e funcionais para uso culinário, envolvendo os seguintes objetivos específicos:

- avaliar a influência do teor de amido e da proporção de gordura vegetal hidrogenada na composição, na textura e na cor instrumental, na capacidade de derretimento, no comportamento durante o assamento, na aceitação sensorial e na intenção de compra do requeijão culinário análogo;
- otimizar os teores de amido e gordura vegetal hidrogenada para a obtenção de características ótimas do requeijão análogo para uso culinário, quanto à baixa capacidade de derretimento quando submetido à altas temperaturas e à boa aceitação sensorial.
- estabelecer parâmetros de controle de qualidade para a indústria de requeijão culinário.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Queijos Processados ou Fundidos

De acordo com Oliveira (1986) qualquer queijo cujas características da massa revelem destruição completa da estrutura original do coágulo pode ser classificado como queijo de massa fundida. O requeijão é um queijo tipicamente brasileiro e está inserido nesta classificação de queijo fundido, sendo o mais popular da classe comercializado no país.

As primeiras tentativas de fabricação do queijo fundido aconteceram no final do século XIX. O objetivo era utilizar o calor para controlar processos microbianos e enzimáticos em queijos e conseguir transportá-los a grandes distâncias. Naquela época, a tecnologia ainda não era bem desenvolvida, ocorrendo alguns contratempos, como separação de gordura e proteína. Conseguia-se um certo sucesso em queijos mais desmineralizados, como o Camembert e alguns tipos holandeses, no entanto em queijos mais firmes, como Emental e Gruyère, o resultado era altamente insatisfatório. (DUTRA, MUNCK, 1997; BERGER *et al.*, 1989; MAURER-ROTHMANN, SCHEURER, 2005).

Com o avanço das pesquisas nesta área, surgiu na Suíça, por volta de 1911, a tecnologia de queijos fundidos criada por W. Gerber e F. Stettler. Após inúmeras tentativas sem sucesso, estes pesquisadores obtiveram êxito nos experimentos utilizando o citrato de sódio e o calor para solubilizar o caseinato de cálcio da matéria-prima. Após o resfriamento da mistura, obtinha-se um gel razoavelmente firme e homogêneo denominado queijo fundido (MEYER, 1973; FERNANDES *et al.*, 1985; ZEHREN, NUSBAUM, 1992; BERGER *et al.*, 1989; GARRUTI *et al.*, 2003).

Acredita-se também que a idéia original de fabricação de queijos fundidos pode ter surgido do “fondue”, queijo elaborado com vinho branco, rico em tartaratos os quais atuam como os sais fundentes, facilitando a fusão da massa de

queijo (DUTRA, MUNCK, 1997). Atualmente, na fabricação do fondue, utiliza-se a combinação de vinho e sais emulsificantes . Os tartaratos do vinho atuam como agentes quelantes e a quantidade de sais emulsificantes das formulações é reduzida para 20% da dose normal utilizada nos queijos processados (SCHÄR, BOSSET, 2002).

Os queijos processados ou fundidos se caracterizam por uma consistência definida, estrutura típica e um teor de caseína intacta de no mínimo 12% para que ocorra a estabilização da emulsão. (FERNANDES *et al.*, 1985; BERGER *et al.*, 1989; MAURER-ROTHMANN, SCHEURER, 2005).

2.2. Requeijão

O requeijão surgiu como subproduto feito a partir de leite desnatado, considerado descarte das regiões produtoras de creme para a fabricação de manteiga (MUNCK, CAMPOS, 1984). A produção se restringia ao uso local, mas, com a evolução dos meios de transporte, de acondicionamento e de tecnologia, o requeijão se tornou expressivo no mercado de queijos, ocupando a preferência de consumo de muitos brasileiros. Atualmente, são muitas as tecnologias empregadas na fabricação de requeijão assim como formato dos produtos, embalagens, consistência e coadjuvantes tecnológicos (RODRIGUES, 2006).

De acordo com VENTURA (1987), o requeijão, devido a peculiaridades da colonização brasileira, assumiu diversas tecnologias originando uma grande variedade de produtos.

O requeijão 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 adicionado 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” (BRASIL, 1997).

Existem, no Brasil requeijões cremosos, de consistência untável, até bastante firmes, que podem ser cortados em fatias (OLIVEIRA, 1986). De acordo com a Portaria 359/97 (BRASIL, 1997), o requeijão pode ser classificado como requeijão, requeijão cremoso e requeijão de manteiga. As diferenças entre eles consistem no tipo de matéria-prima e de sal fundente empregados no processo de fabricação e dos teores de gordura e umidade contidos no produto final (FERNANDES *et al*, 1985).

Requeijão é aquele obtido por fusão de uma massa de coalhada dessorada e lavada obtida por coagulação ácida e/ou enzimática do leite com ou sem adição de creme de leite ou manteiga e/ou gordura anidra do leite ou butteroil (BRASIL, 1997).

Requeijão cremoso é aquele obtido por fusão da massa coalhada dessorada e lavada, obtida por coagulação ácida e/ou enzimática do leite com adição de creme de leite ou manteiga e/ou gordura anidra do leite ou butteroil (BRASIL, 1997).

“Requeijão do norte” ou “Requeijão de manteiga” é o produto resultante da fusão, em condições próprias, de manteiga derretida com massa ou coalhada de leite integral ou desnatado, filada e salgada (BRASIL, 1997). Os requeijões do nordeste são fabricados em grande parte de maneira artesanal e são de grande resistência às adversidades do meio onde são conservados, comercializados e consumidos. Isso ocorre devido ao intenso tratamento térmico que a coalhada e a manteiga sofrem, além da proteção dada por uma película oleosa que se forma quando o produto é colocado nas condições ambientais (VENTURA, 1987).

Há uma outra classe de requeijões, não especificada pela legislação brasileira, com consistência entre o requeijão de barra e o requeijão cremoso,

denominado requeijão culinário. Segundo Rodrigues (2006), o requeijão culinário deve possuir elasticidade que permita sua moldagem com “bolsa de confeitiro” ou modelagem com as mãos. É muito utilizado como ingrediente de pratos prontos, pizzas e salgados. Deve possuir alta funcionalidade, ou seja, apresentar satisfatório derretimento quando submetido a forno médio entre 180°C e 200°C por 30 a 40 minutos. Não pode desmanchar ou escorrer quando utilizado em recheios, apresentando-se sob a forma de um creme encorpado e saboroso, além de possuir excelente rendimento.

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

São disponíveis no mercado requeijões com teores de gordura reduzidos denominados requeijões light. Neste caso, o creme de leite é substituído por uma outra fonte láctea, muitas vezes o concentrado protéico de soro. Soares *et al.* (2002) estudaram a influência do concentrado protéico de soro na composição do requeijão em barra com teor reduzido de gordura. O produto final apresentou características semelhantes ao requeijão tradicional e redução de no mínimo 25% de gordura, atendendo às características exigidas pela legislação para classificar o produto com “light”.

Os requeijões análogos são similares aos requeijões tradicionais, mas não podem ser classificados como tais, por serem empregados em sua formulação ingredientes não permitidos pela legislação, como gordura vegetal hidrogenada e amido modificado (RODRIGUES, 2006). Os requeijões análogos eram comumente denominados de “Especialidades Lácteas” no Brasil, mas, no final de 2005, a

Divisão de Inspeção de Leite e Derivados do Departamento de Inspeção de produtos de origem animal (DILEI/DIPOA) decidiu não permitir este termo para os análogos, substituindo-o pelo termo “Requeijão e componentes extras” (VAN DENDER, 2006), como requeijão com gordura vegetal ou requeijão com amido modificado.

2.3. Ingredientes

Alguns ingredientes são obrigatórios na fabricação de requeijões como leite ou leite reconstituído, creme e/ou manteiga e/ou gordura anidra de leite ou butter oil para requeijão cremoso e leite ou leite reconstituído, manteiga e cloreto de sódio para requeijão de manteiga (BRASIL, 1997).

O leite é, indiretamente, a matéria-prima principal, sendo utilizado na fabricação da massa de queijo para o requeijão. Pode-se utilizar leite desnatado, leite reconstituído, leite integral ou até mesmo leite integral homogeneizado onde se fracionam os glóbulos de gordura impedindo que os mesmos sejam perdidos na etapa de dessoragem da massa (VAN DENDER, 2006). O leite reconstituído não é muito utilizado no Brasil devido ao elevado valor do leite em pó se comparado ao leite “in natura” disponível. O concentrado protéico de soro é muito utilizado como substituto de gordura láctea em produtos light (SOARES *et al.*, 2002; RODRIGUES, 2006). Segundo VAN DENDER (2006) o leite não necessita ser pasteurizado para a fabricação do requeijão devido à elevada temperatura empregada no processo, porém a pasteurização seguida da inoculação de microrganismos selecionados permite a obtenção de um produto de qualidade padronizada.

Condack et al. (1992) estudaram a adição de diferentes níveis de concentrado protéico de soro ultrafiltrado (CPSU) ao requeijão cremoso para avaliar os benefícios desta adição na textura, consistência, uniformidade e sabor,

além do aumento no rendimento. Observaram que a adição de 5% e 10% de CPSU aumentou em 10% e 20%, respectivamente, o rendimento da fabricação e não alterou significativamente os atributos sensoriais do requeijão.

Alguns ingredientes são opcionais como coalho ou coagulantes apropriados, creme, manteiga, gordura anidra de leite ou butter oil, sólido de origem láctea, leite em pó, caseína, caseinatos, cloreto de sódio, cloreto de cálcio, fermentos lácteos ou cultivos específicos, condimentos, especiarias e outras substâncias alimentícias. (BRASIL, 1997).

Os sais emulsificantes são utilizados em queijos processados e requeijão com o objetivo de remover o cálcio do sistema protéico, peptizar, hidratar, solubilizar e dispersar a proteína, estabilizar a emulsão, controlar o pH, contribuir para a formação de uma estrutura apropriada após o resfriamento e, em alguns casos, atuar como agente bacteriostático. A principal característica de um sal emulsificante é a capacidade de solubilizar a caseína, com a consequente formação de um sol homogêneo e esta capacidade aumenta com o seu poder de fixação do cálcio (MEYER, 1973).

Segundo Mosquim et al. (1992), a utilização de 0,8 gramas de bicarbonato de sódio por quilograma de massa de caseína para a fabricação de requeijões, independente dos teores de umidade e proteína, facilita a dispersão da massa protéica, incorporando a gordura e tornando o produto mais cremoso.

As fontes de gordura utilizadas no processo de fabricação dos requeijões podem ser o creme de leite, a manteiga ou o butter-oil. O creme pode ser fermentado pela adição de fermento láctico, dando sabor característico ao produto final. A gordura no extrato seco desengordurado deste tipo de queijo é elevada, predominando na faixa de 50% a 60% (VAN DENDER, 2006). O cálculo da quantidade de gordura a ser adicionada na fabricação de requeijão depende da gordura no extrato seco do produto final e da percentagem de gordura dos ingredientes adicionados como o creme de leite e a massa de queijo (VAN

DENDER, 2006). A Tabela 1 (BRASIL, 1997) evidencia os requisitos de matéria gorda no extrato seco e umidade exigidos pela legislação brasileira para cada tipo de requeijão.

Tabela 1. Requisitos de umidade e gordura no extrato seco para requeijões exigidos pela legislação brasileira

Requisito	Requeijão	Requeijão cremoso	Requeijão de manteiga	Método de análise
Matéria gorda no extrato seco g/100g	45,0 a 54,9	Mín. 55,0	Mín. 25,0 a 59,9	Norma FIL 5B:1986
Umidade g/100g	Máx. 60,0	Máx. 65,0	Máx. 58,0	Norma FIL 4 ^A :1982

Fonte: Ministério do Estado da Agricultura e Abastecimento, 1997.

A água presente nos queijos processados e requeijões pode ser advinda de várias fontes como a água adicionada diretamente ao processo, a água presente nos ingredientes (creme e massa de queijo) e a água oriunda do vapor direto que se condensa durante o processamento do requeijão (ZEHREN, NUSBAUM, 1992). A água auxilia no processo de transferência de energia térmica e mecânica facilitando a fusão, além de dissolver o sal, produz boa dispersão da caseína e forma emulsão perfeita com a proteína e a gordura (VAN DENDER, 2006). A água deve ser de boa qualidade, livre de contaminação, assim como os demais ingredientes utilizados no processo de fabricação.

2.3.1. Matéria Prima Principal – Massa de Queijo

Existem várias formas de se obter a massa para fabricação de Requeijão: pela coagulação enzimática do leite, pela adição de culturas lácteas ou pela

precipitação do leite aquecido com ácido orgânico (MORENO *et al.*, 2002). Algumas delas estão em desuso em função da despadronização do produto, além de riscos para a indústria, como é o caso da fabricação a partir da coagulação natural do leite cru (MORENO *et al.*, 2002). A coagulação do leite pasteurizado por meio da fermentação por bactérias lácticas selecionadas também não tem sido muito empregada em função do período longo de coagulação (VAN DENDER, 2006). Assim, para fabricação de requeijão, tem-se preferido a obtenção da massa pelo processo de acidificação direta ou por meio de coagulação enzimática.

A coagulação do leite consiste na formação de gel resultante das modificações físico-químicas ocorridas nas micelas de caseína. Os mecanismos propostos na formação do gel diferem totalmente conforme estas modificações sejam induzidas por acidificação ou pela ação das enzimas coagulantes (ECK, 1987).

Nas indústrias, o requeijão muitas vezes é fabricado devido ao volume de leite ácido acumulado. A condenação de leite ácido na plataforma de recepção dos laticínios resulta em matéria-prima para a produção de requeijão, evitando seu descarte (PINHEIRO *et al.*, 1992). O requeijão é assim obtido a partir de leite desnatado, que acidifica espontaneamente pela ação de microbiota natural. O abaixamento do pH do leite promove a coagulação da caseína (ponto isoelétrico pH 4,6), o que pode ser identificado visualmente ou por meio do pH ou da acidez titulável (MOSQUIM *et al.*, 1992).

Na coagulação ácida, a acidificação ocorre por adição de um ácido mineral ou orgânico que conduz à floculação das proteínas no pH 4,6 (ponto isoelétrico das caseínas) sob a forma de um precipitado, com característica granulosa, que se separa do soro láctico (ECK, 1987). Pode ocorrer também por uma acidificação progressiva, obtida por fermentação láctica, formando um coágulo liso, homogêneo, que ocupa inteiramente o volume inicial de leite (ECK, 1987). A acidificação produz uma profunda desorganização da micela que é acompanhada

por uma modificação da estrutura quaternária das caseínas. Com a aproximação do pH isoelétrico ocorre a neutralização das cargas e uma importante redução da hidratação das proteínas o que conduz a sua insolubilização (ECK, 1987). Devido a um baixo conteúdo de cálcio e um considerável grau de decomposição das proteínas, os queijos de massa ácida são menos interessantes como matéria prima para queijos fundidos (BERGER *et al.*, 1989). Na fabricação do requeijão, o inconveniente de se utilizar massa ácida é a geração de soro ácido. O soro ácido não pode ser utilizado como subproduto para fabricação de outros derivados como as bebidas lácteas e não pode ser utilizado para alimentação animal, sendo fonte geradora de resíduos (PAULA, 2005).

Pinheiro *et al.* (1992) estudaram a conservação da massa protéica lavada e sem lavar obtida por fermentação natural do leite cru. Os resultados da avaliação sensorial demonstraram que os requeijões fabricados com massas conservadas a 3°C por até 10 dias apresentaram maiores médias para os atributos cor, aroma, textura, consistência, gosto ácido, salgado e amargo em comparação com massas armazenadas a temperatura ambiente por três dias.

A maior parte dos queijos é produzida por meio do processo de coagulação enzimática. Um grande número de enzimas proteolíticas, de origem animal, vegetal ou microbiana têm a propriedade de coagular o complexo caseínico (ANÔNIMO, 2004). O coalho, mistura de quimosina e pepsina segregada na coalheira (quarto estômago) dos jovens ruminantes alimentados de leite é a enzima coagulante mais conhecida, estando seu mecanismo de ação bem estabelecido (ECK, 1987; BERGER *et al.*, 1989; ANÔNIMO, 2004). Quanto mais se afasta do seu pH ótimo, a quimosina é menos ativa porém mais específica, por só aceitar uniões peptídicas ótimas como substrato. Este fato é muito importante para a fabricação de queijo. No pH que predomina na fabricação de queijo, a enzima rompe as moléculas de κ -caseína presentes na superfície das micelas, especificamente na ligação Phe¹⁰⁵-Met¹⁰⁶ (ECK, 1987). O resíduo de aminoácido 1-105 é predominantemente hidrofóbico e o resíduo 106-169 se

comporta de maneira fortemente hidrofílica, levando consigo uma cadeia de açúcar na posição 131 que cobre a superfície das micelas de caseína e possui também numerosas cargas negativas. Deste modo, a separação enzimática do glicomacropéptido solúvel deixa exposto o interior hidrofóbico das micelas de caseína. Estas seriam repelidas pelo potencial negativo e impedidas de agruparem se a perda do macropéptido não fosse acompanhada também pela separação das cargas negativas (LUCHEY *et al.*, 2003). Uma vez que aproximadamente 97% do macropéptido da micela tenha sido retirado, a interação hidrofóbica se faz mais forte do que as forças eletrostáticas de repulsão. Quando isto ocorre com aproximadamente 85% das micelas de caseína do leite e se forma o gel (ECK, 1987). As micelas de caseína se agrupam como filamentos que se unem para formar uma rede tridimensional, aprisionando os glóbulos de gordura e a fase do soro dentro dela. Logo após esta fase, se faz o corte da coalhada seguido da mexedura, para que ocorra a sinerese, ou seja, saída de soro do grão (FURTADO, 1990). Quando o processo de coagulação é analisado mais detalhadamente podem se distinguir três fases: fase enzimática, fase de coagulação e finalmente fase de formação do gel (ECK, 1987). Este é portanto, o processo que ocorre na maioria dos queijos fabricados por coagulação enzimática, os quais geram o soro doce. Este soro pode ser utilizado na indústria na fabricação de diversos subprodutos como bebidas lácteas e pode ser utilizado na alimentação animal (PAULA, 2005).

2.3.2. Sais Emulsificantes

Os sais emulsificantes são indispensáveis para a fabricação de queijos processados e produtos relacionados. Podem ser usados na forma anidra ou em soluções preparadas com água a 50°C. Na maioria dos queijos processados se utilizam fosfatos e citratos. Os sais de tartarato não são muito utilizados, pois precipitam durante a estocagem, formando cristais (BERGER *et al.*, 1989).

No Brasil, os sais emulsificantes normalmente são adquiridos já formulados, como produtos prontos, específicos para cada tipo de queijo (requeijão cremoso ou bloco). A quantidade necessária a ser utilizada varia de 2 a 3% em relação à massa a ser fundida e o excesso pode provocar gosto amargo e separação de água e de gordura (FERNANDES *et al.*, 1985).

O sal fundente é um agente emulsificante capaz de inativar o íon cálcio, o qual determina a estabilidade da massa de queijo na forma de gel, bem como peptiza a caseína, ou seja, forma fragmentos de caseína solúvel. Possui afinidade com o cálcio, ao qual se combina por precipitação ou mediante a formação de complexos. A capacidade de seqüestrar cálcio é uma das mais importantes funções dos agentes emulsificantes (BERGER *et al.*, 1989).

Em um estado não modificado, as moléculas de caseína são emulsificantes naturais. O que bloqueia esta propriedade das caseínas são os íons divalentes de cálcio e magnésio. Conseqüentemente os queijos necessitam trocar seus íons divalentes por íons monovalentes de base fortes. Isto fará com que as caseínas se ionizem e se hidratem em suas áreas mais hidrofílicas demonstrando sua natureza detergente na forma de íons caseinato (LUCEY *et al.*, 2003). Os caseinatos solúveis, como por exemplo o caseinato de sódio, são excelentes emulsificantes. De acordo com Fernandes (1985), massa ácida exige um sal alcalino e uma massa alcalina exige um sal ácido.

O sal fundente deve ser solúvel em água de maneira que possa alcançar as micelas e submicelas. Não deve possuir elevado peso molecular e o mais importante, deve ser neutro em termos de fisiologia e sabor. A ordem crescente de eficiência estes sais são : tartarato < citrato e ortofosfato < polifosfato (BERGER *et al.*, 1989; MAURER-ROTHMANN, SCHEURER, 2005). Estes sais dissolvidos penetram nos espaços intermicelares, baixando a concentração de Ca^{++} de acordo com a fórmula: $Ca^{++} + HPO_4^{--} \xrightarrow{HPO_4^{--}} CaHPO_4$, neutralizando com íons de sódio as cargas negativas dos caseinatos que são liberados.

O agente emulsificante é a para-caseína, componente natural do queijo, que interage com os sais fundentes e é absorvida na interface formando uma emulsão estável e altamente viscosa. 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, NUSBAUM, 1992; SHIRASHOJI *et al.*, 2006). O paracaseinato expõe seus grupos apolares e polares, cátions hidrofílicos e ânions lipofílicos e orientam cada um deles para a interface óleo e água (BERGER *et al.*, 1989; MAURER-ROTHMANN, SCHEURER, 2005).

Segundo Eluers e Costa (1992) as funções dos sais fundentes são:

- desintegrar a proteína do queijo natural;
- transformar o paracaseinato de cálcio insolúvel em paracaseinato de sódio solúvel produzido pela troca iônica do cálcio contida no queijo natural, pelo sódio contido nos sais fundentes;
- emulsionar a massa fundida, ligando as partículas de proteína, gordura e água;
- estabilizar a emulsão e
- conferir durabilidade ao produto.

Outra função importante desempenhada pelos sais emulsificantes é a peptização, isto é, a separação dos grandes agregados hidrofóbicos de caseína em unidades menores durante o processo de aquecimento e agitação da massa. A peptização aumenta a área superficial e a capacidade de retenção de água da proteína, provocando uma mudança na textura do produto final. Esse fenômeno é tecnicamente conhecido como efeito cremificante (MEYER, 1973; ZEHREN, NUSBAUM, 1992). A cremificação, isto é, a transformação da rede caseínica em

uma dispersão coloidal estável é, provavelmente, a condição mais importante para a fabricação de queijos pastosos (FERNANDES *et al.*, 1985; ZEHREN, NUSBAUM, 1992).

O mecanismo de atuação dos sais emulsificantes pode ser assim descrito: dissolvido na fase aquosa, o sal rompe as pontes de fosfato de cálcio que existem entre as micelas e submicelas, substituindo o cálcio por sódio e formando uma estrutura protéica mais aberta e desagregada, e também mais suscetível a ligar um maior volume de água de hidratação em suas porções hidrofílicas (BERGER *et al.*, 1989). Mais hidratada, a caseína consegue agora 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, NUSBAUM, 1992).

Alguns dos sais emulsificantes mais utilizados são:

- ortofostatos (ou monofosfatos): apresentam capacidade tampão sobre o pH. O ortofostato dissódico é mais usado para produtos untáveis. Os ortofosfatos monosódico e trissódico são mais usados como corretores de pH. Geralmente, estes sais não apresentam propriedades cremificantes, deixando o produto com aspecto mais fluido (BERGER *et al.*, 1989);
- fosfatos condensados: apresentam capacidade tampão, além de peptizar, dispersar, hidratar e promover a formação e estabilização de emulsões. Os mais conhecidos são: pirofosfato ácido de sódio (também conhecido como difosfato dissódico), pirofosfato tetrassódico (também conhecido como difosfato tetrassódico) e o tripolifosfato de sódio (ou trifosfato pentassódico) (BERGER *et al.*, 1989);
- citratos: o citrato trissódico é ligeiramente alcalino, com capacidade de se ligar ao cálcio formando complexos que solubilizam as proteínas. Dá ao produto final um sabor particular, além de apresentar uma estrutura mais longa e elástica. É mais indicado para produtos de corte (BERGER *et al.*,

1989). Um estudo realizado por Shirashoji *et al.* (2006), comprovou que a concentração de citrato trissódico, em mesmos valores de pH, afeta a textura e a capacidade de derretimento de queijos processados. Com o aumento da concentração de citrato trissódico houve aumento da firmeza e diminuição da capacidade de derretimento do queijo processado (SHIRASHOJI *et al.*, 2006).

2.4. Processamento

Os queijos processados, como o requeijão, são uma mistura de queijo, água, sais emulsificantes (comumente citrato de sódio, ortofosfatos de sódio e polifosfatos de sódio) e opcionalmente creme, manteiga e condimento. A combinação de ingredientes e as condições de processamento são selecionadas para dar ao requeijão a estrutura, aparência, cor, sabor e custo desejável ao produto (SCHÄR, BOSSET, 2002).

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

Os ingredientes usados na formulação, bem como as condições de processamento, podem influenciar significativamente as propriedades funcionais dos queijos processados (KAPOOR, METZER, 2005). Segundo Eluers e Costa (1992), as transformações ocorridas na massa de queijo são determinadas pelos seguintes fatores:

- a própria matéria prima (pH, proteólise, extrato seco, umidade);
- equipamento utilizado (tacho aberto, fechado);

- rotação do equipamento (baixa, alta);
- vapor direto/indireto;
- pressão do vapor;
- umidade do vapor;
- tempo de fusão;
- temperatura;
- sal fundente utilizado.

A massa fresca de queijo pode ser obtida por meio de dois processos: o de acidificação (emprego de fermentos lácticos ou adição direta de ácidos orgânicos ao leite aquecido) ou o processo de coagulação enzimática onde se utilizam enzimas coagulantes como o coalho para obtenção da massa (MORENO *et al.*, 2002).

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

Durante o processo, a massa de queijo constituída principalmente de proteína e gordura, é dispersa, homogeneizada e convertida em uma emulsão. Os sais fundentes contribuem na dispersão das proteínas e no aumento de suas propriedade emulsificantes (SCHÄR, BOSSET, 2002). O queijo se transforma do estado semi-sólido, coagulado ou floculado, até atingir o limite de solubilidade, que dependerá não só da massa de queijo como dos sais emulsificantes empregados (FERNANDES *et al.*, 1985).

O processo possui algumas fases principais. A primeira consiste na peptização que é a troca de íons cálcio bivalentes da paracaseína por íons sódio monovalentes, promovidas pelos sais fundentes. Ocorre nesta fase uma dissolução das pontes de cálcio do agregado de caseína e a estrutura passará do estado gel para o estado sol. Na segunda fase, denominada de fase de hidratação, ocorre a cremificação, ou seja, mudança na consistência do produto pela absorção de água. A ultima fase, de reestruturação, ocorre durante o resfriamento e após a estocagem, havendo uma estabilização do produto por meio da reorientação das moléculas protéicas (ANÔNIMO, 2002).

Os queijos fundidos e requeijões caracterizam-se por uma consistência definida, uma estrutura típica e um conteúdo de caseína intacta (mínimo de 12%) necessária para estabilização da emulsão (FERNANDES *et al.*, 1985; BERGER *et al.*, 1989; MAURER-ROTHMANN, SCHEURER, 2005). Portanto, a matéria-prima deve ser selecionada e formulada de acordo com o produto final que se deseja obter (MARTINS, FERNANDES, 1981). Após a obtenção da massa, são feitas as análises físico-químicas necessárias para os cálculos das quantidades de água e gordura a serem adicionadas, bem como a escolha do sal fundente adequado (MARTINS, FERNANDES, 1981).

O controle do pH do produto final é um parâmetro importante na fabricação, pois o controle do mesmo é necessário para se obter e manter as características desejáveis de textura e propriedades reológicas dos requeijões

(GUNASEKARAN, 2002). A faixa é relativamente estreita, limitada pela estrutura do queijo e durabilidade do produto final (SHIRASHOJI *et al.*, 2006). O intervalo de pH recomendado varia de 5,5 a 5,9. Se o pH for abaixo de 5,4 prejudica a estrutura, o paladar e tende a dar uma textura granulosa. Se o pH for acima de 6,2, tem-se o perigo de reduzir a durabilidade do queijo, além de alterações no sabor e estrutura (gosto salgado, sabor de sabão e separação de gordura) (FERNANDES *et al.*, 1985).

Segundo Fernandes *et al.* (1985) as faixas aconselhadas para cada tipo de queijo são:

- Queijo fatiável: pH de 5,5 a 5,7.
- Queijo cremoso: pH de 5,7 a 6,1.

O aumento do pH resulta no decréscimo da interação proteína–proteína e no aumento da hidratação das proteínas, deixando o requeijão menos firme (GUNASEKARAN, 2002).

2.5. Análogos de Queijos

A legislação define claramente que a denominação requeijão está reservada ao produto no qual a base láctea não contenha gordura e/ou proteína de origem não láctea (BRASIL, 1997).

Os únicos ingredientes não lácteos permitidos na fabricação de requeijão são sais emulsificantes, fermentos, cloreto de sódio, cloreto de cálcio, coalho ou coagulantes apropriados, condimentos, especiarias e outras substâncias alimentícias (BRASIL, 1997).

Queijos processados imitação são fabricados a partir da mistura de proteínas e gorduras lácteas e não lácteas e podem ser denominados de queijos

análogos, imitação, substitutos, artificiais, sintéticos, entre outros (MUIR *et. al.*, 1999; BACHMANN, 2001).

Segundo Oliveira (1984), já na década de 80, nos EUA, a maioria dos queijos artificiais era produzida para serem utilizados como ingredientes em diferentes produtos alimentícios como pizzas, molhos, enlatados e congelados. Segundo Lucey *et. al.* (2003) esta popularidade dos queijos processados se deve em grande parte as suas características funcionais como boas propriedades de derretimento e fatiamento para utilização em hambúrgueres e outros fins.

A aceitação dos produtos lácteos análogos pode ser atribuída, na maioria das vezes, aos avanços na tecnologia de óleos e gorduras, de emulsões e de formulações de alimentos que os torna cada vez melhores em suas propriedades reológicas e de sabor. Os produtos análogos têm sido desenvolvidos não só para serem semelhantes aos produtos naturais, mas também para possuir vantagens sobre eles. Algumas dessas vantagens são: fácil manipulação, shelf-life estendido, resistência à temperatura e bactérias esporuladas, controle nutricional, além da vantagem econômica (O'BRIEN, 2003).

A tecnologia de análogos permite a obtenção de produtos com qualidade constante, sem variações sazonais. Além disso, modificações na maneira de manipulação dos ingredientes e nos parâmetros de processo permitem a fabricação de produtos dirigidos para aplicações específicas. Os análogos de produtos representam o resultado do desenvolvimento tecnológico e tendências do mercado. Por sua vez, os análogos de queijo oferecem uma boa oportunidade para o desenvolvimento de um produto com sabor e aroma similares ao queijo, e ao mesmo tempo com as mesmas ou até melhores propriedades nutricionais e características de textura (BACHMANN, 2001; ABOU EL-NOUR *et al.*, 1998).

2.6. Gordura vegetal e gordura do leite

A gordura é um dos mais importantes ingredientes substituídos para fabricação de queijos análogos proporcionando boas propriedades de mastigação, de aparência física e estabilidade do produto acabado (O'BRIEN, 2003). É empregada na forma hidrogenada por possuir um maior ponto de fusão (36°C a 39°C) e assim influenciar na consistência mais firme e ser mais estável (RODRIGUES, 2006).

A gordura do leite, pelo seu custo relativamente elevado e pela susceptibilidade à oxidação, torna os derivados lácteos menos competitivos em relação ao tipo imitação, obtido com gordura vegetal, além de apresentar uma vida útil relativamente curta (CAVALCANTI *et al.*, 1992).

A gordura vegetal pode ser fabricada de acordo com a demanda do produto por meio da hidrogenação, mistura de diferentes tipos de gordura, fracionamento de diferentes porções da gordura e por meio da reorganização molecular (OLIVEIRA, 1984).

Segundo CAVALCANTI *et al.* (1992), a principal diferença entre o queijo natural e o tipo imitação reside no tipo de gordura. O queijo natural contém somente gordura do leite, enquanto a gordura do queijo imitação é insaturada e apresenta insignificantes níveis de colesterol.

De acordo com Gigante e Roig (1987) a incidência de doenças cardiovasculares e a vida moderna sedentária, têm aumentado a preocupação dos consumidores em evitar produtos com gordura animal. O uso de gordura vegetal em substituição à gordura do leite, no queijo, pode ser um apelo atraente para este tipo de consumidor. Acredita-se que a utilização de gorduras e óleos não saturados ofereça certos benefícios a saúde (SAXELIN *et al.*, 2003). O nível de colesterol nos queijos artificiais fabricados sem adição de gordura animal é praticamente zero (OLIVEIRA, 1984, LOBATO-CALLEROS *et al.*, 1997).

Cavalcanti *et al.* (1992) estudaram a utilização de gordura vegetal em substituição ao creme de leite em requeijões análogos em diferentes proporções (0%, 20%, 40%, 60%) e concluiu que se obtêm bons resultados quando a substituição não excede valores de 40%. Para os atributos cor, aroma, textura, consistência, gosto ácido, salgado e amargo não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na aceitação sensorial, apenas uma maior preferência quanto o atributo sabor pelo produto sem gordura vegetal (controle) em relação aos demais.

As gorduras vegetais utilizadas em queijos análogos podem ser óleo de soja, de coco, de algodão, de palma, de girassol, dentre outros. A solidez e a consistência do queijo processado estão determinadas pelo seu conteúdo de matéria seca, pela relação de gordura no extrato seco, pelo conteúdo de proteína no extrato seco e pela natureza das proteínas (BERGER *et al.*, 1989). Deste modo a gordura vegetal é selecionada de acordo com fatores tais como disponibilidade, preço, resistência a oxidação e ocasionalmente por fatores nutricionais. Devido ao conteúdo inferior de ácidos graxos polinsaturados, as gorduras vegetais hidrogenadas têm a vantagem de serem menos susceptíveis à oxidação da gordura que causa a rancidez (BERGER *et al.*, 1989). A melhor produção de queijo é conseguida quando a gordura apresenta as seguintes características: ponto de fusão 36°C, índice de refração = 1,4602, valor de peróxido = 0, ácidos graxos livres = 0,02 (KOSIKOWSKI, 1978; GIGANTE *et al.*, 1992).

Alguns queijos tipo imitação podem não encontrar aceitação favorável no mercado devido ao fato de possuírem aroma e sabor inferior aos queijos naturais que contém gordura do leite. Os compostos voláteis e outros compostos produtores de aroma e sabor, dependem em grande parte dos ácidos graxos de cadeia curta presentes no creme de leite. Por isso, quando substituímos a gordura do leite por gordura vegetal em queijos análogos ocorre perda no aroma e sabor característicos dos produtos feitos a partir de gordura do leite. A adição de sabor e aroma sintéticos é utilizada na intenção de repor o sabor e aroma perdidos nos queijos fabricados com grande porcentagem de substituição de creme de leite por

gordura vegetal (GIGANTE *et al.*, 1992, RODRIGUES, 2006). A Tabela 2 mostra características de cada tipo de gordura, do leite e vegetal.

Tabela 2. Comparação entre a gordura láctea e a gordura vegetal

Gordura Láctea	Gordura vegetal
Rica em ácidos graxos de cadeia curta	Rica em ácidos graxos de cadeia longa
Contém colesterol	Não contém colesterol
Baixa quantidade de ácidos graxos insaturados	Maior quantidade de ácidos graxos insaturados
Alto teor de ácidos graxos saturados	Menor quantidade de ácidos graxos saturados
Promove paladar e possui aroma e flavor	Sabor neutro, não promove aroma nem flavor
Degradação mais rápida	Melhor estabilidade
Menor disponibilidade	Maior oferta
Torna o produto mais característico	Promove maior rigidez no produto quando comparada à gordura láctea
Permitida e/ou obrigatória no requeijão	Não permitida para requeijão ou queijo processado

Fonte: Rodrigues, 2006.

2.7. Amido

O amido é um dos carboidratos mais abundantes da biosfera e é a principal reserva de energia das plantas, além de ser excelente fonte de energia para consumo humano (ELIASSON, 2004). Os amidos são compostos exclusivamente de resíduos de glicose ligados unicamente por dois tipos de ligações: -1,4 e -1,6. É encontrado na forma de grânulos e composto principalmente por dois polissacarídeos: a amilose e a amilopectina. A

amilopectina está presente em maior quantidade na maioria dos amidos (ELIASSON, 2004).

A utilização do amido depende, em grande parte, de suas propriedades coloidais. Quando uma dispersão de amido é aquecida, os grânulos absorvem água, incham e produzem pastas viscosas que, ao resfriarem, formam géis industriais (CRUZ, CIACCO, 1985).

Os amidos utilizados no setor de alimentos devem possuir características específicas como resistirem a retrogradação e a tratamentos industriais estressantes que deterioram a estrutura do gel. Algumas destas características injuriantes são temperaturas altas (causam hidrólise do gel de amido e diminuição da viscosidade), temperaturas baixas (que ocasionam sinérese nos produtos), condições de acidez alta (desnaturação da estrutura do gel de amido), fortes tensões mecânicas como corte, homogeneização, etc (CEREDA, 2001).

O comportamento do amido pode, entretanto, ser modificado através da introdução de certos compostos em sua estrutura ou por meio de tratamentos físicos. Estas modificações “moldam” o amido de acordo com a finalidade desejada e possibilitam seu emprego nos mais diversos setores industriais (CRUZ, CIACCO, 1985). Os amidos utilizados em queijos processados e requeijões análogos devem ser modificados principalmente para que resistam a retrogradação, característica que faz o produto ser rejeitado pelo consumidor. A retrogradação é o termo dado às transformações que ocorrem durante o resfriamento e armazenamento de pastas de amido gelatinizado. Frequentemente a evolução da retrogradação é acompanhada de exudação de umidade, encolhimento e endurecimento de géis e separação de fases do produto (CRUZ, CIACCO, 1985).

Na fabricação de requeijões análogos, a principal função do amido é absorver água quando aquecido, produzindo pastas viscosas que se mantêm estabilizadas quando resfriadas (RODRIGUES, 2006). A retenção de água

aumenta o rendimento do requeijão análogo e proporciona mudanças desejáveis nas suas características funcionais, como controle da textura e do derretimento. Em um estudo realizado por Mounsey e O’Riordan (1999) foi comprovado que o derretimento de queijos processados análogos pode ser controlado pela adição de amido. O amido adicionado ao processo diminui a água disponível do produto, diminuindo assim o escoamento do mesmo quando aquecido. Neste caso, a adição de 2% de amido reduziu em 33% a capacidade de derretimento e com a adição de 9% de amido, o derretimento do queijo processado análogo foi praticamente nulo.

O amido recomendado para se utilizar em requeijões análogos deve ser estável ao pH do produto, faixa de 5,4 a 5,8; suportar a temperatura de processamento, absorver água formando pasta viscosa, ser estável pelo período de vida útil do produto (60 a 90 dias); suportar congelamento e descongelamento; suportar assamento (mantendo a pasta intacta); promover custo reduzido e não influenciar negativamente no sabor (RODRIGUES, 2006).

3. Material e Métodos

3.1. Material

3.1.1. Equipamentos

- Pasteurizador a placas.
- Tanque de paredes duplas em aço inox, capacidade para 400L.
- Máquina homogeneizadora-trituradora Stephan-Geiger, com capacidade para 20 kg de produto, duas velocidades de agitação (1500 e 3000 rpm), aquecimento por injeção direta ou indireta de vapor e filtro para produção de vapor sanitário.
- Máquina de selar copos.

3.1.2. Matérias-Primas

3.1.2.1. Leite

O leite destinado ao processamento foi adquirido da cooperativa de São João Nepomuceno Ltda, MG, cru, integral, não homogeneizado e transportado em caminhão tanque refrigerado. Em seguida foi padronizado para o teor de 2,5% de gordura, pasteurizado (72°C/15 segundos) e mantido resfriado a 5°C em câmara fria até o momento do uso.

3.1.2.2. Creme

O creme de leite utilizado foi adquirido cru através da padronização do leite da mesma cooperativa e possuía em média 45-50% de gordura. Foi

pasteurizado (85°C/5 minutos), resfriado a 5°C e armazenado em câmara fria à temperatura de aproximadamente 5°C até seu momento de uso. Foi coletada uma amostra do creme para análise físico-química.

3.1.2.3. Coadjuvantes Tecnológicos

- Cloreto de cálcio: comercial da marca Chr. Hansen Ind. e Com. Ltda, em solução de 50% (m/v).
- Fermento láctico: R704® da marca Chr. Hansen Ind. e Com. Ltda, mesofílico tipo “O” (contendo as seguintes bactérias: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* e *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*).
- Coagulante: CHY-MAX® da marca comercial Chr. Hansen Ind. e Com. Ltda.
- Cloreto de sódio: comercial da marca Cisne, procedente da Refinaria Nacional de Sal S/A.
- Gordura vegetal hidrogenada PRÓ SC® 500 da Bunge Alimentos S.A.
- Amido modificado PURITY CB® da National Starch and Chemical.
- Sal emulsificante: à base de polifosfatos de sódio (JOHA® S10) fornecido pela BKG Adicon Aditivos para Alimentos Ltda.

3.2. Métodos

3.2.1. Processamento dos análogos de requeijão

3.2.1.1 Preparo da massa enzimática

Os requeijões análogos foram processados a partir de uma mesma massa enzimática de queijo (massa de mussarela). O motivo da escolha pela massa enzimática foi não gerar soro ácido, subproduto de difícil utilização pela indústria de laticínios.

As etapas para obtenção da massa enzimática utilizada na fabricação dos requeijões culinários análogos são descritas a seguir:

1) 350 litros de leite pasteurizado em trocador de calor a placas (75°C/15 segundos) e refrigerado (5°C) foram adicionados em um tanque de queijo com capacidade para 400L. O leite foi agitado e uma amostra foi retirada para análise físico-química. Ao leite aquecido a temperatura de 32°C, foi adicionada dose recomendada pelo fabricante do fermento láctico DVS R704 sob agitação contínua, e em seguida o leite foi deixado em repouso por 30 minutos para que ocorresse o período de pré-maturação;

2) Após o período de pré-maturação adicionou-se a solução de cloreto de cálcio 50% m/v (dose normal : 40mL para cada 100L de leite) e o coagulante líquido CHY-Max® da marca CR Hansen (dose recomendada pelo fabricante).

3) Após o período de coagulação de aproximadamente 30 minutos, a coalhada foi cortada em grãos com 1,5 cm de aresta e agitada lentamente por um período de 20 minutos (1ª mexedura).

4) Após o término da 1ª mexedura iniciou-se o aquecimento da massa 1°C por 2 a 3 minutos até que a massa atingisse a temperatura de 42°C.

- 5) O ponto da massa foi atingido 60 minutos após o corte da coalhada.
- 6) A massa foi deixada sobre uma mesa de aço inox para que ocorresse o processo de fermentação até o dia seguinte (período de 16 horas).
- 7) Terminado o tempo de fermentação, a massa de mussarela foi guardada em câmara fria por um período de 48 horas. Após esse período, a massa foi pesada e dividida em 11 porções de 3 quilos cada, quantidade utilizada em cada batelada do processo. Foram coletadas amostras da massa para determinação da composição química, com base na qual foram feitos os cálculos das quantidades de água e gordura a serem adicionadas para a produção dos requeijões análogos.
- 8) Cada uma das 11 porções foi submetida a uma diferente formulação de acordo com os cálculos de ingredientes e planejamento experimental.

3.2.1.2. Cálculo das Formulações

As formulações basearam-se nas características de extrato seco total, gordura e umidade, bem como nas características desejáveis do produto final. O requeijão culinário foi calculado a partir dos seguintes parâmetros: 63% de umidade e 60% de gordura no extrato seco no produto final. Para escolha dos parâmetros de umidade e gordura em base seca, foram feitos pré-testes que indicaram uma boa formulação para ser escolhida como formulação base.

O cálculo das quantidades de creme de leite, gordura vegetal e água, em cada caso, foi realizado conforme indicado no anexo I. O cálculo da quantidade de amido a ser utilizada em cada formulação foi calculado separadamente, após todos os ajustes de ingredientes (como massa de queijo, gordura vegetal, sal, sal fundente, creme e água) para cada formulação.

3.2.1.3. Processo de Fusão

O processo de fusão das diferentes formulações de requeijão culinário foi realizado em uma máquina homogeneizadora-trituradora STEPHAN-GEIGER, UM12, com capacidade para 20kg de produto, com duas velocidades de agitação (1500rpm e 3000rpm), aquecimento por injeção direta e indireta de vapor e filtro de vapor sanitário apresentada na Figura 1.



Figura 1. Máquina homogeneizadora trituradora STEPHAN-GEIGER

Para a fabricação dos requeijões, a massa foi transferida para a máquina homogeneizadora-trituradora Stephan-Geiger e em seguida acrescida do sal (1,8% em relação ao peso inicial de massa), sal fundente (1,8% em relação ao peso inicial da massa) e de metade do volume de água. A mistura foi submetida a agitação a 1500 rpm (fusão a frio) por 2 minutos.

Em seguida, foi colocado o creme e/ou gordura vegetal, em quantidade previamente calculada. A mistura foi aquecida até aproximadamente 70°C e por 5 minutos permaneceu sob agitação (3000 rpm) a essa temperatura. Durante o

aquecimento a abertura da válvula de vapor foi controlada manualmente e permitiu atingir a temperatura de cozimento (70°C) em aproximadamente 1,5 a 2 minutos. Foi então adicionado o restante da água com amido nela dissolvido e a mistura foi aquecida com vapor indireto e mantido a 92°C por 4min sob agitação (1500 rpm). Neste momento foi feita a determinação do pH, para verificar se o valor estava na faixa desejada.

Em seguida, o produto foi envasado a quente em potes plásticos de 200 ml previamente higienizados com solução de hipoclorito de sódio a 200ppm e selados com tampas de alumínio igualmente higienizadas. Os copos contendo os requeijões culinários análogos foram resfriados com água gelada e em seguida foram estocados em câmara fria a 5°C.

Após cinco dias de estocagem, foram feitas as análises físico-químicas e sensoriais do produto.

3.2.2. Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata, exceção feita à determinação de gordura pelo método de Gerber que foi realizado em duplicata.

3.2.2.1. Leite

- Nitrogênio Total (NT) – pelo método de micro-Kjeldahl AOAC 991.20 (1997);
- Nitrogênio não protéico (NNP) - pelo método de micro-Kjeldahl AOAC 991.21 (1997);
- Proteína total – multiplicando-se o teor de NT pelo fator de conversão 6,38;

- Proteína real – (NT-NNP) x 6,38;
- Sólidos totais – segundo procedimento oficial da AOAC 925.23 (1997);
- Cinzas – por incineração em mufla a 550°C, segundo procedimento oficial da AOAC 935.42 (1997);
- Gordura – pelo método de extração etérea de Mojonnier, segundo método oficial da AOAC 989.05 (1997);
- Acidez titulável – segundo procedimento oficial da AOAC 920.124 (1997);
- pH – pelo método potenciométrico.

3.2.2.2. Creme

- pH – pelo método potenciométrico;
- Acidez titulável – segundo procedimento oficial da AOAC 920.124 (1997);
- Umidade – segundo procedimento oficial da AOAC 926.08 (1997);
- Gordura – pelo método de Gerber, conforme normas analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.2.2.3. Massa enzimática

- pH – pelo método potenciométrico;
- Acidez titulável – segundo procedimento oficial da AOAC 920.124 (1997);
- Umidade – segundo procedimento oficial da AOAC 926.08 (1997);

- Gordura – pelo método de Gerber, conforme normas analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.2.2.4. Requeijões Culinários Análogos

As amostras de requeijão culinário análogo foram coletadas após 5 dias de armazenamento refrigerado.

- pH – pelo método potenciométrico;
- Acidez titulável – segundo procedimento oficial da AOAC 920.124 (1997);
- Umidade – segundo procedimento oficial da AOAC 926.08 (1997);
- Nitrogênio total (NT) – pelo método de Kjeldahl, segundo procedimento oficial da AOAC 991.20 (1997);
- Nitrogênio não proteico (NNP) – pelo método de Kjeldahl, segundo procedimento oficial da AOAC 991.21 (1997);
- Nitrogênio não caseico (NNC) – através da determinação do teor de nitrogênio solúvel em pH 4,6, conforme metodologia descrita por Bynum e Barbano (1985);
- Proteína total – multiplicando-se o teor de NT pelo fator de conversão 6,38;
- Caseína – $(NT - NNP - NNC) \times 6,38$;
- Gordura – pelo método Gerber, conforme normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985);
- Cinzas – por incineração em mufla, segundo método oficial da AOAC 945.46 (1997);

- Sal – pelo método de Volhard, procedimento 18.5 (Richardson, 1985).

3.2.3. Análise de caracterização da gordura vegetal

A gordura vegetal foi avaliada quanto ao seguinte parâmetro:

- Composição de ácidos graxos – segundo metodologia oficial da AOCS Ce 1-62 (1998).

3.2.4. Perfil de textura instrumental

O perfil de textura das amostras foi determinado utilizando-se um texturômetro universal TAXT2, marca SMS – Stable Micro Systems. A análise foi realizada em equipamento operado pelo programa Texture Expert® em ambiente Microsoft Windows®, utilizando um probe de acrílico com 25 mm de diâmetro e 10 mm de altura, haste longa e base comum. A força empregada foi de 5g por uma distância de 10 mm, a velocidade de 1,0 mm/s durante 5 segundos. As amostras foram acondicionadas em béqueres de 50mL para melhor padronização da análise. Os béqueres contendo as amostras foram mantidos sob refrigeração, a 10°C, até a estabilização da temperatura. As amostras foram retiradas do refrigerador uma a uma, imediatamente antes da realização do teste, que foi conduzido segundo metodologia descrita por Rapacci (1997). Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

Por meio do texturômetro foram medidas as seguintes propriedades:

- Dureza: força necessária para uma deformação.
- Elasticidade: velocidade com que o material deformado volta à sua forma original desde que a força seja removida.

- Adesividade: força necessária para vencer as forças de atração entre a superfície do alimento e a superfície de outros materiais com os quais entra em contato .
- Coesividade: parâmetro adimensional cuja medida correlaciona-se com a adesividade da amostra, observando-se que quando a adesividade é menor que a coesividade o “probe” permanece limpo.

3.2.5. Avaliação Sensorial - Teste de Aceitação

Para a avaliação sensorial, foi realizado um teste de aceitação, utilizando-se escala hedônica estruturada de 9 pontos para os atributos aparência, cor, sabor, derretimento, firmeza e impressão global. Além disso, foi avaliado o atributo intenção de compra, utilizando escala de hedônica de 5 pontos. As fichas de avaliação são apresentadas nas Figura 2 e Figura 3.

O teste foi realizado com 85 provadores em mesas individuais. Consistiu na aplicação de cerca de 15g das amostras de requeijão culinário análogo em massas de mini pizzas previamente untadas com molho de tomate que foram assadas em forno industrial por 20 minutos. As amostras foram servidas em pratos plásticos, codificados com números aleatórios de três dígitos casualizados.

A ordem de apresentação das amostras foi balanceada entre os provadores, com relação à ordem de apresentação. Todos os provadores provaram todas as amostras.

A fim de possibilitar um intervalo de descanso entre as amostras, elas foram servidas em duas etapas: 6 amostras na primeira apresentação e 5 amostras na segunda apresentação.

As diferenças entre as notas foram avaliadas ao nível de 5% de significância, utilizando-se o teste de Tukey para comparação entre médias.

Para cálculo da porcentagem de aprovação das amostras considerou-se a somatória das notas maiores que cinco (6-gostei ligeiramente a 9-gostei muitíssimo na escala) e a porcentagem de rejeição pela somatória das notas menores que cinco (4-desgostei ligeiramente a 1-desgostei muitíssimo na escala).

Ficha de Avaliação Sensorial

NOME: _____

DATA: ___/___/___

- 1) Você está recebendo cinco amostras codificadas de requeijão culinário análogo. Por favor, avalie as amostras da esquerda para a direita e indique, conforme a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra com relação à APARÊNCIA, COR, DERRETIMENTO, SABOR, FIRMEZA e à IMPRESSÃO GLOBAL.

- 9 – gostei muitíssimo
- 8 – gostei muito
- 7 – gostei moderadamente
- 6 – gostei ligeiramente
- 5 – nem gostei/nem desgostei
- 4 – desgostei ligeiramente
- 3 – desgostei moderadamente
- 2 – desgostei muito
- 1 – desgostei muitíssimo

Número da amostra	Nota					
	Aparência	Cor	Derretimento	Sabor	Firmeza	Impressão global

Comentários:

- 2) Por fim, indique, conforme a escala abaixo, se você compraria ou não cada uma das amostras.

- 5 – certamente compraria
- 4 – provavelmente compraria
- 3 – talvez comprasse/ talvez não comprasse
- 2 – provavelmente não compraria
- 1 – certamente não compraria

Intenção de Compra:

Amostra Nota

Muito Obrigada!

Figura 2. Ficha utilizada para avaliação da aceitabilidade de requeijão culinário análogo.

Ficha de Avaliação Sensorial

NOME: _____

DATA: ___/___/___

- 3) Você está recebendo seis amostras codificadas de requeijão culinário análogo. Por favor, avalie as amostras da esquerda para a direita e indique, conforme a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra com relação à APARÊNCIA, COR, DERRETIMENTO, SABOR, FIRMEZA e à IMPRESSÃO GLOBAL.

- 9 – gostei muitíssimo
- 8 – gostei muito
- 7 – gostei moderadamente
- 6 – gostei ligeiramente
- 5 – nem gostei/nem desgostei
- 4 – desgostei ligeiramente
- 3 – desgostei moderadamente
- 2 – desgostei muito
- 1 – desgostei muitíssimo

Número da amostra	Nota					
	Aparência	Cor	Derretimento	Sabor	Firmeza	Impressão global

Comentários:

- 4) Por fim, indique, conforme a escala abaixo, se você compraria ou não cada uma das amostras.

- 5 – certamente compraria
- 4 – provavelmente compraria
- 3 – talvez comprasse/ talvez não comprasse
- 2 – provavelmente não compraria
- 1 – certamente não compraria

Intenção de Compra:

Amostra Nota

Muito Obrigada!

Figura 3. Ficha utilizada para avaliação da aceitabilidade de requeijão culinário análogo.

3.2.6. Avaliação da Cor

Para a avaliação instrumental da cor foi utilizado um colorímetro da marca Hunterlab, modelo Color Quest II. A escala de cor utilizada foi CIE Lab ($L^*a^*b^*$), com iluminante D_{65} (6900°K), com abertura de 10° . O valor de L^* representa a luminosidade da amostra, variando de preto (0) a branco (100); o valor de a^* representa a cor, variando de vermelho (+) a verde (-); e o valor de b^* representa a cor, variando de amarelo (+) a azul (-). 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). Para a leitura, foi utilizada uma cubeta de quartzo de 10 mm.

3.2.7. Teste de Derretimento

Utilizou-se o método descrito por OLSON e PRICE (1958) adaptado às condições definidas por GIGANTE (1998). A temperatura a ser utilizada foi $110^\circ\text{C}/10$ minutos ($8+2$ minutos). Amostras de $15,00 \pm 0,20$ gramas de requeijão culinário foram pesadas diretamente dentro do tubo de derretimento de vidro, de forma cilíndrica, com 250mm de comprimento e 30mm de diâmetro e com duas linhas de referência gravada no vidro, no sentido longitudinal e transversal. A Figura 4 apresenta os tubos de vidro utilizados e o suporte de madeira de inclinação controlada (45°), com capacidade para 3 tubos, utilizados para a realização dos testes.

Após a pesagem do produto os tubos foram deixados em pé em um banho de gelo por 30 minutos, Ajustou-se a rolha de borracha até que a superfície do queijo estivesse alinhada com a linha de referência transversal gravada no vidro.



Figura 4. Tubos de suporte de madeira de inclinação controlada usados para teste de derretimento.

Em seguida as amostras foram colocadas na posição horizontal sobre o suporte de madeira numa estufa com corrente de ar forçado a 110°C. Após 8 minutos o suporte foi retirado da estufa e inclinado a fim de interromper o fluxo do queijo. Marcou-se a distância do fluxo a partir da linha de referência até a borda da amostra derretida. Retornou-se o suporte para a posição horizontal e colocou-se por mais dois minutos na estufa. Repetiu-se a operação de marcação da distância. A distância total, em milímetros, percorrida pela amostra nos 8+2 minutos de aquecimento foi denominada “fluxo do queijo” e usada como critério de derretimento. Na Figura 5 pode-se observar o resultado de um teste realizado com 3 amostras semelhantes.

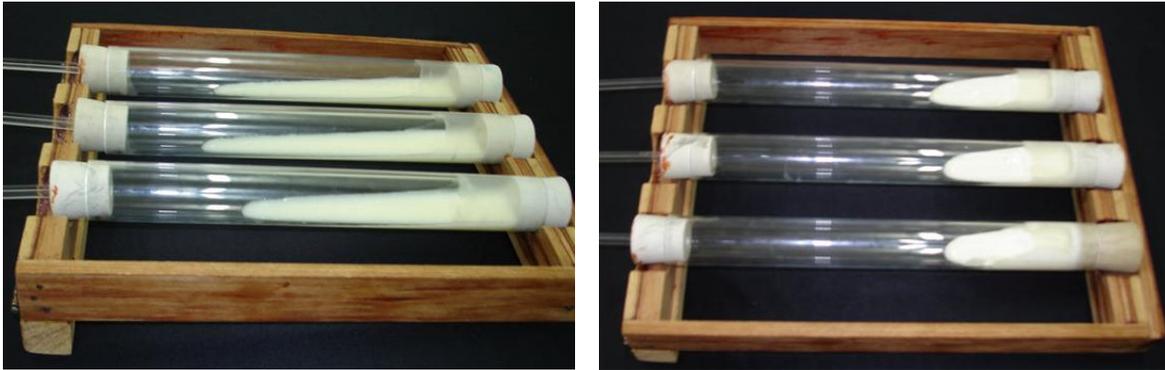


Figura 5. Resultado do teste de derretimento realizado com 2 requeijões análogos diferentes, evidenciando a diferença de derretimento de cada um deles.

3.2.8. “Baking/Blistering Test”

Utilizou-se o método descrito por Rudan e Barbano (1997) adaptados por condições pré-estabelecidas que melhor se ajustam ao requeijão culinário análogo. O “Baking/Blistering test” foi utilizado para simular a fabricação de uma pizza e avaliar as propriedades funcionais visualmente no produto pronto. O processo foi padronizado em 50 gramas de molho de tomate e 200 gramas de requeijão culinário análogo, que foram colocados sobre massas de pizzas de um mesmo lote. As pizzas foram assadas em forno a 250°C por 10 minutos e quando prontas foram feitas as fotografias para posterior comparação.

3.2.9. Planejamento experimental e análise estatística dos resultados

Para a otimização do processo de obtenção dos análogos de requeijão, foi usado um planejamento fatorial do tipo composto central rotacional para analisar e quantificar as influências das variáveis de processo 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 (BARROS NETO et al., 1995, RODRIGUES, IEMMA, 2005). O planejamento fatorial do tipo 2^2 significa que existem dois fatores ou variáveis independentes, e dois níveis para cada variável estudada. As variáveis independentes foram: porcentagem de substituição de creme por gordura vegetal hidrogenada (GVH), nos níveis 90% e 40% e porcentagem de amido modificado (AM), nos níveis 2% e 6% (Tabela 3).

Tabela 3 - Variáveis independentes e níveis usados no estudo.

Variáveis Independentes	Níveis das variáveis				
	-1,41	-1	0	1	1,41
Porcentagem de gordura vegetal (%)	30	40	65	90	100
Porcentagem de amido modificado (%)	1,18	2	4	6	6,82

As variáveis dependentes foram análises de textura para firmeza, adesividade, elasticidade e coesividade; análise da capacidade de derretimento e análises instrumentais de cor L^* , a^* e b^* . A análise dos resultados foi feita por meio da Metodologia de Superfície de Resposta (BARROS NETO et al., 1995, RODRIGUES et al., 2005) utilizando o programa Statistica® 7.0. Por meio da análise estatística dos resultados foram verificadas as possíveis interações das variáveis estudadas nas respostas. Testes de Tukey foram realizados utilizando o programa SAS® System para comparação entre as médias para os parâmetros composição físico-química, análise de textura, análise sensorial e análise da capacidade de derretimento.

A **Tabela 4** mostra o planejamento experimental, com as combinações dos níveis e das variáveis.

Tabela 4. Planejamento fatorial 2² com 3 pontos centrais e 4 pontos axiais.

Aleatorização	% gordura vegetal (GVH) codificado	% gordura vegetal (GVH) real	% amido modificado (AM) codificado	% amido modificado (AM) real
6	-1	40	-1	2
4	1	90	-1	2
3	-1	40	1	6
2	1	90	1	6
7	0	65	0	4
1	0	65	0	4
5	0	65	0	4
9	-1,41421	30	0	4
8	1,41421	100	0	4
10	0	65	-1,41421	1,18
11	0	65	1,41421	6,82

4. Resultados e Discussão

4.1. Composição da matéria-prima

A Tabela 5 apresenta a composição média do leite, da massa e do creme de leite utilizados como matéria prima na produção do requeijão culinário análogo.

Tabela 5. Composição química média da matéria-prima utilizada na fabricação do requeijão culinário análogo.

Análises físico-químicas	Matéria-prima		
	Leite	Massa	Creme
Extrato Seco Total (%)	10,77	48,30	56,85
Umidade (%)	89,23	51,70	43,15
Gordura (%)	2,90	22,50	46,5
Cinzas (%)	0,79	-	-
Proteína total (%)	3,03	-	-
NNP (%)	0,024	-	-
Acidez (%)	0,17	4,55	0,33
pH	6,70	5,47	7,01

Estes resultados foram utilizados como base para cálculo das formulações dos requeijões análogos. Os experimentos foram realizados no mês de julho/2006.

4.2. Composição dos requeijões culinários análogos

A composição dos análogos de requeijão culinário é apresentada nas Tabelas 6 e 7. A Tabela 6 mostra os resultados de extrato seco total (EST), gordura, gordura no extrato seco (GES) e teor de sal. A Tabela 7 mostra os teores de proteína total, caseína, NNP, cinzas e a relação sal/umidade para os análogos de requeijão culinário.

Tabela 6. Teores de extrato seco total (EST), umidade, gordura, gordura no extrato seco (GES) e sal dos requeijões culinários análogos.

Ensaio	Variáveis		Análises físico-químicas				
	% GVH	% AM	EST (%)	Umidade (%)	Gordura (%)	GES (%)	Sal (%)
6	40	2	35,94 ^{ab}	64,06 ^{ab}	23,00 ^d	64,00 ^c	0,65 ^c
4	90	2	36,38 ^{bc}	63,62 ^{bc}	26,50 ^a	72,84 ^a	0,83 ^a
3	40	6	36,99 ^c	63,01 ^c	23,00 ^d	62,18 ^{cd}	0,58 ^{de}
2	90	6	38,13 ^d	61,87 ^d	23,00 ^d	60,32 ^d	0,60 ^{cd}
1	65	4	36,35 ^{bc}	63,65 ^{bc}	23,25 ^{cd}	63,96 ^c	0,60 ^{cd}
5	65	4	37,05 ^c	62,95 ^c	23,75 ^{cd}	64,09 ^c	0,60 ^{cd}
7	65	4	36,23 ^{bc}	63,67 ^{bc}	23,00 ^d	63,31 ^c	0,60 ^{cd}
9	30	4	35,59 ^a	64,41 ^a	23,00 ^d	64,63 ^c	0,75 ^b
8	100	4	37,03 ^c	62,97 ^c	25,00 ^b	68,20 ^b	0,63 ^{cd}
10	65	1,18	35,89 ^{ab}	64,11 ^{ab}	27,00 ^a	75,23 ^a	0,63 ^{cd}
11	65	6,82	37,91 ^d	62,09 ^d	24,00 ^c	63,32 ^c	0,54 ^e

*Médias com letras iguais em uma mesma linha não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Tabela 7. Teores de proteína, nitrogênio não protéico (NNP), caseína, sal/umidade e cinzas dos requeijões culinários análogos.

Ensaio	Variáveis		Análises físico-químicas				
	% GVH	% AM	Proteína Total (%)	NNP (%)	Caseína (%)	Sal/Umidade (%)	Cinzas (%)
6	40	2	6,36 ^{bc}	0,067	5,40 ^{bcd}	1,01 ^c	2,29 ^a
4	90	2	6,80 ^a	0,045	6,08 ^a	1,28 ^a	2,26 ^{ab}
3	40	6	6,34 ^{bc}	0,085	5,18 ^{de}	0,91 ^{cd}	2,03 ^c
2	90	6	6,41 ^{bc}	0,089	5,28 ^{cde}	0,96 ^{cd}	2,14 ^{abc}
1	65	4	6,32 ^{bc}	0,071	5,40 ^{bcd}	0,94 ^{cd}	2,21 ^{abc}
5	65	4	6,46 ^b	0,066	5,55 ^{bc}	0,94 ^{cd}	2,26 ^{ab}
7	65	4	6,48 ^{ab}	0,071	5,52 ^{bcd}	0,93 ^{cd}	2,21 ^{ab}
9	30	4	6,30 ^c	0,075	5,29 ^{cde}	1,11 ^b	2,10 ^{bc}
8	100	4	6,23 ^{bc}	0,071	5,33 ^{bcd}	0,99 ^c	2,23 ^{bcd}
10	65	1,18	6,42 ^{bc}	0,070	5,65 ^b	0,97 ^{cd}	2,24 ^{ab}
11	65	6,82	6,09 ^c	0,084	4,98 ^e	0,87 ^d	2,16 ^{abc}

*Médias com letras iguais em uma mesma linha não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Pelas Tabelas 6 e 7, observou-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) na composição dos requeijões culinários análogos. O cálculo das formulações dos requeijões análogos foi realizado para que os análogos apresentassem valores de 63% de umidade e 60% de gordura no extrato seco do produto final.

Essas variações provavelmente ocorreram devido a dois fatores. O primeiro deles foi à incorporação de água por condensação no produto final. A quantidade de água incorporada por condensação é considerada nos cálculos, mas é de difícil controle durante o processamento que é feito manualmente e influenciado pela prática do operador da máquina. Segundo Soares (1998) a obtenção de requeijões com extrato seco total (EST) constante é difícil nas

indústrias, devido à recomendação de injeção direta de vapor para obtenção das características desejadas no produto final. Esta água incorporada por condensação é provavelmente a grande responsável pela falta de padrão dos produtos disponíveis no mercado. O outro provável fator responsável pela diferença de umidade e GES nos requeijões foi a quantidade de amido adicionada em cada formulação. A porcentagem de amido foi calculada depois dos cálculos de ingredientes de cada formulação, influenciando as alterações de umidade e GES do produto final.

Em geral, as variações de umidade foram pequenas, com os análogos apresentando valores de umidade entre 61,87% e 64,41%, de acordo com os valores permitidos pela legislação brasileira para requeijão cremoso (máximo 65%) e requeijão tradicional (máximo 60%) (BRASIL, 1997).

Os valores de gordura no extrato seco (GES) também foram significativamente diferentes, variando de 60,32% a 75,23%, porém se encontram dentro das especificações da legislação brasileira para requeijão cremoso, onde o mínimo de gordura em base seca deve ser 55% (BRASIL, 1997).

A mesma discussão se aplica aos resultados de proteína, caseína e cinzas, onde as variações são ainda menores, apesar de significativas estatisticamente.

Por fim, os requeijões foram analisados quanto à porcentagem de acidez titulável e pH e os resultados estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Acidez titulável e pH dos requeijões culinários análogos.

Ensaio	Variáveis		Análises físico-químicas	
	% GVH	%AM	Acidez titulável (%)	pH
6	40	2	0,52 ^{ab}	5,75 ^d
4	90	2	0,49 ^{de}	5,79 ^a
3	40	6	0,50 ^{cd}	5,75 ^d
2	90	6	0,53 ^a	5,71 [†]
1	65	4	0,50 ^{cd}	5,75 ^d
5	65	4	0,50 ^{cd}	5,75 ^d
7	65	4	0,50 ^{cd}	5,75 ^d
9	30	4	0,49 ^{de}	5,78 ^b
8	100	4	0,50 ^{cd}	5,74 ^e
10	65	1,18	0,53 ^{ab}	5,75 ^d
11	65	6,82	0,47 ^{ef}	5,77 ^c

*Médias com letras iguais em uma mesma linha não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Os resultados de acidez e pH foram significativamente diferentes ($p < 0,05$), porém, do ponto de vista prático de fabricação, esta variação foi pequena estando dentro da faixa recomendada pela literatura (VAN DENDER, 2006). A regulação do pH atua diretamente sobre a consistência e textura do requeijão. Deve-se estabelecer como limite mínimo/máximo de pH 5,4 e 5,9 respectivamente. Acima de 5,7 o requeijão tende a uma consistência mais cremosa e fluida. A consistência do requeijão culinário deve-se situar entre o tradicional requeijão de barra e o cremoso, de maneira que permita o envase em bisnagas e posterior escoamento quando utilizado. Os valores de pH deste estudo variaram entre 5,71 e 5,79 (Tabela 8), estando portanto dentro da faixa adequada para requeijões culinários.

A variação do pH e a acidez titulável dos análogos foi provavelmente função das variações ocorridas para proteína e cinzas. Em geral, requeijões cujos

teores de proteína são mais baixos apresentam menores valores de acidez titulável e pH mais elevado.

4.3. Características da gordura vegetal

A composição de ácidos graxos da gordura vegetal hidrogenada utilizada na fabricação dos análogos do requeijão culinário análogo é apresentada na Tabela 9. A gordura utilizada apresentou alta proporção de ácido oléico e elaídico (73,38%) e quantidades significativas de C16:0 (11,53%) e C18:0 (11,40%), não possuindo ácidos graxos de cadeia curta (com 4 a 10 átomos de carbono) .

A gordura do leite, no entanto, possui características diferentes da gordura vegetal, como a presença de ácidos graxos de cadeia curta (com menos de 10 átomos de carbono) e elevada proporção de ácidos graxos saturados. O teor de ácido oléico na gordura de leite bovino é de cerca de 28,5%, enquanto as porcentagens médias de C18:0, C16:0, C14:0, C12:0, C10:0, C8:0, C6:0 e C4:0 são, respectivamente, 12,1%, 26,9%, 10,8%, 2,9%, 2,5%, 1,2%, 2,2% e 3,6% (O'BRIEN, 2003).

A gordura utilizada apresentou também elevado teor de C18:1 *trans* (35,97%), o que a torna ainda mais diferente da gordura do leite. Assim como a gordura saturada, a gordura trans aumenta os níveis de LDL, o “mau” colesterol que circula no sangue. Seu efeito nocivo vai mais além, pois ela também diminui os índices do HDL, o “bom” colesterol (BRANDÃO, CUNHA, 2000). Portanto, neste trabalho, a substituição de gordura do leite por gordura vegetal traz como benefício nutricional apenas a ausência de colesterol.

Tabela 9. Composição em ácidos graxos (%m/m) da gordura vegetal.

Ácidos Graxos		(%)
C14:0	Mirístico	0,15
C16:0	Palmítico	11,53
C18:0	Estearico	11,40
C18:1 Trans	Elaídico	33,72
C18:1	Oléico	39,66
C18:2 Trans	Linoelaídico	2,25
C18:2	Linoléico	0,90
C20:0	Araquídico	0,22
C22:0	Behênico	0,17

4.4. Efeito dos teores de amido e gordura vegetal hidrogenada nos atributos de textura instrumental dos requeijões análogos

A textura dos requeijões culinários análogos depende de fatores que influenciam a composição, do estado físico dos componentes e do tipo de interação entre eles. As variações encontradas nos parâmetros de textura entre os requeijões culinários análogos parecem estar relacionadas principalmente à quantidade de substituição de gordura do leite por gordura vegetal e ao amido adicionado e, portanto, devem ser atribuídas às diferenças na composição de ácido graxo do creme e da gordura vegetal utilizada e às interações entre amido-proteína e amido-gordura. Outras causas para a variação na textura podem ser devidas à maneira como a gordura e o amido estão distribuídos e as interações entre estes e os demais constituintes, como proteínas.

Na textura instrumental dos requeijões culinários análogos foram analisados os parâmetros de dureza, adesividade, elasticidade e coesividade.

4.4.1. Dureza

A análise estatística foi realizada com o intuito de saber quais variáveis foram significativas em relação a variável dureza e também se a interação das variáveis foi significativa. Quando o efeito da interação não é significativo, pode-se analisar cada variável separadamente. A Tabela 10 mostra os efeitos das variáveis percentual de substituição de creme de leite por gordura vegetal e percentagem de adição de amido na variável dureza instrumental dos requeijões análogos.

Tabela 10. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores percentagem de gordura vegetal hidrogenada (GVH) e percentagem de amido (AM) da variável dureza.

	Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
Dureza	Média/interação	141,9921	12,92585	0,008185	141,9921
	GVH (L)	4,6117	7,91544	0,619084	4,6117
	GVH (Q)	20,4244	9,42128	0,162454	20,4244
	AM (L)	194,2287	7,91544	0,001657	194,2287
	AM(Q)	86,1802	9,42128	0,011741	86,1802
	GVH x AM (L)	26,3005	11,19411	0,143235	26,3005

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$)

GVH – percentagem de gordura vegetal hidrogenada / AM – percentagem de amido modificado

(L) – termo linear / (Q) – termo quadrático.

A percentagem de gordura vegetal hidrogenada não influenciou na dureza dos requeijões culinários análogos (Tabela 10). O efeito da interação GVH x AM (L) também não se apresentou significativo ($p \leq 0,10$) (Tabela 10). Apenas o fator percentagem de amido modificado influenciou a dureza dos requeijões análogos.

Para a variável dureza, os efeitos dos fatores porcentagem de amido modificado (L) e (Q) foram considerados significativos ($p \leq 0,10$) (Tabela 10) e apresentaram-se positivos, ou seja, o aumento da porcentagem de amido modificado aumentou a dureza dos requeijões análogos.

A Tabela 11 mostra as médias obtidas para a variável dureza dos requeijões culinários análogos.

Tabela 11. Valores obtidos para a variável dureza dos requeijões análogos.

Ensaio	%GVH	%AM	Dureza (g)
6	40	2	45,34
4	90	2	53,22
3	40	6	353,24
2	90	6	466,32
1	65	4	119,47
5	65	4	142,26
7	65	4	164,24
9	30	4	231,63
8	100	4	172,18
10	65	1,18	38,97
11	65	6,82	627,87

Como pode ser visto na Tabela 11, quanto maior a adição de amido modificado, maior foi a dureza do requeijão análogo. Bennett *et al.* (2006) também verificaram que a adição de amido aumentou a dureza do queijo processado análogo.

O aumento da dureza depende do tipo de amido e do nível de adição do mesmo (BENNETT *et al.*, 2006). Segundo Mounsey e O' Riordan (2001) o amido interage com a água disponível do queijo, formando um gel e aumentando a dureza do queijo.

Eliminando-se os fatores não significativos, verificou-se na análise de variância, pelo teste F (Tabela 12), a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 10%.

Tabela 12. Análise de variância do modelo ajustado para dureza dos requeijões análogos.

	Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	*Ftab
Dureza	Regressão	341532,1	2	170766,05	85,27	3,11
	Resíduo	16021,4	8	2002,675		
	Falta de ajuste	15018,9	6	2503,15	4,99	9,33
	Erro puro	1002,5	2	501,25		
	Total	357553,5	10			

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$).

SQ – soma quadrática / GL – graus de liberdade / MQ – média quadrática.

Fcal – F calculado / Ftab – F tabelado

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

O resultado da análise de variância mostrou que o modelo ajustado para a variável dureza da análise textura instrumental apresentou regressão significativa ($F_{cal} > F_{tab}$) ao nível de 10% e a falta de ajuste não significativa no mesmo nível. Portanto, diante desses resultados e do valor de R^2 (Tabela 13), o modelo para a variável dureza foi considerado preditivo.

Tabela 13. Modelo ajustado e coeficiente de determinação (R^2) para os parâmetros dureza dos requeijões culinários análogos.

Atributo	Modelo	R^2
Dureza	$161,21499 + 194,228681AM + 80,17309AM^2$	0,95519

AM – porcentagem de amido modificado

De acordo com o modelo ajustado, foram construídas as superfícies de resposta e de contorno para a avaliação da dureza instrumental dos requeijões culinários análogos (Figuras 6 e Figura 7).

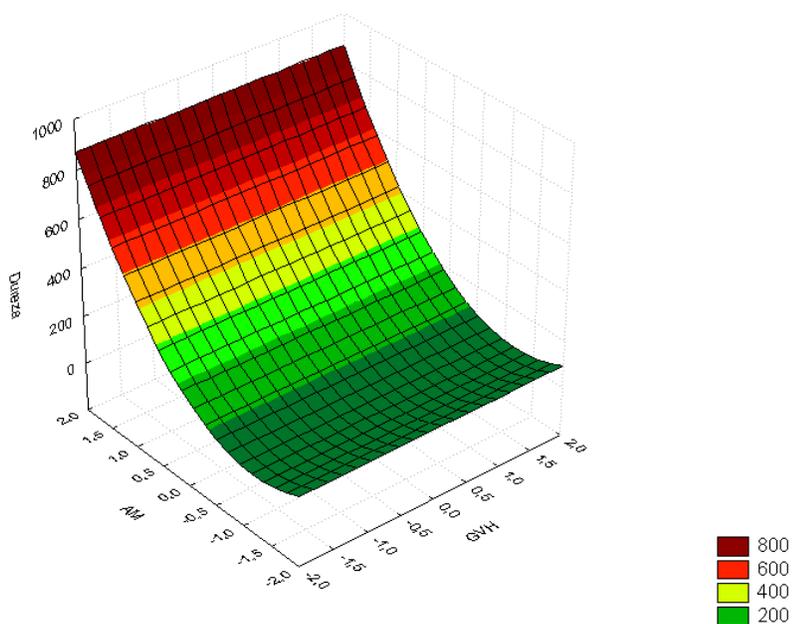


Figura 6. Superfície de resposta para a variável dureza da análise de textura instrumental dos requeijões análogos.

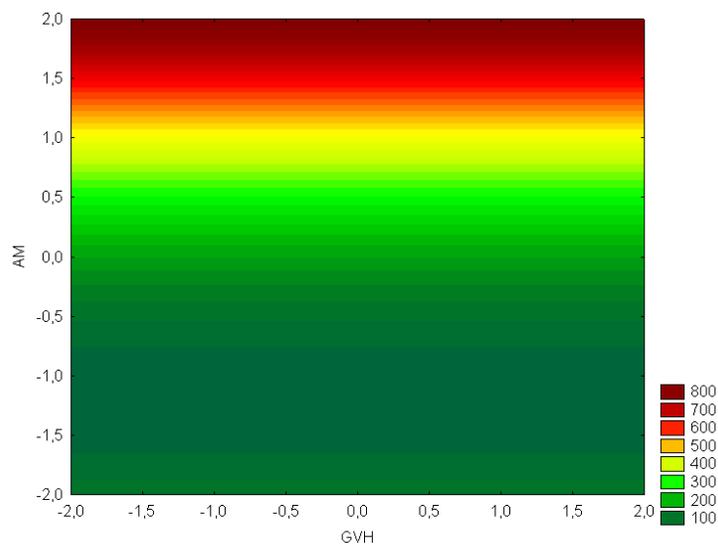


Figura 7. Superfície de contorno para a variável dureza da análise de textura instrumental dos requeijões análogos.

Analisando as superfícies de resposta e de contorno, Figura 6 e Figura 7, pode ser verificado que a região de análogos com maior dureza é a de adição de amido acima de 6%. No gráfico, 6% está codificado com o valor 1,0 no eixo AM. As Figuras 6 e 7 também mostram claramente que a porcentagem de substituição de gordura vegetal não influenciou a dureza dos requeijões análogos, o que significa que o tipo de gordura vegetal utilizado apresenta características similares às da gordura do leite, ou que as diferenças existentes não são suficientes para afetar a dureza do produto.

4.4.2. Adesividade

A segunda variável estudada na análise de textura instrumental foi a adesividade. Os resultados da estimativa dos efeitos, do erro puro, do grau de significância e do coeficiente de regressão são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores porcentagem de gordura vegetal hidrogenada (GVH) e porcentagem de amido (AM) da variável adesividade.

	Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
Adesividade	Média/interação	9,03252	55,35982	0,012036	500,0384
	GVH (L)	0,74023	33,90087	0,536263	25,0945
	GVH (Q)	1,09821	40,35020	0,386662	44,3131
	AM (L)	13,60178	33,90087	0,005362	461,1122
	AM(Q)	3,21320	40,35020	0,084728	129,6533
	GVH x AM (L)	1,45926	47,94301	0,281895	69,9615

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$)

GVH – porcentagem de gordura vegetal hidrogenada / AM – porcentagem de amido modificado
(L) – termo linear / (Q) – termo quadrático.

A gordura vegetal não influenciou significativamente ($p \leq 0,10$) a adesividade dos análogos. Só a porcentagem de amido adicionado influenciou significativamente a adesividade dos requeijões culinários análogos ($p \leq 0,10$) (Tabela 14).

Os termos linear e quadrático da porcentagem de amido apresentaram-se positivos, o que significa que quanto maior foi a porcentagem de amido modificado maior foi a adesividade do requeijão análogo.

Essa variação pode ser explicada pela estrutura da rede de proteína e extensão das interações entre a gordura, amido e a rede de paracaseína. A adição de amido na fabricação de queijos processados resulta em maior emulsificação da gordura, por diminuir a coalescência dos glóbulos de gordura que se apresentam com tamanho menor e também provoca maior separação da matriz de proteína (MOUNSEN et al., 2001).

A Tabela 15 mostra as médias obtidas para a variável adesividade dos requeijões culinários análogos.

Tabela 15. Valores obtidos para a variável adesividade dos requeijões análogos.

Ensaio	%GVH	%AM	Adesividade (g.s)
6	40	2	152,72
4	90	2	202,27
3	40	6	973,65
2	90	6	1303,04
1	65	4	390,14
5	65	4	543,33
7	65	4	566,65
9	30	4	667,75
8	100	4	541,76
10	65	1,18	150,63
11	65	6,82	1400,23

Os resultados da Tabela 15 mostram que os análogos com porcentagem de amido maior ou igual a 6% apresentam uma adesividade maior que os demais, ou seja, estes análogos requerem uma energia muito maior que a necessária que os demais para superar as forças atrativas entre sua superfície e a de outros materiais com o qual está em contato.

Tabela 16. Análise de variância do modelo ajustado para a variável adesividade dos requeijões análogos.

	Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	*Ftab
Adesividade	Regressão	1785065	2	892532,5	72,90	3,11
	Resíduo	97943	8	12242,9		
	Falta de ajuste	79555	6	13252,2	1,44	9,33
	Erro puro	18388	2	9194		
	Total	1883008	10			

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$).

SQ – soma quadrática / GL – grau de liberdade / MQ – média quadrática.

Fcal – F calculado / Ftab – F tabelado

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

Os resultados da análise de variância mostraram que o modelo ajustado para a variável adesividade da análise de textura apresentou regressão significativa ($F_{cal} > F_{tab}$) ao nível de 10% e a falta de ajuste não significativa no mesmo nível. Portanto, diante desses resultados e do valor de R^2 (Tabela 17), o modelo para a variável adesividade foi considerado preditivo.

Tabela 17. Modelo ajustado e coeficiente de determinação (R^2) para a variável adesividade da análise de textura dos requeijões análogos.

Atributo	Modelo	R^2
Adesividade	$541,74469 + 461,11216AM + 116,62010AM^2$	0,94799

AM – porcentagem de amido modificado

De acordo com o modelo ajustado, foram construídas as superfícies de resposta e de contorno para a avaliação da variável de adesividade da análise de textura (Figura 8 e Figura 9).

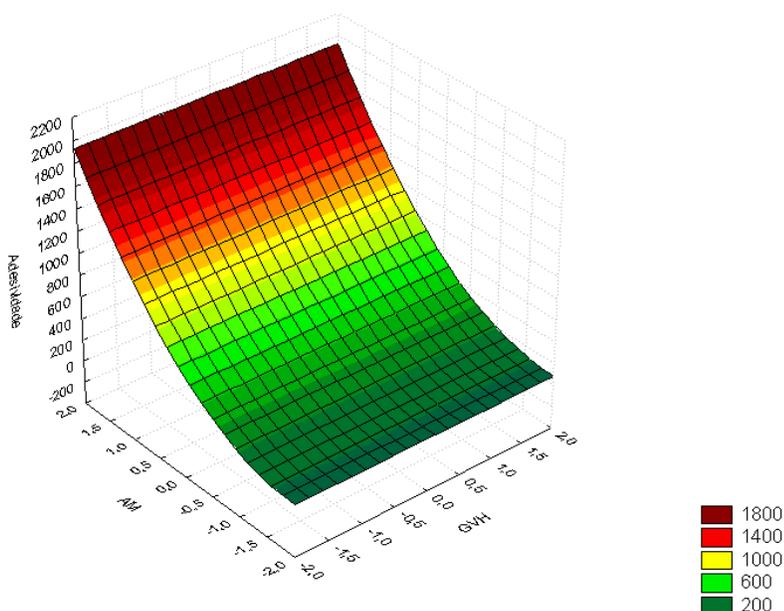


Figura 8. Superfície de resposta para a variável adesividade da análise de textura instrumental dos requeijões análogos.

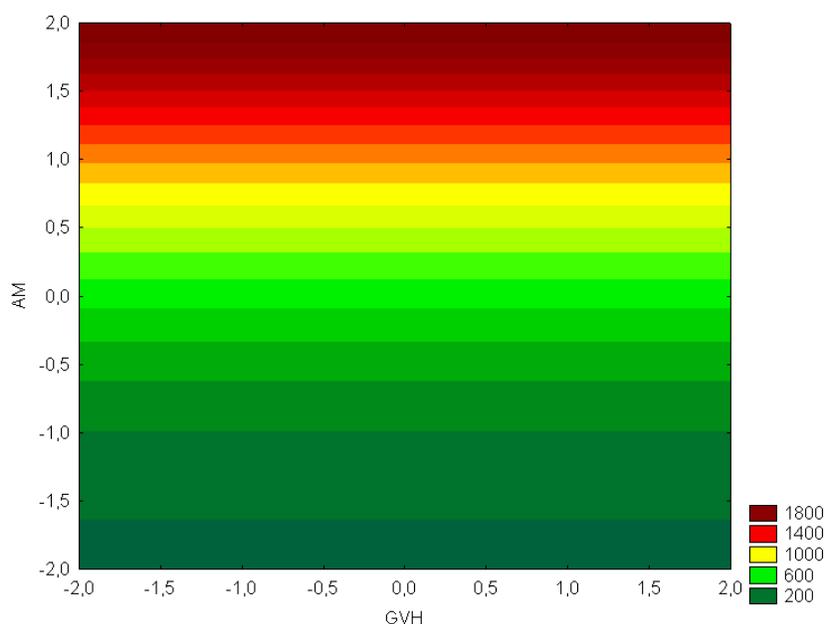


Figura 9. Superfície de contorno para a variável adesividade da análise de textura instrumental dos requeijões análogos.

A análise das superfícies de resposta e de contorno para a variável adesividade (Figura 8 e Figura 9) mostra que análogos com porcentagens de amidos inferiores a 3% (-0,5 no gráfico) apresentaram os menores valores de adesividade e a região de maior adesividade para teores de 6% ou .mais de adição de amido.

4.4.3. Elasticidade

A terceira variável estudada na análise de textura instrumental foi a elasticidade. Os resultados da estimativa dos efeitos, do erro puro, do grau de significância e do coeficiente de regressão estão demonstrados na Tabela 18.

Tabela 18. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores porcentagem de gordura vegetal hidrogenada (GVH) e porcentagem de amido (AM) da variável elasticidade.

	Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
Elasticidade	Média/interação	169,8155	0,005457	0,000035	0,926667
	GVH (L)	0,6828	0,003342	0,565187	0,002282
	GVH (Q)	0,2305	0,003977	0,839141	0,000917
	AM (L)	-3,4193	0,003342	0,075919	-0,011426
	AM(Q)	-11,1464	0,003977	0,007953	-0,044333
	GVH x AM (L)	-3,0154	0,004726	0,094630	-0,014250

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$)

GVH – porcentagem de gordura vegetal hidrogenada / AM – porcentagem de amido modificado (L) – termo linear / (Q) – termo quadrático.

A gordura vegetal não influenciou significativamente ($p \leq 0,1$) na elasticidade dos requeijões análogos.

Para a variável elasticidade os efeitos dos fatores porcentagem de amido modificado (L) e (Q) e o efeito da interação GVH x AM (L) foram considerados significativos ($p \leq 0,10$) (Tabela 18).

Os efeitos dos fatores porcentagem de amido modificado (L) e (Q) apresentaram-se negativos, ou seja, o aumento da porcentagem de amido diminuiu a elasticidade dos requeijões análogos.

Verificou-se ainda que houve interação negativa entre os fatores porcentagem de gordura vegetal e de amido (L).

A elasticidade dos queijos processados está relacionada com o teor de proteína. Provavelmente, a adição de amido aumentou o número de diferentes interações tais como amido/gordura e amido proteína, influenciando as características dos queijos. A ligação proteína-amido possui menor grau de

elasticidade que a ligação proteína-proteína, portanto quanto maior foi a porcentagem de amido, maior foi a interação proteína-amido diminuindo a elasticidade do requeijão análogo, como também ocorreu nos experimentos realizados por BENNETT *et al.* (2006).

A Tabela 19 mostra as médias obtidas para a variável elasticidade dos requeijões culinários análogos.

Tabela 19. Valores obtidos para a variável elasticidade dos requeijões análogos.

Ensaio	%GVH	%AM	Elasticidade
6	40	2	0,878
4	90	2	0,893
3	40	6	0,911
2	90	6	0,869
1	65	4	0,934
5	65	4	0,916
7	65	4	0,930
9	30	4	0,908
8	100	4	0,940
10	65	1,18	0,869
11	65	6,82	0,798

Os resultados da análise de variância (Tabela 20) mostraram que o modelo ajustado para a variável elasticidade da análise textura apresentou regressão significativa ($F_{cal} > F_{tab}$) ao nível de 10% e a falta de ajuste não significativa no mesmo nível. Portanto, diante desses resultados e do valor de R^2 (Tabela 21), o modelo para a variável elasticidade foi considerado preditivo.

Tabela 20 Análise de variância do modelo ajustado para a variável elasticidade dos requeijões análogos.

	Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	*Ftab
Elasticidade	Regressão	0,014155	3	0,0047183	13,03	3,07
	Resíduo	0,002536	7	0,0003622		
	Falta de ajuste	0,002357	5	0,0004714	5,26	9,29
	Erro puro	0,000179	2	0,0000895		
	Total	0,016691	10			

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$).

SQ – soma quadrática / GL – graus de liberdade / MQ – média quadrática.

Fcal – F calculado / Ftab – F tabelado

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

Tabela 21. Modelo ajustado e coeficiente de determinação (R^2) para a variável elasticidade da análise de textura dos requeijões análogos.

Atributo	Modelo	R^2
Elasticidade	$0,92753 - 0,01143AM - 0,04460AM^2 - 0,01425GVHxAM$	0,84806

AM – percentagem de amido modificado
GVH – percentagem de gordura vegetal

De acordo com o modelo ajustado foi construída a superfície de resposta e de contorno para a avaliação da variável de elasticidade da análise de textura (Figura 10 e Figura 11).

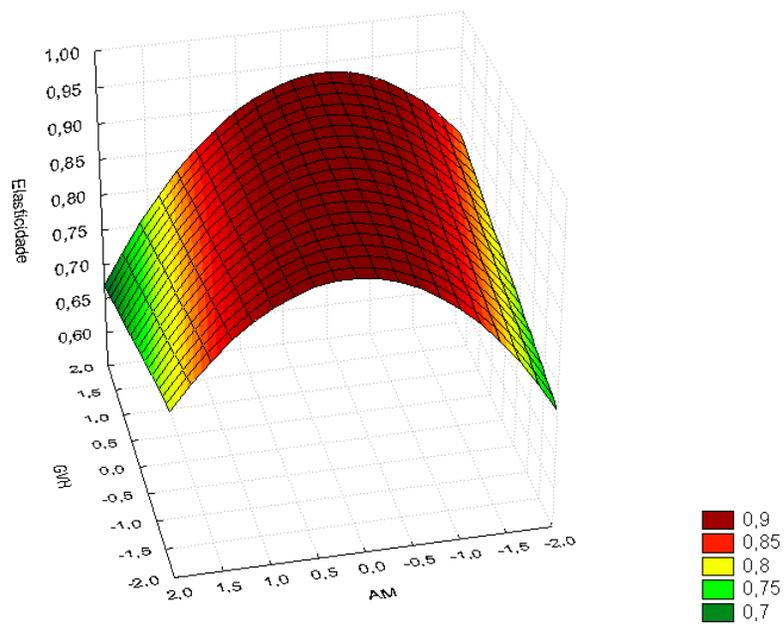


Figura 10. Superfície de resposta para a variável elasticidade da análise de textura instrumental dos requieijões análogos.

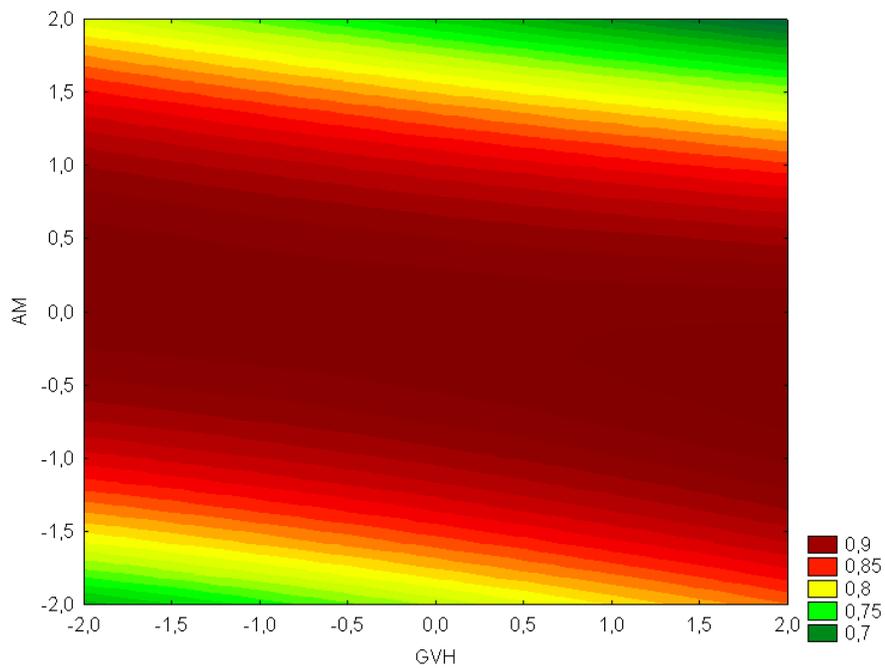


Figura 11. Superfície de contorno para a variável elasticidade da análise de textura instrumental dos requieijões análogos.

A Figura 11 mostra que a apesar da interação da gordura vegetal ter sido significativa na interação com o amido, essa interação abrange uma pequena faixa no gráfico, podendo ser considerado apenas o efeito do amido como fonte de variação na elasticidade do requeijão culinário análogo. As Figuras 10 e 11 mostram uma região de máximo de elasticidade compreendendo a faixa codificada de -0,5 a 0,5 de % de amido utilizado, que correspondem de 3% a 5%.

4.4.4. Coesividade

A última variável estudada na análise de textura instrumental foi a coesividade. A coesividade é uma força das ligações internas e demonstra o grau de deformação da amostra antes da ruptura com os molares (SZCZESNIAK *et al.*, 1963). Os resultados da estimativa dos efeitos, do erro puro, do grau de significância e do coeficiente de regressão estão demonstrados na Tabela 22.

Tabela 22. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores porcentagem de gordura vegetal hidrogenada (GVH) e porcentagem de amido (AM) da variável coesividade.

	Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
Coesividade	Média/interação	68,18478	0,008819	0,000215	0,601333
	GVH (L)	-1,31601	0,005401	0,318769	-0,007107
	GVH (Q)	-0,17177	0,006428	0,879425	-0,001104
	AM (L)	-4,99000	0,005401	0,037892	-0,026949
	AM(Q)	5,50650	0,006428	0,031433	0,035396
	GVH x AM (L)	-0,62192	0,007638	0,597442	-0,004750

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$)

GVH – porcentagem de gordura vegetal hidrogenada / AM – porcentagem de amido modificado

(L) – termo linear / (Q) – termo quadrático.

A gordura vegetal hidrogenada não influenciou significativamente na coesividade dos requeijões análogos ao nível de 10% (Tabela 22). A interação

entre gordura vegetal e amido modificado também não foi significativa ($p \leq 0,10$). Apenas o amido modificado influenciou a coesividade dos requeijões análogos.

Para a variável coesividade, os efeitos dos fatores porcentagem de amido modificado (L) e (Q) foram considerados significativos ($p \leq 0,10$) (Tabela 22). Para o termo linear do amido modificado o seu coeficiente foi positivo enquanto que para o termo quadrático foi negativo. Isso significa que, dentro dos valores de percentual de amido acima de 5,5% e abaixo de 4%, a coesividade se intensificou, porém na faixa de 4% a 5,5% de amido ocorreu uma redução da coesividade nos requeijões análogos. Em um estudo realizado por Mounsey e O'Riodan (2001), foi verificado que quando a proteína do queijo era substituída por amido, os valores de coesividade diminuam. O tamanho dos grânulos de amido e sua capacidade de inchar quando absorve água, possivelmente rompe os componentes da matriz do queijo análogo resultando numa fratura da rede de proteína quando submetida à pressão (MOUNSEY, O'RIODAN, 2001). A Tabela 23 mostra as médias obtidas para a variável coesividade dos requeijões culinários análogos.

Tabela 23. Valores obtidos para a variável coesividade dos requeijões análogos.

Ensaio	%GVH	%AM	Coesividade
6	40	2	0,681
4	90	2	0,655
3	40	6	0,652
2	90	6	0,607
1	65	4	0,588
5	65	4	0,598
7	65	4	0,618
9	30	4	0,581
8	100	4	0,591
10	65	1,18	0,708
11	65	6,82	0,610

Tabela 24. Análise de variância do modelo ajustado para a variável coesividade dos requeijões análogos.

	Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	*Ftab
Coesividade	Regressão	0,013697	2	0,0068485	14,70	3,11
	Resíduo	0,003727	8	0,0004658		
	Falta de ajuste	0,003260	6	0,0005433	2,32	9,33
	Erro puro	0,000467	2	0,0002335		
	Total	0,017424	10			

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$).

SQ – soma quadrática / GL – graus de liberdade / MQ – média quadrática.

Fcal – F calculado / Ftab – F tabelado

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

Os resultados da análise de variância mostraram que o modelo ajustado para a variável coesividade da análise textura apresentou regressão significativa ($F_{cal} > F_{tab}$) ao nível de 10% e a falta de ajuste não significativa no mesmo nível. Portanto, diante desses resultados e do valor de R^2 (Tabela 24), o modelo para a variável coesividade foi considerado preditivo.

Tabela 25. Modelo ajustado e coeficiente de determinação (R^2) para a variável coesividade da análise de textura dos requeijões análogos.

Atributo	Modelo	R^2
Coesividade	$0,60029 - 0,02695AM + 0,03572AM^2$	0,78614

AM – porcentagem de amido modificado

De acordo com o modelo ajustado foi construída a superfície de resposta e de contorno para a avaliação da variável de coesividade da análise de textura (Figura 12 e Figura 13).

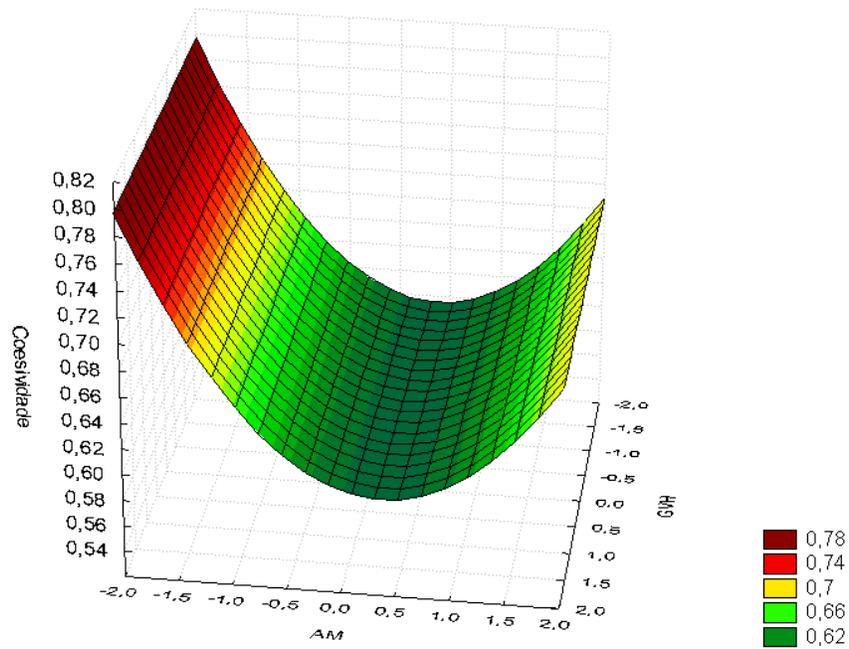


Figura 12. Superfície de resposta para a variável coesividade da análise de textura instrumental dos requeijões análogos.

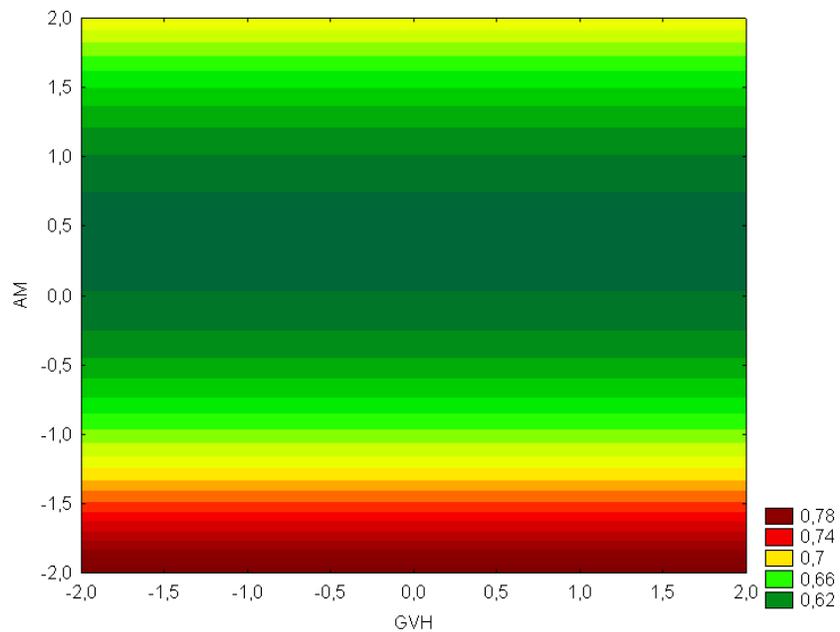


Figura 13. Superfície de contorno para a variável coesividade da análise de textura instrumental dos requeijões análogos.

As superfícies geradas para a variável coesividade, Figura 13 e Figura 14, demonstram que qualquer substituição de creme por gordura vegetal e teor de amido adicionado ao requeijão análogo abaixo de 1% (-1,5 no gráfico) resultarão em análogos com os maiores valores de coesividade. Na superfície de contorno (Figura 13) nota-se que para valores de 0 a 0,75 , ou seja, requeijões análogos com percentual de amido entre 4% e 5,5%, possuíram os menores valores de coesividade.

4.5. Efeito do teor de amido e gordura vegetal hidrogenada na aceitação sensorial e intenção de compra dos requeijões análogos.

Os resultados da avaliação sensorial dos produtos requeijões análogos obtidos são apresentados na Tabela 26.

Tabela 26. Médias dos atributos sensoriais aparência, cor, sabor, derretimento, firmeza, impressão global e intenção de compra dos análogos.

Ensaio	% GVH	% AM	Aparência	Cor	Sabor	Derretimento	Firmeza	Impressão global	Intenção de compra
6	40	2	5,53 ^d	6,26 ^t	6,25 ^{abc}	5,99 ^{cd}	5,81 ^{de}	6,02 ^{de}	2,89 ^c
4	90	2	6,6 ^{bc}	6,87 ^{bcdef}	6,73 ^{ab}	6,57 ^{abc}	6,26 ^{bcd}	6,69 ^{abcd}	3,46 ^{ab}
3	40	6	6,28 ^{cd}	6,95 ^{bcde}	6,13 ^{abc}	6,14 ^{bcd}	6,49 ^{abcd}	6,25 ^{bcde}	3,08 ^{bc}
2	90	6	5,57 ^d	6,43 ^{ef}	6,37 ^{abc}	5,98 ^{cd}	6,22 ^{cd}	6,16 ^{cde}	3,04 ^{bc}
1	65	4	7,14 ^{ab}	7,40 ^{ab}	6,45 ^a	6,37 ^{abcd}	7,02 ^{ab}	6,95 ^{ab}	3,54 ^{ab}
5	65	4	7,48 ^a	7,60 ^a	6,93 ^{abc}	6,86 ^{ab}	7,23 ^a	7,07 ^a	3,74 ^a
7	65	4	7,02 ^{abc}	7,26 ^{abc}	6,24 ^{abc}	6,51 ^{abc}	6,74 ^{abc}	6,82 ^{abc}	3,47 ^{ab}
9	30	4	6,80 ^{abc}	7,08 ^{abcd}	6,87 ^{ab}	6,97 ^a	7,09 ^a	7,01 ^a	3,89 ^a
8	100	4	6,71 ^{bc}	6,73 ^{cdef}	6,60 ^{ab}	6,58 ^{abc}	6,67 ^{abc}	6,71 ^{abcd}	3,47 ^{ab}
10	65	1,18	5,59 ^d	6,39 ^{ef}	5,72 ^c	5,68 ^d	5,39 ^e	5,68 ^e	2,81 ^c
11	65	6,82	5,78 ^d	6,47 ^{def}	6,07 ^{bc}	6,06 ^{cd}	6,09 ^{cde}	6,14 ^{cde}	3,15 ^{bc}

Os valores de uma mesma coluna, com a mesma letra, não diferem significativamente entre si (Teste de Tukey a 5% de significância).

A avaliação sensorial é um fator importante para se ter conhecimento quanto à aceitação dos análogos de requeijão culinário análogo por parte de consumidores em potencial. Essa análise teve como finalidade observar possíveis diferenças significativas entre as amostras com relação ao sabor, aparência, cor, derretimento, firmeza e impressão global numa escala de 1 a 9 e intenção de compra numa escala de 1 a 5.

Os requeijões culinários análogos se apresentaram estatisticamente diferentes em si para todos os parâmetros da avaliação sensorial ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os análogos receberam médias superiores a 6,0 na maioria das vezes para os atributos cor, sabor, firmeza, derretimento, impressão global e médias superiores a 3 para intenção de compra, salvo poucas exceções, demonstrando que os requeijões culinários análogos obtiveram boa aceitação sensorial pelos provadores. Nenhum ensaio obteve nota menor que 5 para os atributos cor, sabor, firmeza, derretimento, impressão global, demonstrando a ausência de rejeição dos análogos em todos os casos.

Por meio dos valores atribuídos às propriedades sensoriais, nota-se que os análogos com percentual de amido de 4% e porcentagem de gordura vegetal até 65%, foram os que obtiveram maior aceitação sensorial pelos provadores recebendo as maiores médias para todos os atributos (Tabela 26). Estes análogos também apresentaram as maiores notas quanto à intenção de compra (Figura 14).

A Figura 14 mostra a relação entre porcentagem de provadores e intenção de compra referente às amostras de requeijão culinário análogo.

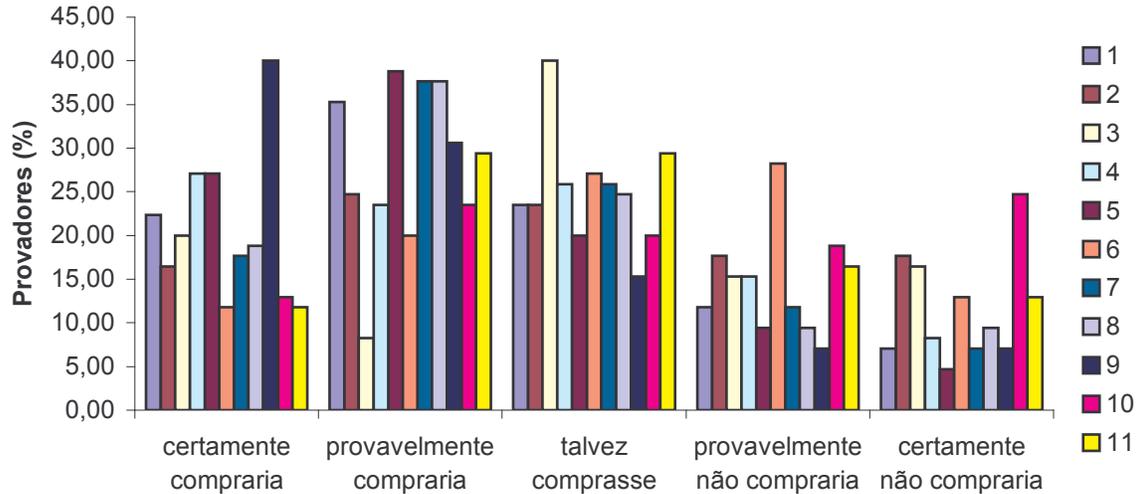


Figura 14. Relação entre porcentagem de provadores e intenção de compra referente às amostras de requeijão culinário análogo.

4.6. Efeito do teor de amido e de gordura vegetal na cor dos requeijões análogos.

O objetivo da análise de cor neste trabalho foi verificar a influência da substituição de creme de leite por gordura vegetal hidrogenada e a adição de amido modificado nos requeijões análogos. Sabe-se que a gordura vegetal hidrogenada apresenta cor mais esbranquiçada se comparada ao creme de leite que apresenta cor mais amarelada.

A análise da variável cor foi feita por meio de um colorímetro seguindo a escala de cor CIE Lab ($L^*a^*b^*$). Para melhor compreensão dos resultados tratados a Tabela 27 apresenta valores obtidos para a variável L^* e para as coordenadas cromáticas a^* e b^* da análise de cor dos requeijões análogos.

Tabela 27. Valores obtidos para a variável L* e para as coordenadas cromáticas a* e b* da análise de cor dos experimentos de otimização de requeijão.

Ensaio			Parâmetros da análise de cor		
	% GVH	% AM	L*	a*	b*
6	40	2	84,91	0,16	12,11
4	90	2	85,05	-0,27	10,70
3	40	6	84,33	0,18	12,28
2	90	6	85,25	-0,39	9,00
1	65	4	84,87	-0,27	10,28
5	65	4	84,81	-0,06	10,38
7	65	4	84,54	-0,02	11,24
9	30	4	85,66	-0,45	8,41
8	100	4	83,57	0,29	13,68
10	65	1,18	84,09	0,01	13,47
11	65	6,82	84,51	-0,20	10,78

Observa-se na Tabela 27 que a variável a* apresentou a maioria dos valores negativos, indicando tendência para a cor verde e a variável b* apresentou valores positivos, havendo então uma maior tendência para a cor amarela.

Vale salientar que a cor desenvolvida pelos três produtos é a combinação dos parâmetros a* e b* incluindo ainda o fator luminosidade (L*).

A Figura 11 mostra a região de cor através das coordenadas a* (eixo da abscissa) e b* (eixo da ordenada), além da luminosidade (L*) em que cada uma das amostras se encontra.

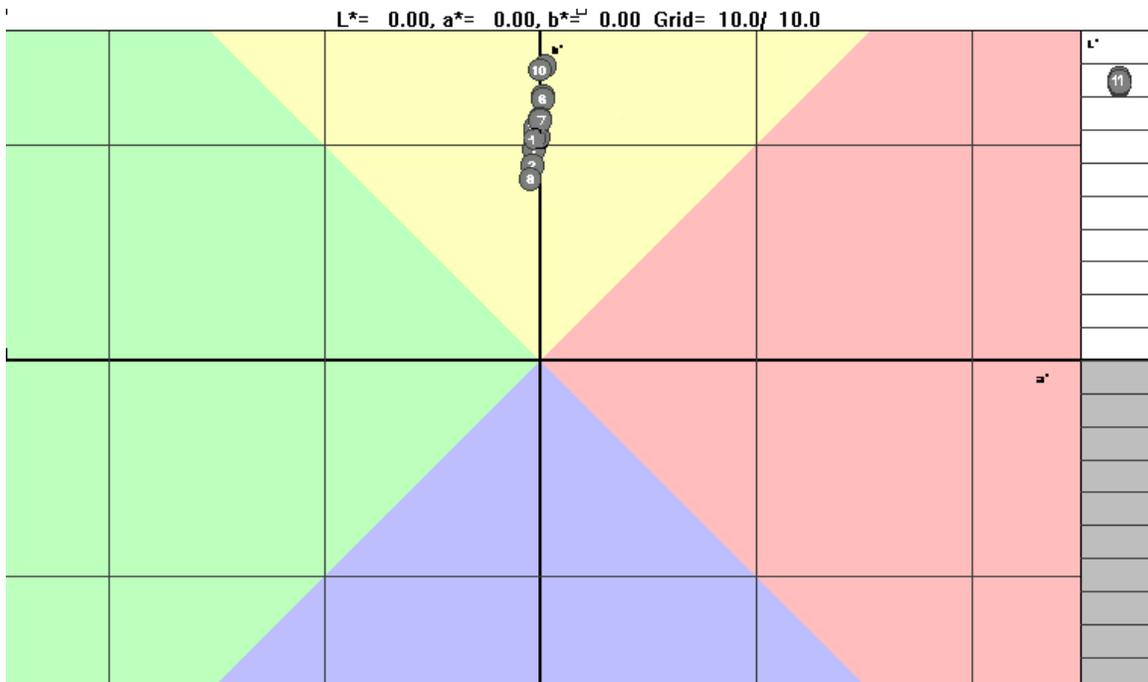


Figura 15. Gráfico com os valores de a^* , b^* e L^* para as amostras de requeijão culinário análogo.

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

A Tabela 28 mostra os efeitos dos fatores porcentagem de substituição de gordura vegetal e porcentagem de adição de amido modificado na variável L^* da análise de cor dos requeijões análogos.

Tabela 28. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores % de substituição de gordura vegetal e % de adição de amido modificado na variável L* da análise de cor dos requeijões análogos.

	Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
L*	Média/interação	834,9680	0,101489	0,000001	84,74000
	GVH (L)	7,5648	0,062149	0,017030	0,47014
	GVH (Q)	0,5999	0,073972	0,609486	0,04438
	AM (L)	0,4304	0,062149	0,708875	0,02675
	AM (Q)	-1,5293	0,073972	0,265812	-0,11312
	GVH x AM (L)	2,2186	0,087892	0,156744	0,19500

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$)

GVH – % de substituição de gordura vegetal hidrogenada/ AM - % de adição de amido modificado.
(L) – termo linear/ (Q) – termo quadrático.

Para a variável L* (luminosidade) apenas o efeito do fator porcentagem de substituição de gordura vegetal hidrogenada (L) foi considerado significativo ($p \leq 0,1$) (Tabela 28). Isto significa que a porcentagem de amido modificado não influenciou a luminosidade dos requeijões culinários análogos.

O efeito porcentagem de substituição de gordura vegetal hidrogenada (L) foi positivo para a variável L*, ou seja, o aumento da porcentagem de substituição de creme por gordura na formulação de requeijão análogo aumentou a sua luminosidade.

Tabela 29. Análise de variância do modelo ajustado para a coordenada cromática b^* e parâmetro L^* da análise de cor dos requeijões análogos.

	Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	*Ftab
L^*	Regressão	1,768277	1	1,768277	13,84	3,36
	Resíduo	1,149923	9	0,127769		
	Falta de ajuste	1,088123	7	0,155446	5,03	9,35
	Erro puro	0,061800	2	0,030900		
	Total	2,918200	10			

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$)

SQ – soma quadrática/ GL – graus de liberdade/ MQ – média quadrática.

Fcal – F calculado /Ftab – F tabelado.

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,10$

Os resultados da análise de variância mostraram que os modelos ajustados para a variável L^* da análise de cor (Tabela 29), apresentaram regressão significativa ($F_{cal} > F_{tab}$) ao nível de 10% e falta de ajuste não significativa no mesmo nível. Portanto, diante desses resultados e do valor de R^2 (Tabela 30), o modelo para a variável L^* foi considerado preditivo.

Tabela 30. Modelos ajustados e coeficiente de determinação (R^2) para a variável L^* da análise de cor dos requeijões análogos.

Atributo	Modelo	R^2
L^*	$84,69 + 0,47014 \text{ GVH}$	0,60595

GVH – porcentagem de gordura vegetal hidrogenada

De acordo com os modelos ajustados, foram construídas as superfícies de resposta e de contorno para a avaliação da variável L^* e da coordenada cromática b^* da análise de cor (Figuras 16 e 17).

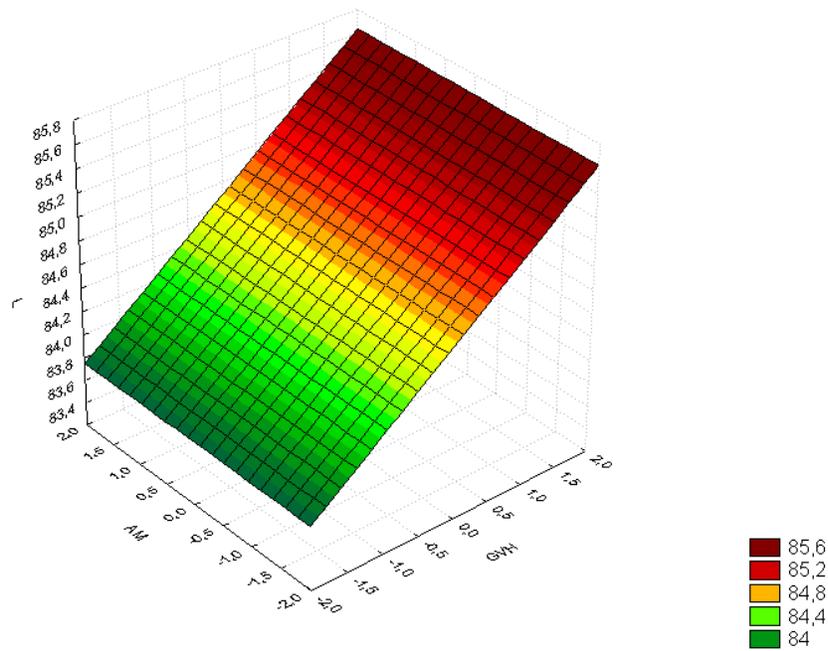


Figura 16. Superfícies de resposta para a variável L* (luminosidade) da análise de cor dos requijões análogos.

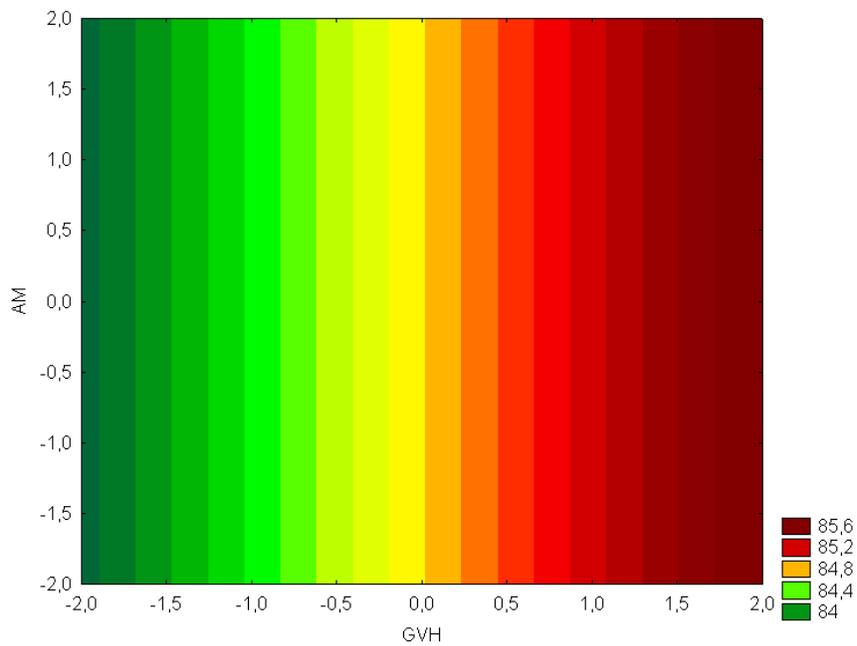


Figura 17. Superfícies de contorno para a variável L* (luminosidade) da análise de cor dos requijões análogos.

De acordo com a Figura 12 nota-se que quanto maior foi a porcentagem de gordura vegetal, maior foi a intensidade da variável L* (luminosidade). A porcentagem de adição de amido modificado não alterou o a luminosidade dos requeijões análogos.

4.6.2. Coordenada cromática a*

Tabela 31. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores % de substituição de gordura vegetal e % de adição de amido modificado na variável L* e nas coordenadas a* e b* da análise de cor dos requeijões análogos.

	Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
a*	Média/interação	-1,43270	0,090738	0,288316	-0,130000
	GVH (L)	-4,60386	0,055565	0,044083	-0,255815
	GVH (Q)	0,40636	0,066136	0,723835	0,026875
	AM (L)	-0,89306	0,055565	0,466062	-0,049623
	AM (Q)	0,29296	0,066136	0,797155	0,019375
	GVH x AM (L)	-0,44540	0,078581	0,699601	-0,035000

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$)

GVH – % de substituição de gordura vegetal hidrogenada/ AM - % de adição de amido modificado.

(L) – termo linear/ (Q) – termo quadrático.

Nenhuma das variáveis independentes (porcentagem de substituição de creme por gordura vegetal hidrogenada ou porcentagem de adição de amido) apresentou efeito significativo ($p < 0,10$) na coordenada cromática a* para a análise de cor (Tabela 31). Portanto, dentro das condições estudadas, não foi possível estabelecer um modelo matemático para a coordenada cromática a* e nem gerar uma superfície para este parâmetro da análise de cor.

4.6.3. Coordenada cromática b*

O efeito da porcentagem de substituição de gordura vegetal hidrogenada (L) apresentou-se negativo para a coordenada cromática b*, ou seja, o aumento da porcentagem de gordura vegetal na formulação de requeijão análogo diminuiu a intensidade de b* (Tabela 32). Isso significa que quanto maior foi a substituição de creme por gordura vegetal nos requeijões análogos, menor foi a intensidade da cor amarela nos requeijões análogos.

Tabela 32. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores % de substituição de gordura vegetal e % de adição de amido modificado na variável L* e nas coordenadas a* e b* da análise de cor dos requeijões análogos.

	Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
b*	Média/interação	24,86990	0,420991	0,001613	10,47000
	GVH (L)	-5,88768	0,257804	0,027657	-1,51786
	GVH (Q)	0,47865	0,306848	0,679407	0,14687
	AM (L)	-2,58639	0,257804	0,122598	-0,66678
	AM (Q)	2,23849	0,306848	0,154585	0,68688
	GVH x AM (L)	-1,28227	0,364589	0,328298	-0,46750

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$)

GVH – % de substituição de gordura vegetal hidrogenada/ AM - % de adição de amido modificado.

(L) – termo linear/ (Q) – termo quadrático.

Tabela 33. Análise de variância do modelo ajustado para a coordenada cromática b^* e parâmetro L^* da análise de cor dos requeijões análogos.

	Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	*Ftab
b^*	Regressão	18,43125	1	18,43125	15,93	3,36
	Resíduo	10,41100	9	1,15678		
	Falta de ajuste	9,34760	7	1,33537	2,51	9,35
	Erro puro	1,06340	2	0,53170		
	Total	28,84225	10			

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$)

SQ – soma quadrática/ GL – graus de liberdade/ MQ – média quadrática.

Fcal – F calculado /Ftab – F tabelado.

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,10$

Os resultados da análise de variância mostraram que o modelo ajustado para a coordenada cromática b^* (Tabela 33) apresentou regressão significativa ($F_{cal} > F_{tab}$) ao nível de 10% e falta de ajuste não significativa no mesmo nível. Portanto, diante desses resultados e do valor de R^2 (Tabela 34), o modelo para a coordenada cromática b^* foi considerado preditivo.

Tabela 34. Modelos ajustados e coeficiente de determinação (R^2) para a coordenada cromática b^* da análise de cor dos requeijões análogos.

Atributo	Modelo	R^2
b^*	11,07636 - 1,51787 GVH	0,63904

GVH – porcentagem de gordura vegetal hidrogenada

De acordo com o modelo ajustado, foram construídas as superfícies de resposta e de contorno para a avaliação da coordenada cromática b^* da análise de cor (Figuras 12 e 13).

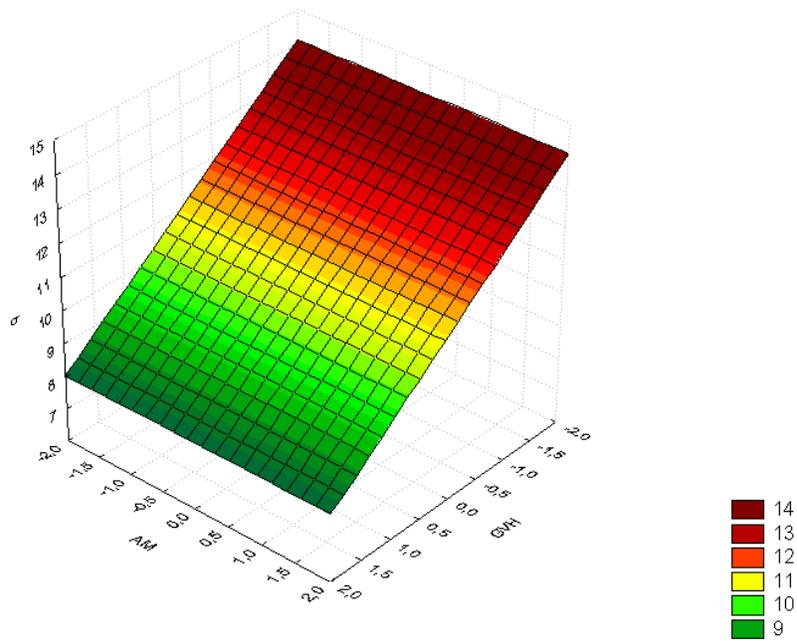


Figura 18. Superfície de resposta para a coordenada cromática b^* da análise de cor dos requeijões análogos.

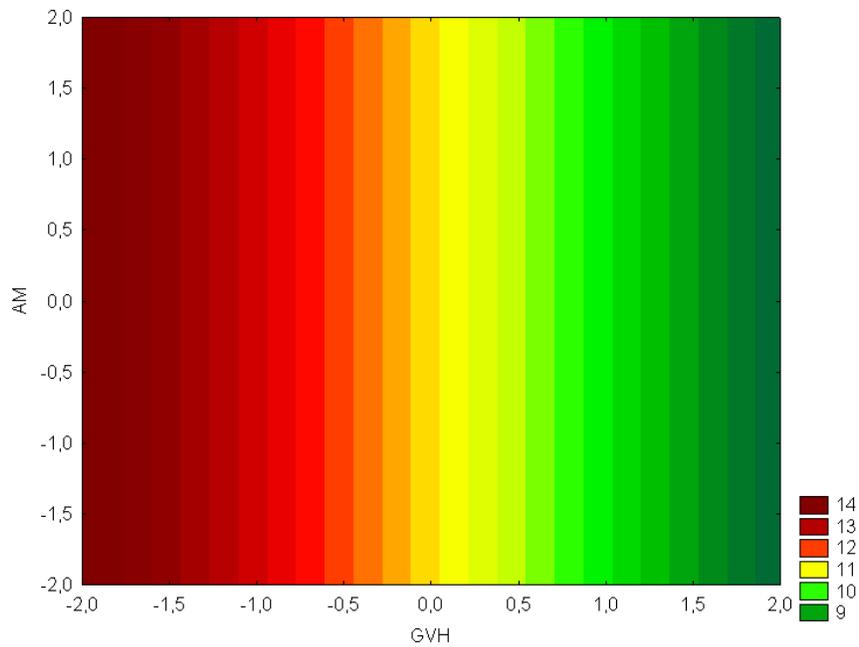


Figura 19. Superfície de contorno para a coordenada cromática b^* da análise de cor dos requeijões análogos.

A Figura 19 mostra que nos requeijões onde o teor de gordura vegetal foi menor, maior foi a intensidade de cor amarela nos requeijões culinários análogos. Em geral, os requeijões comerciais não apresentam cor amarela muito intensa. A porcentagem de adição de amido modificado não alterou a intensidade de cor amarela dos requeijões análogos.

4.7. Efeito do teor de amido e gordura vegetal hidrogenada na capacidade de derretimento dos requeijões análogos

A Tabela 35 apresenta o fluxo de queijo obtido no teste de derretimento para as amostras dos requeijões culinários análogos.

Tabela 35. Capacidade de derretimento dos requeijões análogos.

Ensaio	% GVH	% AM	Derretimento (cm)
6	40	2	7,80 b
4	90	2	8,73 b
3	40	6	4,17 c
2	90	6	3,30 c
1	65	4	3,60 c
5	65	4	3,70 c
7	65	4	3,50 c
9	30	4	3,57 c
8	100	4	3,57 c
10	65	1,18	17,17 a
11	65	6,82	3,76 c

*Médias com letras iguais em uma mesma linha não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$).

Como mostra a Tabela 35, o análogo que apresentou a maior capacidade de derretimento ($p < 0,05$), foi o análogo com menor porcentagem de adição de amido modificado (1,18%).

Os análogos que possuíam de 4 a 6,82% de amido modificado foram os que apresentaram menor capacidade de derretimento e os análogos que possuíam 2% de adição de amido apresentaram capacidade de derretimento intermediário se comparado aos demais de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Portanto, quando o percentual de amido modificado foi igual ou superior a 4%, todos os requeijões apresentaram baixa capacidade de derretimento, não havendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre eles. Esta análise comprova que para porcentagens de adição de amido maiores que 4% não houve alteração na capacidade de derretimento e que o derretimento de requeijão pode ser manipulado pela adição de amido. Este é um bom parâmetro de qualidade para requeijões que são utilizados como ingrediente ou recheio de alimentos que precisam passar pelo processo de fritura ou assamento (MOUNSEY, O'RIODAN, 1999). Como recheio, o requeijão deve manter a estrutura física, apresentando-se com aspecto de um creme encorpado, sem desmanchar quando assado ou frito.

Portanto, o aumento do teor de amido resultou em menor teor de água disponível no requeijão, dificultando seu escoamento e conseqüentemente diminuindo sua capacidade de derretimento. O mesmo fato foi registrado por outros autores (MOUNSEY, O'RIODAN, 1999, MOUNSEY, O'RIODAN, 2001, BENNETT *et al.*, 2006)

A tabela 36 mostra os efeitos dos fatores porcentagem de adição de amido e porcentagem de gordura vegetal hidrogenada na capacidade de derretimento dos requeijões análogos.

Tabela 36. Estimativa dos efeitos, erro puro, grau de significância e coeficiente de regressão dos fatores porcentagem de gordura vegetal hidrogenada (GVH) e porcentagem de amido (AM) da capacidade de derretimento dos requeijões análogos.

	Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
Capacidade de derretimento	Média/interação	62,3539	0,057735	0,000257	3,60000
	GVH (L)	0,2121	0,035355	0,851659	0,00750
	GVH (Q)	-6,4015	0,042081	0,023545	-0,26938
	AM (L)	-99,0819	0,035355	0,000102	-3,50308
	AM(Q)	75,5235	0,042081	0,000175	3,17813
	GVH x AM (L)	-9,0000	0,050000	0,012122	-0,45000

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$)

GVH – % de substituição de gordura vegetal hidrogenada/ AM - % de adição de amido modificado.

(L) – termo linear/ (Q) – termo quadrático.

Eliminando-se os fatores não significativos, verificou-se na análise de variância, pelo teste F (Tabela 37), a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 10%.

Tabela 37. Análise de variância do modelo ajustado para os parâmetros dureza, adesividade, elasticidade e coesividade para os requeijões análogos.

	Fonte de variação	SQ	GL	MQ	Fcal	*Ftab
Capacidade de derretimento	Regressão	164,9832	4	41,2458	17,24	3,18
	Resíduo	14,3543	6	2,3924		
	Falta de ajuste	14,3343	4	3,5836	358,36	9,24
	Erro puro	0,0200	2	0,01		
	Total	179,3375	10			

Valores em negrito apresentam-se significativos ao nível de 10% ($p \leq 0,1$).

SQ – soma quadrática / GL – graus de liberdade / MQ – média quadrática.

Fcal – F calculado / Ftab – F tabelado

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

Os resultados da análise de variância mostraram que o modelo ajustado para a capacidade de derretimento (Tabela 37), apresentou regressão significativa ($F_{cal} > F_{tab}$) ao nível de 10% e falta de ajuste também significativa ao mesmo nível. Portanto, diante desses resultados, os modelos para a capacidade de derretimento não foram considerados preditivos, não sendo possível construir as superfícies de resposta e de contorno para esta análise.

Os resultados obtidos permitem concluir que as variações no derretimento do requeijão ocorreram nas faixas abaixo de 4% de amido modificado. Portanto seria necessário realizar um novo estudo, estreitando os valores para a faixa de 0 a 4% de amido para se obter um modelo preditivo do comportamento do derretimento dos análogos nesta faixa de amido adicionado (0 a 3%).

4.8. Efeito do teor de amido e gordura vegetal hidrogenada no assamento e formação de bolhas dos requeijões análogos (“Baking/blistering test”)

Para melhor visualização das características funcionais dos requeijões culinários análogos, foram feitas fotografias do produto simulando condições assamento.

A Figura 20 mostra o análogo com 4% de amido e 65% de gordura vegetal. Pode-se notar que este análogo apresentou baixo derretimento e pequena liberação de óleo livre, suportando a temperatura de assamento sem desmanchar e sem escurecer excessivamente.



(a)



(b)

Figura 20. Fotografias realizadas do análogo com 4% de amido e 65% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).

A Figura 21 mostra um análogo com 6% de amido e 90% de gordura vegetal. Nota-se que este análogo foi muito parecido visualmente com o análogo da Figura 20, demonstrando que acima de 4% o requeijão apresenta baixo derretimento.

O análogo da Figura 22 também não apresentou derretimento e apresentou menos gordura vegetal que os das Figuras 20 e 21. Sendo assim pode-se perceber que a substituição de creme por gordura vegetal não influenciou significativamente o derretimento dos análogos de requeijão.



(a)



(b)

Figura 21. Fotografias realizadas do análogo com 6% de amido e 90% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).



(a)



(b)

Figura 22. Fotografias realizadas do análogo com 6% de amido e 40% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).

O análogo da Figura 23, com 2% de amido e 90% de gordura vegetal, apresentou significativo derretimento. A liberação de óleo livre é facilmente observada. Na fabricação dos requeijões análogos, o amido se liga à água livre, formando um gel, o que aumenta a viscosidade e dificulta o escoamento do produto quando assado. Portanto, quanto maior foi o percentual de amido adicionado, menor derretimento dos requeijões culinários análogos pode ser observado.



(a)

(b)

Figura 23. Fotografias realizadas do análogo com 2% de amido e 90% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).

A Figura 24 mostra o comportamento do análogo com 2% de amido e 40% de gordura vegetal. Por possuir o mesmo percentual de amido do análogo da Figura 23, pode ser observado que os dois produtos apresentam características bastante semelhantes.



(a)

(b)

Figura 24. Fotografias realizadas do análogo com 2% de amido e 40% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).

Nas Figuras 25 e 26 são mostrados respectivamente os análogos com 4% de amido e 100% e 30% de gordura vegetal submetidos ao assamento. Os análogos apresentaram características semelhantes, como baixo derretimento e pequena liberação de óleo, apesar de possuírem o máximo (100%) e mínimo (30%) de gordura vegetal utilizados neste estudo. Este fato comprova a não influencia da substituição de gordura vegetal no derretimento do requeijões culinários análogos. Vale lembrar que isso se aplica à gordura utilizada nesse estudo. Outros tipos de gordura vegetal hidrogenada, com outra composição de ácidos graxos e, portanto, com um perfil de fusão diferente, poderia resultar em comportamento diferente dos encontrados no presente estudo.



(a)

(b)

Figura 25. Fotografias realizadas do análogo com 4% de amido e 100% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).



(a)

(b)

Figura 26. Fotografias realizadas do análogo com 4% de amido e 30% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).

A Figura 27 apresenta o análogo com 1,18% de amido e 65% de gordura vegetal. Nota-se claramente que este produto apresentou excessivo derretimento e liberação de óleo livre. Este fato comprova que o amido ajuda o requeijão culinário a suportar altas temperaturas de assamento, sem apresentar derretimento excessivo e grande liberação de óleo. Para atingir os requerimentos de baixo ou nenhum derretimento e liberação de óleo para o requeijão culinário, nossos resultados indicam ser necessário o uso de menos 4% de amido.



(a)

(b)

Figura 27. Fotografias realizadas do análogo com 1,18% de amido e 65% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).

Na Figura 28 o requeijão possuía 6,82% de amido e 65% de gordura vegetal e não apresentou derretimento nem liberação de óleo livre.



(a)

(b)

Figura 28. Fotografias realizadas do análogo com 6,82% de amido e 65% de gordura vegetal antes (a) e após assamento por 10 minutos em forno a 250°C (b).

A análise visual das onze pizzas com os análogos de requeijão culinário comprova e reforça os resultados obtidos na análise da capacidade de derretimento (Tabela 34). Os análogos, com percentual de amido acima de 4%, apresentaram baixo derretimento e nenhuma liberação de óleo livre quando submetidos a altas temperaturas de assamento, apresentando as características desejadas para o uso culinário dos análogos de requeijão. O teste também demonstrou que a gordura vegetal não influenciou o derretimento dos análogos de requeijão culinário, sendo o amido o principal regulador desta característica, por ligar a água livre do requeijão culinário diminuindo seu escoamento quando assado ou frito.

4.9. Otimização das variáveis

Os requeijões culinários análogos com as maiores notas de aceitação sensorial em todos os atributos foram os que apresentaram 4% de amido e até

65% de gordura vegetal. Os análogos com percentual de amido acima de 4% apresentaram baixa capacidade de derretimento. Portanto, levando-se em consideração a otimização das características sensoriais e funcionais desejáveis para um requeijão culinário, é recomendável um teor de amido de 4% e substituição de até 65% de creme por gordura vegetal hidrogenada.

Sendo assim é possível estabelecer e recomendar parâmetros de qualidade para textura instrumental e capacidade de derretimento dos requeijões culinários análogos. Esses parâmetros são apresentados na Tabela 38.

Tabela 38. Parâmetros de qualidade recomendados para requeijões culinários análogos.

Textura	Mínimo	Máximo
Dureza (g)	119,47	231,63
Adesividade (g.s)	390,14	667,75
Elasticidade	0,908	0,934
Coesividade	0,581	0,618
Derretimento	Mínimo	Máximo
Fluxo de queijo (cm)	3,50	3,70

Os requisitos esperados de um requeijão culinário análogo são aceitação sensorial e baixa capacidade de derretimento. As análises de textura e derretimento são testes rápidos e fáceis de serem reproduzidos, ao contrário dos testes sensoriais, o que os recomenda como variáveis de qualidade possíveis de serem usadas pelos processadores de requeijão culinário.

Conclusões

- Os atributos do perfil de textura instrumental foram afetados unicamente pela proporção de amido adicionado ($P < 0,1$). A substituição de creme por gordura vegetal hidrogenada não influenciou os parâmetros de textura instrumental. O aumento do percentual de amido aumentou a dureza e a adesividade dos análogos e diminuiu a elasticidade e a coesividade dos mesmos.
- Apenas a substituição de creme por gordura vegetal influenciou na cor instrumental do requeijão culinário análogo. O aumento da proporção de gordura vegetal aumentou a luminosidade e diminuiu a intensidade da cor amarela dos requeijões análogos.
- Os análogos com maior aceitação sensorial e maior intenção de compra foram aqueles produzidos com 4% de amido e até 65% de substituição de creme por gordura vegetal.
- O tipo de gordura (do leite ou vegetal) não influenciou a capacidade de derretimento dos análogos de requeijão culinário. A variação do teor de amido resultou em diferenças significativas na capacidade de derretimento dos análogos de requeijão. Acima de 4% adição de amido não houve alteração no derretimento, que foi baixo mesmo quando submetido às altas temperaturas durante assamento.
- O uso de 4% de amido e até 65% de gordura vegetal na fabricação de análogos de requeijão culinário são as condições ótimas para a obtenção de produtos com as características sensoriais e funcionais desejáveis para uso culinário.

Referências Bibliográficas

- ABOU EL-NOUR, A.; SCHEURER, G.J.; BUCHHEIM, W. Use of rennet casein and milk protein concentrate in the production of spread-type processed cheese analogue. **Milchwissenschaft**, v.53, n.12, p.686-690, 1998.
- ANÔNIMO. Critérios para escolha de um coagulante. **Informativo HÁ-LA biotec, CHR Hansen**, ano XIV, n° 82, julho/agosto, Brasil, 2004.
- ANÔNIMO. Queijos Processados. **Informativo HÁ-LA biotec, CHR Hansen**, ano XI, n° 71, setembro/outubro, Brasil, 2002.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16 ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC International, 1997. Vol. II.
- AOCS – AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the AOCS**. 5 ed. Champaign: AOCS, 1998.
- BACHMANN, H. Cheese analogues: a review. **International Dairy Journal**, v.11, p.505-515, 2001.
- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1995. 299p.
- BENNETT, R. J.; TRIVEDI, D.; HEMAR, Y.; REID, D. C. W.; ILLINGWORTH, D.; LEE, S. K. The effect of starch addition on the rheological and microstructural properties of model process cheese. **Australian Journal of Dairy Technology**, v. 61, n. 2, p. 157-159, julho, 2006.
- BERGER, W.; KLOSTERMEYER, H.; MERKENICH, K.; UHLMANN, G. **Processed cheese manufacture**. A Joha Guide. BK Landenburg, 1989, 238p.

- BRANDÃO, S. C. C.; CUNHA, F. C. O último vilão dos alimentos: a gordura hidrogenada. **Revista Industria de Laticínios**. Set/out, p. 61-65, 2000.
- 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 1997. Disponível em <http://www.agricultura.org.br> . Acesso em: 9 de outubro de 2004.
- 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.
- CAVALCANTE, A. B. D.; PINHEIRO, A. J. R.; MOSQUIM, M. C. A.A.V. Requeijão: uso de gordura vegetal como substituto parcial da gordura do leite na fabricação do requeijão tradicional. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.47, n.279/281, p.62-65, 1992.
- CEREDA, M. P. **Propriedades Gerais Do Amido**. Série: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas. Fundação Cargill , São Paulo, 2001, 814p.
- CONDACK, J.; FURTADO, M. M.; MOSQUIM, M. C. A. V.; RODRIGUES, L. H. Aproveitamento do soro de queijo através do processo de ultrafiltração para elaboração do requeijão cremoso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.47, n.279/281, p.65-66 1992.
- CRUZ, R.; CIACCO, F. C. **Fabricação de Amido e sua Utilização**. Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, Série Tecnologia Agroindustrial, São Paulo, 1985,152p.
- DUTRA, E. R. P.; MUNCK, A. V. **Tecnologia de Queijos**, Instituto de Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, 1997, 134 p.

- ELUERS, G.; COSTA, M. R. Sais Fundentes JOHA. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 47, n. 279/281, p. 49-51, 1992.
- ECK, A. **O Queijo**. Título original: Le Fromage. Coleção Euroagro, Publicações Europa-America, 1º volume, 1987, 337p.
- ELIASSON, A . **Starch in Food: Structure, Function and Applications**, Woodhead Publishing Limited, England and CRC Press, USA, 2004, 582p.
- FERNANDES, A.G.; VALLE, J.L.E.; CAMPOS, S.D.S.; MORI, E.E.M. Formulação de sais emulsificantes para a elaboração de requeijão cremoso e outros tipos de queijos fundidos. Parte II. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.40, n.238, p.27-39, 1985.
- FURTADO, M. M.; **A arte e a ciência do queijo**. Publicações Globo Rural, 1990, São Paulo, 297 p.
- GARRUTI, D. S.; BRITO, E. S.; BRANDÃO, T. M.; UCHÔA, P. J.; SILVA, M. A.; Desenvolvimento do Perfil Sensorial e Aceitação de Requeijão Cremoso, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 23(3), p.434-440, set-dez, 2003.
- GIGANTE, M. L.; GARRUTI, R. S.; ROIG, S. M. Uso da gordura vegetal alimentar na fabricação de queijo tipo imitação. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.47, n.279/281, p.77-83, 1992.
- GIGANTE, M. L.; ROIG, S. M. Substituição de gordura láctea por gordura vegetal em queijo minas frescal. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 41, n. 249, p. 30-37, 1987.
- GIGANTE, M. L. **Requeijão cremoso obtido por ultrafiltração de leite pré-acidificado adicionado de concentrado protéico de soro**. Campinas, 1998.

122p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

GUNASEKARAN, S.; AK, M. M. **Cheese Rheology and Texture**. CRC Press, USA, 2002, 637p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo: D.B. Rebocho, 1985.

KAPOOR, R.; METZGER, L. E. Small-scale manufacture of process cheese using a rapid visco analyzer. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.3382-3391, 2005.

KOSIKOWSKI, F. Imitation, substitute and alternative foods. In: **Cheese and fermented milk food**. 2 ed., Brooktoudale, cap. 26, 470-482, 1978.

LIMA, M. **Requeijão muda de roupa e de fórmula**. Jornal Valor Online, 2005.
Disponível em :

<http://www.valoronline.com.br/valoreconomico/285/empresasetecnologia/empresas/Requeijao+muda+de+roupa+e+de+fórmula.html>. Acesso em: 12 de outubro de 2006.

LOBATO-CALLEROS, C.; VERNON-CARTER, E. J.; SÁNCHEZ-GARCIA, J.; GARCIA-GARLINDO, H. S. Textural characteristics of cheese analogs incorporating fat replacers. **Journal of Texture Studies**, v. 28, p.619-632, 1997.

LUCEY, J. A.A.; JOHNSON, M. E.; HORNE, D.S. Invited Review: Perspectives on the Base of the Rheology and Texture Properties of Cheese. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.2725-2743, 2003.

MARCHIORI, E. Salvem o requeijão. **Revista Indústria de Laticínios**. ANO 10, nº 58, JUL/AGO, p. 56-63, 2005.

- MARTINS, J.F.P. ;FERNANDES, A.G. **Processamento de requeijão cremoso e outros queijos fundidos**. ITAL Campinas:1981.
- MAURER-ROTHMANN, A.; SCHEURER G. **Stabilization of milk protein systems**. A Joha Guide. BK Giulini Gmbh, Ludwigshafen, Germany, 2005, 50p.
- MEYER, A. **Process cheese manufacture**. London: Food Trade Press, 1973. 360p.
- MOSQUIM, M. C. A. V.; CAVALCANTE, A. B. D.; PINHEIRO, A. J. R. Requeijão: efeito do bicarbonato de sódio e da relação caseína/gordura na elaboração e na qualidade do requeijão tradicional. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.47, n.279/281, p.58-62, 1992.
- MORENO, I.; VIALTA, A.; VALLE, J. L. Efeitos das várias etapas do processamento de requeijão e queijos fundidos na microbiota do leite. **Caderno fazer Melhor**, Mar/Abr, p.63-66, 2002.
- 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, 1999, p.701-703.
- MOUNSEY, J. S.; O'RIORDAN, E. D. Characteristics of imitation cheese containing native starches. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 4, 2001, p.586-591.
- MUIR, D.D.; TAMIME, A.Y.; SHENANA, M.E.; DAWOOD, A.H. Processed cheese analogues incorporating fat-substitutes. 1. Composition, microbiological quality and flavor changes during storage at 5°C. **Lebensm.-Wiss. U.-Technology**, v.32, p.41-49, 1999.

- MUNCK, A. V.; CAMPOS, W. A. Requeijão: um produto brasileiro. **Informe agropecuário**. 42(115): 35-8, julho, 1984.
- O'BRIEN, R. D. **Fat and Oils: formulations and processing for applications**. CRC Press, Segunda edição, USA, 2003, 670p.
- OLIVEIRA, C. S. Queijos artificiais. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 39, n. 235, p.49-51, 1986.
- OLIVEIRA, J. S. **Queijo: fundamentos tecnológicos**. Editora Ícone, Campinas, Brasil, 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.
- PAULA, J. C. J. **Elaboração e estabilidade de bebida carbonatada aromatizada à base de soro de leite**. Viçosa, 2005. 57p. Tese (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa.
- PINHEIRO, A. J. R.; CAVALCANTE, A. B. D.; MOSQUIM, M. C. A.A.V. Requeijão: conservação da massa protéica para a fabricação do requeijão cremoso tradicional. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 47, n. 279/281, p.52-58, 1992.
- 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. I.; IEMMA, F.A. **Planejamento de experimentos e otimização de processos** – Uma estratégia seqüencial de planejamentos, Casa do Pão editora, Campinas, 2005, 326p.
- RUDAN, M. A.; BARBANO, D. M. A model of Mozzarella cheese melting and browning during pizza baking. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2312-2319, 1997.
- SAXELIN, M.; KORPLA, R.; MÄKINEN-MÄYRÄ, A. **Introduction: classifying functional dairy products**. In: Sandholm, T. M.; Saarela, m. (Ed). **Functional Dairy Products** CRC Press, Cambridge, England, 2003, Cap. 1, p.4-16.
- SCHÄR, W.; BOSSET, J. O. Chemical and Physico-chemical changes in processed cheese and resdy-made fondue during storage. A Review. **Lebensm.-Wiss. U.-Technology**, v.35, p.15-20, 2002.
- SZCZESNAIK, A. S., BRANDT, M. A., FRIEDMAN, H. H. Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and sensory methods of texture evaluation. **Journal of Food Science**, vol. 28, p. 397-403, 1963.
- SHIRASHOJI, N.; JAEGGI, J.J.; LUCEY, J. A.A. Effect of trisodium citrate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.15-28, 2006.

- SILVA, A. T.; VAN DENDER, A. G. F.; MORI, E. M.; MORENO, I.; YOTSUYANAGI, K. Avaliação comparativa das características do requeijão cremoso produzido com massa obtida por acidificação direta a quente e por ultrafiltração. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, nº 327, Juiz de Fora, vol. 57, p. 262-265, jul/ago de 2002
- SOARES, F. M.; FONSECA, L. M.; MARTINS, R. T.; MACHADO, E. C.; PEREIRA JR., F. N.; FONSECA, C. S. P. Influência do concentrado protéico de sro na composição do requeijão em barra com teor de gordura reduzido. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 54, n. 6, Belo Horizonte, dez., 2002.
- 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, 391p.
- VAN DENDER, A. G. F.; ALVES, R. M. V.; SILVA, A. T.; JAIME, S. B.; JUNQUER, R. L.; SILVA, V. M.; ABUJAMRA, F. Determinação da oxidação de requeijão cremoso pelo método de TBA. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, nº 327, Juiz de Fora, vol. 57, p. 53-60, jul/ago de 2002.
- VENTURA, R. R. Requeijões do nordeste; tipos e fabricações. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 42, n. 254, p.3-21, 1987.
- ZEHREN, V. L.; NUSBAUM, D. D. **Process cheese.** New Holstein: Cheese Reporter, 1992. 364p.

ANEXO I – Cálculos para a fabricação dos requeijões e análogos

Dados

Extrato seco desengordurado do creme (Kg)	ESDc
% GBS desejada no produto (63 %)	GBSpf
% G da massa (análise)	Gm
% G do creme (análise)	Gc
% ST desejado no produto (37%)	STpf
% ST da massa (análise)	STm
% ST do creme (análise)	STc
% U da massa (análise)	Um
% U do creme (análise)	Uc
% U da gordura vegetal (análise)	Ug
Peso da massa	Mm
Quantidade de NaCl a ser adicionada (1,8 %)	STs
Quantidade de sal fundente a ser adicionada (1,8 %)	STsf

Requeijão Culinário análogo

1. Cálculo da quantidade de creme (Mc) e gordura vegetal (Mg) a ser adicionada

$$GBSpf = \frac{Gm + Gc}{STm + STs + STsf + STc}$$

$$GBSpf = \frac{Gm.Mm + Gc.Mc}{STm.Mm + STs.Mm + STsf.Mm + STc.Mc}$$

2. Cálculo da quantidade de água a ser adicionada (Mágua)

$$STpf = STmassa + STsais + STcreme + STgordura$$

$$ST_{pf} = ST_m.M_m + ST_s.M_m + ST_{sf}.M_m + ST_c.M_c + ST_g.M_g$$

$$ST_{pf} \quad - \quad 37 \%$$

Máguapf - 63 % = Massa de água no produto final

$$\text{Máguapf} = \underline{\hspace{2cm}} \text{g}$$

$$\text{Mas: } \text{Máguapf} = U_m.M_m + U_c.M_c + U_g.M_g + \text{Mágu}$$