



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

“Estudo Comparativo das Características Físicas e Químicas,
Reológicas e Sensoriais do Requeijão Cremoso Obtido por
Fermentação Láctica e Acidificação Direta”

Campinas - SP
1997



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


**“Estudo Comparativo das Características Físicas e Químicas,
Reológicas e Sensoriais do Requeijão Cremoso Obtido por
Fermentação Láctica e Acidificação Direta”**

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por MÁRCIA RAPACCI aprovada pela Comissão Julgadora em 14 de novembro de 1997.

MÁRCIA RAPACCI
Mestre em Ciências de Alimentos

Campinas, 14 de novembro de 1997.


Profa. Dra. ARIENE GIMENES F.
VAN DENDER - Presidente da
Banca

Dra. ARIENE GIMENES FERNANDES, VAN DENDER
Orientadora

**Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de
Doutor em Tecnologia de Alimentos.**

**Campinas - SP
1997**

UNIDADE	BC
Nº ORIENTAÇÃO	
TP	11/11/97
EX	18e
V.	18e
TOMBO	20/32484
PROD.	281/97
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	16/12/97
Nº CPD	

CM-00104140-1

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

R18e

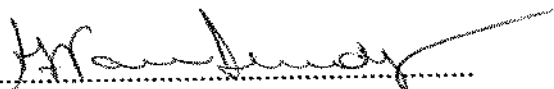
Rapacci, Márcia

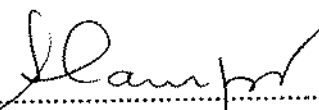
Estudo comparativo das características físicas químicas, reológicas e sensoriais do requeijão cremoso obtidos por fermentação lácticas e acidificação direta / Márcia Rapacci. -- Campinas, SP: [s.n.], 1997.

Orientador: Ariene Fernandes Gimenes Van Dender
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos.


1. Indústrias de laticínios. 2. Queijos. 3. Fermentação.
4. Ácido láctico. I. Van Dender, Ariene Fernandes Gimenes.
II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia de Alimentos. III. Título.


BANCA EXAMINADORA

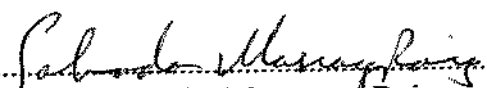

Dra. Ariene Gimenes Fernandes Van Dender
Instituto de Tecnologia de Alimentos
Presidente


Dra. Sônia Dedeca da Silva Campos
Instituto de Tecnologia de Alimentos
Membro Titular

Profa. Dra. Walkiria Hanada Viotto
Universidade Estadual de Campinas
Membro Titular


Dr. Lúcio Alberto Forti Antunes
Chr. Hansen Indústria e Comércio Ltda.
Membro Titular


Prof. Dr. Arnaldo Yoshiteru Kuaye
Universidade Estadual de Campinas
Membro Titular


Prof. Dr. Salvador Massagué Roig
Universidade Estadual de Campinas
Membro Suplente

Prof. Dr. Ismael Antônio Bonassi
Universidade Estadual de Botucatu
Membro Suplente

*Aos meus pais,
Laura e Osmar (em memória),
Aos meus irmãos e sobrinhos
pelo amor e carinho de toda vida!*

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. José Sátiro de Oliveira por sua orientação no início deste trabalho e por me ter ensinado a fascinante arte de fazer queijos.
- À Dra. Ariene Gimenes Fernandes Van Dender por sua orientação e apoio demonstrado durante o desenvolvimento deste trabalho.
- À Dra. Sonia Dedeca da Silva de Campos por sua colaboração na avaliação das características reológicas dos requeijões, por suas criteriosas sugestões, por sua atenção nos últimos meses que antecederam a entrega deste trabalho e pela amizade.
- À Dra. Emilia Emico Miya Mori, por sua dedicada colaboração na coordenação da avaliação sensorial dos requeijões e amizade.
- À Vera Lúcia Signorelli Baldini por sua dedicada colaboração na realização das análises de eletroforese de gel de poliacrilamida e pela amizade.
- Ao Prof. Dr. Carlos Grosso por sua participação na execução das análises de gel de poliacrilamida.
- À Dilza Maria Bassi Mantovani por sua colaboração nas determinações de cálcio, potássio, magnésio, fósforo e sódio envolvidas neste trabalho.
- Ao Katumi Yotsuyanagi por sua participação nas análises estatísticas dos resultados.
- Às técnicas do Centro de Tecnologia de Laticínios - TECNOLAT: Verônica, Tânia Leite, Gislaine, Rose, Adriana e Thalita pelo auxílio na realização das análises físicas e químicas envolvidas neste trabalho e pela amizade.
- Aos funcionários do Centro de Tecnologia de Laticínios - TECNOLAT: José Rubens, Aparecido e José Carlos pelo auxílio nos processamentos realizados neste trabalho e pela amizade.
- Às técnicas do Laboratório de Análises Físicas, Sensoriais e Estatística - LAFISE: Eliana, Fabiana, Adriana e Cristina pelo auxílio na realização das avaliações de textura e sensorial dos requeijões processados neste experimento e pela amizade.
- Às bolsistas de iniciação científica do CNPq: Angela, Mônica, Luciana e Daniela pela participação na realização dos processamentos e análises físicas e químicas deste projeto.
- Ao José Ricardo Crepaldi Ganancio, pelo colaboração na execução dos processamentos de requeijão cremoso.
- Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, em especial, ao Centro de Tecnologia de Laticínios - TECNOLAT, pela oportunidade concedida.

Agradeço

- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio à pesquisa - projeto: "Estudo Físico e Químico da Fusão da Massa do Requeijão Cremoso" - Processo nº 92/3638-8.
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento e Pesquisa (CNPq) pela bolsa de estudo concedida.
- À Pontifícia Universidade Católica do Paraná, em especial, ao Departamento de Engenharia de Alimentos, pelo apoio prestado durante a execução deste trabalho e aos colegas professores Sílvia, Elisa, Luiza, Ester, Álvaro e Ricardo Kosak.
- À Escola Senai "Prof. Dr. Euriclydes de Jesus Zerbini", em especial ao Curso Técnico de Alimentos, pelo fornecimento das cópias deste trabalho e aos colegas professores Angelucci, Cíntia e Osório.
- Ao Sr. Werner Geiger pelo auxílio na otimização do emprego do equipamento Stephan-UM-12.
- Ao meu amigo Guilherme de Almeida Souza Tedrus, por sua participação nas correções finais e pela força que me deu nos últimos meses que antecederam a entrega deste trabalho.
- Aos professores da Faculdade de Engenharia de Alimentos, em especial, aos mestres e doutores do Departamento de Tecnologia de Alimentos, pelos conhecimentos transmitidos, os quais contribuíram consideravelmente para minha formação acadêmica.
- Aos meus amigos do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos: Ana Lourdes, Cláudia, Bette, Dora, Nilo e Ana Maria pelas horas agradáveis que passamos juntos no início deste trabalho e pela inestimável amizade.
- Aos meus irmãos Eduardo, César, Eliana e Cássia pelo incentivo e apoio demonstrado durante a execução deste trabalho e pelo carinho.
- À Gislaine e ao Luis Fernando pelo auxílio na digitação e pela dedicada colaboração nas correções finais e formatação deste trabalho.
- À todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram na execução desse trabalho.
- À Deus, por tudo.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL	i
ÍNDICE DE TABELAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMO	ix
SUMMARY	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. Considerações Gerais sobre Requeijão Cremoso	2
2.2. Tecnologia Tradicional de Processamento do Requeijão Cremoso	5
2.2.1. Matéria-prima	5
2.2.2. Pasteurização	7
2.2.3. Obtenção da Massa	7
2.2.3.1. Coagulação Enzimática	7
2.2.3.2. Coagulação Ácida	8
2.2.4. Tratamento da Massa	11
2.2.5. Dessora	12
2.2.6. Correção do pH	13
2.2.6.1. Lavagem da Massa	14
2.2.6.2. Adição de Sais Emulsificantes	15
2.2.7. Moagem da Massa	20
2.2.8. Adição de Água	20

2.2.9.	Adição de Gordura	21
2.2.10.	Adição de Cloreto de Sódio	22
2.2.11.	Processo de Fusão	23
2.2.11.1.	Princípio da Fusão da Massa de Queijo Processado	23
2.2.11.2.	Propriedades de Fusão da Massa	25
2.2.11.3.	Cozimento da Massa	27
2.2.11.4.	Tempo de Processo	29
2.2.11.5.	Agitação	30
2.2.12.	Vácuo	31
2.2.13.	Embalagem	31
2.2.14.	Resfriamento	33
2.2.15.	Características Reológicas do Requeijão Cremoso	34
2.2.16.	Características Organolépticas do Requeijão Cremoso	38
2.2.17.	Principais Defeitos de Queijos Processados	40
2.2.17.1.	Escurecimento não-enzimático	43
2.2.17.2.	Formação de Cristais	43
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	45
3.1.	Matéria-prima	45
3.1.1.	Leite	45
3.2.	Coadjuvantes Tecnológicos	46
3.2.1.	Culturas Lácticas	46
3.2.2.	Ácido Láctico	46
3.2.3.	Cloreto de Sódio	46
3.2.4.	Crema de Leite	46
3.2.5.	Sal Emulsificante	46
3.3.	Preparo dos Coágulos Ácidos de Caseína	47
3.3.1.	Acidificação Direta a Quente	47
3.3.2.	Coagulação por Fermentação Láctica	47
3.4.	Técnica de Fabricação do Requeijão Cremoso	47
3.4.1.	Procedimento de Fabricação do Requeijão Processado com Massa Obtida por Fermentação Láctica	49

3.4.2.	Procedimento de Fabricação do Requeijão Processado com Massa Obtida por Acidificação Direta a Quente	52
3.5.	Procedimentos de Amostragem	55
3.6.	Determinações Analíticas	55
3.6.1.	Avaliações Físicas e Químicas	56
3.6.1.1.	pH	56
3.6.1.2.	Acidez Titulável	56
3.6.1.3.	Extrato Seco Total	57
3.6.1.4.	Gordura	57
3.6.1.5.	Cinzas	57
3.6.1.6.	Minerais	57
3.6.1.7.	Cloreto de Sódio	58
3.6.1.8.	Nitrogênio Total	58
3.6.1.9.	Nitrogênio Solúvel	58
3.6.1.10.	Nitrogênio Não-Protéico	58
3.6.1.11.	Eletroforese de Gel de Poliacrilamida (Uréia - PAGE)	59
3.6.1.12.	Gordura no Extrato Seco	59
3.7.	Avaliação da Capacidade de Fusão da Massa	59
3.7.1.	Método em Estufa	59
3.7.2.	Método em Banho-Maria	60
3.8.	Avaliação das Características Reológicas do Requeijão Cremoso	61
3.9.	Avaliação Sensorial dos Requeijões	63
3.9.1.	Identificação dos Principais Atributos Sensoriais do Requeijão Cremoso	63
3.9.2.	Escolha do Padrão	64
3.9.3.	Análise Descritiva Quantitativa de Amostras Processadas no ITAL	64
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
4.1.	Parâmetros de Fabricação de Requeijão Cremos	66
4.2.	Avaliações Físicas e Químicas	69
4.2.1.	Massas Processadas por Fermentação Láctica e Acidificação Direta a Quente.....	69
4.2.1.1.	pH	70
4.2.1.2.	Grau de Desmineralização da Massa	74

4.2.1.3.	Acidez Titulável	76
4.2.1.4.	Extrato Seco Total	77
4.2.1.5.	Proteína Total.....	78
4.2.1.6.	Cinzas.....	79
4.2.2.	Capacidade de Fusão das Massas	79
4.2.2.1.	Método em Banho-Maria	80
4.2.3.	Composição Física e Química do Requeijão Cremoso	83
4.2.3.1.	pH	83
4.2.3.2.	Extrato Seco Total e Gordura no Extrato Seco	86
4.2.3.3.	Nitrogênio Total, Solúvel e Nitrogênio não-Protéico	88
4.2.3.4.	Perfil Eletroforético das Frações de Caseína.....	91
4.2.3.5.	Cinzas e Minerais	94
4.3.	Características Reológicas	96
4.3.1.	Elasticidade	99
4.3.2.	Coesividade	100
4.3.3.	Adesividade	102
4.3.4.	Firmeza	104
4.4.	Resultados do Teste Sensorial	108
4.4.1.	Representação Gráfica dos Resultados da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) por Análise de Componentes Principais (ACP)	108
4.4.1.1.	Atributos de Aparência e Textura.....	109
4.4.1.2.	Atributos de Sabor e Aroma	114
5.	CONCLUSÕES	122
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
	ANEXOS	139

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 01.	Fluxograma geral de fabricação de requeijão cremoso utilizando massa obtida por fermentação láctica	52
FIGURA 02.	Fluxograma geral de fabricação de requeijão cremoso, utilizando massa obtida pela acidificação direta a quente	55
FIGURA 03.	Valores médios de pH dos soros (1ª e 4ª dessoras) e das águas de lavagem (2ª e 3ª dessoras) obtidas na etapa de desacidificação da massa	71
FIGURA 04.	Restauração do equilíbrio salino da massa obtida por fermentação láctica por meio da prática da lavagem com leite	72
FIGURA 05.	Grau de desmineralização da massa obtida por fermentação láctica e precipitação ácida medido por meio da quantidade de minerais (Ca, P, Na e Mg) presentes no soro	75
FIGURA 06.	Capacidade de fusão da massa obtida por fermentação láctica (em minutos) dos processos FS9 ₁ , FS9 ₂ , FS9 ₃ , FS10 ₁ , FS10 ₂ e FS10 ₃	80
FIGURA 07.	Capacidade de fusão da massa obtida por fermentação láctica (em minutos) dos processos LS9 ₁ , LS9 ₂ , LS9 ₃ , LS10 ₁ , LS10 ₂ e LS10 ₃	81
FIGURA 08.	Eletroforese em gel de poliacrilamida (Uréia-PAGE) do requeijão cremoso fabricado com massa obtida por fermentação láctica.....	92
FIGURA 09.	Eletroforese em gel de poliacrilamida (Uréia-PAGE) do requeijão cremoso fabricado com massa obtida por acidificação ácida a quente.....	92
FIGURA 10.	Gráficos do Perfil de Textura da Amostra Padrão e dos Requeijões, obtidos no Analisador de Textura TA-XT2 (Texture Profile Analysis)	100
FIGURA 11.	Valores médios do parâmetro elasticidade dos requeijões fabricados com massa obtida por fermentação láctica e acidificação direta a quente, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10	102
FIGURA 12.	Valores médios parâmetro coesividade dos requeijões fabricados com massa obtida por fermentação láctica e acidificação direta a quente, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10	103
FIGURA 13.	Valores médios dos parâmetros de adesividade dos requeijões fabricados com massa obtida por fermentação láctica e acidificação direta a quente	

	utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10	103
FIGURA 14.	Valores Médios dos Resultados de Firmeza dos Requeijões Fabricados com Massa Obtida por Fermentação Láctica e Acidificação Direta a Quente, Utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de Sal Emulsificante Tipo S9 e S10	105
FIGURA 15.	Representação gráfica da análise dos componentes principais dos atributos aparência e textura dos requeijões dos processos FS9 ₂ , FS10 ₂ , LS9 ₂ e LS10 ₂	110
FIGURA 16.	Representação gráfica da análise dos componentes principais dos atributos sabor e aroma dos requeijões dos processos FS9 ₂ , FS10 ₂ , LS9 ₂ e LS10 ₂	115

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 01. Valores médios das características físicas e químicas do leite	46
TABELA 02. Descrição dos tratamentos e siglas de identificação	49
TABELA 03. Valores médios da composição física e química da massa obtida por fermentação láctica, antes e após a lavagem com leite e dos soros (1 ^a e 4 ^a dessoras)e das águas de lavagem com água filtrada (2 ^a e 3 ^a dessoras)	69
TABELA 04. Valores médios da composição física e química da massa e do soro obtidos por acidificação direta a quente	70
TABELA 05. Valores médios da composição física e química dos requeijões dos processos FS9 ₁ , FS9 ₂ , FS9 ₃ , FS10 ₁ , FS10 ₂ e FS10 ₃	84
TABELA 06. Valores médios da composição física e química dos requeijões dos processos LS9 ₁ , LS9 ₂ , LS9 ₃ , LS10 ₁ , LS10 ₂ e LS10 ₃	84
TABELA 07. Valores Médios dos Resultados do Perfil de Textura dos Requeijões dos Processos FS9 ₁ , FS9 ₂ , FS9 ₃ e FS10 ₁ , FS10 ₂ , FS10 ₃ , LS9 ₁ , LS9 ₂ , LS9 ₃ e LS10 ₁ , LS10 ₂ , LS10 ₃	98
TABELA 08. Resultados obtidos na análise sensorial dos atributos de aparência e textura.....	112
TABELA 09. Resultados obtidos na análise sensorial dos atributos de sabor e aroma	117

RESUMO

Foi realizado um estudo comparativo das características físicas, químicas, reológicas e sensoriais do requeijão cremoso fabricado com massa obtida por fermentação láctica, adicionado de fermento láctico acidificante, composto de *Lactococcus lactis ssp lactis* e *Lactococcus lactis ssp cremoris* e massa obtida por acidificação direta a quente, pela adição direta de ácido láctico ao leite aquecido a 80°C, utilizando em cada formulação dois tipos de sal emulsificante à base de polisfosfatos de sódio (JOHA S9 e S10) nas seguintes proporções: 2,0%, 2,5% e 3,0%.

O processo de obtenção da massa por acidificação direta a quente, demonstrou ser uma técnica bastante prática de coagulação das proteínas do leite, no entanto, requeijões resultantes deste processo, apresentaram sabor menos acentuado do que requeijões processados com massas obtidas por fermentação láctica.

As massas obtidas por fermentação láctica e por acidificação direta, foram submetidas a um estudo criterioso quanto as características físico-químicas como: pH, acidez titulável, conteúdo de minerais (Ca, P, Mg e Na), extrato seco total e nitrogênio total. O grau de desmineralização das massas obtidas pelos dois processos de acidificação foi avaliado através da perda de minerais (Ca, P, Mg e Na) no soro. Observou-se que os conteúdos de minerais perdidos no soro da massa obtida por fermentação láctica foi maior do que a obtida por acidificação ácida. A capacidade de fusão das massas obtidas por fermentação láctica e acidificação direta com 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10, respectivamente, foi avaliada empregando-se o método em banho-maria a 80°C. Massas obtidas por fermentação láctica e adicionadas de 2%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10, apresentaram melhores propriedades de fusão do que as massas obtidas por acidificação direta.

O efeito peptizante que os sais emulsificantes exercem sobre as proteínas, foi avaliado através das determinações de nitrogênio solúvel e nitrogênio-não protéico nos requeijões e observado através do perfil eletroforético das frações de caseína. Os resultados obtidos dos teores de nitrogênio solúvel e não-protéico, demonstraram que os sais emulsificantes S9 e S10, parecem não influenciar significativamente na peptização das proteínas. O mesmo foi observado através do perfil eletroforético das frações de caseína.

O perfil de textura dos requeijões foi avaliado em um texturômetro e os parâmetros analisados foram elasticidade, coesividade, adesividade e firmeza. Os gráficos do perfil de textura revelaram que os aspectos das curvas da amostra padrão e dos requeijões apresentaram comportamento bastante similares entre si. Verificou-se que as amostras de requeijão fabricadas por fermentação láctica apresentaram uma tendência de se tornarem mais firmes com o aumento do teor de sal emulsificante. Requeijões processados com massa obtida por acidificação direta apresentaram um decréscimo de firmeza com o aumento da concentração de sal emulsificante, enquanto que comparando-se os sais, em uma mesma concentração, tem-se que a utilização do sal tipo S10 proporcionou, sempre, um produto mais firme.

As amostras de requeijão foram avaliadas sensorialmente quanto aos seguintes parâmetros: aparência, textura, sabor e aroma. Os resultados obtidos revelaram que os tipos de sais emulsificantes pouco influenciaram as características sensoriais. A principal influência foi devido ao tipo de processo. Requeijões fabricados com massa obtida por fermentação láctica foram mais caracterizados pelo sabor ácido e fermentado, enquanto que requeijões processados com massa obtida por acidificação direta a quente foram caracterizados pelo sabor doce. Os resultados da análise sensorial revelaram que os produtos foram caracterizados pelos seguintes parâmetros: cremosidade, adesividade, viscosidade, espalhabilidade e formação de fios. Os parâmetros cremosidade e formação de fios não foram influenciados significativamente ($p > 0,05$) pelo tipo de processo de acidificação ou tipo de sal emulsificante.

SUMMARY

This study was about the manufacturing of “requeijão cremoso” that is a processed spread cheese. The curd was obtained by an acid fermentation using a starter composed by *Lactococcus lactis ssp lactis* e *Lactococcus lactis ssp cremoris*, and by acid precipitation by direct addition of lactic acid to milk heated at 80°C. Levels of 2,0, 2,5 and 3,0% of emulsifying salts containing sodium polyphosphate (S9 and S10 - JOHA) were tested.

Acid precipitation process showed to be a practical method for milk protein coagulation, however, the resulting cheese had less flavour than cheese produced by lactic fermentation.

Total acidity, pH, mineral content (Ca, P, Mg e Na), total and soluble nitrogen were determined for all curds. It was observed that the minerals losses of the whey were greater for lactic fermentation than for acid precipitation. Melting properties of the curds were evaluated by the methods of oven and water bath, this one showed better results.

The peptizant effect of the emulsifying salts was evaluated by the content of soluble nitrogen and non-proteic nitrogen of the “requeijões”, and by eletrophoretic pattern of casein fractions. Both results showed that the influence of the salts S9 and S10 were very similar.

The Texture Profile Analysis of the processed cheeses were determined using a texturometer. The more representative parameters for this product were elasticity, cohesiveness, adesiveness and firmness. The results showed once again that the type of emulsifying salt had no influence on the texture parameters, however the precipitation method had some one.

The type of emulsifying salt had a little influence on the sensory profile. The main influence was due to processing type. The “requeijão” obtained by lactic fermentation had an acid taste and a fermented flavour, meanwhile the other one had a sweet taste. The sensory evaluation of texture showed that the product is characterized by the parameters of: creaminess, adesiveness, viscosity, spreadability and thread-forming. The parameters creaminess and thread-forming weren't significantly ($p>0,05$) influenced neither by acidifying form nor by the salt type.

1. INTRODUÇÃO

Na fabricação de queijos fundidos, a fusão da massa é, sem dúvida, uma etapa que influencia diretamente na qualidade do produto final. Apesar disto, os fenômenos físicos e químicos que ocorrem no processo de fusão do coágulo ácido de caseína não estão cientificamente bem esclarecido, necessitando, assim, de estudos mais aprofundados.

No caso específico de queijos fundidos, a fusão adequada depende das características da massa com relação à acidez e ao equilíbrio salino entre o cálcio e o caseinato (MEYER, 1973; OLIVEIRA, 1986; BERGE *et alii*, 1989). Além desses fatores intrínsecos à massa, outros fatores, tais como: temperatura, agitação, tempo de fusão, tipo e quantidade de sais fundentes utilizados, etc., podem interferir significativamente no processo de fusão, alterando o sabor, a consistência e a textura do produto final (SHIMP, 1985; OLIVEIRA, 1986; PIROT, 1988a, b). Entre os fatores citados acima, a escolha adequada dos sais emulsificantes tem sido considerada como o fator que mais contribui na definição das características do produto final (SHIMP, 1985; PIROT, 1988a, b).

De acordo com OLIVEIRA (1986), no caso específico do requeijão cremoso no Brasil, a prática da adição de sais emulsificantes para correção do pH da massa, no momento da fusão, deveria ser evitada devido ao pronunciado sabor salino resultante, além de outros tipos de defeitos que podem ser encontrados com relação à consistência e textura.

Considerando-se a falta de informações na literatura sobre o fenômeno da fusão de um coágulo ácido e os reais efeitos que os sais emulsificantes exercem sobre a qualidade do queijo resultante, o presente trabalho propõe-se a estudar as mudanças físicas e químicas que ocorrem no momento da fusão, bem como buscar possíveis informações que talvez possam ser aplicadas à tecnologia de fabricação do requeijão cremoso brasileiro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Considerações Gerais sobre Requeijão Cremoso

O requeijão é um queijo tipicamente brasileiro, originário de antigas regiões produtoras de creme destinado à fabricação de manteiga, onde o leite desnatado, considerado naquela época como subproduto, era usado na fabricação de requeijão artesanal, na maioria das vezes de consumo restrito à própria fazenda (MUNK & CAMPOS, 1984).

Segundo as peculiaridades da colonização brasileira, esses produtos assumiram diversas tecnologias, dando origem a uma grande variedade de produtos. Mais que uma classificação, os requeijões brasileiros são caracterizados pelas regiões de implantação (VENTURA, 1987).

Com o nome de requeijão, encontram-se queijos com diferentes conteúdos de umidade, desde bem cremosos, com propriedade de espalhabilidade como o requeijão cremoso, até bastante firmes, possíveis de serem cortados em fatias, como o requeijão do norte. O mesmo acontece com relação ao teor de gordura, que pode variar desde bastante alto, quase como um creme fermentado, até requeijões praticamente desprovidos de gordura. Não existe, portanto, um padrão típico para os produtos comercializados com a denominação de requeijão (OLIVEIRA, 1986; CAVALCANTE, 1991).

O requeijão do nordeste ou do norte ou queijo de manteiga difundiu-se exclusivamente na região canavieira do Brasil-colônia, que hoje corresponde ao nordeste brasileiro. Tudo indica que esse requeijão seja um produto genuinamente brasileiro, em razão de ser resultante de adaptação das influências portuguesa, espanhola, africana, indígena e brasileira (VENTURA, 1987).

O requeijão mineiro ou crioulo é um produto ligeiramente salgado, obtido pela coagulação espontânea do leite, geralmente desnatado, seguido de dessoramento e lavagem da massa. A massa protéica é fundida com o creme previamente cozido, resultando em um produto com tonalidade marrom escuro (SOUZA, 1947; VENTURA, 1987).

Nas regiões sul e sudeste do Brasil, o uso de creme de leite foi grande, originando produtos com diversas denominações tais como: requeijão de creme, requeijão comum, requeijão creme suíço e requeijão cremoso (VENTURA, 1987).

O Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), no seu artigo 612, define requeijão como sendo um produto obtido pela fusão de misturas de creme de leite com massa de coalhada, dessorada e lavada (BRASIL, 1962). A legislação apresenta suas características quanto ao formato, peso, crosta, consistência, textura e cor, porém não define a sua composição.

De acordo com a classificação genérica de queijos, o requeijão cremoso pertence ao grupo dos queijos denominados fundidos, processados ou pasteurizados (OLIVEIRA, 1986).

O queijo processado ou fundido é definido como um produto resultante da mistura de queijos de diferentes tipos e graus de maturação, com adição de sais emulsificantes, onde a mistura é submetida ao aquecimento sob vácuo parcial com agitação constante até obtenção de uma massa homogênea (CARIC' & KALÁB, 1987).

De acordo com o Regulamento Técnico Mercosul de Identidade e Qualidade de Queijos Processados ou Fundidos (1996), entende-se por queijo processado o produto obtido por trituração, mistura, fusão ou emulsão por meio de calor e agentes emulsificantes de uma ou mais variedades de queijos, com ou sem adição de outros produtos lácticos e ou sólidos de origem láctea e ou especiais, condimentados ou outras substâncias alimentícias nas quais o queijo constitui o ingrediente lácteo utilizado como matéria-prima preponderante na base láctea. O produto definido se denominará "Queijo Processado" ou "Queijo Fundido".

Requeijão cremoso pode ser considerado um tipo de queijo processado untável, sendo que os termos cremoso ou untável podem ser aplicados para queijos fundidos cuja consistência permita que sejam espalhados com faca à temperatura ambiente (TEMPLETON & SOMMER, 1932; KEATING, 1971; KOKINI & DICKIE, 1982).

De modo geral, os queijos processados ou fundidos são caracterizados segundo a sua composição, conteúdo de água e consistência. De acordo com estes critérios, podem ser classificados em três grandes grupos: queijo processado em bloco, queijo processado fatiável, queijo processado untável. Além destes, outro grupo também deve ser citado, que é aquele dos queijos fundidos análogos, os quais são essencialmente uma mistura de caseína e gorduras vegetais (CARIC' & KALÁB, 1987).

Dentre os queijos processados produzidos e comercializados no Brasil, o requeijão cremoso é o mais tradicional, ocupando lugar de destaque, sendo que no ano de 1995 foram comercializadas 25.000 toneladas, segundo informações obtidas diretamente junto à ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE QUEIJOS (1996).

O requeijão é, normalmente, consumido logo após a fabricação e deve apresentar sabor ligeiramente ácido, agradável ao paladar, aroma característico de produto fermentado por microrganismos lácticos, e massa homogênea, com uma cremosidade ou untuosidade típica. Um requeijão mais consistente a exemplo do requeijão do norte, pode fugir ligeiramente desta última característica, apresentando-se com uma massa mais desidratada, de alguma forma lembrando as características de um queijo de massa filada recém-fabricado (OLIVEIRA, 1986).

De acordo com o Regulamento Técnico Mercosul de Identidade e Qualidade de Queijos Processados ou Fundidos (MERCOSUL, 1996), a consistência dos queijos processados pode variar de firme, macio ou cremoso e a cor, odor e sabor devem ser similares à mistura de massa utilizada na formulação ou aos corantes, aromatizantes e saborizantes adicionados ao queijo.

Um requeijão cremoso típico deve apresentar a seguinte composição: 38 a 40% de extrato seco total, 60 a 62% de gordura no extrato seco, 30 a 33% de nitrogênio total, 1,0 a 1,5% de cloreto de sódio e pH entre 5,2 e 5,7 (OLIVEIRA, 1986; FERNANDES, 1981d; FERNANDES *et alii*, 1985a).

2.2. Tecnologia Tradicional de Processamento do Requeijão Cremoso

2.2.1. Matéria-prima

Tradicionalmente, a matéria-prima para o requeijão é o leite desnatado, prática esta proveniente da época em que a manteiga era o derivado mais valorizado do leite. Naquela época, as pequenas fábricas separavam o creme do leite por meio de uma desnatadeira artesanal, com o intuito de utilizar somente cerca de 25 a 30% do creme obtido no processo de fabricação do requeijão e o restante na fabricação de manteiga (OLIVEIRA, 1986).

Atualmente a preferência pelo uso do leite desnatado se deve ao fato de que a gordura tende a separar-se durante o repouso necessário à coagulação, sendo perdida no soro durante a etapa de dessoragem (OLIVEIRA, 1986).

Uma alternativa que permite o uso de leite integral ou com qualquer teor de gordura é a homogeneização do leite, a qual fraciona os glóbulos de gordura e assim controla a separação da fase gordurosa (VEISSEYRE, 1972; OLIVEIRA, 1986). De acordo com CARIC' & KALÁB (1987), a homogeneização aumenta a estabilidade da emulsão por diminuir o diâmetro dos glóbulos de gordura. Isto aumenta a consistência, melhora a estrutura e a aparência, além do sabor e do aroma do queijo processado.

A matéria-prima utilizada na fabricação de queijos processados deve apresentar excelente qualidade microbiológica (THOMAS, 1977; MEYER, 1973; BERGER *et alii*, 1989). No entanto, no Brasil o leite destinado ao processo de fabricação do requeijão cremoso nem sempre é de boa qualidade. Geralmente, o leite utilizado é o que chega à plataforma de recepção da indústria com elevada acidez, resultante das condições inadequadas de obtenção e manuseio (CAVALCANTE, 1991).

Na elaboração do queijo processado fica proibida a utilização de massa ou queijo não apto para o consumo humano direto, à exceção daqueles cuja utilização como matéria-prima não afete a qualidade e a inocuidade do produto final (MERCOSUL, 1996).

Muitos defeitos de origem microbiológica que são encontrados em queijos processados são causados por bactérias anaeróbicas esporuladas que atingem o leite durante a etapa de ordenha (THOMAS, 1977). No entanto, existem outras fontes de contaminação, dos queijos processados, por estas bactérias tais como: água e outros ingredientes adicionados à massa, equipamentos e utensílios utilizados no processo de fabricação dos queijos (THOMAS, 1977; KOSIKOWSKI, 1978; RICHARD & AUCLAIR, 1987).

Os principais microrganismos anaeróbios esporulados que podem se desenvolver nos queijos processados durante a vida-de-prateleira são dos gêneros *Clostridium* (*Clostridium butyricum*, *Clostridium tyrobutyricum* e *Clostridium sporogenes*) e *Bacillus* (*Bacillus licheniformis*, *Bacillus polymyxa*). Estes microrganismos, por serem heterofermentativos, fermentam a lactose do leite e produzem entre outros compostos, ácido butírico e gás carbônico, que resulta no estufamento ou formação de trincas nos queijos (THOMAS, 1977; KOSIKOWSKI, 1978; CARIC' & KALÁB, 1987; RICHARD & AUCLAIR, 1987).

Como os queijos processados não são esterilizados, os esporos não são destruídos pelo aquecimento na etapa de cozimento da massa (KOSIKOWSKI, 1978). A solução para evitar os defeitos causados pelas bactérias dos gêneros *Clostridium* e *Bacillus* é a obtenção de leite de excelente qualidade microbiológica, ou seja, livre da contaminação com bactérias esporuladas. Neste caso, devem-se empregar boas práticas de higiene durante a etapa de ordenha (THOMAS, 1977). Além disto, segundo KOSIKOWSKI (1978), o controle do pH entre 5,6 e 5,8 e a produção de queijos contendo 2,5 a 3,5% de cloreto de sódio minimiza o crescimento das bactérias causadoras de defeitos.

A germinação dos esporos após o processamento do queijo é influenciada por vários fatores, tais como: composição da massa utilizada na mistura, concentração de cloreto de sódio, tipo e quantidade de sal emulsificante, conteúdo de umidade, pH, ausência ou presença de inibidores (THOMAS, 1977; CARIC' & KALÁB, 1987). Entretanto, há várias maneiras se de evitar o crescimento de esporos, tais como a utilização de conservadores, a esterilização do queijo e o aumento do potencial de oxi-redução da mistura, dentre outros (CARIC' & KALÁB, 1987).

2.2.2. Pasteurização

Conforme já caracterizado, o requeijão cremoso sofre um tratamento térmico que substitui a pasteurização do leite. Portanto, sob o ponto de vista higiênico-sanitário, não há exigência de pasteurização da matéria-prima. Porém, sob o ponto de vista tecnológico, a pasteurização, seguida de inoculação com cultura láctica apropriada, permite uma garantia no controle do processo fermentativo da coagulação, o que leva à obtenção de um produto de qualidade padronizada (OLIVEIRA, 1986)

A pasteurização do leite para fabricação do requeijão cremoso pode ser feita tanto pelo processo contínuo como pelo descontínuo. O processo contínuo (72-75°C/15 a 20seg) é mais empregado pelas grandes e médias indústrias em trocador de calor a placas. Já o processo descontínuo (63 a 65°C/30min) é mais utilizado pelas pequenas indústrias de requeijão, empregando um tanque encamisado.

2.2.3. Obtenção da Massa

De modo geral, na fabricação industrial de queijo processado, a obtenção da massa pode ser efetuada basicamente através de três processos: o tradicional, onde se utiliza massa obtida por meio de coagulação enzimática; pela acidificação direta do leite por adição de ácido láctico a quente, ou através da coagulação por fermentação láctica (MEYER, 1973; KOSIKOWSKI, 1978; OLIVEIRA, 1986).

2.2.3.1. Coagulação Enzimática

No processo de fabricação de queijo processado em que a massa é obtida através da coagulação enzimática, emprega-se coalho rico em enzimas proteolíticas de origem animal, extraído do abomaso de bovino lactentes ou adultos. Quando se utiliza o de bovinos lactentes, o mesmo é composto basicamente de quimosina (GORRETA, 1980).

As micelas de caseína são constituídas de 04 (quatro) frações protéicas principais que são: (α_1 -caseína, α_2 -caseína, β -caseína e κ -caseína. A fração κ -caseína, embora represente somente de 10% a 20%, exerce um importante papel protetor sobre as micelas de caseína, evitando que as mesmas coagulem na presença de cálcio solúvel (SCHMIDT, 1980; DALGLEISH, 1982; WALSTRA *et alii*, 1985; WHITNEY, 1988).

A coagulação das micelas devido à ação proteolítica do coalho é dividida em duas fases, sendo a primeira fase enzimática e a segunda não-enzimática (DESMAZEAUD & GRIPON, 1977; KOSIKOWSKI, 1978; WOLFSCHOON-POMBO, 1983). A primeira fase consiste na ação enzimática da renina (quimosina) sobre a ligação peptídica Phe 105-Met 106 da fração κ -caseína, com a resultante liberação de um composto solúvel denominado glucopeptídeo (porção hidrofílica compreendida na sequência peptídica 106 a 169). A segunda fase caracteriza-se por uma agregação do fragmento hidrofóbico (sequência peptídica 1 a 105) denominada de paracaseína (desestabilizada), a qual, na presença de cálcio solúvel, por ser instável, dá origem a um coágulo brilhante, elástico, e hidratado denominado paracaseinato de cálcio (KOSIKOWSKI, 1978; WOLFSCHOON-POMBO, 1983; OLIVEIRA, 1986; SCOTT, 1986). Neste caso, a firmeza apresentada pelo paracaseinato de cálcio formado na coagulação é dada pelas ligações de cálcio bivalente às micelas de caseína (KOSIKOWSKI, 1978).

Para se obter a fusão desse coágulo enzimático é necessário que haja uma remoção do cálcio bivalente, que se encontra ligado às moléculas de caseína (KOSIKOWSKI, 1978; SHIMP, 1985; PIROT, 1988a, b), o que ocorre por meio de uma troca iônica entre o cálcio do paracaseinato e o sódio, a qual é geralmente induzida pela adição de sais emulsificantes à base de citratos ou fosfatos de sódio. Estes sais têm a capacidade de sequestrar o cálcio bivalente tornando o paracaseinato mais solúvel pela entrada de sódio monovalente na sua molécula (SHIMP, 1985; PIROT, 1988a, b).

2.2.3.2. Coagulação Ácida

Já na fabricação de queijos fundidos a partir de um coágulo ácido, como é o caso particular do requeijão cremoso, a coagulação do leite pode ser realizada por acidificação direta

com adição de ácido láctico ao leite aquecido a 80°C ou por fermentação láctica induzida pela adição de uma cultura mesófila acidificante, composta normalmente por *Lactococcus lactis ssp. lactis* e *Lactococcus lactis ssp. cremoris*, a qual utiliza a lactose do leite como substrato (HEERTJE *et alii*, 1985; OLIVEIRA, 1986; MARSHALL, 1987).

O fenômeno que ocorre na coagulação ácida é diferente daquele que ocorre na coagulação enzimática. Sabe-se que as proteínas têm múltiplas cargas, as quais estão situadas ao longo da cadeia protéica. Assim, quando há excesso de um único tipo de carga, a proteína apresenta uma estrutura aberta devido, em parte, à repulsão existente entre os sítios que contêm mesma carga (SHIMP, 1985; HEERTJE *et alii*, 1985; LEMAN & KINSELLA, 1989). Por outro lado, quando o pH da solução envolvida se aproxima do ponto isoelétrico da caseína, ao redor de 4,6, as cargas elétricas das partículas coloidais da caseína neutralizam-se ou igualam-se. Em consequência disto, a força de repulsão, devida ao excesso de cargas negativas existentes na caseína a um pH próximo da neutralidade, deixa de existir, permitindo assim que as partículas coloidais unam-se formando o coágulo ou gel (HEERTJE *et alii*, 1985; OLIVEIRA, 1986). Neste momento, devido ao aumento das interações existentes entre proteína-proteína, o grau de solubilização da caseína é mínimo (LEMAN & KINSELLA, 1989).

Neste caso, o coágulo resultante apresentar-se-á bastante frágil desde o início, dispersando-se facilmente em partículas finamente subdivididas. Entretanto, quando devidamente fracionado provocando a dessoragem, resulta em um precipitado firme e ressecado, porém quebradiço devido basicamente à desmineralização que ocorre no coágulo de caseína com o abaixamento do pH (OLIVEIRA, 1986). Tal desmineralização é decorrente da remoção do cálcio da rede protéica, resultando na desintegração das micelas de caseína, com consequente separação das subunidades da proteína (LIN *et alii*, 1972; MORR, 1967; SCHMIDT & BUCHHEIM, 1976; HEERTJE *et alii*, 1985). No entanto, para que se possa obter uma fusão adequada do coágulo ácido de caseína, é necessário que haja recuperação do equilíbrio salino do coágulo (OLIVEIRA, 1986).

Já, no processo de acidificação direta a quente do leite, o pH no momento da coagulação das proteínas é maior que 4,6 (ponto isoelétrico da caseína). Isto se deve à ação conjunta do calor e ácido, aumentando a taxa de colisão entre as partículas e desidratando parcialmente as proteínas do leite. Deste modo, a diminuição do pH é suficiente para acelerar a

precipitação, ao mesmo tempo que fornece um coágulo macio (ALAIS, 1970; FERNANDES, 1980).

De acordo com ALAIS (1970), os efeitos da acidez e do calor sobre as proteínas do leite somam-se, ocorrendo aumento do ponto isoelétrico das frações de caseína com a elevação da temperatura do leite, resultando em um valor denominado de ponto isoelétrico aparente. Este efeito pode ser observado, por exemplo, com a ocorrência da precipitação das proteínas do leite às temperaturas de esterilização, quando se diminui o valor do pH do leite de apenas alguns décimos. De acordo com SIAPANTAS & KOSIKOWSKI (1967), a coagulação completa das proteínas do leite aquecido depende das forças ativas de coesão, adesão e hidratação aplicadas às partículas protéicas, o que é bastante influenciado pela quantidade de ácido adicionada.

ALAIS (1970) considera que o aumento do ponto isoelétrico das frações de caseína com o aquecimento do leite é presumivelmente devido à associação das frações de caseína com as proteínas do soro. Assim é que a acidificação do leite aquecido resulta num precipitado de caseína e proteínas desnaturadas do soro com formação de flocos ou grãos, ao invés do gel homogêneo formado pela fermentação láctica ou pela ação da renina.

A acidificação direta a quente, ao contrário do uso dos coalhos enzimáticos e fermento láctico, reduz o custo, o tempo de produção do queijo e elimina a manutenção das culturas lácticas (FERNANDES & MARTINS, 1980; SHUKLA & LADKANI, 1989).

Muitos pesquisadores já perceberam as vantagens que a acidificação direta a quente do leite pode oferecer, comparativamente aos métodos tradicionais, que utilizam a fermentação láctica, na fabricação de produtos lácticos acidificados. Dentre estas vantagens, pode-se mencionar a eliminação dos gastos na manutenção e reprodução das culturas lácticas, maior uniformidade na produção dos queijos, bem como melhores características de conservação do produto. O uso do método de acidificação direta possibilita ainda automatizar o processo de fabricação, convertendo-o em operação contínua, o que representa uma grande vantagem (LITTLE, 1967; FERNANDES & MARTINS, 1980).

2.2.4. Tratamento da Massa

A coagulação ácida dá origem a um coágulo diferente daquele resultante da coagulação enzimática. Além da diferença na acidez, conforme mencionado, há uma significativa diferença na composição e constituição salina do coágulo, o que reduz sua consistência e elasticidade, em comparação ao coágulo enzimático (OLIVEIRA, 1986). Em função desta diferença, o ponto final da coagulação é dado, normalmente, através da verificação visual ou através da acidez, a qual deve estar em torno de 60 a 70°D e pH 4,5. Considerando-se que essa acidez do coágulo terá que ser diminuída para que a massa possa ser fundida normalmente, deve-se ter o cuidado ao interromper a incubação tão logo se verifique a coagulação, evitando assim que a acidez continue aumentando. Daí a importância de padronizar-se a porcentagem de inóculo e a temperatura de incubação, a fim de obter-se a coagulação o mais próximo possível do momento de dar início ao processo de fabricação (HEERTJE *et alii*, 1985; OLIVEIRA, 1986).

No processo de fabricação de queijo processado, o pH da massa no momento da fusão é um fator fundamental, pois determina a fluidez e a cremosidade da mesma (MEYER, 1973; THOMAS, 1977; SHIMP, 1985; OLIVEIRA, 1986). Desta forma, tanto no processo de fusão de um coágulo enzimático, como de um coágulo ácido, o pH da massa deve ser corrigido para um valor próximo a 5,2-5,7. Sem essa correção do pH, não é possível obter uma fusão homogênea, característica de queijo processado (MEYER, 1973; SHIMP, 1985; OLIVEIRA, 1986; BERGER *et alii*, 1989).

De acordo com MEYER (1973), a acidez do queijo processado tem influência decisiva sobre a consistência e a estrutura do produto final. Dependendo do tipo de queijo, um pH abaixo de 5,4, causa firmeza definida no queijo e, se o valor for muito abaixo de 5,4, causa coagulação do produto. À medida que o pH aumenta, a consistência apresenta-se mais fina e menos viscosa. O ajuste da acidez depende do tipo de queijo que será processado, isto é, queijo processado com um corpo firme deverá ter um pH abaixo de 5,7, enquanto queijo processado de consistência macia e untável deverá apresentar um pH acima de 5,7 (MEYER, 1973).

Resumindo, durante o processamento, um grande número de fatores afeta a molécula de caseína simultaneamente. Segundo MEYER (1973), no processo de fabricação de queijo

processado onde a massa utilizada é jovem, como é o caso específico do requeijão cremoso, o manuseio pode ser intensificado e o sal emulsificante mudado, se necessário. Já em processos em que a massa predominante é composta de queijos maturados, o tratamento precisa ser brando, e utilizar um sal fundente mais suave, tais como aqueles utilizados para queijo processado de corte (MEYER, 1973; BERGE *et alii*, 1989).

No Brasil, para fabricação de requeijão cremoso, utiliza-se basicamente queijo de massa fresca (não maturada), ou seja, caseinato de cálcio ácido, cujo pH varia de 4,6 a 5,8.

De acordo com BERGER *et alii* (1989), as principais vantagens do uso de queijos jovens, como é o caso particular do requeijão cremoso no Brasil, é reduzir os custos da matéria-prima, além de obter um queijo com emulsão estável. Por outro lado, a fabricação de queijos fundidos somente com adição de queijos jovens, resulta na produção de um produto insípido, podendo apresentar sabor residual de sal emulsificante, com excessivo intumescimento, com tendência a endurecer durante a vida-de-prateleira, além de apresentar pequenas bolhas de ar após a embalagem, devido à viscosidade elevada (MEYER, 1973; BERGER *et alii*, 1989).

Já a fabricação de queijo processado, onde a mistura de massa apresenta uma quantidade maior de queijo com índice de maturação mais elevado, resulta em produto com sabor e aroma mais pronunciados, boas propriedades de fluidez. Por outro lado, se o índice de maturação dos queijos utilizados na mistura estiver muito avançado, o produto final pode apresentar problemas de sabor e aroma, assim como instabilidade da emulsão e consistência muito fluida (BERGER *et alii*, 1989).

2.2.5. Dessora

No caso da coagulação por fermentação láctica, logo após ter-se constatado que já houve a formação do gel, o coágulo resultante deve ser subdividido por meio de corte, quebra por meio de agitação, ou através da injeção direta de vapor, que além de quebrar o coágulo, já inicia o processo de aquecimento. Seja qual for o processo adotado para o fracionamento do coágulo, logo em seguida faz-se o aquecimento com agitação constante. Os grãos de massa resultantes são relativamente consistentes, porém quebradiços, ao invés de elásticos, como no

caso de coágulo enzimático. O aquecimento é feito rapidamente e a temperatura final se situa em torno de 50°C. Esse tratamento promoverá uma dessora intensa da massa, dando origem a um soro límpido e esverdeado. Ao ser atingido este estágio, deixa-se a massa decantar e, em seguida, procede-se à dessora total (OLIVEIRA, 1986).

No caso da acidificação direta a quente, como a coagulação das proteínas do leite é efetuada quase que instantaneamente após a adição do ácido láctico, a dessora é realizada logo após a completa precipitação a 80°C (FERNANDES, 1981b, c; FERNANDES & MARTINS, 1980).

2.2.6. Correção do pH

Na fabricação de queijos fundidos a partir de coágulo enzimático, é prática comum a adição de sais emulsificantes à base de citratos para se fazer a correção e a estabilização do pH da massa no momento da fusão. Os citratos possuem afinidades bem características com o cálcio, com o qual se combinam por precipitação ou mediante a formação de complexos. Por este segundo processo, o paracaseinato, que é insolúvel, transforma-se em uma proteína solúvel, pela entrada do sódio no lugar do cálcio no caseinato (MEYER, 1973; FERNANDES, 1981b; FERNANDES *et alii*, 1985a; PIROT, 1988a, b; BERGER *et alii*, 1989).

Em queijos fundidos fabricados a partir de um coágulo ácido obtido por fermentação, como é o caso particular do processo de fabricação do requeijão cremoso, a desacidificação da massa é um fator determinante para se obter uma fusão homogênea, uma vez que as proteínas no seu ponto isoelétrico ($pH_i = 4,6$) têm solubilidade mínima (LEMAN & KINSELLA, 1989; TAMIME *et alii*, 1990; ZEHREN & NUSBAUM, 1992). Neste caso, logo após a dessora, o coágulo ácido de caseína que apresenta pH por volta de 4,6 a 5,4 deve ser desacidificado com a finalidade de se obter a cremosidade típica de um queijo processado (OLIVEIRA, 1986).

A correção do pH da massa pode ser obtida por meio de lavagens sucessivas da massa com água filtrada de boa qualidade, seguida de uma ou duas lavagens com leite fresco desnatado ou integral (OLIVEIRA, 1986). Além desta prática, as indústrias de queijos fundidos costumam adicionar cerca de 2,5 a 3,0% de sais emulsificantes alcalinos à massa no momento da fusão,

com a finalidade de corrigir seu pH e estabelecer o equilíbrio salino durante o processo de fusão (MEYER, 1973; SHIMP, 1985; PIROT, 1988a, b; OLIVEIRA, 1986). Porém, a adição de sais emulsificantes, no caso específico do requeijão cremoso, não é muito recomendada devido ao sabor salino resultante no produto final, além de outros defeitos (OLIVEIRA, 1986).

2.2.6.1. Lavagem da Massa

Logo após a dessoragem, o coágulo ácido obtido por fermentação láctica apresenta pH em torno de 4,3-4,6 e, para que a fusão se processe de uma forma homogênea, dando origem à cremosidade típica do requeijão, é necessário que o pH da massa seja elevado para uma faixa semelhante à requerida para o processo de filagem dos queijos de massa filada, como por exemplo da mussarela, ou seja 5,2 a 5,5 (KOSIKOWSKI, 1978; OLIVEIRA, 1986).

Para as lavagens, adiciona-se água filtrada sobre a massa logo após a separação do soro. O volume de água a ser adicionada pode variar de acordo com a técnica, sendo que, o emprego de um volume de água equivalente ao do soro extraído, reduz o número de lavagens para cerca de duas. Nessas lavagens a massa deve ser fragmentada para facilitar a extração da acidez e procede-se também a um aquecimento com agitação constante, até cerca de 50°C, como no caso da dessoragem inicial (OLIVEIRA, 1986).

Após as duas lavagens com água filtrada, procede-se à desacidificação final da massa adicionando-se leite fresco desnatado, ou mesmo leite integral, sobre a massa na proporção de 25 a 30% em relação ao volume inicial de leite utilizado na coagulação (OLIVEIRA, 1986).

O leite adicionado deve ser bem misturado aos grãos de massa, seguido de um aquecimento com agitação, semelhante ao realizado durante as lavagens, só que desta vez o aquecimento deverá atingir cerca de 60°C. Esta temperatura é necessária para que ocorra a coagulação do leite adicionado e, após esta coagulação, o soro resultante deve ser separado e a massa prensada o mais eficientemente possível (OLIVEIRA, 1986).

O leite utilizado nessa última fase da desacidificação exerce um duplo papel. O mais evidente é a neutralização da acidez, elevando o pH da massa para cerca de 5,3 a 5,7, que é a

faixa normalmente necessária para que ocorra a fusão. O outro efeito é na produção de uma nova porção de coágulo que é incorporada à massa, aumentando o rendimento. Esse coágulo incorporado é bem menos ácido e possui, portanto, um equilíbrio diferente com relação à cremosidade do requeijão (OLIVEIRA, 1986).

2.2.6.2. Adição de Sais Emulsificantes

O tipo e a quantidade de sal emulsificante que deve ser adicionada à massa é determinada em função de vários fatores tais como: pH, grau de maturação e estrutura do queijo usado como matéria-prima; grau de cremificação; características de textura desejada para o produto final (ZEHREN & NUSBAUM, 1992). Isto porque a composição do sal emulsificante interfere no processo de fusão da massa, na qualidade e pH do produto final (FERNANDES, 1981a; FERNANDES *et alii*, 1985a).

Assim, na fabricação de queijos fundidos utilizando como matéria-prima somente massa fresca (não maturada), a qual é constituída basicamente de caseína não degradada (estrutura longa), como é o caso particular do requeijão cremoso, é necessário um sal emulsificante com grande poder cremificante, pois este tipo de matéria-prima sofre transformações físicas e químicas lentas (MEYER, 1973)

Por outro lado, na fabricação de queijos fundidos utilizando como matéria-prima uma mistura de queijos maturados, onde a caseína encontra-se degradada (estrutura curta), deve-se utilizar um sal emulsificante que não modifique ainda mais a estrutura da massa (MEYER, 1973; ZEHREN & NUSBAUM, 1992).

Os primeiros sais emulsificantes utilizados foram os derivados do ácido cítrico, porém, nos últimos anos, foram introduzidos sais dos ácidos fosfóricos e polifosfóricos (FERNANDES *et alii*, 1985a).

Inicialmente, o processo de fusão de queijos processados ou fundidos, era efetuado sem a adição de sais fundentes, sendo o primeiro processo realizado em 1895, mas, somente depois da introdução dos citratos e especialmente dos fosfatos como agentes emulsificantes, o processo

industrial de queijos fundidos passou a ser efetuado com mais facilidade. A idéia inicial do processo foi o aproveitamento de queijos que apresentassem algum tipo de defeito, tal como: deformação mecânica, trincas nas superfícies, produzidas durante a prensagem ou durante a etapa de embalagem, ou ainda com problemas de contaminação com fungos. Mais tarde, o processo foi bastante expandido devido às inúmeras possibilidades de combinação com outros tipos de queijos e a adição de outros ingredientes ou manteiga, e ainda ingredientes tais como: frutas, condimentos etc., tornando possível produzir queijos processados com diferentes consistência, sabor, aroma e viscosidade (CARIC' & KALÁB, 1987).

Atualmente, os sais emulsificantes comumente utilizados pela indústria de queijos processados são à base de citrato de sódio, fosfato monossódico, pirofosfato tetrassódico, tripolifosfato de sódio, hexametáfosfato de sódio e metáfosfato de sódio. Estes sais emulsificantes apresentam como característica comum a capacidade de sequestrar o cálcio do paracaseinato, por possuírem grande afinidade com o cálcio, com o qual combinam-se por precipitação ou formação de complexos (MEYER, 1973; SHIMP, 1985; FERNANDES *et alii*, 1985a; CARIC' & KALÁB, 1987; BERGER *et alii*, 1989; ZEHREN & NUSBAUM, 1992).

De acordo com o Regulamento Técnico Mercosul de Identidade e Qualidade de Queijos Processados ou Fundidos (MERCOSUL, 1996), os sais emulsificantes que podem ser utilizados pela indústria do queijo processado são à base de citratos, lactatos, tartaratos, fosfatos e polifosfatos de sódio, potássio e cálcio.

Sabe-se que as frações de caseína (α_1 , α_2 e β) possuem, no seu segmento C-terminal, radicais não-polares e são hidrofóbicos, enquanto na região N-terminal, que contém fosfato de cálcio são hidrofílicas. Esta estrutura permite a caseína atuar como agente emulsificante. A solubilidade da caseína em água, e portanto sua capacidade emulsificante, aumenta com a redução do conteúdo de fosfato de cálcio. Quando o cálcio do caseinato é removido pela capacidade sequestrante dos sais emulsificantes, há uma troca iônica entre o cálcio e o sódio, transformando o caseinato de cálcio, que é insolúvel, em caseinato de sódio solúvel (SHIMIZU *et alii*, 1984; CARIC' & KALÁB 1987).

Alguns pesquisadores afirmam que um sal emulsificante ideal é aquele que combina um cátion alcalino monovalente (Na, K), com um ânion polivalente (fosfatos e citratos). Os sais de

cátions monovalentes são mais efetivos do que os polivalentes em sequestrar o cálcio do caseinato (FERNANDES *et alii*, 1985a; CARIC' & KALÁB, 1987; PATART, 1987).

Isto porque os sais consistindo de um cátion alcalino monovalente e um ânion polivalente (fosfatos e citratos) possuem melhores características emulsificantes. Alguns sais têm melhores propriedades emulsificantes do que outros; outros podem possuir ainda uma menor capacidade de sequestrar o cálcio ou podem nem solubilizar e nem hidratar suficientemente a proteína. É necessário combinar dois ou mais sais em misturas para alcançar simultaneamente as características ótimas de fusão e emulsificação para produzir um queijo homogêneo e estável (CARIC' & KALÁB, 1987; PATART, 1987).

Ânions polivalentes (fosfatos e citratos) dos sais emulsificantes, por apresentarem cargas negativas, têm uma elevada capacidade de retenção de água. Eles ligam-se às moléculas de proteínas via cálcio, fornecendo-lhes cargas negativas. Ambos mudam o pH do queijo, isto é, aumentam o pH, resultando em maior absorção de água pela molécula (CARIC' & KALÁB, 1987; PATART, 1987).

Os sais emulsificantes são utilizados em queijos processados para remover o cálcio do sistema protéico, hidratar, peptizar, hidratar, solubilizar e dispersar a proteína, estabilizar a emulsão, controlar o pH e contribuir para a formação de uma estrutura apropriada de queijo processado após o resfriamento (CARIC' *et alii*, 1985).

A afinidade, isto é, a habilidade de sequestrar o cálcio, dos principais sais emulsificantes em ordem crescente é: NaH_2PO_4 , Na_2HPO_4 , $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$, $\text{Na}_3\text{HP}_2\text{O}_7$, $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$ e $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ (CARIC' & KALÁB, 1987).

Segundo CARIC' & KALÁB (1987), a principal função dos sais emulsificantes é sequestrar o cálcio. No entanto, os sais emulsificantes também possuem a capacidade de solubilizar a caseína com formação de um "sol" homogêneo. Segundo MEYER (1973), esta capacidade que os sais emulsificantes possuem em solubilizar a caseína aumenta paralelamente ao poder de fixação do cálcio.

Outra função importante desempenhada pelos sais emulsificantes é a de peptizar a caseína que se encontra na forma insolúvel antes do processo de fusão. Por meio desta peptização, obtém-se redução na estrutura protéica do queijo, que leva a uma estabilização da emulsão, um aumento na capacidade de hidratação da caseína e mudanças na textura do produto final (BONELL, 1971; MEYER, 1973; ANDRES, 1977; LEE *et alii*, 1986; BERGER *et alii*, 1989; TAMIME *et alii*, 1990).

Na tentativa de explicar o sistema encontrado nos queijos processados, tem sido sugerido que este seja uma suspensão de óleo em água, protegida e estabilizada pelo gel formado pela caseína hidratada e os sais emulsificantes (SHIMP, 1985).

Nas emulsões do tipo óleo em água, as gotículas de óleo têm cargas negativas. De acordo com a teoria da tensão superficial, os sais emulsificantes são adsorvidos na interface óleo-água, impedindo, deste modo, perdas de carga e a consequente coalescência das gotas de óleo (BONELL, 1971; THOMAS, 1977; SHIMP, 1985).

Os sais emulsificantes ainda têm a função de corrigir o pH da massa do queijo. Isto porque o pH afeta a configuração da proteína, a solubilidade e a extensão na qual os sais emulsificantes ligam-se ao cálcio (MEYER, 1973; SHIMP, 1985; CARIC' & KALÁB, 1987; BERGER *et alii*, 1989).

O pH dos queijos processados varia na faixa de 5,0-6,5. Em pH 5,0, o qual é próximo ao ponto isoelétrico (pH_i) da caseína, a textura do queijo pode apresentar estrutura curta, provavelmente devido às fracas ligações entre proteína-proteína, mas a incidência da quebra da emulsão é reduzida. Em pH 6,5, o queijo torna-se excessivamente macio, porém, podem ser encontrados problemas microbiológicos (CARIC' & KALÁB, 1987; BERGER *et alii*, 1989).

O efeito do pH sobre a textura do queijo processado é claramente demonstrado por KARAHADIAN *et alii* (1980) citado por CARIC' & KALÁB (1987), usando fosfato mono, di e trissódico, em solução a 1,0%, cujos valores de pH foram de 4,9, 9,5 e 13,0, respectivamente. Queijos fundidos processados com NaH₂PO₄ (pH=4,9), apresentaram-se ressecados e com textura curta, enquanto queijos fabricados com Na₃PO₄ (pH=13,0) apresentaram-se mais úmidos

e elásticos; a textura dos queijos feitos com Na_2HPO_4 (pH=9,5) apresentou características intermediárias, quando comparada com os outros dois sais apresentados anteriormente.

Alguns sais emulsificantes exibem efeitos bacteriológicos. Os sais emulsificantes de monofosfatos têm um efeito bacteriostático específico que é até mais pronunciado do que os sais à base de fosfatos de cadeias maiores e polifosfatos. Por outro lado, os sais de citratos não exercem tal efeito e podem até estar sujeito ao crescimento microbiológico (KOSIKOWSKI, 1978; THOMAS, 1977).

Na prática, a quantidade necessária de sal emulsificante que deve ser adicionada à massa geralmente varia de 2,0 a 3,5%, sendo calculada em relação à massa de queijo empregada na mistura (BONELL, 1971; MEYER, 1973; FERNANDES, 1981a, b, d; FERNANDES *et alii*, 1985a; BERGER *et alii*, 1989).

Fundamentalmente, só se deve adicionar a quantidade de sal emulsificante estritamente necessária para uma dissolução perfeita da proteína (FERNANDES, 1981a; FERNANDES *et alii*, 1985a; OLIVEIRA, 1986; BERGER *et alii*, 1989). O excesso de sal emulsificante pode causar influência negativa sobre a emulsão, pois em lugar da ação dispersante e emulsificante, aparece um efeito de precipitação, assinalado por eliminação mais ou menos intensa de gordura e de água, quando o ponto ótimo é ultrapassado (BONELL, 1971; SHIMP, 1985; FERNANDES *et alii*, 1985a; BERGER *et alii*, 1989).

De acordo com OLIVEIRA (1986), o excesso de sal emulsificante proporciona ao queijo processado um sabor salino. Isto ocorre porque certos sais não perdem seu sabor próprio mesmo quando complexados com outros componentes do queijo, como é o caso dos sais à base de ortofosfatos de sódio e potássio (KOSIKOWSKI, 1978; SHIMP, 1985; PIROT, 1988a, b).

POMMERT *et alii* (1988), em um estudo realizado com o objetivo de determinar a natureza dos cristais presentes na massa de queijo processado, verificaram que quando se utiliza o polifosfato de sódio na fabricação deste tipo de queijo, pode haver formação de cerca de 0,5 a 1,0% de um composto denominado de pirofosfato de cálcio monocíclico dihidratado, produzido provavelmente pela união dos íons de cálcio que migraram para fora da matriz protéica durante o processo de fusão em direção aos ânions de pirofosfatos.

O sal emulsificante pode ser utilizado anidro ou em soluções preparadas com água a cerca de 50°C, agitando sempre. Nunca se deve adicionar a água sobre o sal, pois, neste caso, o sal emulsificante formará grumos e só se dissolverá com muito dificuldade e lentidão (MEYER, 1973; FERNANDES, 1981a, b; BERGER *et alii*, 1989).

2.2.7. Moagem da Massa

A moagem da massa possibilita o contato íntimo do sal fundente com a mistura de massa durante o processamento (THOMAS, 1977; CARIC' & KALÁB, 1987). A moagem é efetuada através de facas cortantes que se agitam com diferentes velocidades, dependendo do modelo da máquina homogeneizadora (MEYER, 1973).

2.2.8. Adição de Água

A água é um ingrediente indispensável no processo de fusão de queijos fundidos, por auxiliar na transferência de energia térmica e mecânica na formação do "sol" de caseinato. A água neste processo atua tanto na dissolução como na dispersão da mistura (FERNANDES, 1981b, c; BERGER *et alii*, 1989).

No caso de fusão com uma quantidade reduzida de água, observa-se uma exudação da massa, mas, neste caso, basta adicionar uma pequena quantidade de água para solucionar este problema de emulsão (BERGER *et alii*, 1989).

A água pode ser adicionada tanto de uma só vez, no início do processo de fusão, como em duas vezes, ou seja, metade no início e a outra metade próxima ao final do processo de fusão, quando a temperatura, por exemplo, atingir 85°C. Em seguida, é importante fazer uma agitação por mais ou menos 02 minutos para que a água misture-se uniformemente à massa (MEYER, 1973; FERNANDES, 1981b, c; BERGER *et alii*, 1989).

No caso do requeijão cremoso, que é um queijo processado untável, a adição de água deve ser realizada em duas vezes. Já para queijos fundidos de corte, a adição de água deve ser

efetuada de uma só vez (BERGER *et alii*, 1989). A prática da adição de água em duas ou mais vezes tem como objetivo produzir uma melhor dissolução da caseína com a solução de sal emulsificante, duas vezes mais concentrada do que quando é adicionada de uma só vez (MEYER, 1973; PIROT, 1988a, b; BERGER *et alii*, 1989).

A água adicionada deve ser de boa qualidade, filtrada e tratada. A dureza da água não tem papel importante no processo de fusão da massa, haja visto que o sal emulsificante encarrega-se de eliminar sua dureza, mesmo se esta for muito elevada (BERGER *et alii*, 1989).

A água deve ser fria a fim de assegurar que o fluxo da água de condensação permaneça constante. Para adicioná-la, é necessário somente um recipiente (um béquer ou proveta graduada), sendo que estes dois últimos recipientes apresentam a precisão desejada sem requerer grande perda de tempo (BERGER *et alii*, 1989).

O cálculo do teor de água deve ser efetuado corretamente, uma vez que o teor de água é, dentre outros, um dos fatores que influenciam a consistência do queijo processado e pode ser calculado através do extrato seco total da matéria-prima e do teor desejado para o queijo final (MEYER, 1973; FERNANDES, 1981d; PIROT, 1988a, b; BERGER *et alii*, 1989).

2.2.9. Adição de Gordura

A adição de gordura é efetuada antes do aquecimento da massa e pode-se adicionar creme de leite ou manteiga (MEYER, 1973; FERNANDES, 1981b; OLIVEIRA, 1986; BERGER *et alii*, 1989).

O creme de leite pode ser previamente fermentado pela adição de fermento láctico acidificante composto basicamente de *Lactococcus lactis ssp. lactis* e *Lactococcus lactis cremoris*, que dão um certo sabor característico ao produto final (FERNANDES *et alii*, 1985a; FERNANDES, 1981b). Se for colocada manteiga, esta deve ser bem moída, pois, caso contrário, a massa funde muito devagar e apresenta dificuldade de formação da emulsão (FERNANDES *et alii*, 1985a).

A adição da gordura à massa diminui consideravelmente a viscosidade do produto e afeta de modo favorável a consistência do produto final, tornando-a mais macia e com aspecto amanteigado (MEYER, 1973; FERNANDES, 1981b; FERNANDES *et alii*, 1985a).

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

A adição de uma proporção maior de creme de leite à massa resulta num requeijão mais macio, mais consistente (FERNANDES, 1981b; OLIVEIRA, 1986). Ao contrário, a adição de uma proporção menor, resulta num queijo processado mais duro (PIROT, 1988a, b).

Queijos fundidos com elevado teor de gordura, como o requeijão, onde o conteúdo de gordura no extrato seco desengordurado está entre 50 a 65%, e no qual o conteúdo de proteína é necessariamente reduzida pelo aumento da gordura, requerem uma grande porcentagem de queijos jovens com um correspondente aumento de caseína intacta na mistura (mínimo 12,0%). A mistura deste tipo pode ser intensamente trabalhada, durante o processo de fusão, acima do estado cremificante, caso contrário o produto final será borrachento e elástico, ao invés de macio e cremoso (MEYER, 1973; BERGER *et alii*, 1989).

2.2.10. Adição de Cloreto de Sódio

A quantidade de cloreto de sódio que deve ser adicionada à massa na fabricação de requeijão cremoso situa-se geralmente na faixa de 2,5 a 3,5% em relação ao peso inicial da mistura, podendo ser colocado na forma de uma solução ou mesmo polvilhado sobre a massa no momento do processo de fusão. A função do sal, neste caso, é contribuir para o sabor do queijo processado (MEYER, 1973; FERNANDES, 1981d; OLIVEIRA, 1986).

Além de contribuir para o sabor, a adição de 2,5 a 3,5% de NaCl em queijos processados com pH entre 5,6 a 5,8, pode minimizar a germinação de bactérias esporuladas, causadoras de defeito, do gênero *Clostridium* (THOMAS, 1977; KOSIKOWSKI, 1978).

Porém, de acordo com MEYER (1973), o controle do pH e a adição de sal não são métodos muito efetivos para controlar a germinação de esporos porque existe um limite para diminuir o pH, já que este influencia a configuração da proteína, e esta influencia por sua vez, marcadamente na textura do produto final. Além disto, o NaCl quando adicionado em grandes concentrações pode prejudicar o sabor do queijo (MEYER, 1973).

2.2.11. Processo de Fusão

O processo de fusão significa o tratamento térmico ao qual é submetida a mistura, utilizando tanto vapor direto como indireto, sob vácuo parcial e agitação constante (CARIC' & KALÁB, 1987). De acordo com OLIVEIRA (1986), a fusão propriamente dita é realizada por meio do aquecimento e da agitação vigorosa da massa, utilizando-se uma temperatura de 80 a 85°C. Esta fusão deve ser rápida e a agitação realizada deve ser de tal forma a evitar a queima da massa e promover uma completa homogeneização do produto em fusão.

2.2.11.1. Princípio da Fusão da Massa de Queijo Processado

O processo físico-químico de fusão de queijo processado na presença de agentes emulsificantes foi descrito por BONELL (1971), o qual dividiu o processo em uma sequência de reações que ocorrem simultaneamente: remoção do cálcio do sistema protéico; solubilização ou peptização e dispersão da proteína; hidratação ou intumescimento; estabilização do pH e formação da nova estrutura protéica durante o resfriamento.

A modificação que ocorre na estrutura do coágulo original durante o processo de fusão é dada principalmente pela remoção dos íons de cálcio das micelas de caseína sob a influência, em muitos casos, da ação complexante dos sais emulsificantes utilizados no momento da fusão, os quais sequestram os íons de cálcio do caseinato induzindo a entrada dos íons de sódio que, ligando-se ao caseinato, torna-o mais solúvel (SCHIMIDT & BUCHHEIM, 1976; HEERTJE *et alii*, 1985).

Para uma melhor compreensão das questões complexas interligadas à fabricação tanto *in natura* como do queijo processado, deve-se analisar a proteína do leite não tratada, ao invés da já convertida caseína do queijo. Isto oferece uma excelente oportunidade para se estudar as outras substâncias presentes no leite, particularmente a sua propriedade eletrolítica em sua forma original (THOMAS, 1977; BERGER *et alii*, 1989).

Considerando o papel decisivo que esses eletrólitos exercem, não somente aqui, mas em todos os processos químicos coloidais, seria interessante discutir sobre as funções dos íons positivos uni e bivalentes (BERGER *et alii*, 1989; DE MAN, 1990).

O íon sódio univalente e o íon cálcio bivalente são antagonistas às substâncias protéicas, em particular à caseína. O íon sódio atua dispersando, desenrolando, dissolvendo, peptizando e hidratando a proteína, enquanto que o íon cálcio desidrata e constrói grande agregados pela polimerização dos peptídeos, reação esta que poderá evoluir para uma coagulação macroscópica (BERGER *et alii*, 1989; DE MAN, 1990).

Ambos os íons positivos, se encontram principalmente em estado de equilíbrio e são capazes de estabilizar o sistema coloidal de proteínas. Qualquer deslocamento de cátions ou íon desbalancearia o estado de equilíbrio, de dentro para fora do sistema; este deslocamento atua também dispersivamente ou pela condensação da fase do estado coloidal para a superioridade do cátion uni ou bivalente (BERGER *et alii*, 1989).

Os sais de sódio ou ânion multivalentes, como aqueles que ocorrem em citratos ou fosfatos, podem provocar um deslocamento e desequilibrar o complexo protéico. Por exemplo, se um fosfato de sódio tivesse que atuar em um sistema coloidal contendo cálcio, o qual estaria em equilíbrio no complexo, ele trocaria o cátion cálcio bivalente por um cátion sódio univalente, atuando como um verdadeiro trocador de íon. Para uma explicação mais detalhada, ele remove o cálcio bivalente, não obstante a força obstrutora. Além do mais, duplica a força dispersiva dos cátions univalentes, os quais sem a presença das forças antagonistas, deixam de exercer sua completa força efetiva de ação (BERGER *et alii*, 1989; DE MAN, 1990).

2.2.11.2. Propriedades de Fusão da Massa

A uniformidade da fusão da massa ou qualidade de fusão é uma das propriedades mais desejáveis para queijos fundidos (ARNOTT *et alii*, 1957; GUPTA & REUTER, 1992). O termo qualidade de fusão é utilizado para indicar a facilidade com que o queijo funde quando submetido ao aquecimento (WEIK *et alii*, 1958).

Em termos gerais, propriedades de fusão referem-se à capacidade que as partículas do queijo possuem de se unirem umas às outras, de forma uniforme quando submetidas ao aquecimento, formando uma fase contínua (KINDSTEDT, 1991). Entretanto, o termo capacidade de fusão não compreende uma propriedade física simples, mas uma combinação de várias propriedades, tais como: tempo requerido para fusão, aparência do queijo processado após o processo de fusão, isto é, consistência, perda de gordura da rede protéica e ausência de grumos (WEIK *et alii*, 1958; RÜEGG *et alii*, 1991).

O fato dos queijos fundidos aparecerem no mercado com características físicas, químicas, sensoriais e reológicas bastante diferentes indica claramente que o conhecimento das características físicas e químicas da massa, requeridas para uma fusão uniforme ainda não foi totalmente dominado (ARNOTT *et alii*, 1957; BERGER *et alii*, 1989).

A falta de um método adequado para avaliação da qualidade de fusão pode ser responsável pelo atraso na elucidação das propriedades físicas e químicas da massa frente ao processo de fusão (ARNOTT *et alii*, 1957). A maior parte dos métodos baseia-se no exame visual, ou seja, avalia o efeito do aquecimento sobre um cilindro de queijo colocado em uma estufa por um certo tempo (ARNOTT *et alii*, 1957; RÜEGG *et alii*, 1991).

Não há, na literatura especializada, muitos trabalhos voltados para a avaliação da capacidade de fusão de queijos processados bem como, informações que digam respeito aos principais fatores que influenciam a capacidade da fusão. O único trabalho que aborda o assunto foi realizado por ARNOTT *et alii*, (1957), onde os autores avaliaram a capacidade da fusão em queijo processado, utilizando queijo tipo Cheddar.

De acordo com RÜEGG *et alii* (1991), a medida instrumental para avaliação das características de fusão é complicada devido a vários fatores tais como: heterogeneidade do queijo, perda de gordura da rede protéica, mudanças na forma e gradientes de temperatura. Entretanto, muitas medidas empíricas simples foram frequentemente usadas no passado para avaliar a capacidade de fusão de queijo processado (RÜEGG *et alii*, 1991).

Os testes convencionais de capacidade de fusão são baseados, principalmente, no aquecimento controlado de amostras cilíndricas e na medida do tempo ou das mudanças correspondentes na altura ou diâmetro da amostra. Os testes descritos por ARNOTT *et alii* (1957), embora bastante empíricos, têm sido ainda hoje bastante utilizados. Muitas modificações das condições deste teste, têm sido propostas e aplicadas a vários tipos de queijos, incluindo o pré-tratamento da amostra, os formatos do corte, a geometria e o tamanho da amostra, as combinações tempo e temperatura, os modos de aquecimento e medição (RÜEGG *et alii*, 1991).

Os métodos de estufa convencionais permitem a observação e quantificação da separação da gordura, porém, a reprodutibilidade destes testes não é muito boa (RÜEGG *et alii*, 1991). Sabe-se que durante o aquecimento, há evaporação de água da superfície do queijo, dificultando assim, a transferência de calor. Além disto, temperaturas elevadas dentro da estufa podem levar à formação de uma película na superfície da amostra dificultando a transferência de calor e consequentemente a sua fusão (RÜEGG *et alii*, 1991).

Outro método encontrado na literatura para avaliação da capacidade de fusão é o desenvolvido por OLSON & PRICE (1958). O método consiste em avaliar a modificação de uma amostra de queijo na forma de um cilindro aquecido em banho-maria. Devido ao aquecimento em banho-maria este método reduz a evaporação da água da superfície da amostra, facilitando, assim, a transferência de calor dentro da mesma.

Como pode-se verificar, basicamente os métodos encontrados na literatura para avaliação da capacidade de fusão da massa de queijos fundidos são bastante empíricos.

2.2.11.3. Cozimento da Massa

O aquecimento é um fator decisivo no processamento de queijo processado. A formação intermediária do "sol", que é necessária para a produção deste tipo de queijo, não pode ser obtida sem aplicação de calor. A temperatura mínima desejável para o processo é de 65 a 70°C. Caso a temperatura seja maior, a produção de "sol" de caseína é intensificada. No queijo processado, somente ocorrem mudanças na estrutura da massa quando a temperatura é maior que 85-90°C (MEYER, 1973; FERNANDES, 1981b, c; OLIVEIRA, 1986).

O cozimento da massa é uma das principais operações do processo de fabricação de queijos processados. É através desta etapa que ocorre hidratação da proteína ou cremificação, a qual tem uma importância fundamental para a consistência do queijo processado (THOMAS, 1977; PIROT, 1988a, b).

A cremificação é um fenômeno físico-químico, sendo obtida pela malaxagem a quente, que tem o objetivo de hidratar as finas partículas do queijo fluido, mais ou menos modificadas, aumentando, assim, a sua viscosidade (PIROT, 1988a, b).

A cremificação inicia-se durante o cozimento da massa a altas temperaturas (92-95°C) dentro da homogeneizadora e estende-se até o resfriamento. Neste momento, os ânions polivalentes dos sais fundentes com poder cremificante, sobretudo o di-fosfato de sódio, fixam-se às matérias protéicas modificadas aumentando seu caráter hidrofílico. Formam-se outras ligações na presença de moléculas que deslizam, formando-se partículas que absorvem grandes quantidades de água, aumentando a viscosidade da massa coloidal (PIROT, 1988a, b).

É conhecido que o emprego de citratos e de monofosfatos de sódio não têm influência sobre a cremificação e que o poder cremificante dos polifosfatos diminui com o aumento de sua cadeia molecular (MEYER, 1973; PIROT, 1988a, b; BERGER *et alii*, 1989). Já o difosfato, cuja cadeia molecular é mais curta, tem maior influência sobre o fenômeno da cremificação (PIROT, 1988a, b).

No caso de queijos cremosos, como o requeijão brasileiro, tanto a dispersão como a cremificação são completadas em 8 a 15 minutos. Alcançado o tempo de cremificação, o queijo

processado deve ser envasado, embalado e resfriado rapidamente à temperatura ambiente (MEYER, 1973; PIROT, 1988a, b).

O Regulamento Técnico Mercosul de Identidade e Qualidade de Queijos Processados ou Fundidos (MERCOSUL, 1996), sugere que durante o processo de fusão do produto, este deverá ser submetido a um aquecimento mínimo de 80°C por 15 minutos, ou qualquer combinação de tempo versus temperatura equivalente.

O controle do tempo e temperatura durante a etapa de cozimento é extremamente importante, pois se a cremificação for muito curta ou insuficiente, resultará num queijo de consistência muito mole. Por outro lado, se a cremificação for muito longa, a gordura e a água que estão retidas na emulsão separam-se, ocorrendo a supercremificação, acarretando um defeito grave de fabricação, que é irreversível. Além disto, o produto final apresenta consistência muito firme, devido à perda de água da rede protéica (PIROT, 1988a, b).

De acordo com PIROT (1988a, b), os principais fatores que influenciam o fenômeno de cremificação são: tipo de matéria-prima utilizada, grau de maturação do queijo e eficiência da agitação mecânica dentro do equipamento, temperatura de fusão e quantidade de água do queijo no momento da fusão.

Com relação ao grau de maturação do queijo, PIROT (1988a, b) relata que, quanto maior o índice de maturação do queijo, mais forte será a cremificação. Por outro lado, se o queijo apresentar um índice de maturação muito avançado, a estrutura da massa do produto final será frágil e muito fluida.

Já com relação à eficiência da agitação mecânica, altas velocidades das facas da homogeneizadora são favoráveis à cremificação (PIROT, 1988a, b; BERGER *et alii*, 1989).

Os equipamentos utilizados atualmente são aquecidos diretamente, ou seja, pela injeção direta de vapor à massa e, indiretamente, pela injeção de vapor na camisa do equipamento, ou ainda pela associação dos dois sistemas de aquecimento (BERGER *et alii*, 1989).

O aquecimento pode ser efetuado tanto com vapor direto como indireto. Nos processos em que a temperatura de fusão da massa não ultrapassa 60 a 70°C, pode-se utilizar vapor indireto. Já em processos que empregam temperaturas acima de 70°C, é recomendado que se utilize vapor direto, para evitar que a massa grude nas paredes do equipamento e queime. É importante ressaltar que, quando se utiliza vapor direto, a perda de calor é mínima (THOMAS, 1977; BERGER *et alii*, 1989).

Com relação à quantidade de água, de acordo com PIROT (1988a, b), quanto maior o conteúdo de água na massa do queijo, maior será o efeito da cremificação.

Logo após o cozimento final o queijo processado encontra-se à temperatura elevada (92-95°C) e em estado fluido, sendo que nestas condições, o seu envase é feito imediatamente (PIROT, 1988a, b).

2.2.11.4. Tempo de Processo

O tempo de fusão em que a massa é submetida aos efeitos térmicos e mecânicos tem um papel fundamental. A ação de um aquecimento prolongado afetará consideravelmente a estrutura do queijo. A duração do processo depende, em grande parte, da consistência da massa e do tipo de produto a ser fabricado. A temperatura e a duração do processo são, de certa maneira, dependentes um do outro. Quando a temperatura é aumentada, o tempo precisa ser correspondentemente diminuído (MEYER, 1973; OLIVEIRA, 1986).

Além disto, a cremificação da massa é afetada pela intensidade dos tratamentos térmicos e mecânicos sofridos pela mesma ao ser fundida, o que explica a grande influência do tempo de fusão, sendo assim, quanto maior for o tempo total do processo, maior será a desidratação da massa, e o queijo final se apresentará mais consistente, dentro de certos limites. Deve-se enfatizar a importância de todos os parâmetros que influem no processamento para que o produto obtido seja uniforme e de boa qualidade (FERNANDES *et alii*, 1985a).

2.2.11.5. Agitação

A interação entre a massa, os sais fundentes, a água, a gordura e o processo de solubilidade, os quais causam a ação cremificante, ocorrerá mais rapidamente quanto mais intensa for a agitação. A intensidade de agitação depende das características da massa utilizada no processo e das características desejadas para o produto final (MEYER, 1973; THOMAS, 1977; CARIC' & KALÁB, 1987; PIROT, 1988a, b).

A completa e perfeita mistura de massa, gordura, água, sais fundentes e cloreto de sódio é fundamentalmente um pré-requisito para uma dispersão perfeita e uma emulsão estável (MEYER, 1973; CARIC' & KALÁB, 1987).

O tratamento mecânico não apenas forma a dispersão coloidal, como também acelera o processo de cremificação do "sol" de caseína (MEYER, 1973; PIROT, 1988a, b).

Os equipamentos utilizados para a fusão da massa de queijos fundidos geralmente possuem um dispositivo para 03 velocidades, permitindo assim que a ação mecânica sobre o "sol" de caseína seja leve, média ou intensa, de acordo com a matéria-prima utilizada e com as características do produto final (MEYER, 1973).

As homogeneizadoras mais modernas são equipadas com agitadores de 03 estágios, o que torna possível operar a 03 velocidades diferentes (60, 80 e 120rpm ou 75, 100 e 150rpm, ou ainda 90, 120 e 180rpm), com exceção de alguns tipos de homogeneizadoras-trituradoras STEPHAN, que possuem 1500 e 3000rpm. Os vários tipos de equipamentos disponíveis para fabricação de queijos processados provocam um aumento da mistura e da cremificação (MEYER, 1973; BERGER *et alii*, 1989).

De acordo com MEYER (1973), para queijos processados de consistência cremosa, como é o caso do requeijão cremoso, geralmente é necessária uma agitação rápida, por exemplo, 120 a 150rpm. Porém, o autor recomenda que seja utilizado o estágio I, cuja velocidade é mais baixa, no início do processo de fusão, e que, com o decorrer do processo, deve-se aumentar a velocidade, passando para os estágios II e III, gradativamente.

Para se obter uma emulsão estável e alcançar a cremificação, é importante proceder uma agitação intensa da matéria-prima juntamente com a gordura, a água, o cloreto de sódio e os sais fundentes. Quanto mais elevada a energia mecânica, ou seja, quanto mais rápido for o agitador mecânico, mais a massa será trabalhada e mais intensa será a cremificação (BERGER *et alii*, 1989).

2.2.12. Vácuo

O uso do vácuo assegura, em primeiro lugar, que a tampa do equipamento se mantenha firmemente fechada e em segundo lugar, auxilia na remoção do ar, umidade e compostos voláteis indesejáveis (MEYER, 1973).

Nos últimos anos, a importância do uso do vácuo tem diminuído já que as máquinas modernas trazem na tampa válvula de segurança, a qual permite um fechamento seguro. Deste modo, o uso do vácuo ficou restrito para remoção de compostos voláteis indesejáveis (MEYER, 1973).

Atualmente, o uso do vácuo em muitos processos se restringe somente aos últimos 2 ou 3 minutos do processo de fusão, com a finalidade de remover o ar e em alguns casos a umidade da superfície (MEYER, 1973).

MEYER (1973) recomenda não exceder 300-500mmHg, pois o excesso pode causar uma sucção da massa pela bomba de vácuo, dificultando o procedimento. Entretanto, pode-se evitar este problema instalando uma válvula de retenção na linha de vácuo, corrigindo assim este problema (MEYER, 1973).

2.2.13. Embalagem

A seleção dos materiais de embalagem que melhor se adaptem a um determinado alimento é função do conhecimento profundo tanto das propriedades de proteção da embalagem, como também das características do produto a embalar (FERNANDES & CABRAL, 1992).

O requeijão cremoso é normalmente embalado a quente, em copos de vidro canelado ou liso, recravados com tampas metálicas. Pode também ser embalado em qualquer outro tipo de copo ou pote plástico, ou mesmo ser colocado em caixas de madeira ou papel laminado, desde que devidamente forrados com papel impermeável ou plástico (OLIVEIRA, 1986; ALBUQUERQUE *et alii*, 1993). Atualmente se encontram, no Brasil, embalagens aplicadas ao mercado institucional especialmente para cadeias de lojas de "fast foods" e pizzarias.

Os copos de vidro têm seu uso restrito aos requeijões e queijos fundidos extremamente cremosos. As principais vantagens do uso dos copos de vidro são: o fechamento inviolável e hermético e a transparência, que permite que o consumidor veja o que está comprando; as tampas dos copos e potes recebem aplicação de vernizes protetores e compostos de vedação; os copos são fechados por recravação e os potes apresentam tampas com garras, do tipo pressão e torção; o vidro utilizado na fabricação dos copos é temperado, fato que possibilita o enchimento a quente do requeijão e alguns queijos fundidos (FERNANDES & CABRAL, 1992; ALBUQUERQUE *et alii*, 1993).

De acordo com OLIVEIRA (1986), seja qual for o tipo de embalagem, é importante que o produto seja embalado a quente visando aproveitar a fluidez da massa e também para destruir alguns contaminantes microbiológicos que porventura estejam nas embalagens, principalmente mofos e leveduras.

Quando a temperatura de enchimento oscila entre 85°C a 90°C, obtém-se um vácuo de 102 a 127mmHg, sem esterilização. Porém, quando os copos ou potes são cheios a temperaturas mais baixas e esterilizados posteriormente, o vácuo obtido fica por volta de 178 a 254mmHg. Quanto mais alto for o valor do vácuo obtido, maior será a segurança com relação ao desenvolvimento de mofos e leveduras, principalmente na superfície do produto (FERNANDES & CABRAL, 1992).

O fechamento da embalagem deve ser hermético a fim de evitar a entrada de ar, que facilitará a oxidação do produto e o desenvolvimento microbiológico, prejudicando, assim, a conservação do produto (OLIVEIRA, 1986).

A contaminação microbiológica apresenta-se como um dos problemas mais críticos para o armazenamento de requeijões e queijos fundidos. Pelas suas características intrínsecas os queijos são ótimos meios de crescimento microbiano (FERNANDES & CABRAL, 1992).

A sua atividade de água, faixa de pH e os nutrientes disponíveis são totalmente favoráveis ao desenvolvimento de bactérias, mofo e fungos. No entanto, como os requeijões e queijos processados sofrem tratamento térmico intenso, pode-se considerar que a contaminação inicial é praticamente inexistente. Por este motivo, atenção especial deve ser dada durante o processo de fechamento da embalagem, para evitar qualquer tipo de contaminação (FERNANDES & CABRAL, 1992).

2.2.14. Resfriamento

Há uma regra geral para o resfriamento de queijos processados. Para queijos untáveis o resfriamento deve ser o mais rápido possível, e, para queijos em blocos, um resfriamento relativamente lento, pois resfriamento rápido amolece o produto. Contudo, resfriamento lento, pode intensificar a reação de Maillard e promover o crescimento de microrganismos formadores de esporos (CARIC & KALÁB, 1987).

O resfriamento final de queijos processados é feito geralmente abaixo de 10°C, embora abaixo desta temperatura possa ocorrer a formação de cristais (CARIC & KALÁB, 1987). MEYER (1973) recomenda o armazenamento em câmaras frias a temperatura entre 5 e 12°C.

Com relação ao armazenamento do requeijão cremoso, este requer refrigeração da mesma forma que a maioria dos queijos processados; entretanto, a sua conservação é bem maior, quando mantido hermeticamente fechado. Após aberto, a sua conservação é limitada a cerca de uma semana, mesmo sob refrigeração adequada (OLIVEIRA, 1986).

A temperatura de estocagem pode influenciar a consistência. Assim, é importante conhecer a menor temperatura na qual o produto pode ser conservado (BERGER *et alii*, 1989).

2.2.15. Características Reológicas do Requeijão Cremoso

Em ciência de alimentos, a reologia é uma área que estuda a estrutura dos alimentos, em resposta a uma força ou deformação aplicada (RAO, 1977; SHOEMAKER *et alii*, 1992).

De acordo com RAO (1977), a deformação diz respeito aos materiais sólidos, como é o caso de queijos duros e fluxo se refere aos materiais líquidos, como é o caso do leite. Materiais que não são sólidos nem líquidos, mas que possuem as duas propriedades, podem ser considerados como viscoelásticos, por exemplo, iogurte, sorvetes e queijos processados, como é o caso particular do requeijão cremoso (KONSTANCE & HOLSINGER, 1992).

Do ponto de vista prático, o estudo das propriedades reológicas dos produtos derivados de leite é importante como método de controle do processo de fabricação para garantir a manutenção da estrutura física e química do corpo do queijo durante a estocagem, relacionados principalmente à textura e à estabilidade da emulsão (CAMPOS, 1989; KONSTANCE & HOLSINGER, 1992; SHOEMAKER *et alii*, 1992; TUNICK & NOLAN, 1992).

Embora a importância da ampliação de estudos reológicos na área de alimentos seja reconhecida por vários pesquisadores, devido à complexidade da estrutura e composição dos alimentos, as medidas de avaliação das propriedades reológicas foi por muitos anos confinada a métodos empíricos (KONSTANCE & HOLSINGER, 1992; SHOEMAKER *et alii*, 1992; TUNICK & NOLAN, 1992).

De acordo com SHOEMAKER *et alii* (1992), a avaliação das propriedades reológicas dos queijos é tão importante quanto a avaliação do sabor e aroma. Em queijos processados untáveis, como é o caso particular do requeijão cremoso, a textura é uma propriedade que exerce um papel fundamental na qualidade do produto final. As características reológicas: espalhabilidade, cremosidade, elasticidade e viscosidade são tão importantes quanto o sabor e o aroma do produto final (VERMA & GUPTA, 1981; CAMPOS, 1989; TUNICK & NOLAN, 1992).

Com a introdução no mercado de instrumentos mais avançados de medidas físicas de textura, tem aumentado o número de trabalhos realizados na área de reologia de alimentos. Os

resultados obtidos nestes trabalhos fornecem informações adicionais sobre a influência que a composição e as interações entre os constituintes dos alimentos exercem sobre a textura (ZOON, 1991; KONSTANCE & HOLSINGER, 1992; SHOEMAKER *et alii*, 1992).

Dentre os mais diversos produtos derivados de leite, os queijos, de modo geral, são os que possuem a estrutura mais complexa (CAMPOS, 1989; VERMA & GUPTA, 1981; SHIMP, 1985). Conforme CARIC' *et alii* (1985), queijo processado é um sistema complexo, composto por proteínas, gordura, água, sais minerais e outros ingredientes, sendo que suas principais características de textura são: firmeza, adesividade, elasticidade, gomosidade, coesividade e arenosidade. Estas características dependem da estrutura e do rearranjo das moléculas de proteína (VERMA & GUPTA, 1981).

O corpo e a textura dos queijos processados são afetados por vários fatores tais como: composição e grau de maturação da massa utilizada como matéria-prima, pH, tipo e quantidade de sal emulsificante, temperatura e tempo de cozimento, velocidade de agitação e temperatura de resfriamento (TEMPLETON & SOMMER, 1930; TEMPLETON & SOMMER, 1932; MEYER, 1973; VERMA & GUPTA, 1981; BERGER *et alii*, 1989; GUPTA & REUTER, 1992; YUN *et alii*, 1993).

TEMPLETON & SOMMER (1930), avaliando a influência que certos ingredientes exercem sobre a firmeza de queijos processados untáveis, constataram que o leite em pó, a manteiga e o creme de leite possuem forte influência sobre a espalhabilidade. As observações destes autores foram baseadas em queijos contendo 44,0% de umidade, 26,0% de gordura e 46,0% de gordura no extrato seco.

OLSON & PRICE (1961), avaliando o efeito que certos componentes do queijo exercem sobre a firmeza, constataram que o aumento no conteúdo de umidade diminuiu consideravelmente a firmeza do produto final. No entanto, variações no conteúdo de gordura não influenciaram tanto a firmeza quanto o conteúdo de umidade. Os autores verificaram ainda que o conteúdo de extrato seco desengordurado do queijo tem uma influência marcante sobre a firmeza.

GUPTA & REUTER (1992) também constataram que quanto maior a quantidade de soro em pó concentrado adicionado em formulações de queijos processados, com a finalidade de aumentar o conteúdo de extrato seco desengordurado, maior foi a firmeza do produto final.

O pH influencia as características de textura dos queijos processados, uma vez que o mesmo afeta a configuração da proteína (TUNICK & NOLAN, 1992). Valores de pH abaixo de 5,4 prejudicam a textura do queijo, tornando-a muito firme e granulosa (TEMPLETON & SOMMER, 1932b; TUNICK & NOLAN, 1992; VISSER, 1991). Queijos que apresentam valores de pH na faixa de 5,5 a 5,7 tendem a possuir consistência mais firme, ao passo que valores de pH acima de 6,3 resultam em queijos de consistência pastosa (MEYER, 1973; BERGER *et alii*, 1989). De acordo com TEMPLETON & SOMMER (1932), valores de pH entre 5,7 a 6,3 apresentam pequena influência na firmeza em queijos processados untáveis.

Os sais emulsificantes também têm um papel importante no desenvolvimento das características do corpo e textura e na propriedade de fusão dos queijos processados (MEYER, 1973; CARIC' *et alii*, 1985).

TEMPLETON & SOMMER (1936), relacionando a firmeza de queijos processados com alguns tipos de sais emulsificantes (citrato de sódio, citrato de potássio, pirofosfato tetrassódico, metafosfato de sódio e mistura de partes iguais de mono e ortofosfato dissódico, observaram que queijos fabricados com fosfatos condensados apresentaram maior resistência à compressão do que os queijos processados com sais à base de citrato.

O grau de maturação influencia a textura e o corpo do queijo. De acordo com TEMPLETON & SOMMER (1932b), no processamento de queijos processados, a textura torna-se mais macia à medida que aumenta a quantidade de queijos maturados na mistura. Queijos processados fabricados exclusivamente com queijos de massa fresca (caseína não-degradada), apresentam textura muito firme, alta viscosidade e muita incorporação de ar logo após o processo de fusão. Os autores recomendam fazer uma mistura de queijos maturados e queijos de massa fresca para solucionar este problema.

A textura dos alimentos pode ser avaliada por contatos mecânicos ou físicos (BOURNE, 1978; CAMPOS, 1989; GIESE, 1995). Os parâmetros reológicos que podem ser

utilizados na avaliação das propriedades de textura de queijos são: firmeza, elasticidade, coesividade, adesividade, fraturabilidade, mastigabilidade e gomosidade (CAMPOS, 1981; CAMPOS, 1989; TUNICK & NOLAN, 1992).

De acordo com GIESE (1995), as propriedades de textura estão intimamente relacionadas à deformação, desintegração e ao fluxo do alimento, sob a aplicação de uma força. São objetivamente medidas pelas funções: tempo, força, massa e distância.

Viscosidade pode ser definida como a fricção interna de um fluido ou sua tendência a resistir ao fluxo. A distinção entre textura e viscosidade parece bastante simples. Viscosidade relaciona-se a alimentos fluidos, ou seja, que apresentam propriedade de escoamento, e textura relaciona-se a alimentos sólidos. No entanto, muitos alimentos sólidos exibem algumas propriedades dos fluidos, assim como muitos líquidos apresentam propriedades de alimentos sólidos (CAMPOS, 1989; GIESE, 1995).

Pressão ("stress") é a intensidade dos componentes da força agindo num material e é expressa em unidades de força por unidade de área (SZCZESNIAK, 1983).

Deformação ("strain") é a mudança no tamanho ou espessura de um corpo, em resposta a uma força aplicada. É um parâmetro adimensional, se traduz como uma relação ou porcentagem, e é expresso como uma mudança em relação ao tamanho ou espessura original (SZCZESNIAK, 1983; GIESE, 1995).

De acordo com SZCZESNIAK (1983), há três tipos de pressão: compressão, aplicada perpendicularmente contra a superfície do material; tensão, esticando o material; e cisalhamento, aplicada tangencialmente ao material.

SZCZESNIAK (1983), listou cinco elementos essenciais de todos os instrumentos de medida de textura: um mecanismo de condução do sensor que pode variar desde um simples peso até um sofisticado condutor elétrico variável motorizado ou hidráulico; um elemento de prova (lâmina de corte, sonda, entre outros), que entra em contato com o alimento; uma força aplicada tanto verticalmente como horizontalmente ou tangencialmente que corta, perfura,

pontua, comprime, tritura, cisalha ou tensiona a amostra; um elemento sensitivo e um display que mostra os resultados das medidas.

Em instrumentos tais como o TA-XT2, Texture-Analyser, pode-se determinar o perfil de textura dos alimentos com determinações das seguintes propriedades reológicas: firmeza, elasticidade, coesividade, adesividade, fraturabilidade, mastigabilidade e gomosidade, onde o parâmetro variável é a força, enquanto a velocidade e a distância são mantidas constantes.

No Brasil são poucos os trabalhos realizados na determinação das propriedades reológicas do requeijão cremoso. Num estudo realizado por FERNANDES *et alii* (1985b), sobre formulações de sais emulsificantes para fabricação de requeijão cremoso, avaliou-se a textura dos requeijões fabricados com diversos tipos de misturas de sais emulsificantes por meio do penetrômetro. Os resultados encontrados neste estudo revelaram que o valor mínimo de 9,0mm de penetração, citado na literatura como aceitável para queijos cremosos, não foi confirmado nos testes realizados pelos autores, já que os requeijões que apresentaram valores de 9,3mm, foram rejeitados na análise sensorial, justamente por apresentarem consistência muito firme. Foi constatado também que os consumidores brasileiros de requeijão cremoso estão acostumados a consumir um produto bem menos consistente do que os queijos processados untáveis estrangeiros.

2.2.16. Características Organolépticas do Requeijão Cremoso

Sabe-se que a falta de controle do processo de fusão da massa de queijos fundidos tem levado as indústrias a produzirem requeijões com diferentes características físicas e químicas, sensoriais e reológicas (ARNOTT *et alii*, 1957; HARVEY *et alii*, 1982; GUPTA & REUTER, 1992).

De acordo com GUPTA & REUTER (1992), em queijos processados, a firmeza e a qualidade de fusão são dois parâmetros importantes de avaliação da qualidade total do produto final, ao passo que para HARVEY *et alii* (1982), o corpo e a textura são dois atributos importantes que devem ser considerados nesta avaliação.

Com relação às características organolépticas do requeijão cremoso, os principais atributos que são frequentemente avaliados são: consistência, textura, cor, sabor e aroma (FERNANDES, 1981a, b; FERNANDES *et alii*, 1985a).

A consistência do requeijão cremoso deve ser mole, homogênea, untuosa, manteigosa ou cremosa. O requeijão deve ainda apresentar considerável espalhabilidade (FERNANDES *et alii*, 1985a; FERNANDES *et alii*, 1985b). De acordo com VERMA & GUPTA (1981), a espalhabilidade e a cremosidade são duas propriedades características dos queijos processados untáveis.

O termo untuoso é geralmente aplicado para os queijos que possuem uma consistência tal que à temperatura ambiente possam ser facilmente espalhados com a faca, como é o caso do requeijão cremoso (TEMPLETON & SOMMER, 1932; KEATING, 1971; KOKINI & DICKIE, 1982).

De acordo com FERNANDES *et alii* (1981c), a massa do requeijão cremoso deve apresentar após a fusão uma estrutura não muito curta nem muito longa, além de apresentar também certa elasticidade formando fios ao ser retirado com a faca.

O requeijão cremoso típico deve apresentar sabor e o aroma próprio, levemente ácido e salgado. O sabor deve ser semelhante a creme de leite e o aroma de leite fresco levemente fermentado (FERNANDES & MARTINS, 1980; FERNANDES *et alii*, 1985b; OLIVEIRA, 1986). O sabor ácido suave característico do requeijão cremoso é dado pelo ácido láctico que é formado pelo processo de fermentação da lactose pelas bactérias lácticas ou pela adição de ácido láctico puro de padrão alimentício (CARIC' & KALÁB, 1987).

Sabe-se que a utilização inadequada do tipo e da quantidade de sal emulsificante pode levar à produção de requeijões com defeitos de sabor, principalmente associado a um sabor salino ou levemente amargo (OLIVEIRA, 1986).

A textura do requeijão cremoso deve ser lisa, com ausência total de grumos. A cor deve ser branco-creme, homogênea (FERNANDES, 1981b; FERNANDES *et alii*, 1985a).

A falta de controle do pH pode resultar em requeijões cuja textura apresenta grumos (MEYER, 1973; FERNANDES, 1981b, c; FERNANDES *et alii*, 1985a; FERNANDES *et alii*, 1985b).

2.2.17. Principais Defeitos de Queijos Processados

O problema mais grave na indústria de queijos processados é o estufamento ou a produção de trincas na massa do queijo processado em blocos, causada por bactérias anaeróbicas esporuladas do gênero *Clostridium*, (MEYER, 1973; THOMAS, 1977; KOSIKOWSKI, 1978).

De acordo com THOMAS (1977), os principais defeitos encontrados em queijos causados por bactérias do gênero *Clostridium* são: produção de gás com ou sem odor, descoloração da massa do queijo, proteólise com formação de sinérese e produção de toxina.

A germinação de esporos após o processamento é influenciada por vários fatores, tais como: composição da mistura, quantidade de cloreto de sódio e sais emulsificantes, pH, conteúdo de umidade, presença ou ausência de inibidores. Entretanto, existem várias maneiras de inibir o crescimento de bactérias esporuladas como: adição de conservadores, aumento do potencial de oxi-redução da mistura, ou esterilização do queijo (THOMAS, 1977; KAUTTER *et alii*, 1981; CARIC' & KALÁB, 1987; ECKNER *et alii*, 1994).

Os microrganismos *Clostridium butyricum* e o *Clostridium tyrobutyricum* por serem heterofermentativos produzem, através da fermentação da lactose, gás carbônico e ácido butírico entre outros compostos que causam defeitos de estufamento ou formação de trincas no queijo, podendo causar problemas de aromas desagradáveis (THOMAS, 1977).

Nos últimos anos os queijos processados untáveis, por apresentarem pH (5,4-6,3) e conteúdo de umidade (aproximadamente 54 a 63%) elevados, têm sido alvo de interesse por apresentar grande potencial para o desenvolvimento de *Clostridium botulinum* (KAUTTER *et alii*, 1979; KAUTTER *et alii*, 1981; TANAKA, *et alii*, 1986; ECKNER *et alii*, 1994).

Apesar não ser comum o envolvimento de queijos processados em surtos de intoxicação causada pelo botulismo, foi registrado em 1974 na Argentina seis casos de contaminação causada por *Clostridium botulinum* envolvendo queijo untável condimentado com cebola (BRIOZZO *et alii*, 1983). Neste caso, em particular, os queijos untáveis contaminados apresentavam atividade de água entre 0,968 e 0,978 e valores de pH entre 5,6 e 6,1 (BRIOZZO *et alii*, 1983).

Alguns autores, o fato dos queijos processados não apresentarem envolvimento frequente em surtos de intoxicação causada pelo botulismo pode ser explicado pela relação complexa existente entre os tipos de queijos usados como matéria-prima, pH, quantidade e tipo de sais emulsificantes e teor de cloreto de sódio do produto final (TANAKA, *et alii*, 1986; ECKNER *et alii*, 1994).

Numa atividade de água \leq que 0,95, a formação de toxina começa a depender de outros fatores tais como: quantidade de NaCl e sais emulsificantes, teor de umidade e pH. A diminuição do pH dos queijos processados, assim como o aumento da quantidade de fosfatos diminui o risco de germinação dos esporos de *Clostridium botulinum* e consequentemente, a formação da toxina. O conteúdo de umidade considerado limite para o desenvolvimento de *Clostridium botulinum* em queijos processados untáveis é 56% (ECKNER *et alii*, 1994).

Estudos realizados por WAGENARR & DACK (1954) sobre o efeito dos sais emulsificantes no crescimento e produção de toxina do *Clostridium botulinum* constataram que a adição de 2,5% de fosfato dissódico, permite reduzir a quantidade de cloreto de sódio requerida para inibir o crescimento de *Clostridium botulinum*. Já algumas concentrações de sais emulsificantes à base de citrato não apresentaram este efeito de inibir o crescimento de *Clostridium botulinum*.

De acordo com TANAKA *et alii* (1979), os sais emulsificantes à base de ortofosfatos suprimem a germinação de esporos de *Clostridium botulinum* em queijos processados, enquanto os citratos não possuem este efeito.

Alguns sais emulsificantes exibem efeitos bacteriológicos. O ortofosfato tem um efeito bacteriológico que é bem mais pronunciado que os sais à base de polifosfatos (CARIC' & KALÁB, 1987).

Estudos realizados por ECKNER *et alii* (1994) comparando o efeito de dois sais emulsificantes (polifosfato S9 e S9H e ortofosfato dissódico) sobre o crescimento de *Clostridium botulinum* em queijos processados untáveis contendo 52, 54, 56 e 60% de umidade, constataram que os sais polifosfatos foi capaz de retardar a formação da toxina em queijos com maiores conteúdos de umidade que os fosfatos dissódico. No entanto, nenhum dos dois sais à base de polifosfatos (S9 e S9H) foi capaz de prevenir por completo a formação da toxina. Os autores constataram também que queijos processados untáveis com elevado conteúdo de umidade, elevado pH e baixa concentração de cloreto de sódio e fosfatos apresentam grande potencial de risco para a produção de toxina bacteriana.

O controle do pH é outro fator que pode inibir a germinação de esporos de *Clostridium botulinum*, no entanto, o uso de pH para controlar a germinação é limitado (THOMAS, 1977). A faixa de pH necessária (pH 4,6 a 5,0) para inibir o crescimento de esporos está fora do limite de pH ótimo para fundir a massa do queijo (pH 5,4 a 5,7).

Alguns conservadores, como é o caso da nisina, podem ser adicionados à massa de queijos para inibição de esporos de bactérias anaeróbias esporuladas. A nisina não é efetiva contra o crescimento de bactérias gram-negativas, mas possui propriedades anti-micóticas. Em baixas concentrações, a nisina é capaz de interromper a produção de gás e em elevadas concentrações, é capaz de inibir por completo o crescimento de *Clostridium botulinum* (THOMAS, 1977).

No Brasil, o novo Regulamento Técnico Mercosul de Identidade e Qualidade de Queijo Processado ou Fundido (MERCOSUL, 1996) estabelece o uso de nisina na concentração de 12,5 mg/kg de queijo como agente conservador.

2.2.17.1. Escurecimento não-enzimático

A cor normal dos queijos processados varia do creme ao branco, que é a cor preferida pelos consumidores (THOMAS, 1977). A cor do produto final varia em função do tipo de sais emulsificantes e corantes adicionados à mistura (MEYER, 1973; THOMAS, 1977).

Quando utilizam-se elevadas temperaturas de cozimento da massa, o queijo resultante pode apresentar defeitos de coloração devido à formação de compostos coloridos denominados melanoidinas, resultantes da reação de Maillard (MEYER, 1973; THOMAS, 1977; BERGER *et alii*, 1989). Sabe-se que a reação de Maillard é uma reação que envolve os agrupamentos amino das proteínas e os açúcares redutores dos carboidratos, com formação de pigmento colorido e compostos aromáticos (THOMAS, 1977).

A reação de Maillard é mais pronunciada em queijos processados untáveis do que em queijos processados em blocos. Isto ocorre porque o tempo e a temperatura de cozimento da massa de queijo processado (90°C/8-15min) é maior que a temperatura do queijo processado em bloco (80°C/6-8min). Além disto, o teor de umidade (maior que 55%) de queijos processados untáveis é maior do que o de queijos processados em blocos (ao redor de 45%). Outro fator que contribui para o maior desenvolvimento da reação de Maillard em queijos processados untáveis é o pH que varia de 5,8 a 6,0 contra 5,5 a 5,6 em queijos processados em bloco (THOMAS, 1977).

2.2.17.2. Formação de Cristais

Outro defeito ocasionalmente encontrado em queijo processado devido à adição de sais emulsificantes é a formação visível de cristais sobre a superfície e interior do produto final (SCHARPF & MICHNICK, 1967). Dentre os produtos que normalmente dão origem à formação de cristais, os mais comumente identificados são os ortofosfatos de cálcio e sódio, por serem os sais de fosfato de sódio os mais comumente utilizados na fabricação de queijos fundidos (SCHARPF & MICHNICK, 1967; TAMIME *et alii*, 1990).

Várias espécies iônicas que possam estar presentes no queijo podem ter um papel muito importante no desenvolvimento de cristais. Exemplo de tais espécies são os cátions de cálcio, sódio, magnésio e ânions de fosfato. Quando a concentração de ânions é aumentada pela adição de sais emulsificantes à base de fosfatos, a possibilidade de formação de sais de baixa solubilidade também é aumentada. Tanto os fosfato de cálcio como o fosfato de sódio são praticamente insolúveis em condições de refrigeração nas quais devem ser mantidos os queijos fundidos (SCHARPF & MICHNICK, 1967; PIROT, 1988a, b).

Outros fatores que podem causar a formação de cristais são a adição excessiva de sais emulsificantes, baixa temperatura de estocagem e elevado conteúdo de cálcio no queijo (THOMAS, 1977).

A formação de cristais em função do aumento de pH do queijo foi estudada por PALMER & SLY (1944), em dois casos quando utilizaram-se ortofosfatos de sódio em queijo com pH 6,7 e 6,8, respectivamente. No primeiro caso, o queijo foi estocado por 2 a 3 meses à temperatura ambiente e o outro queijo foi estocado durante 5 meses a 10-15°C. Através das análises, verificou-se que os cristais eram formados por $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

SCHARPF & KICHLIN (1968) constataram que os principais fatores que afetam a formação dos cristais de fosfatos são o pH e o conteúdo de fósforo no produto final. Uma relação inversa entre o pH de queijo processado e o nível de fósforo é requerida para prevenir a formação de cristais. O parâmetro de pH e o nível de P_2O_5 devem ser monitorados com o objetivo de controlar o desenvolvimento de cristais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Matéria-prima

3.1.1. Leite

Na fabricação do requeijão cremoso foi utilizado leite cru, tipo "B", adquirido da Cooperativa Agropecuária Tuiuti Ltda (SHEFA) de Amparo, SP, possuindo as características físicas e químicas apresentadas na Tabela 01.

TABELA 01. Valores médios das características físicas e químicas do leite.

Características Físicas e Químicas	Valores Médios
pH	6,66
Acidez Dornic (°D)	16,90
Gordura (%)	3,65
E.S.T. (%)	12,16
E.S.D.(%)	8,46
Pt (%)	3,30
Cinzas (%)	0,66
Cálcio (ppm)	1330,93
Magnésio (ppm)	126,96
Fósforo (ppm)	1079,25

3.2. Coadjuvantes Tecnológicos

3.2.1. Culturas Lácticas

Empregou-se, no presente trabalho, fermento láctico tipo "O" (Banco de Culturas Lácticas do ITAL), com acidez média de 85°D, cuja composição apresentava: 50% de *Lactococcus lactis ssp. lactis* e 50% de *Lactococcus lactis ssp. cremoris*.

3.2.2. Ácido Láctico

O ácido láctico utilizado neste experimento foi de padrão alimentar, 85% de pureza, procedente da ALCON.

3.2.3. Cloreto de Sódio

O cloreto de sódio utilizado foi o sal comercial da marca Cisne, procedente da Refinaria Nacional de Sal S/A.

3.2.4. Creme de Leite

O creme de leite adicionado à massa no momento da fusão foi procedente do desnate do próprio leite utilizado para a coagulação, possuindo em média 60% de gordura.

3.2.5. Sal Emulsificante

Foram utilizados sais emulsificantes à base de polifosfatos (JOHA S9 e S10), gentilmente fornecidos pela Casa Fachada.

3.3. Preparo dos Coágulos Ácidos de Caseína

3.3.1. Acidificação Direta a Quente

A acidificação direta a quente foi realizada adicionando-se ácido láctico ao leite desnatado, aquecido a 80°C, conforme citado por FERNANDES (1981d).

3.3.2. Coagulação por Fermentação Láctica

A coagulação do leite por fermentação láctica foi realizada segundo recomendação de OLIVEIRA (1986), utilizando fermento láctico tipo "O" descrito em 3.2.

3.4. Técnica de Fabricação do Requeijão Cremoso

Inicialmente foram desenvolvidos alguns experimentos preliminares visando estabelecer os principais parâmetros do processo de fabricação do requeijão cremoso tais como: tempo e temperatura de cozimento da massa, tempo e velocidade de agitação, tempo de aplicação do vácuo e ponto do produto final.

Definidos os parâmetros de processo, levando em consideração as características típicas do requeijão cremoso, foram realizados 06 processamentos utilizando massa obtida por acidificação direta a quente (80°C), e mais 06 processamentos utilizando massa obtida por fermentação láctica, adicionando-se às massas assim preparadas 2,0%, 2,5%, e 3,0% de sal emulsificante tipos S9 e S10, que são os sais mais indicados para o processo de fabricação de queijos processados cremosos como é o caso particular do requeijão cremoso.

A técnica de fabricação do requeijão cremoso empregada neste trabalho obedeceu à tecnologia tradicional, como citado por FERNANDES (1981d) e OLIVEIRA (1986), utilizando leite desnatado, previamente pasteurizado, procurando obter requeijões com teores de extrato seco total ao redor de 38-40%.

Em todos os processamentos utilizou-se leite cru, tipo B, recebido resfriado da Cooperativa Agropecuária Tuiuti Ltda (SHEFA) de Amparo, SP, em latões de 50 litros. Em seguida o leite era pesado, filtrado, aquecido a 40°C e desnatado em centrífuga de pratos, com capacidade de 200ℓ/hora (marca Alfa- Laval). Após a etapa de desnate, o leite era transferido para um tanque de açoinoxidável, encamisado, de 250ℓ para serem efetuadas as etapas de pasteurização e coagulação.

O processo de fusão da massa dos requeijões foi realizado em uma máquina homogeneizadora-trituradora STEPHAN UM-12, dimensionada para escala piloto, com capacidade para, no máximo, 8ℓ por batelada, dotada de aquecimento por injeção direta e indireta de vapor, a qual se encontra instalada na usina piloto do Centro de Tecnologia de Laticínios do Instituto de Tecnologia de Alimentos, conforme ilustra a Figura 01 apresentada no Anexo 01.

O vapor utilizado para aquecimento direto foi filtrado por um filtro sanitário próprio para a linha de vapor, conforme ilustra a Figura 01, apresentada no Anexo 01.

Na Tabela 02 estão apresentadas as siglas de identificação utilizadas para os tratamentos efetuados neste estudo.

TABELA 02. Descrição dos tratamentos e siglas de identificação.

Tipo de Massa	Quantidade de Sal Emulsificante S9			Quantidade de Sal Emulsificante S10		
	2,0%	2,5%	3,0%	2,0%	2,5%	3,0%
Fermentação láctica	FS9 ₁	FS9 ₂	FS9 ₃	FS10 ₁	FS10 ₂	FS10 ₃
Acidificação Direta	LS9 ₁	LS9 ₂	LS9 ₃	LS10 ₁	LS10 ₂	LS10 ₃

3.4.1. Procedimento de Fabricação do Requeijão Processado com Massa Obtida por Fermentação Láctica

O fluxograma apresentado na Figura 01 mostra, de maneira simplificada, o processo de fabricação dos requeijões fabricados com massa obtida por fermentação láctica, utilizando fermento láctico tipo "O", levado a efeito em tanque encamisado de aço inoxidável de 250ℓ, sendo processados cerca de 200ℓ de leite por partida.

Volumes de aproximadamente 200ℓ de leite desnatado foram transferidos para um tanque de coagulação. O leite desnatado foi pasteurizado a 63°-65°C por 30 minutos e resfriado a 25°C. Em seguida, foi adicionado fermento láctico tipo "O" na proporção de aproximadamente 2% (v/p). Após a adição do fermento láctico ao leite, fez-se uma homogeneização da mistura e o leite foi mantido em repouso por aproximadamente 16 horas, até a coagulação da caseína, que ocorreu em pH 4,6.

Ao final deste período e estando a massa em ponto de corte, a mesma foi subdividida por meio de liras manuais em cubos de 1,0cm de aresta. Em seguida, iniciou-se o aquecimento gradativo da massa até 50°C, sob agitação, para intensificar a dessora.

Após a massa atingir 50°C, a mesma foi mantida nesta temperatura por 3 minutos sob agitação. Decorrido o tempo de agitação, procedeu-se à dessoragem da massa. Em seguida, a massa dessorada foi submetida ao processo de lavagem, com adição de água fria filtrada. Os volumes de água adicionados em cada etapa de lavagem corresponderam, aproximadamente, ao volume de soro obtido.

Efetuada as 03 lavagens com água, a massa foi submetida a uma última lavagem com leite fresco desnatado. A quantidade de leite adicionado foi 30% em relação ao volume inicial de leite. Após a adição de leite fresco à massa, a mesma foi aquecida até alcançar 60°C, para intensificar a dessora.

Em seguida, foi efetuada a dessora da massa e a mesma foi colocada em formas plásticas de 0,5Kg e submetida à prensagem final, em prensas verticais, sob pressão num

período de 20 minutos. Após isto, a massa foi retirada das formas, virada, reenformada e novamente mantida sob pressão por 50 minutos, com peso correspondente a aproximadamente duas vezes o da massa.

Ao terminar o tempo de prensagem a massa obtida foi pesada e dividida em seis porções iguais para processamento dos requeijões contendo 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante S9 e 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante S10.

De acordo com o fluxograma apresentado na Figura 01, a massa protéica foi transferida para uma máquina homogeneizadora-trituradora STEPHAN UM-12, dotada de aquecimento direto por injeção de vapor.

Após a transferência da massa para a máquina homogeneizadora-trituradora, foram adicionados cloreto de sódio na proporção de 3,0% (p/p), o sal emulsificante (tipos S9 e S10), nas proporções de 2,0%, 2,5% e 3,0% (p/p), metade do peso de creme de leite e metade do volume de água, segundo recomendações de MEYER (1973). Em seguida, a mistura foi homogeneizada a frio por 2 minutos. Decorrido o tempo de homogeneização, iniciou-se o aquecimento da massa com abertura da válvula do vapor para efetuar o 1º cozimento.

O 1º cozimento da massa foi efetuado a 65°-70°C por 5 minutos, sob agitação lenta, ligando o vácuo quando a temperatura alcançou 70°C. Após a dispersão da massa, incorporou-se o restante do creme e da água e prosseguiu-se o 2º cozimento efetuado a 75-80°C por 3 minutos, sob vácuo e agitação lenta.

Após o 2º cozimento verificou-se o ponto do requeijão através da formação de filamentos compridos a serem levantados com a pá. Depois disto, efetuou-se o 3º cozimento a 92°-95°C por 2 minutos, sob vácuo e agitação intensa.

Terminada a etapa de cozimento da massa e atingida a consistência desejada, o requeijão foi embalado ainda quente em copos de vidro canelado, devidamente higienizados e posteriormente fechados com tampas metálicas. Os requeijões assim processados foram estocados em câmara fria à temperatura de aproximadamente 5°C. Após 08 dias foram iniciadas as análises físicas e químicas, reológicas e sensoriais.

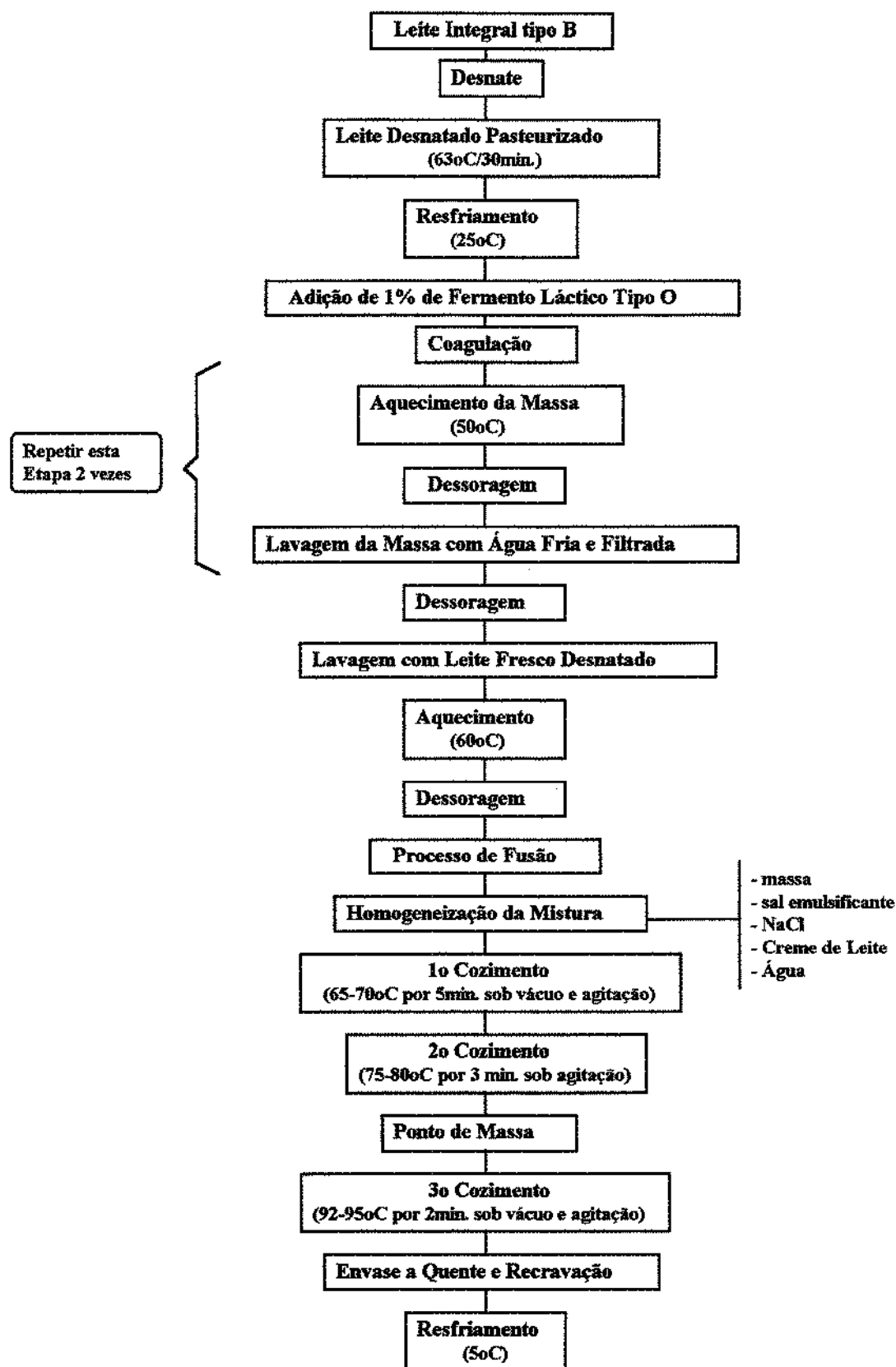


FIGURA 01. Fluxograma geral de fabricação de requeijão cremoso utilizando massa obtida por fermentação láctica.

3.4.2. Procedimento de Fabricação do Requeijão Processado com Massa Obtida por Acidificação Direta a Quente

O fluxograma apresentado na Figura 02 mostra, de maneira simplificada, o processo de fabricação dos requeijões processados com massa obtida por acidificação direta a quente, levado a efeito em tanque encamisado de aço-inox de 250ℓ, sendo processados cerca de 200ℓ de leite por partida.

Volumes de aproximadamente 200ℓ de leite desnatado foram transferidos para um tanque de coagulação, aquecidos a 80°C e adicionados de 440mℓ de ácido láctico, sob agitação (SIAPANTAS & KOSIKOWSKI, 1967; FERNANDES, 1981d; FERNANDES & MARTINS, 1980).

O volume de ácido láctico foi previamente diluído em água filtrada na proporção de 1:10, antes de ser adicionado ao leite quente. A adição do volume de ácido láctico foi efetuada em três porções de aproximadamente 1/3 do volume total, despejadas uma após a outra, com intervalos de aproximadamente 3 segundos, sob agitação moderada.

Ato contínuo à acidificação direta a quente, agitou-se o coágulo por 3 minutos. Decorridos o tempo de agitação, procedeu-se a dessoragem da massa. Em seguida, a massa foi colocada em formas plásticas de 0,5Kg e submetida à prensagem final, em prensas verticais, sob pressão, num período de 20 minutos. Após isto, a massa foi retirada das formas, virada, reenformada e novamente mantida sob pressão por 50 minutos com peso constante correspondente a, aproximadamente, duas vezes o da massa.

Ao terminar o tempo de prensagem a massa obtida foi pesada e dividida em seis porções iguais para processamento dos requeijões contendo 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante S9 e 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante S10.

De acordo com o fluxograma apresentado na Figura 02, a massa protéica foi transferida para uma máquina homogeneizadora-trituradora STEPHAN UM-12, dotada de aquecimento direto por injeção de vapor.

Após a transferência da massa para a máquina homogeneizadora-trituradora, foram adicionados cloreto de sódio na proporção de 3,0% (p/p), e sal emulsificante (tipos S9 ou S10), ambos nas proporções de 2,0%, 2,5% e 3,0% (p/p), metade do peso de creme de leite e metade do volume de água, segundo recomendações de MEYER (1973).

Os cálculos das quantidades de cloreto de sódio, sal emulsificante, creme de leite e água foram efetuados segundo recomendações de MEYER (1973), procurando obter requeijões com teores médios de extrato seco total ao redor de 38-40%, 60% de gordura no extrato seco, 1,0-1,5% de NaCl em todos os casos, ou seja, nos requeijões contendo 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 ou S10.

Em seguida, a mistura foi homogeneizada a frio por 2 minutos. Decorridos os dois minutos de homogeneização, iniciou-se o aquecimento da massa com abertura da válvula do vapor para efetuar o 1º cozimento.

O 1º cozimento da massa foi efetuado à temperatura de 65-70°C por 5 minutos, sob agitação lenta, ligando-se o vácuo quando a temperatura havia alcançado 70°C. Após a dispersão da massa, incorporou-se o restante do creme e da água e prosseguiu-se o 2º cozimento efetuado a 75°-80°C por 3 minutos, sob agitação lenta e vácuo.

Após o 2º cozimento verificou-se o ponto do requeijão através da formação de filamentos compridos a serem levantados com a pá. Depois disto, efetuou-se o 3º cozimento a 92°-95°C por 2 minutos, sob vácuo e agitação intensa.

Terminada a etapa de cozimento da massa e atingida a consistência desejada, o requeijão foi embalado ainda quente em copos de vidro canelado, devidamente higienizados e posteriormente fechados com tampas metálicas. Os requeijões assim processados foram estocados em câmara fria à temperatura de aproximadamente 5°C. Após 08 dias foram iniciadas as análises físicas e químicas, reológicas e sensoriais.

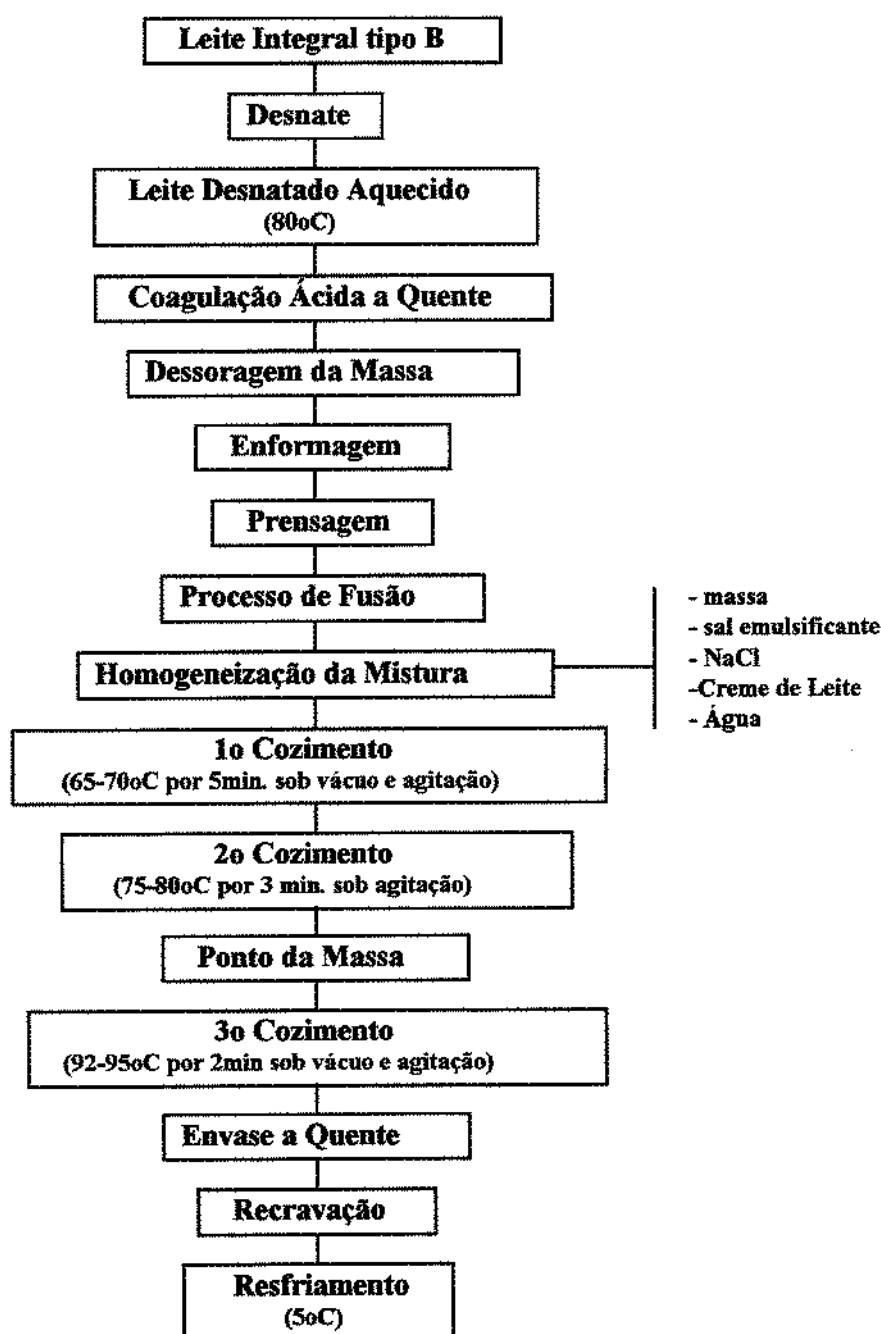


FIGURA 02. Fluxograma geral de fabricação de requeijão cremoso, utilizando massa obtida pela acidificação direta a quente.

3.5. Procedimentos de Amostragem

O procedimento de amostragem para a preparação do material a ser utilizado nas determinações físicas e químicas foi realizado segundo descrito em RICHARDSON (1985).

Assim que o leite cru integral chegava na plataforma da usina-piloto, eram retiradas amostras de todos os latões após intensa homogeneização. As amostras eram coletadas em frascos de vidro com tampa, em quantidades ou volumes suficientes para a realização das análises físicas e químicas.

As amostras da massas obtidas tanto por acidificação direta a quente como por fermentação láctica, eram coletadas após a etapa de prensagem, trituradas em um multiprocessador (WALITA, RI 3148) até completa uniformização, segundo as normas Britânicas (BRITISH STANDARD'S INSTITUTION, 1974), antes de serem analisadas.

As amostras de requeijão cremoso eram retiradas diretamente da máquina homogeneizadora-trituradora (STEPHAN, UM-12) e colocadas em copos de vidro com tampa, em quantidades suficientes para análise, segundo RICHARDSON (1985).

As análises eram efetuadas preferencialmente logo após a amostragem e, quando não era possível, as amostras eram então congeladas em "freezer" vertical a 20°C negativos e analisadas no espaço de 5 dias.

3.6. Determinações Analíticas

As análises físicas e químicas do leite cru integral, leite desnatado, creme de leite, fermento láctico, massa, soro, águas de lavagem e requeijões foram realizadas de acordo com os métodos oficiais definidos a seguir.

O leite cru integral foi avaliado quanto as seguintes características físicas e químicas: pH, acidez titulável, gordura, introgênio total, cinzas e os seguintes minerais tais como: cálcio, fósforo, potássio, sódio e magnésio.

O fermento láctico utilizado na coagulação do leite foi avaliado quanto ao pH e a acidez titulável.

O soro e as águas de lavagem foram avaliadas quantos às seguintes características físicas e químicas: pH, acidez titulável, nitrogênio total, cinzas e minerais tais como: cálcio, fósforo, potássio, sódio e magnésio.

O leite desnatado e o creme de leite foram analisados quanto ao pH, acidez titulável, teor de gordura e extrato seco total.

As massas obtidas por acidificação direta e fermentação láctica foram submetidas às seguintes análises físicas e químicas: pH, acidez titulável, extrato seco total, nitrogênio total, cinzas, minerais tais como: cálcio, fósforo, potássio, sódio e magnésio.

Todos os requeijões processados neste experimento, foram submetidos às seguintes análises físicas e químicas: pH, acidez titulável, extrato seco total, gordura, nitrogênio total, nitrogênio solúvel e nitrogênio não-protéico, cloreto de sódio, cinzas, minerais tais como: cálcio, fósforo, potássio, sódio, magnésio

3.6.1. Avaliações Físicas e Químicas

3.6.1.1. pH

O pH das amostras de leite integral, leite desnatado, fermento láctico, soro, águas de lavagem, creme de leite, massas e requeijões foi determinado por meio de um potenciômetro digital (INGOLD, WTW - pH 91).

3.6.1.2. Acidez Titulável

A determinação da acidez titulável presente no leite cru integral, leite desnatado, fermento láctico, soro e nas águas de lavagem foi realizada através do método de Dornic (NaOH

0,11N), sendo expresso em graus Dornic (°D). A acidez das massas, do creme de leite e dos requeijões foi determinada por titulação com NaOH 0,1N, sendo o resultado expresso em porcentagem de ácido láctico (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

3.6.1.3. Extrato Seco Total

O teor de extrato seco total (EST.) do leite cru integral, leite desnatado, creme de leite, massas e requeijões foi determinado pelo método de secagem das amostras mais areia tratada até peso constante (7 horas), em estufa à temperatura entre 102-104°C (INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION, 1982).

3.6.1.4. Gordura

Para a determinação do teor de gordura presente nas amostras de leite cru integral e leite desnatado foi utilizado o método de Gerber e para amostras de creme de leite e requeijões foi utilizado o método de Gerber-van Gulik (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

3.6.1.5. Cinzas

As cinzas do leite desnatado, do soro, das massas e dos requeijões foram determinadas em mufla regulada para temperatura ao redor de 550°C (HORWITZ, 1975).

3.6.1.6. Minerais

Os teores de cálcio, fósforo, magnésio, potássio e sódio das amostras de leite desnatado, soro, massas e requeijões foram determinados em um espectro de emissão-plasma (BAIRD), conforme recomendações de IMO INDUSTRIES INC. ICP. (1990), sendo expresso em ppm (mg/Kg).

3.6.1.7. Cloreto de Sódio

O teor de sal do requeijão foi determinado pela titulação com tiocianato de amônia, do excesso de nitrato de prata adicionado (SERRES *et alii*, 1973).

3.6.1.8. Nitrogênio Total

O teor de nitrogênio total (Nt) das amostras de leite, massa, soro, águas de lavagem e requeijão foi determinado pelo método oficial Kjeldahl (INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION, 1962; 1964). O teor de proteína total (Pt), foi calculado multiplicando-se Nt pelo fator de conversão 6,38.

3.6.1.9. Nitrogênio Solúvel

O teor de nitrogênio solúvel (Ns) das amostras de requeijão foi determinado pela dosagem do nitrogênio no sobrenadante obtido após precipitação isoeletrica das caseínas utilizando HCl 1,41N (VAKALERIS & PRICE, 1959). O valor de nitrogênio solúvel foi calculado expresso em Ns x 6,38.

3.6.1.10. Nitrogênio Não-Protéico

O teor de nitrogênio não-protéico (NNP) das amostras de massa e de requeijão foi determinado pela dosagem do nitrogênio no sobrenadante obtido após precipitação da totalidade das proteínas em presença do ácido tricloroacético a 12%, segundo o método de ASCHAFFENBURG & DREWRY (1959). O valor de NNP foi expresso em NNP x 6,38.

3.6.1.11. Eletroforese de Gel de Poliacrilamida (Uréia - PAGE)

A eletroforese em gel de poliacrilamida (gel de separação a 12,5% e o gel de concentração a 4,0%), realizada nas amostras de massa e requeijões, para a obtenção do perfil das frações de caseína, foi realizada de acordo com uma modificação do método descrito por ANDREWS (1983). Os géis foram corados por Coomassie Brilliant Blue (CBB), seguindo-se metodologia descrita por BLAKESLEY & BOEZI (1977).

3.6.1.12. Gordura no Extrato Seco

O teor de gordura no extrato seco (GES) para amostras de requeijão foi calculado pela fórmula:

$$\text{GES} = \frac{(\% \text{ de gordura})}{\% \text{ E.S.T.}} \times 100$$

3.7. Avaliação da Capacidade de Fusão da Massa

A capacidade de fusão da massa preparada para fabricação do requeijão cremoso foi determinada por dois métodos, pelo método em estufa conforme descrito por ARNOTT *et alii* (1957) e o método em banho-maria, conforme descrito por OLSON & PRICE (1958) modificado por WEIK *et alii* (1958).

3.7.1. Método em Estufa

O método da determinação da capacidade de fusão da massa segundo ARNOTT *et alii* (1957), consiste no aquecimento em estufa com circulação forçada de ar e temperatura controlada, de uma amostra de queijo na forma de um cilindro.

Para a realização deste estudo, foram utilizadas amostras de massa contendo sal emulsificante, cloreto de sódio, água e creme de leite, devidamente homogeneizados a frio. Com o auxílio de um perfurador de queijo, retiraram-se amostras cilíndricas (17mm de diâmetro e 17mm de altura) de massa, que foram, a seguir, medidas com um paquímetro. Cinco cilindros de cada amostra foram dispostos sobre uma placa de Petri, colocando-se este conjunto numa estufa de circulação forçada de ar a 100°-102°C por 15 minutos. Decorrido este tempo, as amostras foram retiradas da estufa e mantidas à temperatura ambiente para em seguida, com auxílio de um paquímetro, se fazer a medida da altura do cilindro.

A medida da porcentagem de diminuição da altura do cilindro devido ao aquecimento foi utilizada como a capacidade de fusão da massa.

3.7.2. Método em Banho-Maria

O método da determinação da capacidade de fusão da massa de acordo com OLSON & PRICE (1958) modificado por WEIK *et alii* (1958), consiste no aquecimento em banho-maria e com temperatura controlada, de uma amostra de queijo na forma de um cilindro.

Para a realização deste estudo, foram utilizadas amostras de massa contendo sal emulsificante, cloreto de sódio, água e creme de leite, devidamente homogeneizados a frio. Com o auxílio de um perfurador de queijo, as amostras cilíndricas (17mm de diâmetro e 17mm de altura) de massa foram cortadas e medidas com um paquímetro. Cinco cilindros de cada amostra foram colocados dentro de um tubo de vidro (30mm de diâmetro por 250mm de comprimento) com tampa. Em seguida as amostras foram colocadas em banho-maria a 80°C e mantidas até ocorrer completa fusão.

O tempo (em minutos) requerido para ocorrer a fusão da amostra foi dado como o índice da capacidade de fusão. O critério adotado para se obter a fusão completa da massa foi baseado na perda completa da estrutura inicial da massa. No momento em que a massa perdia sua estrutura inicial, que pôde ser visualmente observada pela aparência da mesma, foi anotado o tempo final do teste de fusão.

3.8. Avaliação das Características Reológicas do Requeijão Cremoso

O método empregado para a avaliação do perfil de textura das amostras de requeijão foi o recomendado por CAMPOS (1981), adaptado para utilização do TA-XT2 (Texture Profile Analyser - Stable Micro Systems), computadorizado, cujo software é auto-explicativo.

O TA-XT2 fornece medidas de compressão, tanto de distância como de força com uma capacidade de 25,0kg com sensibilidade de 1,0g e distância de medida de 0,025mm. Os resultados são apresentados de forma gráfica utilizando softwares especiais específicos ao aparelho que fazem a integração das curvas proporcionando a interpretação dos resultados (TEXTURE TECHNOLOGIES CORP., 1992).

O braço do aparelho possui uma célula de carga bidimensional de 5,0kg de capacidade e uma sensibilidade de 0,1g. A cada giro do eixo que move o braço, o sensor eleva ou abaixa 1,0mm, de forma que as distâncias são analisadas em incrementos de 0,1mm (TEXTURE TECHNOLOGIES CORP., 1992).

Após a calibração do texturômetro foi realizada a determinação do perfil de textura fazendo o corpo de prova (cilindro radiado de 1,0 polegada), penetrar 10,0mm à velocidade de 1,0mm/s na amostra que encontrava-se no copo de vidro. A medida que o corpo de prova tocava a superfície da amostra, este provocava uma ruptura da rede protéica e penetrava 10,0mm para dentro da amostra. Alcançados os 10,0mm de distância, a força de compressão era interrompida e iniciava-se a subida do braço do aparelho, concluindo-se assim o primeiro ciclo de compressão. Em seguida, iniciava-se o segundo ciclo de compressão com a descida do corpo de prova perfurando novamente a amostra no mesmo ponto do primeiro ciclo de compressão. Alcançados os 10,0mm de distância, a força de compressão era interrompida e o corpo de prova retornava à sua posição inicial. Todas as medidas foram conduzidas mantendo-se a temperatura de todas as amostras a 10°C.

Acionando-se a função de perfil de textura do programa do TA-XT2, obteve-se então todos os valores para os parâmetros do perfil de textura, a saber: elasticidade, coesividade, mastigabilidade, gomosidade, adesividade, fraturabilidade e firmeza.

De acordo com a literatura especializada, a firmeza é definida como a força necessária para ocasionar uma compressão no alimento, correspondendo ao pico máximo (positivo), obtido na primeira curva do ciclo de compressão. Já a adesividade é definida como a força necessária para vencer as forças de atração entre a superfície do alimento e a superfície do elemento de prova, correspondendo ao pico máximo (negativo) existente sobre a curva (SZCZESNIAK, 1983; ZOON, 1991; TUNICK *et alii*, 1992).

A elasticidade, é dado como a altura que o alimento recupera entre o primeiro e o segundo ciclo de compressão e coesividade é a relação entre a área da força (positiva) obtida durante o segundo ciclo de compressão e a área da força (positiva) obtida no primeiro ciclo de compressão (A_1/A_2) (SZCZESNIAK, 1983; ZOON, 1991; TUNICK *et alii*, 1992). A elasticidade e a adesividade foram automaticamente calculadas através do programa instalado no texturômetro.

Embora tenha sido possível obter vários parâmetros de perfil de textura para as amostras de requeijão, optou-se por avaliar apenas alguns dos parâmetros por se considerar que alguns não eram representativos para o requeijão. Assim, trabalhou-se apenas com a elasticidade, coesividade, adesividade e firmeza.

Para realização da análise estatística dos resultados, análise de variância e teste de médias de Tukey, utilizou-se o programa S.A.S. (Statistical Analysis Sistem).

3.9. Avaliação Sensorial dos Requeijões

3.9.1. Identificação dos Principais Atributos Sensoriais do Requeijão Cremoso

Com a finalidade de identificar quais os principais atributos sensoriais que o consumidor leva em consideração quando avalia uma determinada marca de requeijão cremoso, foi realizado um estudo onde mais de 24 marcas diferentes de requeijão cremoso foram avaliadas por uma equipe previamente selecionada, composta de 20 julgadores.

Sob a orientação de um líder, a equipe sensorial iniciou o estudo avaliando 04 marcas diferentes de requeijão por sessão. A avaliação sensorial das amostras de requeijão foi realizada numa sala onde a equipe de provadores foi posicionada numa mesa redonda (Laboratório de Análise Sensorial LAFISE-ITAL), o que facilitou a discussão entre os provadores e o líder da equipe sobre os principais atributos, o significado de cada um e sua importância na sequência da avaliação.

Com a finalidade de auxiliar a equipe sensorial na identificação dos atributos, foi oferecida uma lista contendo alguns termos definidos para produtos similares (Anexo 02).

As amostras foram servidas em pratinhos de plástico brancos, codificadas com números aleatórios de três dígitos casualizados, em quantidades aproximadas de 50g. A ordem das amostras servidas aos provadores foi feita obedecendo a um sorteio e servindo uma amostra por vez. Juntamente com a amostra era oferecida uma colher de plástico, uma faca de plástico, uma fatia de pão para auxiliar a avaliação do atributo espalhabilidade e água para lavagem da boca.

Após 06 sessões, a equipe de provadores desenvolveu um vocabulário comum que auxiliou na elaboração do questionário.

Definida a terminologia pela equipe, amostras especialmente preparadas foram introduzidas para mostrar variações na intensidade de certos atributos, tais como: gosto ácido, amargo, sabor de creme de leite, insípido, sabão, fermentado, consistência espalhável, arenosa, cremosa, produto adesivo, característica de formar fios, odor de leite fresco.

Amostras preparadas com ingredientes que compõem o produto foram introduzidas para servir como material de referência na definição de certas características tais como: ácido láctico, fermento láctico, creme de leite, sal emulsificante, caseinato e cloreto de sódio.

Para completar o questionário elaborado com as amostras de marca comercial, os provadores avaliaram amostras de requeijão processadas neste experimento de forma intercalada com os requeijões de marcas comerciais mais consumidas. A apresentação de todas as amostras foi monádica e ao acaso.

Desta forma, desenvolveu-se o questionário contendo termos descritivos, que caracterizam o requeijão cremoso, que foi utilizado na avaliação dos requeijões processados neste experimento.

3.9.2. Escolha do Padrão

Após a identificação dos principais atributos e desenvolvimento do questionário pela equipe de provadores, iniciou-se a etapa de avaliação para a escolha de uma marca comercial de requeijão que fosse considerada como referência.

Oito marcas comerciais de requeijão mais consumidas nas regiões sul e sudeste foram avaliadas pela equipe de provadores quanto às suas características de sabor, aroma, textura, cor, aparência e capacidade de formar fios.

A metodologia empregada para a escolha da marca de requeijão cremoso foi a descrita por STONE *et alii* (1974).

3.9.3. Análise Descritiva Quantitativa de Amostras Processadas no ITAL

Os requeijões fabricados com massa obtida por acidificação direta e por fermentação láctica, contendo 2,0%, 2,5%, e 3,0% de sal emulsificante tipos S9 e S10, foram avaliados quanto às seguintes características: cor, brilho, superfície lisa, espalhabilidade, cremosidade,

adesividade, formação de fios, viscosidade, doce, salgado, ácido, amargo, arenosidade, odor de leite fresco, sabor de creme de leite, insípido, sabão, fermentado, utilizando-se escala linear não estruturada de 10cm (STONE *et alii*, 1974), conforme ilustra o Anexo 03.

A avaliação dos requeijões obtidos neste experimento foi efetuada por uma equipe composta por 10 julgadores treinados.

A avaliação sensorial das amostras de requeijão foi realizada em cabines individuais no Laboratório de Análise Sensorial LAFISE-ITAL, utilizando o sistema computadorizado de análise sensorial COMPUSENSE Versão 4.2. As amostras foram servidas em copinhos de plástico brancos, codificadas com números aleatórios de três dígitos, em quantidades aproximadas de 50g. A ordem de apresentação das amostras servidas aos provadores foi feita obedecendo a um sorteio. A cada provador eram servidas três amostras codificadas e o padrão. Juntamente com a amostra era oferecida a ficha sensorial, uma colher de plástico, uma faca de plástico, uma fatia de pão para auxiliar a avaliação do atributo espalhabilidade. Todas as amostras foram servidas à temperatura de $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, acompanhadas de água filtrada para a lavagem da boca.

Para realização da análise estatística dos dados, análise de variância e teste de médias de Dunnet, utilizou-se o programa S.A.S. (Statistical Analysis Sistem).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Parâmetros de Fabricação de Requeijão Cremoso

Após o estudo dos parâmetros de fabricação do requeijão cremoso, pode-se constatar que as melhores condições de tempo e temperatura de cozimento da massa para alcançar uma cremificação adequada sem que ocorresse a desidratação da massa, foram 65°-70°C por 5 minutos no 1º cozimento (sob vácuo parcial e agitação lenta), 75°-80°C por 3 minutos no 2º cozimento (sob agitação lenta), e 92°-95°C por 2 minutos no 3º cozimento (sob vácuo e agitação rápida). O emprego do vácuo (2kgf/cm²) nos últimos dois minutos finais do processo de fusão mostrou ser suficiente para a remoção do ar e da umidade superficial do requeijão. Verificou-se perfeita fusão da massa quando a temperatura da mistura atingiu aproximadamente 85°C.

Sabe-se que a temperatura mínima satisfatória para ocorrer a fusão da massa situa-se entre 65° a 70°C, no entanto, em se tratando de queijos processados untáveis, principalmente quando a mistura apresenta maior proporção de massa fresca (não-maturada), a cremificação é alcançada após 8 a 15 minutos a uma temperatura que pode alcançar 92° a 95°C (MEYER, 1973; THOMAS, 1977; BERGER *et alii*, 1989).

Verificou-se que o controle da temperatura e tempo durante a etapa do 1º cozimento da massa é de fundamental importância para evitar a desidratação da mesma, dificultando o processo de fusão. Com o intuito de evitar este problema, a entrada de vapor na homogeneizadora durante o 1º cozimento foi cuidadosamente controlada, permitindo-se a entrada de pouco vapor no início do cozimento para que o aumento da temperatura da massa fosse gradativo.

O tempo de fusão durante o qual a massa é submetida aos efeitos térmicos e mecânicos tem uma influência direta sobre a consistência do produto final (THOMAS, 1977; BERGER *et alii*, 1989).

De acordo com PIROT (1988a, b), como a consistência do produto final pode ser influenciada pela cremificação, sendo o controle da umidade da massa durante o processo de fusão fundamental para obter-se um produto com as características reológicas desejáveis.

Com relação à etapa de agitação, pode-se verificar que o tratamento mecânico não apenas auxiliou na dispersão da caseína, como acelerou o processo de cremificação da massa.

A homogeneizadora utilizada neste trabalho para o processamento do requeijão cremoso possuía um sistema de agitação dotado de duas velocidades. Após vários testes, optou-se por efetuar uma agitação lenta no 1º cozimento da massa e uma agitação mais rápida no 2º e 3º cozimentos, para intensificar a cremificação. Segundo MEYER (1973), em se tratando de queijos processados untáveis com elevado teor de gordura, a etapa de agitação é de fundamental importância para se obter homogeneização uniforme e cremificação da massa.

A acidificação direta a quente (80°C) demonstrou ser uma técnica bastante prática de coagulação das proteínas do leite, devido, principalmente, à redução do tempo e simplicidade do método para obtenção da massa. Já o método de obtenção da massa por fermentação láctica, além de ser mais demorado, requer um conhecimento mais aprofundado do preparo e manuseio das cultura lácticas que compõem o fermento láctico.

De acordo com KOSIKOWSKI (1978), na acidificação direta além da redução no tempo de processamento, o aquecimento do leite a 80°C provoca uma desnaturação das proteínas do soro, principalmente α -lactoalbuminas e β -lactoglobulinas, acarretando sua coprecipitação com a caseína, aumentando o rendimento.

Talvez esta praticidade na obtenção da massa seja o motivo que tem levado muitas indústrias brasileiras a produzirem em maior escala requeijões com massa obtida por precipitação ácida a quente (80°C). No entanto, requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica, apresentaram, neste experimento, melhores características organolépticas, principalmente em relação ao sabor e aroma, quando comparados aos requeijões processados com massa obtida por precipitação ácida.

A fermentação do leite utilizando uma cultura láctica mesófila acidificante, ou seja, pela adição do fermento tipo "O", ocorreu geralmente entre 14 a 16 horas em temperaturas que oscilaram entre 20 a 25°C.

Com relação ao rendimento médio (peso/volume de leite), verificou-se que no processo de fabricação dos requeijões utilizando massa obtida por acidificação ácida, o rendimento médio foi 11,69% e no processo utilizando massa obtida por fermentação láctica foi 12,97%. Analisando estes valores, observou-se que os mesmos não apresentam diferença significativa. Talvez o ligeiro aumento apresentado pelo processo de fabricação onde utilizou-se massa obtida por fermentação láctica, seja devido à incorporação de leite à massa, durante a etapa de lavagem da mesma.

Trabalhos desenvolvidos por FERNANDES & MARTINS (1980) sobre o processo de fabricação de requeijão cremoso com massa obtida por acidificação direta, utilizando leite de vaca e de búfala, obtiveram valores médios de rendimento (peso/volume de leite) de 11,76% e leite de búfala foi 12,58%, quando processaram requeijões a partir de leites de vaca e búfala, respectivamente .

Com relação aos tipos e quantidades de sais emulsificantes testados neste experimento, procurou-se empregar os mais comumente utilizados pelas indústrias brasileiras, em quantidades recomendadas pela literatura, necessárias somente para ocorrer a dispersão da caseína, a estabilização da emulsão e produção de requeijões com textura desejada. As quantidades testadas foram 2,0%, 2,5% e 3,0%.

Os tipos de sais emulsificantes testados foram os tipos JOHA S9 e S10. Embora não seja conhecida a exata composição dos dois sais emulsificantes, sabe-se por informações pessoais (Técnicos da Casa Fachada), que o principal componente destes dois tipos de sais são polifosfatos de sódio. De acordo com a literatura especializada e o fabricante dos sais S9 e S10, ambos são recomendados para queijos processados untáveis, cuja massa é essencialmente composta de queijo fresco (não-maturado), o qual apresenta dificuldades de desintegração, dispersão e cremificação.

4.2. Avaliações Físicas e Químicas

4.2.1. Massas Processadas por Fermentação Láctica e Acidificação Direta a Quente

Os valores médios das características físicas e químicas das massas (massa A e B) obtidas por fermentação láctica, dos soros (1^a e 4^a dessora) e das águas de lavagem (2^a e 3^a dessora), estão apresentados na Tabela 03. Assim como, os valores médios das composições físicas e químicas da massa e do soro (1^a dessora) obtidos por acidificação direta, estão apresentados na Tabela 04.

TABELA 03. Valores médios das características físicas e químicas das massas (massa A e B) obtidas por fermentação láctica, dos soros (1^a e 4^a dessoras) e das águas de lavagem com água filtrada (2^a e 3^a dessoras).

Análises Físicas e Químicas	Massa ¹ A	Massa ² B	1 ^a Dessora	2 ^a Dessora	3 ^a Dessora	4 ^a Dessora
pH	4,34	5,10	4,34	4,56	4,65	5,10
Acidez (°D)	60,0	10,0	42,51	10,73	1,38	13,51
E.S.T. (%)	41,78	42,37	6,10	-	-	-
Pt (%)	33,67	35,32	0,54	0,26	0,11	0,84
Cinzas (%)	0,58	0,87	0,71	0,098	0,03	1,16
Ca (ppm)	696,22	817,41	1114,66	180,00	87,29	326,39
Mg (ppm)	44,40	42,05	95,45	10,18	3,53	30,63
P (ppm)	614,97	901,75	608,46	109,50	50,08	272,33
Na (ppm)	396,75	656,46	426,29	50,96	25,14	304,17

¹ Massa A - Massa antes da lavagem com leite

² Massa B - Massa após a lavagem com leite

TABELA 04. Valores médios das características físicas e químicas da massa e do soro obtidos por acidificação direta.

Análises Físicas e Químicas	Massa	Soro
pH	5,68	5,28
Acidez (°D)	42,0	25,92
E.S.T. (%)	43,58	5,78
Pt (%)	33,74	0,41
Cinzas (%)	2,83	0,52
Ca (ppm)	8656,90	448,19
Mg (ppm)	300,08	70,69
P (ppm)	5583,47	500,63
Na (ppm)	353,13	407,25

4.2.1.1. pH

Observando-se os valores médios de pH da massa obtida por fermentação láctica antes e após as duas lavagens com água filtrada e leite (Tabela 03), verifica-se um aumento do pH da mesma de 4,34 para 5,10, após a desacidificação, o qual demonstrou ser um meio prático para correção do pH da massa obtida por fermentação láctica. Este aumento do pH, de 4,34 para 5,10, pode resultar numa redução da quantidade de sal emulsificante necessária para fabricação do requeijão cremoso. Isto porque a quantidade de sal que precisaria ser adicionada seria somente a necessária para obter a dispersão e estabilização da caseína, sem ter que fazer a correção do pH.

Sabe-se que a adição de quantidades exageradas de sal emulsificante, além de acarretar maior custo à indústria resulta em defeitos de sabor no produto final (OLIVEIRA, 1986). Uma vez que certos sais emulsificantes não perdem seu sabor característico (salino), mesmo quando complexados com outros componentes do queijo (KOSIKOWSKI, 1978; SHIMP, 1985; PATART, 1987; PIROT, 1988a).

A desacidificação da massa através das duas lavagens com água filtrada e leite pode ser observada com maior clareza no gráfico apresentado na Figura 03, que ilustra o aumento do pH do soro e das águas de lavagem obtidas na 1ª, 2ª, 3ª e 4ª dessoras, respectivamente.

Ao observar o gráfico apresentado na Figura 03, verifica-se que o pH do soro obtido na 1ª dessoradora da massa foi de 4,34. Os valores de pH das águas de lavagem obtidas na 2ª e 3ª dessoradora foram de 4,56 e 4,65, respectivamente. O pH do soro obtido na 4ª dessoradora, ou seja, após a lavagem da massa com leite foi de 5,10. Por meio destes resultados, observa-se a desacidificação da massa promovida pelas lavagens sucessivas com o aumento do pH 4,34 para 5,10, alcançando desta forma o pH aproximado para ocorrer a fusão. Completando, verifica-se que houve restauração do equilíbrio salino por meio do aumento dos teores de cinzas e de minerais (Ca, Mg, P, Na) ocorridos na massa logo após a lavagem com leite, como pode ser verificado através dos dados apresentados na Tabela 03.

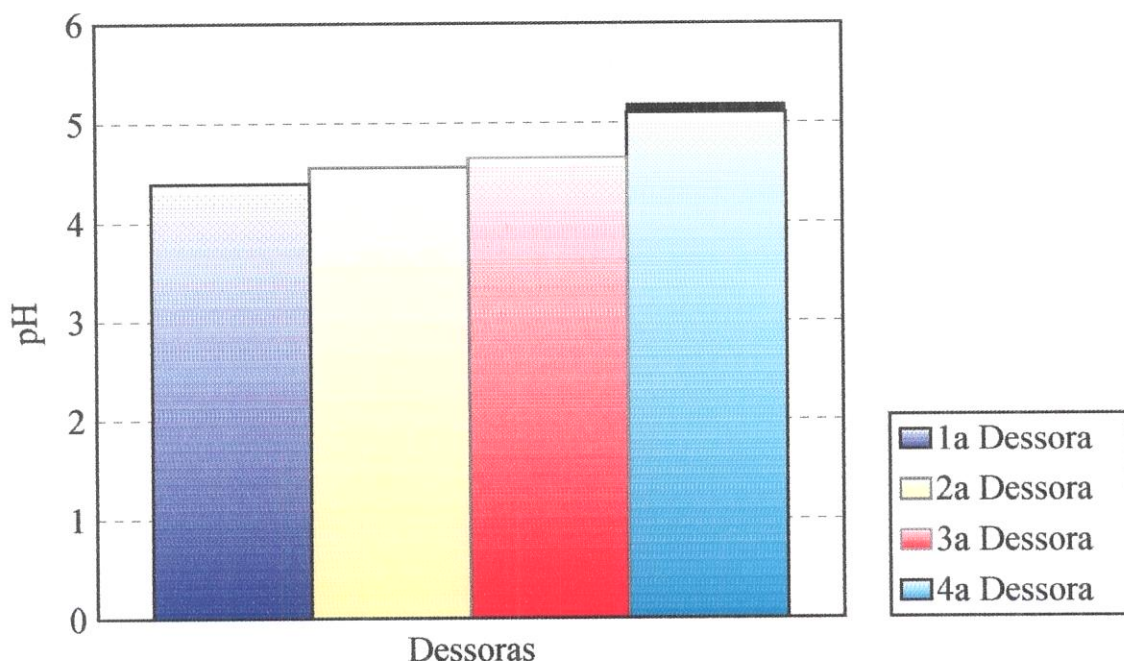


FIGURA 03. Valores médios de pH dos soros (1ª e 4ª dessoras) e das águas de lavagem (2ª e 3ª dessoras) obtidas na etapa de desacidificação da massa.

Os valores médios de Ca, Mg, P e Na na massa passaram de 696,22ppm, 44,40ppm, 614,97ppm e 396,75ppm, respectivamente, antes da desacidificação para 817,41ppm, 42,05ppm, 901,75ppm e 656,46ppm, respectivamente, após as duas lavagens com água filtrada e leite desnatado. A restauração do equilíbrio salino da massa por meio da lavagem da mesma com leite pode ser observada com maior clareza no gráfico apresentado na Figura 04.

Estes valores confirmam a teoria elaborada por OLIVEIRA (1986), segundo a qual a adição de leite visando a desacidificação da massa exerce um duplo papel, sendo o mais evidente, o aumento do pH da massa de 4,3-4,6 para 5,2 - 5,7, que é, segundo este autor, a faixa de pH ideal para obter uma fusão homogênea. O outro efeito consiste na restauração do equilíbrio salino da massa pela incorporação de uma nova porção de coágulo com equilíbrio salino diferente da massa antes da lavagem com leite.

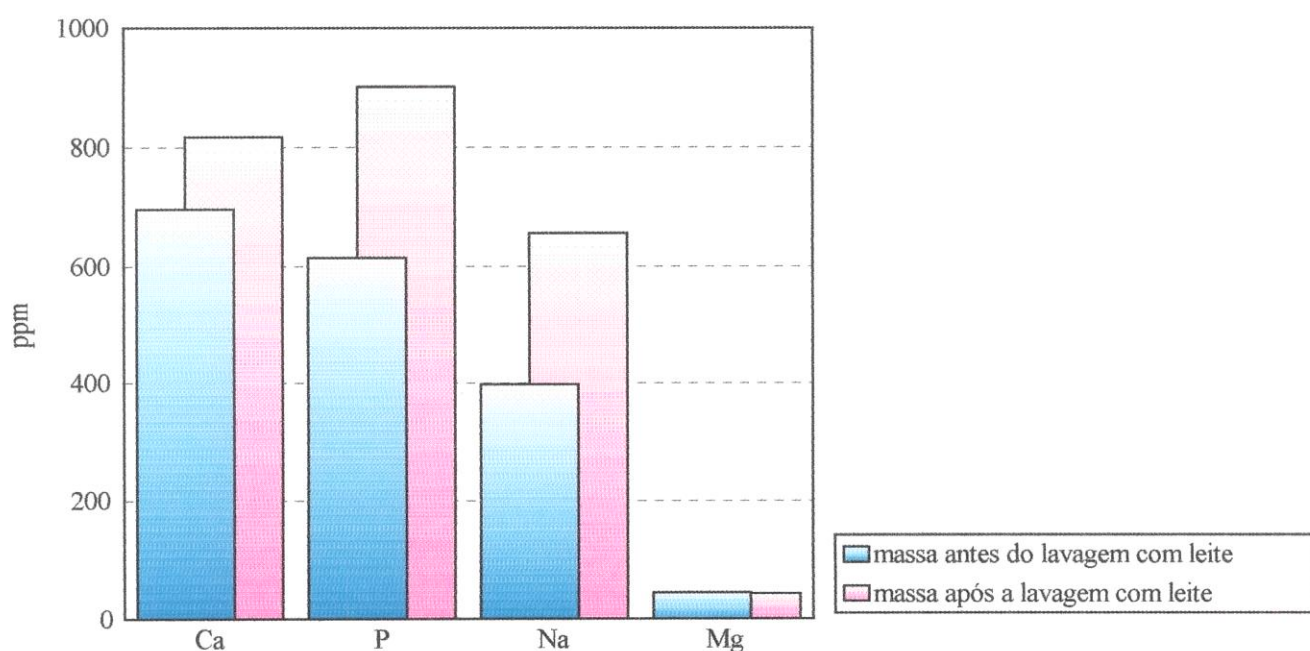


FIGURA 04. Restauração do equilíbrio salino da massa obtida por fermentação láctica por meio da prática da lavagem com leite.

Variações na acidez do leite ocasionam mudanças profundas no equilíbrio salino. A adição de ácidos como o ácido láctico ao leite causa a diminuição no pH, sendo que quando o

leite alcança valores na ordem de 5,6, ocorre a saída de cálcio e fósforo das partículas coloidais, com posterior solubilização destes íons no meio ácido (JENESS & PATTON, 1959; BAUNY & BRULÉ, 1986; WALSTRA & VAN VLIET, 1986; ZURAW *et alii* 1986, TUNICK, 1987; DALGLEISH & ANDREWS, 1988; TAKAYOSHI *et alii*, 1990).

Os valores médios de pH da massa e do soro obtidos por acidificação direta a quente estão apresentados na Tabela 04. Analisando estes dados, verifica-se que os valores médios do pH da massa e do soro foram 5,68 e 5,28, respectivamente. Comparando esses valores com os obtidos para massa (4,34) e soro (4,34) obtidos por fermentação láctica, verifica-se que o pH da massa e do soro obtidos por fermentação láctica foram consideravelmente menores que os valores obtidos por acidificação direta. Isto ocorre porque, no processo por fermentação láctica o ácido láctico produzido pelas culturas lácticas causa a coagulação das proteínas do leite no pH próximo ao ponto isoeletrico (pH_i) das frações de caseína, ao passo que na acidificação direta a ação conjunta do calor e do ácido causam o aumento da taxa de colisão entre as partículas e a desidratação parcial das proteínas do leite, deslocando o pH_i das frações de caseína para o ponto isoeletrico aparente, que varia na faixa de 5,4 a 5,8 (ALAIS, 1970; KOSIKOWSKI, 1978; OLIVEIRA, 1986; WALSTRA & VAN VLIET, 1986; ZURAW *et alii* 1986, TUNICK, 1987; DALGLEISH & LAW, 1988)

Esses valores mais elevados de pH da massa, sugerem que, na fabricação de requeijões utilizando acidificação direta, uma vez que o pH da massa após a precipitação já se encontra muito próximo da faixa ideal (5,2-5,7) para ocorrer a fusão, a quantidade de sal emulsificante a ser empregada deve ser suficiente para dispersar a caseína e complexar os íons de cálcio do caseinato (MEYER, 1973; OLIVEIRA, 1986; BERGER *et alii*, 1989).

A acidificação direta, em comparação com a fermentação láctica, reduz o custo, o tempo de fabricação do queijo processado e elimina o preparo, manuseio e manutenção das culturas lácticas (SHUKLA & LADKANI, 1989). No entanto, requeijões processados com massa obtida por acidificação direta, podem apresentar sabor e aroma pouco acentuados, já que a massa não é fermentada. Além disto, o pH dos requeijões processados com massa obtida por acidificação direta e adicionados de sal emulsificante, pode se apresentar muito elevado (faixa de 6,0 a 6,35), o que compromete a vida-de-prateleira do produto final.

Oito marcas comerciais de requeijões mais consumidas no Brasil, foram submetidas as determinações de pH neste trabalho, com o objetivo de verificar as variações existentes elas. Por meio dos resultados, pode-se constatar que os valores médios de pH para as marcas de requeijão A, B, C, D, E, F, G e H, foram 5,73; 5,88; 6,00; 6,01; 6,16; 6,17; 6,22 e 6,38, respectivamente. Esses dados mostraram que os requeijões encontrados no mercado brasileiro apresentaram uma grande variação de pH, sendo que a maioria apresentou valores médios acima de 6,0.

Defeitos de origem física e química normalmente encontrados em requeijão cremoso são ligados à falta de controle do pH da massa no momento da fusão, resultando em requeijão com problemas de textura e sabor (OLIVEIRA, 1986; FERNANDES, 1981 b, c).

Além disto, a estabilidade da emulsão em queijos processados depende do pH da massa no momento da fusão. De acordo com THOMAS (1977), à medida que o pH da massa aproxima-se do ponto isoelétrico da caseína ($pH_i=4,6$), maior é a estabilidade da emulsão. No entanto, quanto mais próximo o pH da massa estiver deste valor ($pH_i=4,6$), maior é a dificuldade da proteína em exibir propriedade de fusão, devido à baixa capacidade de retenção de água, resultando em requeijões com textura granulosa.

4.2.1.2. Grau de Desmineralização da Massa

Observando-se os conteúdos médios de minerais perdidos no soro e nas águas de lavagem da massa obtida por fermentação láctica, verifica-se que os conteúdos de Ca, Mg, P e Na perdidos no soro (1ª dessora) foram 1114,66ppm, 95,45ppm, 608,46ppm, 426,29ppm, respectivamente. Comparando-se estes valores de Ca, Mg, P e Na com os valores encontrados no soro (1ª dessora) obtido por acidificação direta que foram, respectivamente, de 448,19ppm, 70,69ppm, 500,63ppm e 407,25ppm, respectivamente, verifica-se que o grau de desmineralização da massa obtida por fermentação láctica foi consideravelmente maior do que o obtido por acidificação direta. O gráfico apresentado na Figura 05 ilustra com maior clareza o grau de desmineralização da massa obtida por fermentação láctica e por acidificação direta medido por meio da quantidade de minerais (Ca, P, Na e Mg) presentes no soro (1ª dessora).

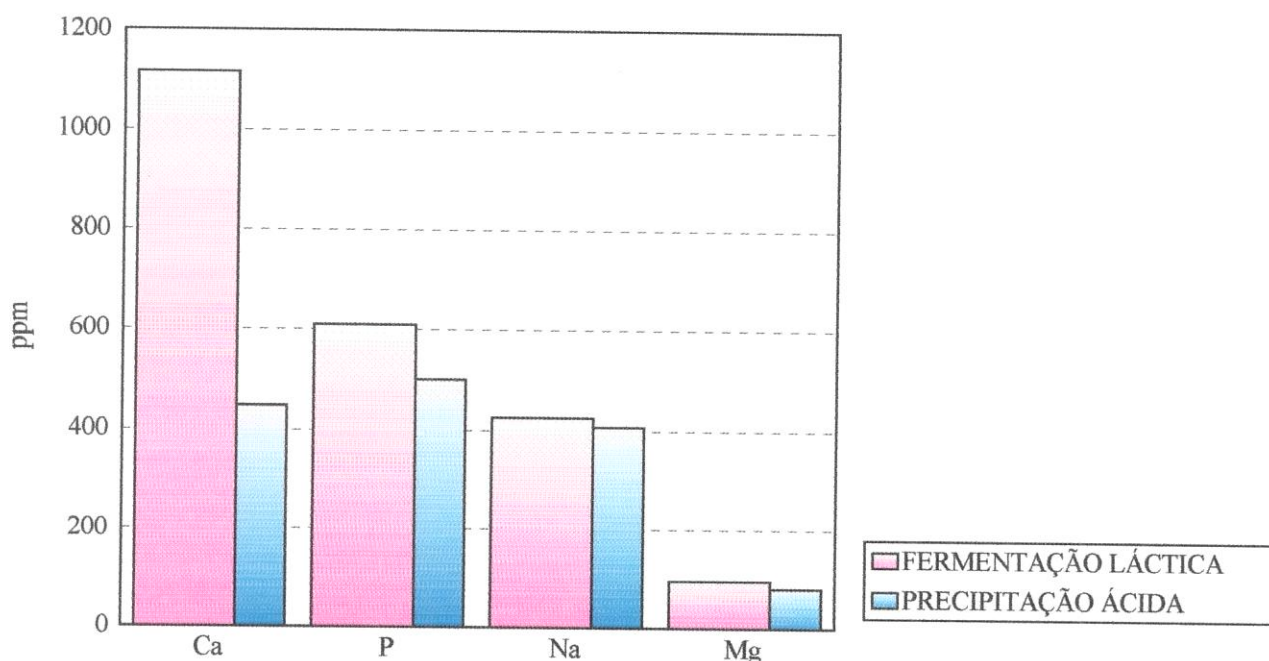


FIGURA 05. Grau de desmineralização da massa obtida por fermentação láctica e acidificação direta a quente medido por meio da quantidade de minerais (Ca, P, Na e Mg) presentes no soro.

A menor perda de minerais ocorrida no soro no processo de acidificação direta está relacionada ao "ponto isoelétrico aparente" da caseína. Neste caso, a precipitação ocorreu em pH o redor de 5,68, valor significativamente maior do que o pH em que ocorreu a coagulação da proteína por fermentação láctica que foi de 4,34.

As partículas de caseína são muito sensíveis às mudanças de pH, ocorrendo assim sua precipitação quando o pH do meio alcança o seu ponto isoelétrico, que é próximo a pH 4,6 (BREENE *et alii*, 1964; BAUNY & BRULÉ, 1986).

De acordo com DE MAN (1990), a relação entre cálcio solúvel e iônico exerce um profundo efeito sobre a estabilidade das partículas de caseinato. Condições do processo como: aumento de temperatura, evaporação, mudanças do pH alteram o equilíbrio do sistema salino e, como consequência, a estabilidade da proteína. Quando o leite é aquecido, o fosfato passa da fase solúvel para a fase coloidal. Mudanças no pH resultam em consideráveis mudanças no equilíbrio salino do leite. Diminuindo-se o pH do leite, ocorrem mudanças do cálcio e fosfato coloidal para a forma solúvel, sendo que em pH 5,2 todo cálcio e fosfato do leite passam para a

forma solúvel (DE MAN, 1990; KINDSTEDT, 1991). Tal desmineralização é decorrente da remoção do cálcio da rede protéica, resultando na desintegração das micelas de caseína, com consequente separação das subunidades de proteínas (LIN *et alii*, 1972; MORR, 1967; SCHMIDT & BUCHHEIM, 1976; KINDSTEDT, 1991; HEERTJE *et alii*, 1985). No entanto, para que se possa obter uma fusão adequada do coágulo ácido de caseína, é necessário que haja recuperação do equilíbrio salino perdido (OLIVEIRA, 1986).

Com os dados obtidos neste estudo, pode-se verificar claramente que o pH exerce forte influência sobre o grau de desmineralização da massa. Observou-se que tanto a adição direta de ácido láctico ao leite como a produção deste ácido pelas cultura lácticas, causam progressiva remoção de cálcio das micelas de caseína.

Como o desenvolvimento da acidez da massa antes da etapa de dessora governa a perda de fosfato de cálcio da rede protéica, a determinação do pH do soro torna-se um parâmetro crítico que deve ser cuidadosamente controlado durante a etapa de acidificação (LAWRENCE *et alii*, 1984). De acordo com MISTRY & ANDERSON (1993), a acidificação do leite para obtenção do coágulo ácido de caseína, além de causar a desmineralização da massa, determina o tamanho dos agregados de caseína.

De acordo com BONELL (1971), a eliminação de cálcio do caseinato é um fator desejável para que a massa possua características de fusão. Esta perda de cálcio da massa pode ser realizada tanto pela diminuição do pH, através do desenvolvimento da acidez, como pela adição de sais emulsificantes à base de citratos ou fosfatos. Estes sais possuem grande capacidade de sequestrar o cálcio do caseinato, que é insolúvel, e substituí-lo, através de uma troca iônica, pelo sódio, tornando o caseinato mais solúvel.

4.2.1.3. Acidez Titulável

Os valores médios de acidez titulável da massa e do soro (1ª dessora) obtidos por fermentação láctica após a desacidificação foram, respectivamente, 60°D e 42,51°D (Tabela 03), enquanto os valores médios de acidez da massa e do soro obtidos por precipitação ácida foram 42°D e 25,92°D (Tabela 04), respectivamente. Analisando estes resultados, verifica-se

que os valores médios de acidez titulável obtidos por fermentação láctica foram consideravelmente maiores do que os obtidos por acidificação ácida.

Através dos valores médios de acidez titulável obtidos na massa antes da desacidificação (60°D) e após a desacidificação (10°D), pode-se verificar que houve uma diminuição da acidez da massa, confirmando a eficiência da prática de lavagem da massa com água filtrada e leite. Analisando os valores de acidez dos soros e das águas de lavagem obtidos na 1^a, 2^a, 3^a e 4^a dessoras, que foram 42,51°D, 10,73°D, 1,38°D e 13,51°D, respectivamente, verifica-se que as lavagens da massa com água filtrada eliminaram grande parte do ácido láctico presente na massa e que a lavagem com leite causou uma neutralização da acidez da massa (Tabela 03).

Sabe-se que acidez do soro é um parâmetro crítico que deve ser cuidadosamente controlado, uma vez que a acidez influencia a perda de cálcio da rede protéica, a consistência, textura, sabor e vida-de-prateleira do queijo processado (MEYER, 1973; FERNANDES, 1981b).

4.2.1.4. Extrato Seco Total

Os valores médios de extrato seco total da massa obtida por fermentação láctica antes e após a desacidificação e da massa obtida por acidificação direta, estão apresentados nas Tabelas 03 e 04, respectivamente. Numa análise destes resultados, pode-se constatar que os conteúdos médios de extrato seco total da massa antes e após a lavagem com leite foram 41,78% e 42,37%, respectivamente. O valor médio obtido para a massa fabricada por acidificação direta foi 43,58%. Comparando-se estes valores, verifica-se que os conteúdos médios de extrato seco total das massas obtidas por fermentação láctica e acidificação direta mostraram-se bastante similares entre si. Estes resultados concordam com os valores médios encontrados em literatura, segundo a qual o conteúdo de extrato seco total deve ser padronizado para cerca de 38,% a 40,0% na fabricação de requeijão cremoso (FERNANDES *et alli* (1981b, c, d).

4.2.1.5. Proteína Total

Através dos valores médios de proteína total das massas e dos soros obtidos por fermentação láctica e acidificação direta, apresentados nas Tabelas 03 e 04, respectivamente, verifica-se que os conteúdos de proteína das massas obtidas por fermentação láctica antes e após a desacidificação foram respectivamente, 33,67% e 35,32%. Numa análise destes resultados, verifica-se que a prática da lavagem da massa com leite resultou num aumento da quantidade de proteína total na massa. Isto foi devido à incorporação das proteínas do leite utilizado na lavagem da massa.

Analisando-se os valores médios do conteúdo de proteína total da massa obtida por acidificação direta (33,74%), observa-se que este valor é ligeiramente menor que os valores médios apresentados pela massa obtida por fermentação láctica (35,32%). Tais resultados apenas confirmaram que a prática de lavagem da massa com leite, além de restaurar o equilíbrio salino, incorpora uma nova porção de proteína à massa.

Comparando-se os valores médios de proteína total obtidos para as massas fabricadas por fermentação láctica e por acidificação direta com os valores encontrados em literatura, pode-se verificar que os valores médios de nitrogénio total obtidos neste estudo situam-se dentro da faixa estabelecida que deve ser entre 33,0 a 38,0% (FERNANDES, 1981 b, c, d; FERNANDES & MARTINS 1980).

Ao se analisar os valores médios de proteína total encontrados nos soros (1ª dessoragem) obtidos por fermentação láctica e por acidificação direta, que foram 0,54% e 0,41%, respectivamente, verifica-se que o conteúdo de proteína total perdido no soro obtido por fermentação láctica foi maior do que por precipitação ácida. A menor perda de nitrogénio total no soro ocorrida no processo de acidificação direta, foi devida a maior incorporação das proteínas do soro à massa. Sabe-se que as proteínas do soro, principalmente a α -lactoalbumina e a β -lactoglobulina, somente precipitam na presença de acidez e calor (MORR, 1967; SCHMIDT & BUCHHEIM, 1976; FERNANDES, 1980; OLIVEIRA, 1986). Portanto, com a adição de ácido láctico ao leite aquecido a 80°C, ocorre não somente a precipitação das frações de caseína como também a precipitação das proteínas do soro. O mesmo não ocorre no processo de acidificação promovido por fermentação láctica, já que este é efetuado em uma temperatura

bem mais baixa. Neste caso, tanto a α -lactoalbumina como a β -lactoglobulina permanecem solúveis no soro (MORR, 1967; SCHMIDT & BUCHHEIM, 1976; KOSIKOWSKI, 1978).

2.1.6. Cinzas

Os valores médios dos teores de cinzas das massas e dos soros obtidos por fermentação láctica e acidificação direta estão apresentados nas Tabelas 03 e 04, respectivamente. Analisando estes valores, verifica-se que os conteúdos médios dos teores de cinzas da massa obtida por fermentação láctica antes e após a desacidificação foram 0,58% e 0,87%, respectivamente. Estes valores confirmam a restauração do equilíbrio salino da massa por meio das lavagens sucessivas com água filtrada e leite.

Comparando-se os valores médios dos teores de cinzas da massa obtida por acidificação direta que foi 2,83% com os encontrados na massa fabricada por fermentação láctica que foi 0,87%, verifica-se que o conteúdo médio de cinzas apresentado pela massa obtida por acidificação direta foi consideravelmente maior do que o teor encontrado para a massa processada por fermentação láctica. O maior conteúdo de cinzas apresentado pela massa obtida por acidificação direta é devido ao menor grau de desmineralização que esta sofreu durante a etapa de acidificação, conforme já comentado no item 4.2.1.2..

4.2.2. Capacidade de Fusão das Massas

Os dados obtidos no teste de fusão para a avaliação da capacidade de fusão da massa utilizando o método recomendado por ARNOTT *et alii* (1957), utilizando estufa (100-102°C/15 minutos), não apresentaram boa reprodutibilidade, por este motivo optou-se por não apresentá-los neste trabalho.

4.2.2.2. Método em Banho-Maria

A avaliação da capacidade de fusão da massa utilizando o método de OLSON & PRICE (1958) e modificado por WEIK *et alii* (1958), utilizando banho-maria a 80°C, demonstrou ser um método mais adequado para este tipo de massa do que o método recomendado por ARNOTT *et alii* (1957). Neste método, como o cilindro de queijo é colocado dentro de um tubo de vidro fechado e deixado em banho-maria (80°C) até ocorrer a completa fusão, reduziu-se a evaporação da água da superfície do cilindro, facilitando assim, a transferência de calor dentro da amostra.

O tempo (em minutos) necessário para a ocorrer a completa fusão da massa obtida por fermentação láctica em banho-maria a 80°C, referente aos processos FS9₁, FS9₂, FS9₃, FS10₁, FS10₂ e FS10₃ estão ilustrados na Figura 06.

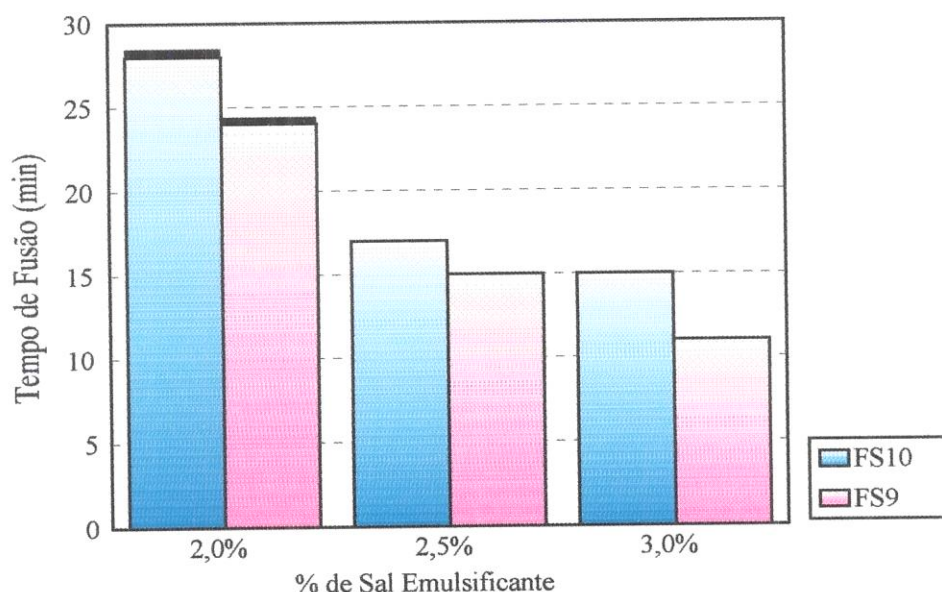


FIGURA 06. Capacidade de fusão da massa obtida por fermentação láctica (em minutos) dos processos FS9₁, FS9₂, FS9₃, FS10₁, FS10₂ e FS10₃.

Através dos resultados obtidos no teste de capacidade de fusão da massa obtida por fermentação láctica, verifica-se que os valores médios do tempo de fusão, quando adicionou-se 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 foram 24; 15 e 11 minutos, respectivamente.

Por outro lado, quando adicionou-se sal emulsificante tipo S10, nas mesmas concentrações, foram, respectivamente, 28; 17 e 15 minutos. Comparando-se os valores médios do tempo necessário para ocorrer a fusão, pode-se verificar que, nos processos onde o sal S9 foi adicionado, a massa apresentou melhores propriedades de fusão, requerendo, assim, menos tempo.

Numa análise desses resultados, pode-se verificar que nos processos onde utilizou-se massa obtida por fermentação láctica contendo 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9, o tempo de fusão foi ligeiramente menor do que nos processos onde utilizou-se sal tipo S10.

O tempo (em minutos) necessário para a ocorrer a completa fusão da massa obtida por acidificação direta a quente em banho-maria a 80°C, referente aos processos LS9₁, LS9₂, LS9₃, LS10₁, LS10₂, e LS10₃ estão ilustrados na Figura 07.

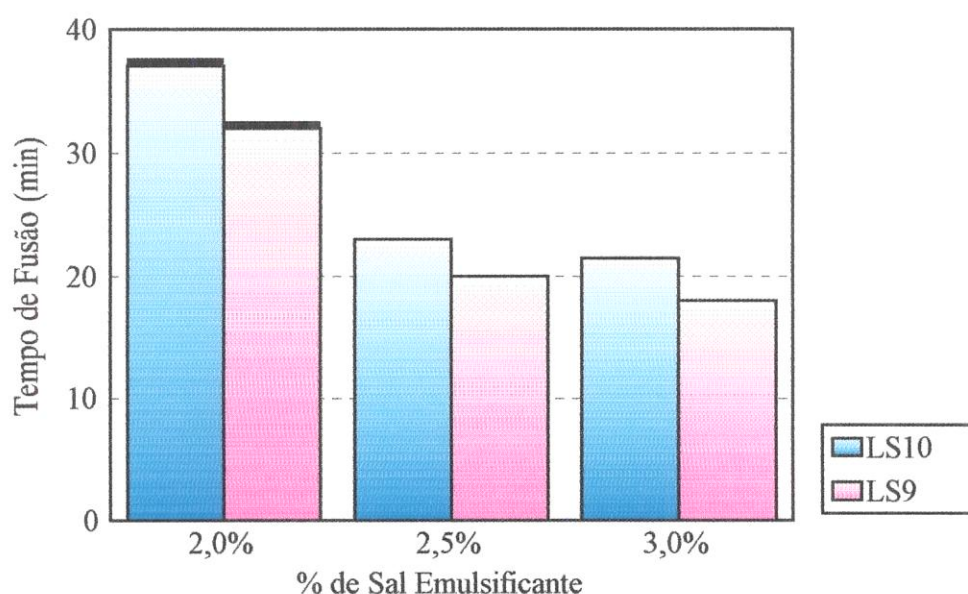


FIGURA 07. Capacidade de fusão da massa obtida por acidificação direta a quente (em minutos) dos processos LS9₁, LS9₂, LS9₃, LS10₁, LS10₂ e LS10₃.

Os valores médios do tempo necessários para ocorrer a fusão da massa obtida por acidificação direta utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 foram 32; 20 e 18 minutos, respectivamente, enquanto que utilizando sal emulsificante tipo S10 foram 37; 23 e 21,5 minutos.

Ao se analisar os dados apresentados nos gráficos das Figuras 06 e 07, pode-se observar que as massas obtidas por fermentação láctica utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10 apresentaram melhores propriedades de fusão do que as massas obtidas por acidificação direta utilizando-se os mesmos tipos e quantidades de sal emulsificante.

Através dos resultados obtidos no teste de fusão para todas as amostras, pode-se constatar que o tempo de fusão diminuiu ligeiramente como aumento progressivo da quantidade de sal emulsificante.

De acordo com THOMAS *et alii* (1970), a capacidade de fusão da massa não é afetada pelo pH numa faixa de 5,2 a 6,95, mas parece apresentar uma relação direta com a quantidade e o tipo de sal emulsificante adicionado.

Em estudos realizados por ARNOT *et alii* (1957) sobre o efeito que certos fatores químicos exercem sobre a capacidade de fusão, foi verificado que a capacidade da fusão da massa parece não possuir uma relação positiva nem com o pH nem com o conteúdo de umidade, mostrando apenas uma relação linear com o grau de maturação dos queijos utilizados na formulação.

De acordo com SHIMP (1985), a propriedade de fusão parece estar mais relacionada com a quantidade de cálcio presente na massa do que com o pH. Sabe-se que a ligação de cálcio à caseína reduz a sua capacidade de retenção de água e, portanto diminui a capacidade de fusão (SHIMP, 1985; RÜEGG *et alii*, 1991).

No caso do processo de filagem da mussarela, que é bastante similar ao processo de fusão de queijo fundido, reduzir o conteúdo de cálcio da massa do queijo é provavelmente mais importante do que alcançar o pH desejado. Com a remoção do cálcio da massa, o caseinato de cálcio torna-se mais solúvel facilitando a propriedade de fusão. Além disto, a remoção do cálcio da massa resulta no aumento da capacidade emulsificante da proteína, estabilizando a emulsão. Quanto mais emulsificada a gordura, menor é a tendência de ocorrer a coalescência durante o processo de fusão (McMAHON *et alii*, 1994).

Embora a gordura não tenha correlação positiva com a capacidade de fusão, diminuir o conteúdo de gordura em uma massa a ser fundida pode resultar em mudança nas propriedades reológicas do produto final, como por exemplo, na textura. Reduzir o teor de gordura em queijos destinados aos processos de fusão ou de filagem, pode resultar em produtos com textura dura e borrachenta. Além disto, com a redução do conteúdo de gordura, a massa requer mais calor para ser fundida (MCMAHON *et alii*, 1994).

Neste experimento, tanto a massa obtida por fermentação láctica como por acidificação direta, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante S9 e S10, apresentaram boas propriedades de fusão durante a etapa de cozimento da massa, que ocorreu em numa homogeneizadora-trituradora STEPHAN, dotada de aquecimento direto, exibindo propriedades elásticas após o primeiro e o segundo cozimento e formação de fios após o terceiro cozimento.

4.2.3. Composição Física e Química do Requeijão Cremoso

Os valores médios da composição física e química dos requeijões fabricados com massas obtidas por fermentação láctica e por acidificação direta, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante S9 e S10, referentes aos processos FS9₁, FS9₂, FS9₃, FS10₁, FS10₂ e FS10₃ e LS9₁, LS9₂, LS9₃, LS10₁, LS10₂ e LS10₃, estão apresentados nas Tabelas 05 e 06, respectivamente.

4.2.3.1. pH

Pela análise da Tabela 05, pode-se verificar que os valores médios de pH dos requeijões referentes aos processos FS9₁, FS9₂ e FS9₃ foram 5,41, 5,44 e 5,58, respectivamente, ao passo que dos requeijões pertencentes aos processos FS10₁, FS10₂ e FS10₃ foram 5,56, 5,73 e 5,78, respectivamente. Analisando-se esses valores, pode-se concluir que os dois sais emulsificantes utilizados na correção do pH, aumentaram o pH da massa, de 5,10 para a faixa entre 5,41 a 5,78 e que o sal emulsificante S10 utilizado para correção do pH, foi mais efetivo

TABELA 05. Valores médios da composição física e química dos requeijões dos processos FS9₁, FS9₂, FS9₃, FS10₁, FS10₂ e FS10₃.

Análises Físicas e Químicas	Processo FS9 ₁	Processo FS9 ₂	Processo FS9 ₃	Processo FS10 ₁	Processo FS10 ₂	Processo FS10 ₃
pH	5,41	5,44	5,58	5,56	5,73	5,78
Acidez Titulável (°D)	78,0	75,0	82,0	76,0	69,0	69,0
Gordura (%)	21,87	21,71	19,88	24,14	22,20	21,38
E.S.T. (%)	39,19	39,95	39,67	39,52	39,63	40,26
G.E.S. (%)	55,80	54,34	50,11	60,98	56,02	53,10
Pt (%)	10,13	10,64	9,79	10,72	10,48	10,98
Ns ¹ (%)	0,54	0,53	0,53	0,54	0,55	0,56
N.N.P ² (%)	0,18	0,12	0,17	0,23	0,25	0,28
NaCl (%)	0,82	0,82	0,80	0,88	0,87	0,90
Cinzas (%)	1,14	1,18	1,40	1,31	1,47	1,41
Ca (ppm)	331,78	374,89	394,60	436,89	450,45	420,30
Mg (ppm)	34,82	44,80	40,67	38,93	46,56	37,02
P (ppm)	2009,29	1898,60	2229,31	2006,90	2342,45	2142,76
Na (ppm)	3778,14	3912,29	4580,67	3883,65	4249,81	4511,19

¹ (Nsx6,38)

² (NNPx6,38)

TABELA 06. Valores médios da composição física e química dos requeijões dos processos LS9₁, LS9₂, LS9₃, LS10₁, LS10₂ e LS10₃.

Análises Físicas e Químicas	Processo LS9 ₁	Processo LS9 ₂	Processo LS9 ₃	Processo LS10 ₁	Processo LS10 ₂	Processo LS10 ₃
pH	5,92	6,20	6,22	6,08	6,18	6,35
Acidez Titulável (°D)	50,0	50,0	54,0	45,0	48,0	48,0
Gordura (%)	22,76	22,82	21,85	21,36	21,60	23,10
E.S.T. (%)	39,30	37,50	37,46	39,46	39,87	38,73
G.E.S. (%)	57,91	60,85	58,33	54,13	54,18	59,64
Pt. (%)	10,72	10,61	10,87	11,27	11,33	11,78
Ns ¹ (%)	0,74	0,83	0,81	0,70	0,74	0,76
N.N.P ² (%)	0,46	0,42	0,39	0,25	0,29	0,26
NaCl (%)	1,00	0,98	1,01	1,06	1,05	1,025
Cinzas (%)	2,11	2,25	2,34	2,39	2,43	2,54
Ca (ppm)	2613,05	2516,47	2612,56	3029,86	2876,88	2856,89
Mg (ppm)	99,70	97,55	99,10	112,56	107,12	108,13
P (ppm)	3568,36	3651,45	3908,05	3872,27	4069,27	4351,96
Na (ppm)	4567,43	5195,18	5506,29	5200,50	4985,60	5934,76

¹ (Nsx6,38)

² (NNPx6,38)

no aumento do pH da massa do que o sal emulsificante S9. Pode-se observar ainda que o aumento do pH dos requeijões foi diretamente proporcional à quantidade de sal emulsificante adicionada. As variações nos valores de pH em função dos tipos e das quantidades de sal emulsificante utilizadas nas amostras de requeijão estão indicadas na Figura 02 apresentada no Anexo 04.

Com exceção dos requeijões pertencentes aos processos FS10₂ e FS10₃, que apresentaram pH ao redor de 5,73 e 5,78, respectivamente, os valores médios de pH dos requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica utilizando os dois sais emulsificante (S9 e S10), encontram-se praticamente dentro da faixa pH requerida para requeijão cremoso, que segundo OLIVEIRA (1986), deve ser entre 5,2 a 5,7.

Através dos resultados de pH, apresentados na Tabela 06, pode-se verificar que os valores médios de pH dos requeijões pertencentes aos processos LS9₁, LS9₂ e LS9₃ foram 5,92; 6,20 e 6,22, respectivamente e dos requeijões referentes aos processos LS10₁, LS10₂ e LS10₃ foram 6,08, 6,18 e 6,35, respectivamente. Analisando-se estes valores, pode-se constatar que neste caso os dois sais emulsificantes (S9 e S10) aumentaram o pH da massa, de 5,68 para a faixa entre 5,92 a 6,35. Neste caso, como no anterior, os requeijões processados com sal emulsificante tipo S10 apresentaram valores médios maiores significativamente ($p < 0,05$) do que os processados com sal emulsificante S9, conforme análise de variância apresentada na Tabela 01 do Anexo 04.

Pode-se constatar que os valores médios de pH apresentados pelos requeijões processados com massa obtida por acidificação direta utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10, encontram-se acima da faixa de pH (5,2-5,7) estabelecida por OLIVEIRA (1986) para requeijão cremoso, porém estão de acordo com os resultados obtidos por FERNANDES *et alii* (1985a,b), para requeijão fabricado com massa obtida por acidificação direta.

Comparando-se os valores de pH do requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10 com os processados por acidificação direta, pode-se observar que os requeijões processados com massa obtida por acidificação direta apresentaram valores médios de pH significativamente ($p < 0,05$)

maiores que os obtidos por fermentação láctica. Isto se deve ao maior valor de pH apresentado pela massa obtida por acidificação direta, que foi de 5,68. Numa análise estatística dos resultados, pode-se observar ainda que existem diferenças significativas ($p < 0,05$) no pH do requeijão devido ao tipo de sal emulsificante e devido a concentração de sal utilizada ($p < 0,05$), conforme análise de variância apresentada na Tabela 01 do Anexo 04.

Valores de pH muito elevados podem comprometer a vida-de-prateleira do produto e prejudicar as características reológicas e sensoriais do produto final (BERGER *et alii*, 1989; TUNICK & NOLAN, 1992). De acordo com TUNICK & NOLAN (1992), o pH influencia as características de textura dos queijos processados, uma vez que o mesmo afeta a configuração das proteínas. Valores de pH abaixo de 5,4 resultam em queijos processados de textura muito firme e granulosa. Valores de pH na faixa entre 5,5 a 5,7 resultam em queijos de consistência cremosa e firme. Já valores de pH acima de 6,3 resultam em queijos processados de consistência pastosa (TEMPLETON & SOMMER, 1932; MEYER, 1973; THOMAS, 1977; BERGER *et alii*, 1989)

Trabalhos realizados por THOMAS (1977) sobre a influência do pH no sabor e aroma de queijos processados untáveis, demonstraram que queijos com pH na faixa entre 6,3 e 9,0, apresentaram sabores ligeiramente amargo e que a intensidade do sabor amargo aumentava à medida que o pH aumentava.

Neste estudo, os requeijões processados com massa obtida por acidificação direta, por apresentarem valores de pH mais elevados, apresentaram gosto doce na opinião dos provadores como será comentado, posteriormente, no item que apresenta os resultados do teste sensorial.

4.2.3.2. Extrato Seco Total e Gordura no Extrato Seco

Observando-se os valores médios dos conteúdos de extrato seco total dos requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica, apresentados na Tabelas 05, pode-se constatar que os requeijões pertencentes aos processos FS9₁, FS9₂ e FS9₃ apresentaram 39,19; 39,95 e 39,67%, respectivamente, de extrato seco total, ao passo que, os requeijões referentes aos processos FS10₁, FS10₂ e FS10₃ apresentaram 39,52%, 39,63% e 40,26%, respectivamente.

Conforme os valores médios do conteúdo de extrato seco total dos requeijões processados com massa obtida por acidificação direta apresentados na Tabelas 06, pode-se verificar que os requeijões pertencentes aos processos LS9₁, LS9₂ e LS9₃ apresentaram 39,30; 37,50 e 37,46%, de extrato seco total, respectivamente, enquanto os requeijões referentes aos processos LS10₁, LS10₂ e LS10₃ apresentaram 39,46; 39,87 e 38,73%, respectivamente.

O conteúdo médio de extrato seco total requerido para queijos processados untáveis, como é o caso do requeijão cremoso, é de 38,0 a 40,0% (FERNANDES, 1981b,c; OLIVEIRA, 1986). Comparando-se os valores médios de extrato seco total apresentados por todas as amostras de requeijão fabricadas neste estudo com os valores estabelecidos em literatura, pode-se constatar que os valores apresentados pelas amostras de requeijão encontram-se dentro desta faixa.

Quanto aos valores médios do conteúdo de gordura no extrato seco e de gordura dos requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante S9 e S10, apresentados na Tabela 05, verifica-se que os requeijões pertencentes aos processos FS9₁, FS9₂ e FS9₃ apresentaram, respectivamente, 55,80% e 21,87%; 54,34% e 21,71% e 50,11% e 19,88% , ao passo que requeijões referentes aos processos FS10₁, FS10₂ e FS10₃, apresentaram, respectivamente, 60,98% e 24,14%; 56,02% e 22,20% e 53,10% e 21,38%.

De acordo com os dados dos conteúdo médios de gordura no extrato seco e de gordura apresentados na Tabela 06, verifica-se que as amostras de requeijões pertencentes aos processos LS9₁, LS9₂ e LS9₃ apresentaram 57,91% e 22,76%, 60,85% e 22,82%, 58,33% e 21,85%, respectivamente, ao passo que as amostras referentes aos processos LS10₁, LS10₂ e LS10₃, apresentaram 54,13 e 21,36%, 54,18 e 21,66%, 59,64% e 23,10%, respectivamente.

De acordo com MUNCK & CAMPOS (1984) os teores de extrato seco total e gordura no extrato seco são dois fatores importantes que devem ser controlados, já que a consistência do produto final depende basicamente do teor de gordura e umidade.

TEMPLETON & SOMMER (1930), avaliando a influência que certos ingredientes exercem sobre a firmeza de queijos processados untáveis, constataram que o leite em pó, a

manteiga e o creme de leite possuem forte influência sobre a espalhabilidade. As observações destes autores foram baseadas em queijos contendo 44,0% de umidade, 26,0% de gordura e 46,0% de gordura no extrato seco.

OLSON & PRICE (1958), avaliando o efeito que certos componentes do queijo exercem sobre a firmeza, constataram que o aumento no conteúdo de umidade diminuiu consideravelmente a firmeza do produto final. No entanto, variações no conteúdo de gordura não influenciaram tanto a firmeza quanto o conteúdo de umidade. Os autores verificaram ainda que o conteúdo de extrato seco desengordurado do queijo tem uma marcante influência sobre a firmeza.

Estudos realizados por GUPTA & REUTER (1992), onde o conteúdo de extrato seco total de queijos processados foram incrementados por meio da adição de concentrado protéico de soro, demonstraram que o conteúdo de extrato seco desengordurado em queijos processados untáveis influencia consideravelmente a firmeza do produto final.

Através da análise estatística dos valores médios do conteúdo de gordura, pode-se constatar que as amostras de requeijão não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre si, conforme análise de variância apresentada na Tabela 02 do Anexo 05. A similaridade dos conteúdos gordura no extrato seco entre as amostras, contribuiu de forma favorável para obtenção de requeijões com consistência relativamente similares entre si.

4.2.3.3. Proteína Total, Nitrogênio Solúvel e não-Protéico

Os valores médios dos conteúdos de proteína total (Pt), nitrogênio solúvel (Ns) e não-protéico (NNP) dos requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica e por precipitação ácida, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10, estão nas Tabelas 05 e 06, respectivamente.

Observando-se estes resultados, pode-se constatar que o conteúdo de proteína total apresentados pelos requeijões pertencentes aos processos FS9₁, FS9₂ e FS9₃, foi, respectivamente, 10,13; 10,64 e 9,79%, e que os valores apresentados pelos requeijões

pertencentes aos processos **FS10₁**, **FS10₂** e **FS10₃** foram, respetivamente, 10,72; 10,48 e 10,98%.

Ao observar os dados apresentados na Tabela 06, pode-se constatar que os requeijões pertencentes aos processos **LS9₁**, **LS9₂** e **LS9₃** apresentaram conteúdos médios de proteína total ao redor de 10,72; 10,61 e 10,87%, respectivamente, ao passo que, requeijões referentes aos processos **LS10₁**, **LS10₂** e **LS10₃** apresentaram 11,27; 11,33 e 11,78%, respectivamente. Neste caso, pode-se constatar também que as amostras apresentaram valores de proteína total bastante similares entre si.

Com a finalidade de verificar a ação que os sais emulsificantes (**S9** e **S10**) exercem sobre a peptização da caseína, foi realizada a quantificação do teor de nitrogênio solúvel e não-proteico nas amostras de requeijões.

Os valores médios do conteúdo de nitrogênio solúvel obtidos para as amostras de requeijão processados com massa obtida por fermentação láctica estão apresentados na Tabela 05. Através destes resultados, verifica-se que os conteúdos de nitrogênio solúvel apresentados pelas amostras de requeijões pertencentes aos processos **FS9₁**, **FS9₂** e **FS9₃** foram 0,54; 0,53 e 0,53%, respectivamente, ao passo, os requeijões referentes aos processos **FS10₁**, **FS10₂** e **FS10₃** apresentaram 0,54; 0,55 e 0,56%, respectivamente. Numa análise destes resultados, verificou-se que os conteúdos de nitrogênio solúvel obtidos para todas amostras foram relativamente baixos, quando comparados com os conteúdos de proteína total existente.

Através dos valores médios de nitrogênio solúvel apresentados pelas amostras de requeijão pertencentes aos processos **LS9₁**, **LS9₂** e **LS9₃**, verifica-se que os mesmos apresentaram, respectivamente, 0,74; 0,83 e 0,81%, ao passo que as amostras referentes aos processos **LS10₁**, **LS10₂** e **LS10₃** apresentaram, respectivamente, 0,70; 0,74 e 0,76% (Tabela 06).

Através da análise estatística destes dados, pode-se verificar que as amostras de requeijão processadas com massa obtida por fermentação láctica apresentaram conteúdos de nitrogênio solúvel significativamente ($p < 0,05$) menores que os valores médios encontrados para

as amostras de requeijão processado com massa obtida por acidificação direta, conforme análise de variância apresentada na Tabela 03 do Anexo 05.

Os conteúdos de nitrogênio-não protéico, apresentados pelas amostras de requeijão dos processos FS9₁, FS9₂ e FS9₃ foram 0,18; 0,12 e 0,17%, respectivamente, ao passo que para as amostras dos processos FS10₁, FS10₂ e FS10₃ foram 0,23; 0,25 e 0,28%, respectivamente (Tabela 05). Já os valores médios encontrados para as amostras de requeijão pertencentes aos processos LS9₁, LS9₂ e LS9₃ foram, respectivamente, 0,46; 0,42; e 0,39%, ao passo que requeijões referentes aos processos LS10₁, LS10₂ e LS10₃ foram, respectivamente, 0,25; 0,29 e 0,26%. As variações do conteúdo de nitrogênio-não protéico em função do tipo de processo e do tipo e da quantidade de sal emulsificante utilizados estão apresentados na Figura 04 do Anexo 07.

Através de uma análise estatística destes resultados, verificou-se que as amostras de requeijão processados com massa obtida por fermentação láctica apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em relação as amostras processadas por precipitação ácida, conforme análise de variância indicada na Tabela 04 do Anexo 06.

Observando os dados apresentados nas Tabelas 05 e 06, pode-se verificar os conteúdos de nitrogênio não-protéico apresentados pelas amostras de requeijão pertencentes aos processos FS9₁, FS9₂ e FS9₃ apresentaram conteúdos significativamente ($p < 0,05$) menores do que as amostras dos processos LS9₁, LS9₂ e LS9₃. No entanto, as amostras referente aos FS10₁, FS10₂ e FS10₃ apresentaram valores significativamente ($p < 0,05$) maiores do que as amostras de LS10₁, LS10₂ e LS10₃.

De acordo com LEE *et alii* (1980), a peptização é uma consequência da ação dos sais fundentes, os quais fazem a troca iônica do cálcio do complexo paracaseinato pelo sódio, resultando num rearranjo das moléculas protéicas e exposição de grupos hidrofílicos.

A taxa de peptização da caseína depende da matéria-prima empregada e também da quantidade de sais emulsificantes empregada. No entanto, de acordo com os autores, no caso de queijos processados, não é necessário ter um conteúdo de nitrogênio solúvel elevado para obter queijos com textura desejada (LEE *et alii* 1979; LEE *et alii*, 1986)

4.2.3.4. Perfil Eletroforético das Frações de Caseína

Os perfis eletroforéticos das frações de caseína das massas e dos requeijões obtidos pelos processos de fermentação láctica e acidificação direta, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10, estão apresentados nas Figuras 08 e 09, respectivamente.

Comparando o perfil eletroforético das frações de caseína da massa e dos requeijões pertencentes aos processos FS9₁, FS9₂, FS9₃, FS10₁, FS10₂ e FS10₃ com o perfil exibido pela massa e pelos requeijões processados por acidificação direta utilizando as mesmas quantidades e tipos de sais emulsificantes, pode-se constatar que houve uma ligeira diferença no perfil de separação das proteínas (Figuras 08 e 09). Esta diferença no comportamento das frações de caseína foi evidenciada pelo maior número de bandas que apareceram como produto de degradação da fração α -s₁-caseína na massa e nos requeijões processados por fermentação láctica.

Analisando o perfil eletroforético das frações de caseína da massa obtida por fermentação láctica e dos requeijões processados com 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante S9 e S10, apresentado na Figura 08, pode-se verificar que as amostras analisadas apresentaram praticamente o mesmo perfil de proteínas, sugerindo não existir ação peptizante dos sais emulsificante (S9 e S10), sobre as proteínas.

O maior número de bandas apresentado pela massa e requeijão obtidos por fermentação láctica, deve estar mais relacionado com a ação proteolítica das culturas lácticas adicionadas como fermento láctico (*Lactococcus lactis* ssp. *lactis* e *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*), do que com a ação peptizante dos sais emulsificantes, já a massa exibiu mesmo perfil eletroforético que os requeijões (Figuras 08 e 09).

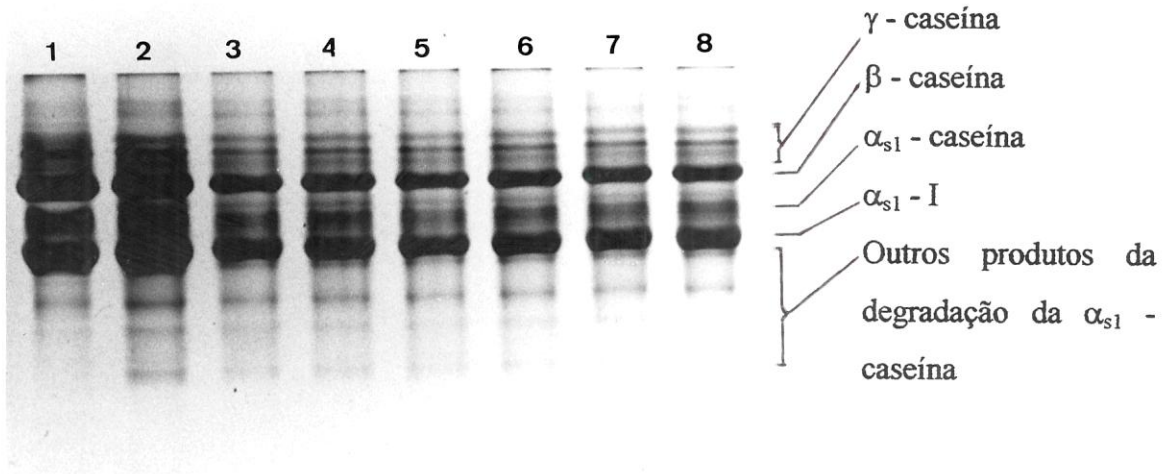


FIGURA 08. Eletroforese em gel de poliacrilamida (Uréia-PAGE) do requeijão cremoso fabricado com massa obtida por fermentação láctica.

Banda 1 - padrão;

Banda 2 - massa obtida por fermentação láctica;

Bandas 3, 4, 5, 6, 7 e 8 - requeijões dos processos FS9₁, FS9₂, FS9₃, FS10₁, FS10₂ e FS10₃, respectivamente.

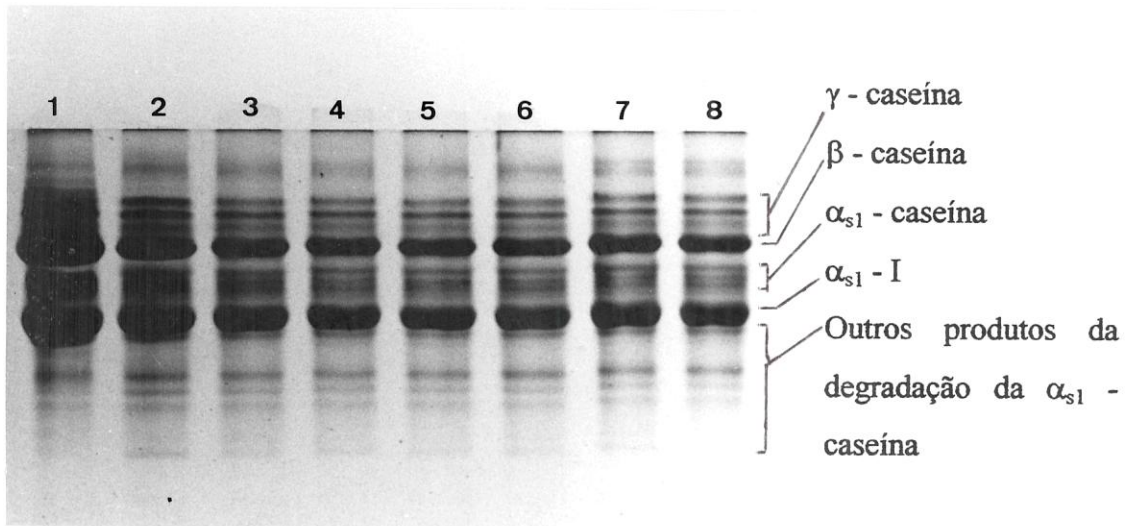


FIGURA 09. Eletroforese em gel de poliacrilamida (Uréia-PAGE) do requeijão cremoso com massa obtida por acidificação direta a quente.

Banda 1 - padrão;

Banda 2 - massa obtida por precipitação ácida;

Bandas 3, 4, 5, 6, 7 e 8 - requeijões dos processos LS9₁, LS9₂, LS9₃, LS10₁, LS10₂ e LS10₃, respectivamente.

Através dos baixos conteúdos de nitrogênio solúvel e não-protéico encontrados pelas amostras de requeijão, pode-se constatar que os dois sais emulsificantes (S9 e S10), não apresentaram ação peptizante sobre as frações de proteínas.

Em queijos processados, as micelas de caseína podem ser dissociadas pela remoção de cálcio da sua estrutura. Assim, quando todo cálcio é removido da micela por ação complexante dos fosfatos ou polifosfatos, as micelas sofrem uma hidrólise, resultando na formação de unidade pequenas de proteínas (DALGLEISH, 1982; DE MAN, 1990)

Estudos realizados por HOKES *et alii* (1982), permitiram verificar que alguns íons monovalentes, como os íons de sódio provocam uma desagregação do caseinato de cálcio. Isto foi observado pelas mudanças ocorridas na estrutura do coágulo logo após a adição de cloreto de sódio. Através da eletroforese de gel de poliacrilamida, foi possível demonstrar que a desagregação do coágulo pela ação do cloreto de sódio resultou na perda das frações α_1 e β -caseína da massa. Os efeitos dos íons monovalentes sobre o caseinato de cálcio, provoca o rompimento das ligações cruzadas de cálcio, solubilizando as proteínas.

TAMIME *et alii* (1990), avaliando o perfil eletroforético das frações de caseína em queijos processados fabricados com massa fresca (não-maturada), contendo 2,5% de sal emulsificante à base de polifosfatos (JOHA C, SE e T), observaram que as frações α e β -caseína permaneceram intactas após duas semanas de estocagem a temperaturas de 10 e 30°C. Já em queijos processados fabricados com massa fresca (não maturada) adicionado de 2,5% dos mesmos tipos de sais emulsificantes e enzima Savorase-A, sendo esta obtida do *Lactococcus lactis ssp. lactis*, a fração β -caseína foi extensivamente hidrolisada após duas semanas de estocagem nas mesmas temperaturas, enquanto a α_1 -caseína foi pouco hidrolisada.

De acordo com LEE *et alii* (1979), os queijos maturados não se comportam como os queijos fundidos fabricados com massa fresca (não-maturada), como é o caso particular dos requeijões, em relação à peptização da massa e à produção de nitrogênio solúvel.

HOKES *et alii* (1982), realizando um estudo sobre as propriedades de fusão do caseinato de cálcio obtido por diferentes métodos, verificaram, através do perfil eletroforético

das frações de caseína, que o caseinato de cálcio era compostos basicamente por α_1 e β -caseína e pequenas quantidades de unidades menores de proteína.

4.2.3.5. Cinzas e Minerais

Os valores médios dos conteúdos de cinzas e minerais (Ca, Mg, P e Na) dos requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante pertencentes aos processos FS9₁, FS9₂ e FS9₃, FS10₁, FS10₂ e FS10₃, estão apresentados na Tabela 05.

Ao observar os conteúdos médios de cinzas pertencentes aos processados FS9₁, FS9₂ e FS9₃, apresentados na Tabela 05, pode-se constatar que os requeijões, apresentaram, respectivamente, 1,14; 1,18; 1,40%; ao passo que requeijões referentes aos processos FS10₁, FS10₂ e FS10₃, apresentaram respectivamente, 1,31; 1,47 e 1,41%. Numa análise destes resultados, verifica-se que os conteúdos de cinzas nas amostras de requeijão apresentaram um ligeiro aumento a medida que aumentou a quantidade de sal emulsificante. Pode-se observar ainda que requeijões processados com emulsificante tipo S10, apresentaram valores médios de cinzas ligeiramente superiores aos requeijões processados com sal emulsificante tipo S9. O aumento do conteúdo de cinzas apresentados pelas amostras de requeijão processadas com sal tipo S10, deve estar ligado à composição química deste sal.

Analisando os valores médios de cinzas apresentados nas Tabelas 06, pode-se observar que os requeijões referentes aos processos LS9₁, LS9₂ e LS9₃, apresentaram 2,11; 2,25 e 2,34%, de cinzas, respectivamente, enquanto os requeijões dos processos LS10₁, LS10₂ e LS10₃, apresentaram 2,39; 2,43 e 2,54%, respectivamente. Analisando estes resultados constata-se que os valores médios de cinzas obtidos nos requeijões processados com sal emulsificante S10, foram também superiores aos valores obtidos pelos requeijões processados com sal emulsificante tipo S9, como ocorrido no processo obtido por fermentação láctica.

Comparando-se os valores médios dos teores de minerais (Ca, Mg, P e Na) apresentados pelas amostras de requeijão pertencentes aos processos FS9₁, FS9₂ e FS9₃, FS10₁, FS10₂ e FS10₃ (Tabela 05) comparativamente aos valores médios encontrados nas amostras de

requeijões referente aos processos LS9₁, LS9₂ e LS9₃, LS10₁, LS10₂ e LS10₃ (Tabela 06), constatou-se que os requeijões processados com massa obtida por fermentação, apresentaram valores médios de minerais consideravelmente menores que os obtidos por acidificação direta. Isto se deve ao maior grau de desmineralização da massa ocorrida durante a acidificação da mesma.

Em um estudo realizado por CAVALVANTE (1991) envolvendo requeijão cremoso processado com massa obtida por fermentação natural, lavada três a quatro vezes com água fria e utilizando bicarbonato de sódio como agente dispersante da caseína, pode-se constatar que os conteúdos médios de cálcio e sódio obtidos nos requeijões assim processados foram, respectivamente, 524,70ppm e 1332,70ppm. De acordo com o autor o baixo conteúdo de cálcio apresentado pelos requeijões em relação ao queijo minas-padrão, por exemplo, o qual apresenta cerca de 8400ppm de cálcio, é devido à intensa desmineralização da massa protéica.

Os valores médios apresentados na Tabela 05, para os conteúdos de cálcio dos processos FS9₁, FS9₂ e FS9₃, FS10₁, FS10₂ e FS10₃, são 331,78, 374,89, 394,60, 436,89, 450,45 e 420,30ppm, respectivamente. Pode-se verificar que esses valores médios de cálcio são cerca de 35,0% menores que os valores encontrados por CAVALCANTE (1991), o que pode estar relacionado ao maior grau de desmineralização da massa no momento do processo de fermentação.

Os valores médios apresentados na Tabela 06, para os conteúdos de cálcio dos processos LS9₁, LS9₂ e LS9₃, LS10₁, LS10₂ e LS10₃, são 2613,05, 2516,47, 2612,56, 3029,86, 2876,88 e 2856,89ppm, respectivamente. Pode-se verificar que esses valores médios de cálcio são consideravelmente maiores do que os valores de cálcio encontrados neste estudo para os requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica e por CAVALCANTE (1991). Isto se deve ao menor grau de desmineralização que a massa obtida por acidificação direta.

4.3. Características Reológicas

O perfil de textura dos requeijões processados com massas obtidas por fermentação láctica e acidificação direta, foi analisado em texturômetro TA-XT2 (Texture Prolife Analysis) computadorizado. As características reológicas analisadas nas amostras de requeijão foram: elasticidade, coesividade, adesividade e firmeza.

Os gráficos do perfil de textura fornecidos pelo texturômetro TA-XT2, da amostra padrão e dos requeijões fabricados com massa obtida por fermentação láctica e acidificação direta, estão apresentados na Figura 10.

Analisando-se os gráficos do perfil de textura das amostras de requeijões (Figura 10), pode-se verificar que os aspectos das curvas apresentadas por todas as amostras e o padrão são bastante similares entre si. Pode-se observar claramente através dos gráficos, que as curvas apresentam um formato sinusoidal, onde a força máxima positiva é representada por um pico bem definido existente na curva. Praticamente, o mesmo pode ser observado para a força máxima negativa.

Os valores médios de elasticidade, coesividade, adesividade e firmeza obtidos para a amostra padrão foram 0,95; 0,80; - 88,69g.s. e 27,02g, respectivamente.

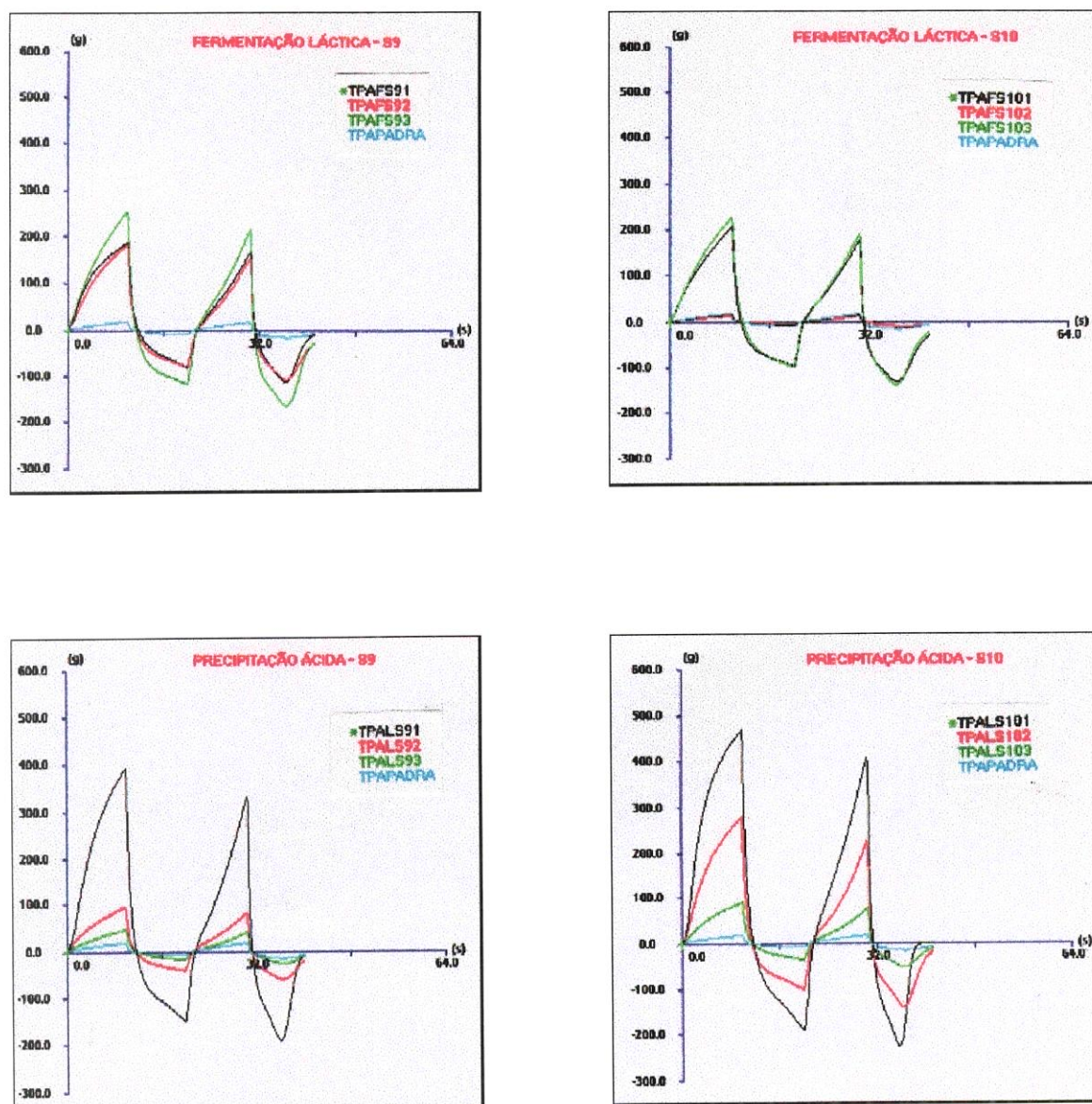


FIGURA 10. Gráficos do Perfil de Textura da Amostra Padrão e dos Requeijões, obtidos no Analisador de Textura TA-XT2 (Texture Profile Analysis).

Os valores medidos dos parâmetros do perfil de textura dos requeijões fabricados com massa obtida por fermentação láctica e por acidificação direta a quente referente aos processos FS9₁, FS9₂, FS9₃ e FS10₁, FS10₂, FS10₃, LS9₁, LS9₂, LS9₃ e LS10₁, LS10₂, LS10₃, respectivamente, estão apresentados na Tabela 07.

TABELA 07. Valores Médios dos Resultados do Perfil de Textura dos Requeijões dos Processos FS9₁, FS9₂, FS9₃ e FS10₁, FS10₂, FS10₃, LS9₁, LS9₂, LS9₃ e LS10₁, LS10₂, LS10₃,

Amostras	Parâmetros do Perfil de Textura			
	Elasticidade ¹	Coesividade ¹	Adesividade (g.s) ²	Firmeza (g)
FS9 ₁	0,89ef	0,59bc	490,98e	189,07f
FS9 ₂	0,89ef	0,58bc	524,62e	186,87f
FS9 ₃	0,90def	0,62b	811,53c	259,33cd
FS10 ₁	0,91cde	0,64ab	667,53d	209,40ef
FS10 ₂	0,94a	0,73a	21,79g	18,40h
FS10 ₃	0,89ef	0,61bc	642,25d	231,17de
LS9 ₁	0,89ef	0,58bc	920,51b	386,57b
LS9 ₂	0,93abc	0,62b	263,89f	99,00g
LS9 ₃	0,91cde	0,61bc	110,53g	53,17gh
LS10 ₁	0,90def	0,57bc	1143,90a	470,68a
LS10 ₂	0,92bcd	0,52c	652,63d	283,47c
LS10 ₃	0,93abc	0,59bc	222,71f	93,33g
D.M.S.*	0,019	0,091	100,90	37,187

¹Adimensionais ²Valores negativos

onde: amostras acompanhadas da mesma letra na vertical não são significativamente diferentes entre si ao nível de erro de 5%.

* Diferença mínima significativa determinada pelo teste de Tukey ao nível de erro de 5,0%.

4.3.1. Elasticidade

Analisando os valores médios de elasticidade apresentados na Tabela 07, pode-se verificar as amostras requeijão cremoso fabricadas com massa obtida por fermentação láctica não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre si, com exceção da amostra FS10₂. Com relação aos requeijões processados com massa obtida por acidificação direta pode-se constatar que as amostras LS9₁, LS9₃ e LS10₁ não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre si, no entanto, apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras LS9₂, LS10₂ e LS10₃, as quais não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$).

O gráfico apresentado na Figura 11, apresenta os valores médios de elasticidade dos requeijões fabricados com massa obtida por fermentação láctica e por acidificação direta a quente. Por meio deste gráfico, pode-se verificar visualmente, o comportamento do parâmetro de elasticidade dos requeijões fabricados por fermentação láctica e por acidificação direta.

Sabe-se que as reações físicas e químicas que ocorrem com a mussarela no momento do processo de filagem são praticamente as mesmas que ocorrem com a massa de queijos processados no momento da fusão. Inclusive as características de elasticidade e plasticidade da massa são bastante parecidas. Portanto, algumas considerações encontradas em literatura sobre as características de elasticidade da massa de mussarela podem ser perfeitamente consideradas para a massa de queijos processados.

De acordo com KINDSTEDT (1991), as características de elasticidade da massa de mussarela, durante a etapa de filagem são influenciadas pelo pH e a quantidade de fosfato de cálcio retida na massa. KOSIKOWSKI (1951), foi o primeiro pesquisador a verificar que o grau de desmineralização da massa está diretamente ligado às propriedades de elasticidade e filagem da mussarela.

No caso de queijos processados, a remoção do cálcio da massa é um fator determinante para se obter fusão adequada. A desmineralização da massa pode ser efetuada através do processo de acidificação do leite, que pode ser por fermentação láctica ou por acidificação

direta, realizado para obtenção da massa ou pela adição de sais emulsificantes (BERGER *et alii*, 1989).

Neste experimento, por meio dos resultados obtidos (Tabela 07), para todas as amostras de requeijão, pode-se verificar que a elasticidade não foi influenciada nem pelo pH nem pelo grau de desmineralização da massa.

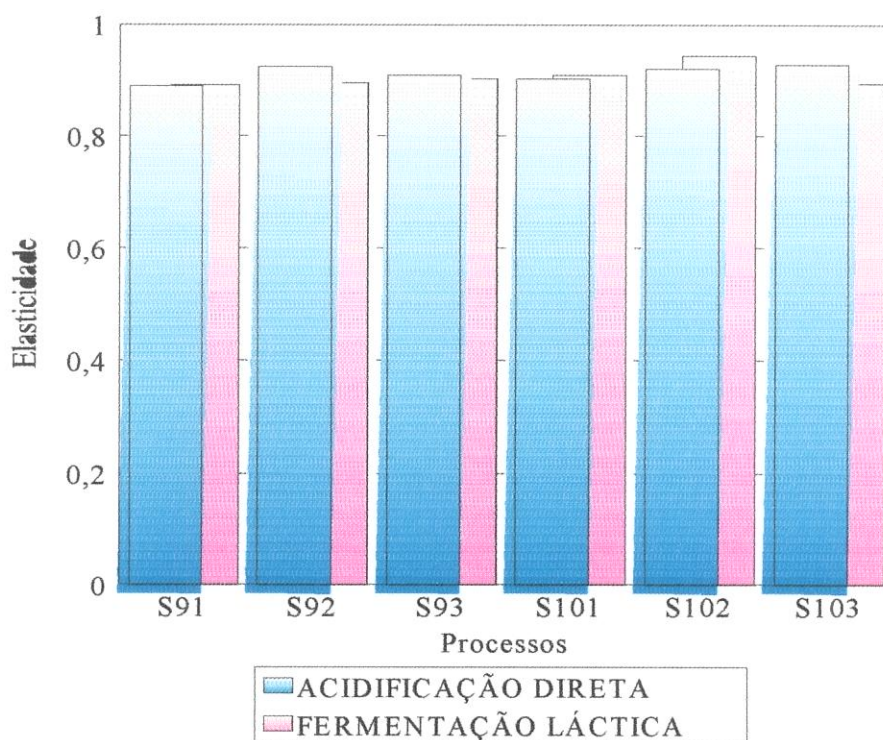


FIGURA 11. Valores médios do parâmetro elasticidade dos requeijões fabricados com massa obtida por fermentação láctica e acidificação direta, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10.

4.3.2. Coesividade

Os valores médios de coesividade das amostras de requeijão fabricados com massa obtida por fermentação láctica e acidificação direta estão apresentados na Tabela 07. Por meio deles, pode-se verificar que as amostras de requeijão processadas por fermentação láctica e acidificação direta apresentaram valores médios de coesividade bastante similares entre si.

que as amostras contendo sal emulsificante tipo S9. No entanto, pode-se constatar através dos resultados obtidos no teste de Tukey que as amostras de requeijão não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre si, com exceção da amostra FS10₂. Através dos valores médios de coesividade obtidos para os requeijões fabricados por acidificação direta, observou-se comportamento inverso, isto é, a adição de sal emulsificante tipo S9 resultou em valores médios mais elevados, exceto para a dosagem de 3%, quando as amostras praticamente não diferiram entre si. No entanto, através dos resultados obtidos no teste de Tukey pode-se constatar que as amostras não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre si, com exceção da amostra LS10₂.

Comparando os valores médios de coesividade da amostra padrão com os valores médios obtidos para as amostras de requeijão fabricadas tanto com massa obtida por fermentação láctica como por acidificação direta, pode-se verificar que o valor médio de coesividade da amostra padrão (0,80) é maior que os valores encontrados para todas as demais amostras de requeijão.

O gráfico apresentado na Figura 12, apresenta os valores médios de coesividade dos requeijões fabricados com massa obtida por fermentação láctica e por acidificação direta, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10. Por meio desta figura, pode-se verificar com maior clareza os comportamentos anteriormente comentados.

De acordo com VERMA & GUPTA (1981), as características de elasticidade e coesividade dependem mais da estrutura e do rearranjo das moléculas de proteína do que do tipo e quantidade dos sais emulsificantes. No presente estudo, os resultados sugerem que os sais emulsificantes tiveram ação semelhante, sendo que o fator que mais alterou o parâmetro coesividade foi o método de acidificação utilizado para obtenção das massas.

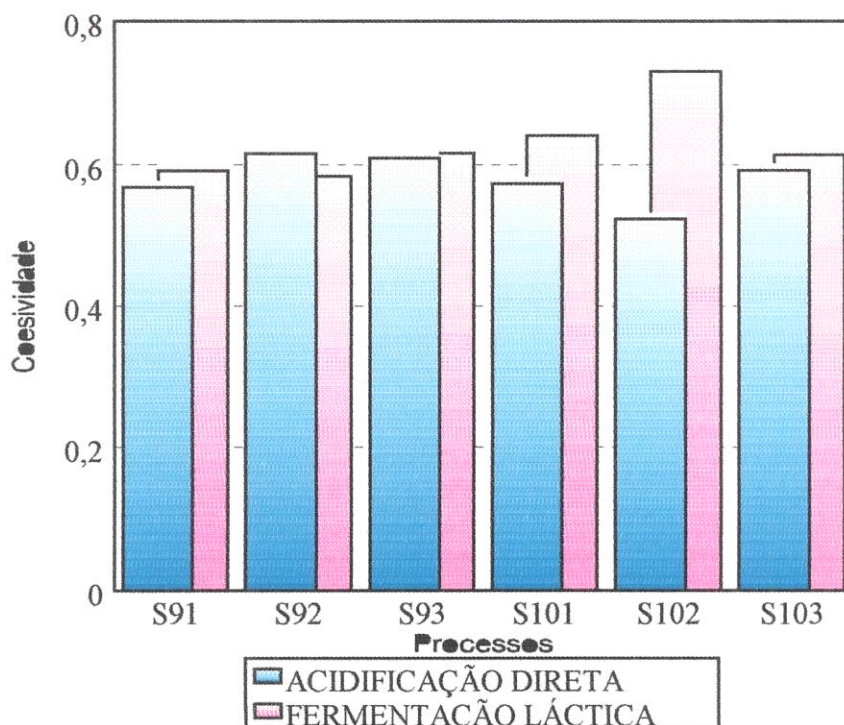


FIGURA 12. Valores médios dos parâmetro coesividade dos requeijões fabricados com massa obtida por fermentação láctica e acidificação direta, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10.

4.3.3. Adesividade

Analisando os valores médios de adesividade (Tabela 07), pode-se verificar que as amostras de requeijões fabricados com massa obtida por fermentação láctica utilizando o sal emulsificante S9 apresentam aumento da adesividade à medida que se aumentou o teor do sal, enquanto que para o tipo S10, não se observou esta influência, exceto para a amostra **FS10₂** que apresentou características diferentes, provavelmente por problemas de processamento.

Nas amostras de requeijões fabricados com massa obtida por acidificação direta, o aumento do teor de sal emulsificante, tanto do tipo S9 como S10, provocou uma diminuição da adesividade. A utilização do sal S9 em requeijões obtidos por acidificação direta resultou num produto menos adesivo do que os obtidos pela adição de sal do tipo S10.

Comparando os valores médios de adesividade da amostra padrão (- 88,69g.s) com os valores obtidos para as amostras de requeijão fabricadas tanto com massa obtida por fermentação láctica como por acidificação direta, pode-se verificar que a amostra padrão mostrou-se menos adesiva que todas as amostras de requeijão processadas neste estudo (Tabela 07).

O gráfico apresentado na Figura 13, apresenta os valores médios de adesividade das amostras de requeijão processados com massa obtida por fermentação láctica e por acidificação direta, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10. Por meio desta figura, pode-se verificar com maior clareza os comportamentos anteriormente comentados.

Uma vez que o requeijão é um produto tipicamente brasileiro e que não há estudos sobre o Perfil de Textura avaliado instrumentalmente em nossa literatura, os dados apresentados sugerem que outros estudos devem ser realizados.

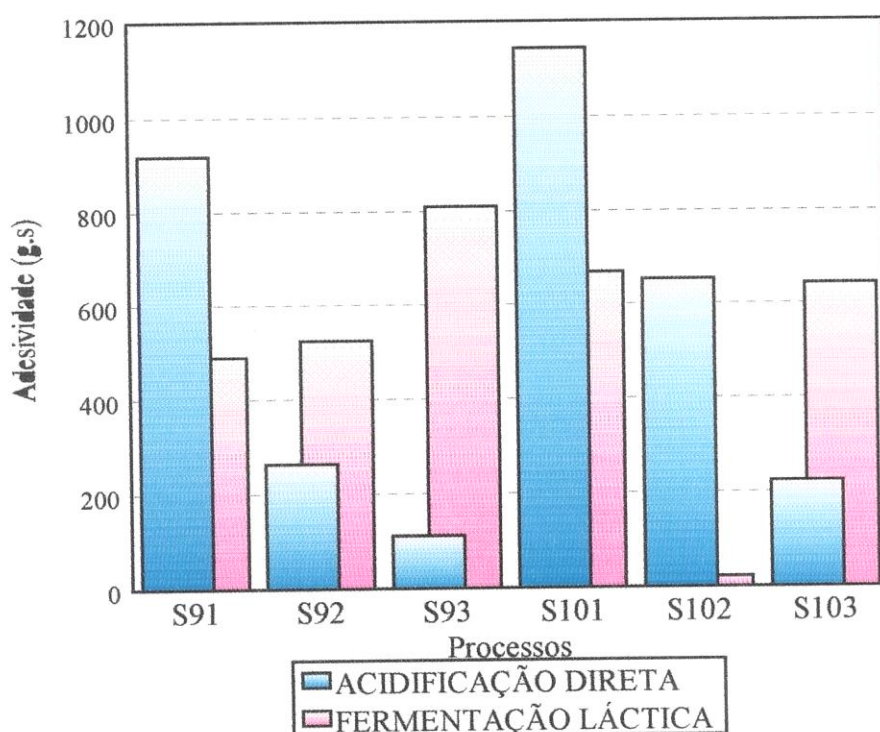


FIGURA 13. Valores médios dos parâmetros de adesividade dos requeijões fabricados com massa obtida por fermentação láctica e acidificação direta, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10.

4.3.4. Firmeza

O parâmetro firmeza apresentou um comportamento diferenciado em função do sal emulsificante quando a massa é acidificada por fermentação láctica em comparação com a acidificação direta.

No caso da fermentação láctica pode-se dizer que as amostras apresentaram uma tendência de se tornarem mais firmes com o aumento do teor de sal emulsificante.

As amostras obtidas por acidificação direta apresentaram um decréscimo de firmeza com o aumento da concentração de sal emulsificante, enquanto que comparando-se os sais, em uma mesma concentração, tem-se que a utilização do sal tipo S10 proporcionou, sempre, um produto mais firme.

Comparando os valores médios dos resultados de firmeza da amostra padrão (27,02g) com os valores obtidos das amostras de requeijões fabricadas com massa obtida por fermentação láctica e acidificação direta, pode-se verificar que os valores médios de firmeza das amostras de requeijões foram consideravelmente maiores que os valores encontrados para a amostra padrão, com exceção da amostra referente ao processo FS10₂ que mostrou uma firmeza muito semelhante ao produto comercial.

O gráfico apresentado na Figura 14, permite uma melhor visualização do comportamento da firmeza dos requeijões fabricados com massa obtida por fermentação láctica e por acidificação direta, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipo S9 e S10.

Os principais fatores que influenciam a firmeza dos queijos processados untáveis, como é o caso do requeijão cremoso, são: pH, conteúdo de umidade, tipo de sal emulsificante, grau de maturação, conteúdo de extrato seco desengordurado (TEMPLETON & SOMMER, 1930, TEMPLETON & SOMMER, 1932).

Valores de pH abaixo de 5,4 prejudicam a estrutura do queijo, tornando a textura firme e granulosa (TEMPLETON & SOMMER, 1932; TUNICK & NOLAN, 1992; VISSER, 1991). De acordo com TEMPLETON & SOMMER (1932), valores de pH na faixa de 5,7 a 6,3 apresentam

pouca influencia sobre o corpo e textura dos queijos processados untáveis. Queijos processados com valores de pH entre 5,5, a 5,7, tendem a adquirir consistência macia, enquanto que valores médios de pH acima de 6,3, resultam em queijos de consistência pastosa (MEYER, 1973; BERGER *et alii*, 1989).

Neste caso, os requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante S9, apresentaram respectivamente os seguintes valores de pH: 5,41; 5,44 e 5,58, enquanto os requeijões processados com massa obtida por acidificação direta, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante S10, apresentaram os seguintes valores: 5,56; 5,73 e 5,78, respectivamente. Analisando os dados apresentados acima, pode-se verificar que os valores médios de pH estão dentro da faixa de pH (5,5 a 5,7), que resulta em queijos de consistência macia.

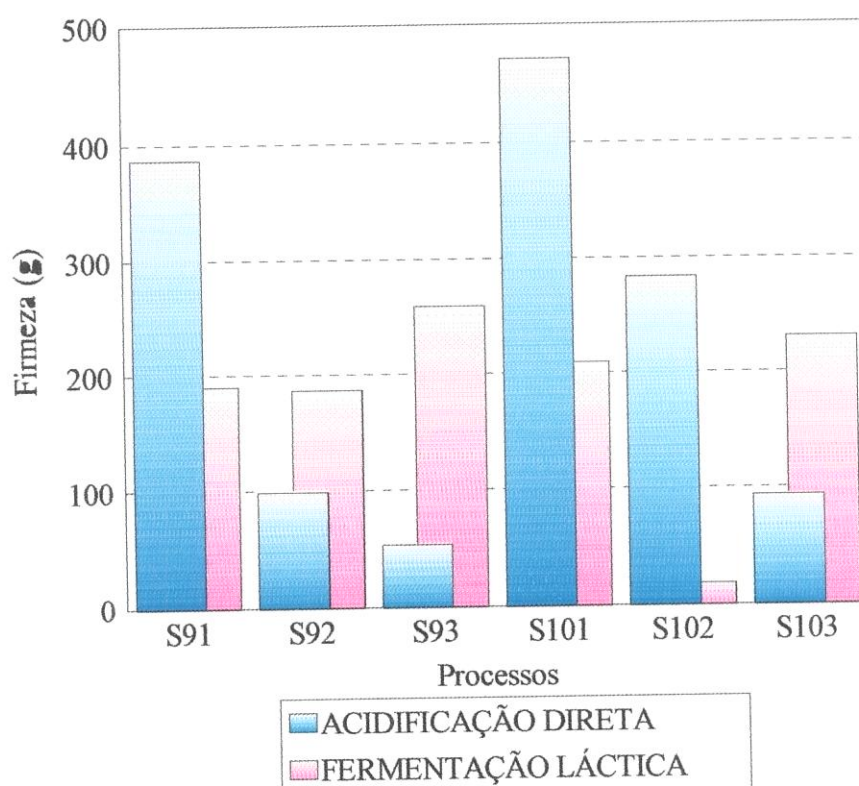


FIGURA 14. Valores Médios do Resultado de Firmeza dos Requeijões Fabricados com Massa Obtida por Fermentação Láctica e Acidificação Direta a Quente, Utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de Sal Emulsificante Tipo S9 e S10.

Por outro lado, os requeijões processados com massa obtida por acidificação direta, utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante S9, apresentaram respectivamente, os seguintes valores de pH: 5,92; 6,20 e 6,22, enquanto os requeijões processados com massa obtida por acidificação direta utilizando 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante S10, apresentaram respectivamente os seguintes valores: 6,08; 6,18 e 6,35. Ao se analisar os valores de pH apresentados, pode-se verificar que os valores médios de pH estão próximos do limite de pH (6,3), que resulta em queijos de consistência pastosa (MEYER, 1973; BERGER *et alii*, 1989), entretanto, os requeijões LS9₁, LS9₂, LS9₃, LS10₁, LS10₂, FS10₃, apresentaram consistência cremosa e macia, bastante similar aos requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica.

OLSON & PRICE (1961), avaliando o efeito que alguns componentes de queijos processados exercem sobre a firmeza, verificaram que embora o aumento do conteúdo de umidade diminua consideravelmente a firmeza, o teor de gordura, parece influenciar muito pouco tal propriedade. Os autores constataram que outro fator que demonstrou ter uma influência importante sobre a firmeza foi o conteúdo de extrato seco desengordurado.

SHARP *et alii* (1936), observaram que a firmeza dos queijos processados untáveis é influenciada pela umidade e pela relação proteína/gordura. Para estes autores, o conteúdo de gordura no extrato seco total parece ser um fator que influencia a consistência do queijo.

De acordo com VERMA & GUPTA (1981), variações nas condições dos processos de fabricação podem influenciar a textura e consistência dos queijos processados, com destaque para o processo de acidificação da massa, temperatura e tempo de cozimento da massa, velocidade e tempo de agitação e temperatura de resfriamento da massa.

Analisando o conteúdo de extrato seco total dos requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica e sal emulsificante S9, verifica-se os seguintes valores: 39,19%; 39,95%, e 39,67% respectivamente, enquanto os requeijões processados com sal emulsificante S10, apresentaram os seguintes valores: 39,52%; 39,63% e 40,26%, respectivamente. Esses dados mostraram que os valores de extrato seco total de todas as amostras de requeijão foram bastante similares entre si. O fato dos requeijões terem apresentado conteúdo de extrato seco total muito similares entre si, pode ter contribuído para obtenção de requeijões com valores

médios de firmeza também próximos entre si, com exceção da amostra FS10₂ que apresentou problemas de processamento.

Com relação ao conteúdo de extrato seco total dos requeijões processados com massa obtida por acidificação direta e sal emulsificante S9, nota-se os seguintes valores: 39,30%; 37,50%, 37,46%, respectivamente, enquanto que para os requeijões processados com sal emulsificante S10, os valores foram os seguintes: 39,46%; 39,87% e 38,73%, respectivamente.

Quanto ao conteúdo de gordura no extrato seco os requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica e sal emulsificante S9, foram obtidos os seguintes valores: 55,80%; 54,34%, 50,11%, respectivamente, enquanto os requeijões processados com sal emulsificante S10, apresentaram os seguintes valores: 60,98%; 56,02% e 53,10%, respectivamente. Analisando-se os dados apresentados acima, pode-se verificar que os valores de gordura no extrato seco de todas as amostras de requeijão foram bastante similares entre si, com exceção da amostra FS10₁, que apresentou um valor ligeiramente superior às demais.

Com relação ao conteúdo de gordura no extrato seco os requeijões processados com massa obtida por acidificação direta e sal emulsificante S9, foram obtidos os seguintes valores: 57,91%; 60,85%, 58,33%, respectivamente, enquanto os requeijões processados com sal emulsificante S10, apresentaram os seguintes valores: 54,13%; 54,18% e 59,64%, respectivamente. Ao analisar estes dados, pode-se constatar que os valores médios de gordura no extrato seco de todas as amostras de requeijão foram bastante próximos entre si, com exceção das amostras LS10₁ e LS10₂, que apresentaram valores ligeiramente inferiores às demais.

De acordo com GUPTA & HEUTER (1992), os sais emulsificantes podem influenciar a formação do corpo e textura dos queijos processados untáveis. As principais propriedades que podem ser influenciadas são: firmeza, cremosidade, adesividade e elasticidade. Isto porque os sais emulsificantes quando adicionados à massa de queijos processados exercem inúmeras funções tais como: remoção de cálcio da massa, dispersão e solubilização das proteínas, peptização, auxiliar na formação de uma emulsão estável. No presente estudo, o tipo de sal emulsificante também parece ter influenciado na firmeza dos requeijões.

Estudos realizados por TAMIME *et alii* (1990), utilizando sais emulsificantes à base de polifosfatos (JOHA SE, C e T), constataram que queijos processados com estes tipos de sais apresentaram valores médios de firmeza ligeiramente diferentes. No entanto, os autores constataram que tal diferença pode estar relacionada não só ao tipo de sal emulsificante, mas também ao tipo de interações formadas entre as proteínas durante ao processo de fusão, fato este também observado no presente estudo.

TEMPLETON & SOMMER (1936), relacionando a firmeza de queijos processados untáveis com citrato de sódio, citrato de potássio, pirofosfato de tetrassódico, metafosfato de sódio e misturas de partes iguais de mono e ortofosfatos dissódico, constataram que queijos fabricados com fosfatos condensados apresentaram maior firmeza do que os queijos processados com sais à base de citrato de sódio.

4.4. Resultados do Teste Sensorial

4.4.1. Representação Gráfica dos Resultados da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) por Análise de Componentes Principais (ACP)

Esta representação gráfica permitiu a análise global dos resultados obtidos da análise sensorial descritiva quantitativa.

A análise do componente principal mostra as relações existentes entre as amostras evidenciando o componente que mais caracteriza cada amostra. No entanto, ela é apenas uma representação gráfica, não um teste de hipótese, assim, nada pode ser concluído desta análise, sugerindo apenas certas tendências.

A apresentação dos atributos que melhor caracterizaram as amostras de requeijão referentes aos processos FS9₂, FS10₂, LS9₂ e LS10₂, foi subdividida em duas partes: atributos de aparência e textura e atributos de sabor e aroma.

4.4.1.1. Atributos de Aparência e Textura

Na representação gráfica por Análise de Componentes Principais (Figuras 15 e 16), cada eixo explica uma porcentagem da variação total que existe entre as amostras.

A Figura 15 mostra a Análise de Componentes Principais para quatro amostras testes de requeijão e para a amostra padrão incluída neste experimento, com relação aos atributos: aparência e textura.

Os atributos representados como vetores, foram: cor, brilho, superfície lisa, espalhabilidade, cremosidade, adesividade, viscosidade, formação de fios e arenosidade.

Os dois primeiros componentes principais (eixos) juntos explicam 68,66% da variação entre as amostras. O primeiro eixo explica a maior parte da variabilidade entre as amostras, seguido pelo segundo eixo, e assim por diante. Neste caso, o primeiro eixo explicou 46,83% da variabilidade entre as amostras e o segundo eixo explicou 21,83%.

Na análise do componente principal os vetores que apresentam um menor ângulo com um dado componente principal (eixo) e que, ao serem decompostos naquele componente principal, apresentam-se como um vetor longo, explicam mais a variabilidade mostrada naquele componente principal. Desta forma na Figura 15, os 46,83% da variabilidade entre as amostras, são devido principalmente, ao fato das amostras terem variado com relação aos atributos: formação de fios, cor, espalhabilidade, adesividade e viscosidade. A variabilidade explicada no segundo eixo é devida principalmente à variação entre as amostras com relação aos atributos: brilho, superfície lisa, cremosidade e arenosidade.

Ao serem decompostos no primeiro e segundo eixo, os vetores brilho e cremosidade apresentaram-se como vetor curto. Isto sugere, que as amostras FS9₂, FS10₂, LS9₂ e LS10₂, não diferem muito quanto aos atributos brilho e cremosidade.

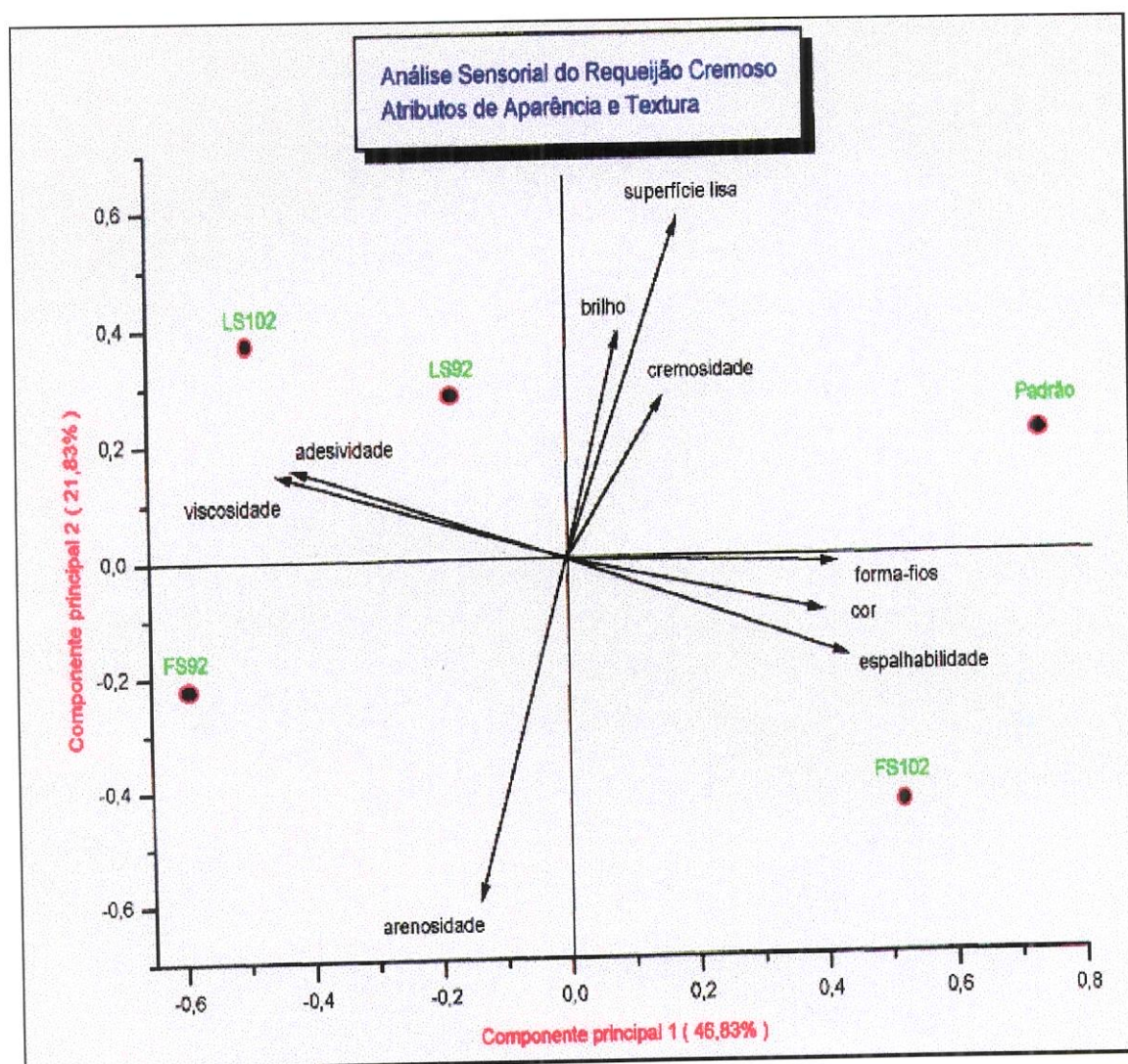


FIGURA 15. Representação gráfica da análise dos componentes principais dos atributos aparência e textura dos requeijões dos processos FS92, FS102, LS92 e LS102.

Na análise do componente principal as amostras analisadas são representadas como pontos e identificadas como padrão, FS9₂, FS10₂, LS9₂ e LS10₂. Se as amostras estiverem próximas entre si elas são similares com relação aos atributos julgados. As amostras distantes uma das outras, apresentam alta dissimilaridade entre elas. Assim, a Figura 15, sugere que as amostras LS9₂ e LS10₂, são similares quanto aos atributos adesividade e viscosidade. Já as amostras LS10₂ e FS10₂ são bastante diferentes com relação aos atributos julgados. Na Análise de Componentes Principais cada amostra localiza-se próxima ao vetor que a caracteriza, ou seja, àquele que se apresenta em maior intensidade naquela amostra. Assim a Figura 15 sugere que as amostras Padrão e a FS10₂ apresentam formação de fios, cor e espalhabilidade em maior intensidade.

Vetores próximos um dos outros indicam atributos que possivelmente apresentam alta correlação positiva entre si ($p < 0,05$). Assim, existe grande possibilidade de haver correlação positiva entre os atributos viscosidade e adesividade.

Vetores ortogonais entre si, ou seja, que formam ângulos de 90°, possivelmente não apresentam correlação linear significativa ($p > 0,05$) entre si. Os vetores que formam ângulo de 180° entre si, possivelmente apresentam correlação linear negativa ($p < 0,05$). Assim, os atributos viscosidade e adesividade com espalhabilidade, por estarem a 180° entre si, apresentam possivelmente uma correlação linear negativa. Outro exemplo, está relacionado aos atributos arenosidade e superfície lisa.

Analisando o gráfico apresentado na Figura 15, pode-se verificar que os atributos que mais contribuíram para a caracterização da amostra padrão foram cremosidade, superfície lisa e brilho. Já os atributos que mais caracterizaram as amostras LS9₂ e LS10₂ foram adesividade e viscosidade. Na amostra FS9₂ o atributo que foi mais evidenciado foi arenosidade e na FS10₂ foram os atributos cor, espalhabilidade e formação de fios. Pode-se verificar também que a amostra padrão e a amostra FS10₂ apresentaram grande similaridade entre si com relação a espalhabilidade. O mesmo foi observado para as amostras LS9₂ e LS10₂, por estarem bastante próximas entre si.

Para confirmar os resultados sugeridos pela análise do método do componente principal, foi realizada a análise de variância (ANOVA) e o teste da média de Dunnett. Os resultados obtidos estão representados na Tabela 08.

TABELA 08. Resultados obtidos na análise sensorial dos atributos de aparência e textura.

Atributos de Aparência e Textura						
Atributos	Padrão	FS9 ₂	FS10 ₂	LS9 ₂	LS10 ₂	DMS*
Cor Branco-Creme	6,79±0,131 ^a	4,41±0,521 ^b	5,386±0,328 ^b	3,91±0,379 ^b	3,68±0,439 ^b	1,03
Brilho	4,70±0,182 ^a	3,10±0,390 ^b	3,82±0,253 ^b	4,40±0,273 ^a	4,38±0,370 ^a	0,88
Superfície lisa	6,66±0,250 ^a	3,57±0,519 ^b	5,44±0,392 ^b	6,45±0,146 ^a	6,93±0,289 ^a	1,04
Espalhabilidade	5,84±0,147 ^a	4,15±0,357 ^b	6,45±0,409 ^a	4,64±0,294 ^b	3,78±0,318 ^b	0,95
Creiosidade	5,39±0,155 ^a	4,83±0,665 ^a	4,56±0,366 ^a	4,86±0,395 ^a	4,63±0,600 ^a	1,41
Adesividade	4,61±0,152 ^a	6,47±0,460 ^b	4,40±0,464 ^a	5,73±0,284 ^b	6,68±0,351 ^b	1,07
Viscosidade	4,16±0,151 ^a	7,22±0,325 ^b	3,56±0,463 ^a	6,33±0,299 ^b	7,17±0,339 ^b	1,01
Formação de fios	6,83±0,195 ^a	1,80±0,210 ^b	5,71±0,460 ^b	2,88±0,467 ^b	1,98±0,336 ^b	0,96
Arenosidade	0,82±0,102 ^a	4,66±0,775 ^b	4,91±0,755 ^b	1,48±0,304 ^a	1,98±0,422 ^a	1,57

onde: amostras acompanhadas da mesma letra na horizontal não são significativamente diferentes do padrão, ao nível de erro de 5%.

* Diferença mínima significativa determinada pelo teste de Dunnett ao nível de erro de 5%.

Ao analisar os resultados obtidos na análise de variância e o teste de Dunnett apresentados na Tabela 08, pode-se verificar as similaridades e as diferenças entre as quatro amostras de requeijão e o padrão. A discussão destes resultados está apresentada logo abaixo por atributo analisado, sempre em relação à amostra padrão.

Cor: Através dos dados apresentados na Tabela 08, pode-se verificar que todas as amostras de requeijão analisadas (FS9₂, FS10₂, LS9₂ e LS10₂) apresentaram diferença significativa ($p < 0,05\%$) em relação ao padrão. As amostras de requeijão processadas tanto por fermentação láctica como por precipitação ácida, apresentaram uma cor mais clara que a da amostra padrão. A diferença da coloração entre o padrão e as amostras de requeijão deve-se à maior quantidade de gordura existente na amostra padrão ($>40,0\%$ de gordura). A cor branco-

creme típica do requeijão é dada pela gordura presente no extrato seco desengordurado. Quanto maior for o teor de gordura, mais intensa é a cor.

Brilho: As amostras de requeijão LS9₂ e LS10₂ apresentaram valores médios mais elevados que as amostras FS9₂ e FS10₂, e os dados apresentados na Tabela 08 mostram não existir diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras LS9₂ e LS10₂ do padrão.

Superfície lisa: Embora as amostras LS9₂ e LS10₂ tenham apresentado valores médios mais elevados que as amostras FS9₂ e FS10₂, os dados apresentados na Tabela 08 mostram não existir diferença significativa das amostras LS9₂ e LS10₂ do padrão.

Espalhabilidade: Os dados apresentados na Tabela 08 mostram não haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras FS9₂ e FS10₂ e LS10₂ com o padrão. Por outro lado, os dados apresentados indicam não haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre a amostra FS9₂ e o padrão.

Cremosidade: Os dados obtidos e apresentados na Tabela 08, mostram não haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre as quatro amostras com o padrão em relação ao atributo cremosidade. Estes dados indicaram que os requeijões processados neste experimento apresentaram valores médios de cremosidade muito próximos ao padrão. A similaridade entre as amostras e o padrão quanto à cremosidade foi um fator importante, uma vez que este atributo é determinante na caracterização do requeijão cremoso.

De acordo com FERNANDES *et alii* (1981), a consistência do requeijão cremoso deve ser homogênea, de untura manteigosa ou cremosa.

Adesividade: Analisando os dados apresentados na Tabela 08, as amostras FS9₂, LS9₂ e LS10₂ apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao padrão. Estes dados confirmam a sugestão da análise do componente principal de que as amostras LS9₂ e LS10₂ são similares quanto ao atributo adesividade. A amostra FS10₂ não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) com o padrão. Embora a quantidade e o tipo de sal emulsificante influenciem a adesividade, neste caso não foi observada tal influência.

Viscosidade: As amostras de requeijão FS9₂, LS9₂ e LS10₂ por apresentarem valores médios mais elevados que o padrão em relação ao atributo viscosidade, mostraram a existência de diferença significativa ($p < 0,05$) em relação à amostra padrão e à amostra FS10₂.

Formação de fios: Ao analisar os dados apresentados na Tabela 08, pode-se verificar que as quatro amostras de requeijão apresentaram valores médios muito abaixo dos valores encontrados para a amostra padrão, em relação ao atributo formação de fios. Estes resultados indicaram a existência de diferença significativa ($p < 0,05$) das quatro amostras de requeijão em relação ao padrão.

De acordo com FERNANDES *et alii* (1981), a massa de requeijão cremoso após a fusão deve apresentar estrutura não muito curta nem muito longa, devendo apresentar também certa elasticidade, formando fios ao ser retirado com faca.

Arenosidade: as amostras FS9₂ e FS10₂ obtiveram valores médios mais elevados e mostraram a existência de diferença significativa ($p < 0,05$) no atributo arenosidade em relação à amostra padrão. O motivo pelo qual as amostras FS9₂ e FS10₂ apresentaram valores mais elevados para o atributo arenosidade foi a presença de grumos na textura dos requeijões. É possível que a presença de grumos seja o fator responsável pelos baixos valores médios obtidos para os atributos cor e superfície lisa para as amostras FS9₂ e FS10₂.

4.4.1.2. Atributos de Sabor e Aroma

A Figura 16 mostra a Análise de Componentes Principais para as quatro amostras e o padrão com relação aos atributos sabor e aroma. Os atributos representados como vetores são: gosto doce, ácido, salgado, sabor de creme de leite, fermentado, insípido, sabão e odor de leite fresco.

Neste caso o primeiro eixo explicou 35,01% da variabilidade entre as amostras. O segundo eixo explicou 18,85%, somando-se 53,86%.

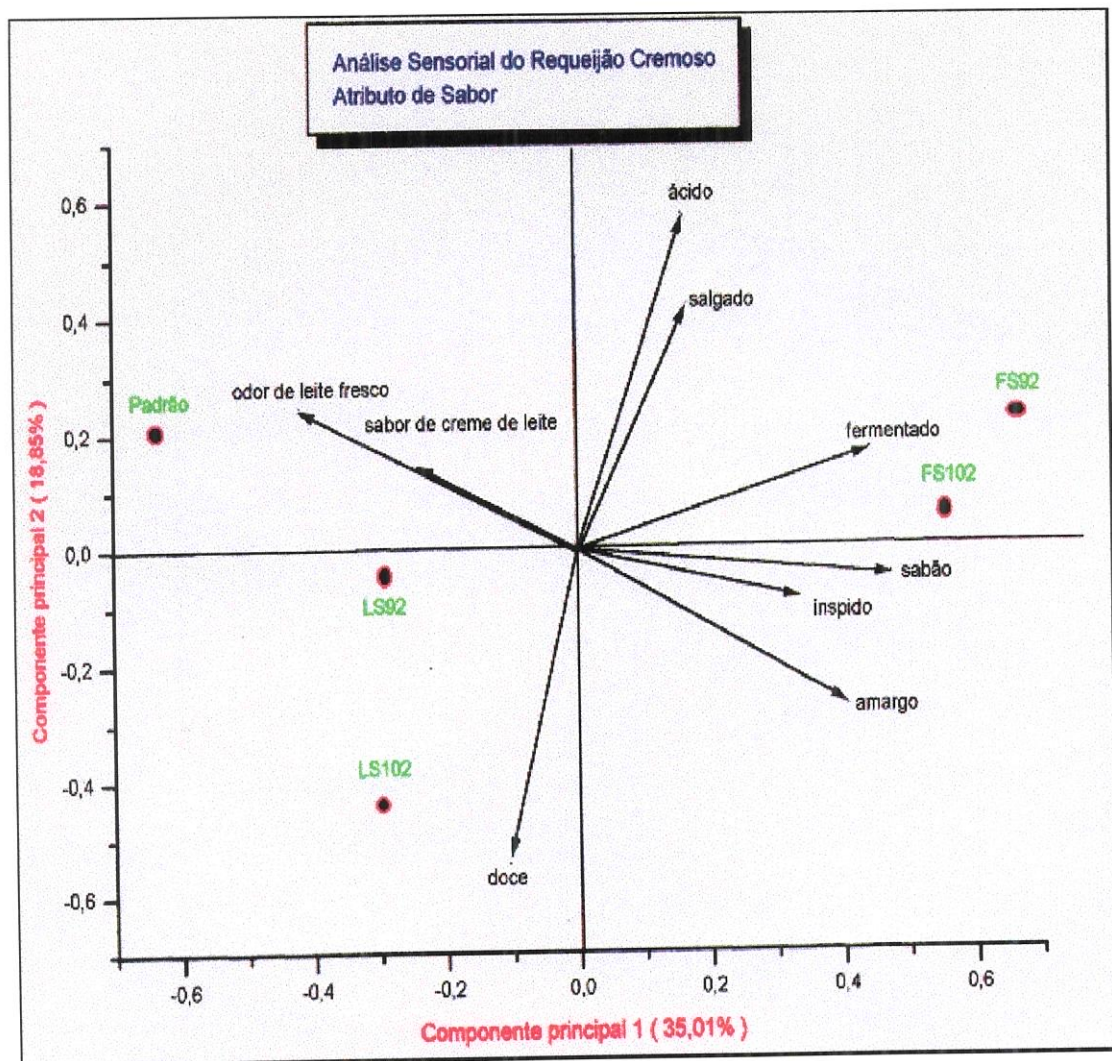


FIGURA 16. Representação gráfica da análise dos componentes principais dos atributos sabor e aroma dos requeijões dos processos FS9₂, FS10₂, LS9₂ e LS10₂.

Analisando-se o gráfico apresentado na Figura 16, pode-se verificar que os atributos que mais contribuíram para a caracterização das amostras **FS9₂** e **FS10₂**, foram gosto ácido, salgado e sabor de fermentado, para as amostras **LS9₂** e **LS10₂**, foi gosto doce e para a amostra padrão foi sabor de creme de leite e odor de leite fresco.

Através dos dados apresentados na Figura 16, verificou-se que a variabilidade de 35,01% entre as amostras é devido, principalmente, ao fato das amostras terem variado com relação aos atributos: sabor fermentado, sabão, insípido, amargo, creme de leite, e odor de leite fresco. A variabilidade explicada no segundo eixo se deve principalmente, à variação entre os seguintes atributos: gosto doce, ácido e salgado.

Ao ser decomposto no primeiro e segundo eixo, o vetor sabor de creme de leite apresentou-se como vetor curto, e isto sugere que as amostras não diferem muito do padrão em relação ao atributo sabor creme de leite.

Na análise do componente principal as amostras analisadas são representadas como pontos. Neste caso, as amostras analisadas foram identificadas como padrão, **FS9₂**, **FS10₂**, **LS9₂** e **LS10₂**. Sabe-se que se as amostras estiverem próximas entre si, são similares com relação aos atributos julgados. As amostras distantes umas das outras apresentam alta dissimilaridade entre si. Assim, a Figura 16 sugere que as amostras **FS9₂** e **FS10₂** são similares em relação aos atributos fermentado e sabão.

Valores próximos uns dos outros indicam atributos que possivelmente apresentam alta correlação positiva entre si ($p < 0,05$). Assim, existe grande possibilidade de haver correlação positiva entre os atributos odor de leite fresco e sabor de creme de leite.

Analisando-se o gráfico, verifica-se que os atributos gosto doce e ácido apresentaram alta correlação negativa entre si. O mesmo foi observado para os atributos gosto amargo e sabor de creme de leite.

A amostra padrão foi mais caracterizada pelos atributos: sabor de creme de leite e odor de leite fresco.

Para confirmar os resultados sugeridos pela análise do componente principal, foi realizada a análise de variância (ANOVA) e o teste da média de Dunnett. Os resultados obtidos estão na Tabela 09.

TABELA 09. Resultados obtidos na análise sensorial dos atributos de sabor e aroma.

Atributos de Sabor e Aroma						
Atributo	Padrão	FS9 ₂	FS10 ₂	LS9 ₂	LS10 ₂	DMS *
Gosto doce	2,50±0,088 ^a	2,00±0,187 ^a	2,27±0,229 ^a	2,60±0,231 ^a	2,85±0,279 ^a	0,64
Gosto salgado	4,78±0,106 ^a	4,98±0,341 ^a	4,40±0,262 ^a	5,17±0,300 ^a	4,53±0,335 ^a	0,86
Gosto ácido	4,81±0,093 ^a	5,26±0,466 ^a	5,37±0,296 ^a	3,97±0,337 ^a	4,12±0,557 ^a	1,17
Gosto amargo	1,13±0,117 ^a	2,17±0,441 ^b	2,16±0,321 ^b	1,50±0,197 ^a	1,59±0,231 ^b	0,82
Odor de leite fresco	5,19±0,269 ^a	3,77±0,523 ^b	4,13±0,417 ^a	4,40±0,358 ^a	4,30±0,343 ^a	1,17
Sabor de creme de leite	4,24±0,329 ^a	3,11±0,432 ^a	3,16±0,355 ^a	4,61±0,335 ^a	4,05±0,357 ^a	1,14
Fermentado	1,52±0,323 ^a	3,27±0,600 ^b	3,35±0,622 ^b	2,04±0,464 ^a	1,61±0,266 ^a	1,14
Insípido	1,04±0,076 ^a	1,69±0,373 ^a	2,00±0,601 ^b	1,24±0,110 ^a	1,51±0,244 ^a	0,95
Sabão	0,84±0,117 ^a	2,78±0,546 ^b	2,57±0,409 ^b	1,44±0,212 ^a	1,55±0,216 ^a	0,86

onde: amostras acompanhadas de mesma letra na horizontal não são significativamente diferentes do padrão ao nível de erro de 5%.

* Diferença mínima significativa determinada pelo teste de Dunnett ao nível de erro de 5,0%.

Ao analisar os resultados obtidos na análise de variância e no teste de Dunnett, apresentados na Tabela 09, pode-se verificar as similaridades e as diferenças entre as quatro amostras e o padrão. A discussão desses resultados está apresentada a seguir, por atributo analisado, sempre em relação à amostra padrão.

Gosto Doce: Pode-se verificar que as amostras FS9₂, FS10₂, LS9₂ e LS10₂ não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) em relação ao padrão. Estes resultados, além de

confirmarem a sugestão da análise de componente principal, indica que o processo de precipitação ácida resultou em requeijões de sabor menos acentuado.

Trabalhos realizados por FERNANDES *et alii* (1986), constaram que requeijões obtidos por precipitação ácida apresentaram sabor ligeiramente mais suave do que os obtidos por fermentação láctica.

Gosto salgado: As amostras de requeijão FS9₂, FS10₂, LS9₂ e LS10₂ não apresentaram diferença significativa em relação ao padrão ($p>0,05$).

Gosto ácido: Embora as quatro amostras de requeijão não tenham apresentado diferença significativa em relação ao padrão ($p>0,05$), pode-se observar que as amostras FS9₂ e FS10₂ apresentaram valores médios mais elevados com relação ao atributo gosto ácido do que as amostras de requeijão dos processos LS9₂ e LS10₂.

De acordo com a literatura especializada, o requeijão cremoso típico deve apresentar sabor e aroma de leite fresco levemente fermentado (FERNANDES *et alii*, 1981; OLIVEIRA, 1986).

Gosto amargo: As amostras de requeijão pertencentes aos processos FS9₂ e FS10₂ e LS10₂ apresentaram diferença significativa ao nível de erro de 5,0% em relação ao padrão. Já a amostra LS9₂ não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) em relação ao padrão.

Odor de leite fresco: As três amostras de requeijão cremoso FS10₂, LS9₂ e LS10₂ não apresentaram diferença significativa em relação ao padrão ($p>0,05$). Já a amostra FS9₂ apresentou diferença significativamente ($p<0,05$) em relação ao padrão.

Sabor de creme de leite: As quatro amostras de requeijão analisadas não apresentaram diferença significativa ao nível de 5,0% de erro em relação ao padrão. Estes resultados confirmam a sugestão da análise do componente principal de que não existia diferença entre as amostras quanto ao sabor de creme de leite.

Sabor fermentado: Através dos dados obtidos na Tabela 09, pode-se constatar que as amostras de requeijão FS9₂ e FS10₂, por serem fabricadas com massa obtida por fermentação láctica, apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) do padrão. Já as amostras de requeijão LS9₂ e LS10₂, não apresentaram diferença para este atributo em relação ao padrão. Os requeijões processados neste experimento com massa obtida por fermentação láctica apresentaram um sabor e um aroma mais intenso de produto fermentado, devido à adição das duas culturas lácticas mesófilas acidificantes. Estes resultados confirmam a sugestão da análise do componente principal, que o atributo que mais caracterizou as amostras FS9₂ e FS10₂, foi o sabor fermentado.

O sabor levemente fermentado que é característico do requeijão cremoso é mais acentuado em produtos obtidos por fermentação láctica, já que apresentam sabor e aroma peculiar (CARIC' & KALÁB, 1987).

Sabor insípido: As amostras FS9₂, LS9₂ e LS10₂ não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) em relação ao padrão para este atributo. Já a amostra FS10₂ apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao padrão e maior intensidade.

Sabor sabão: As amostras LS9₂ e LS10₂ não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) em relação ao padrão para o atributo sabor de sabão. Já as amostras de requeijão FS9₂ e FS10₂, que foram fabricadas com massa obtida por fermentação láctica apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao padrão e intensidade maior.

Os resultados obtidos na análise sensorial com relação a aroma e sabor mostram que os requeijões analisados apresentam os principais atributos que caracterizam o requeijão cremoso típico. No entanto, requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica apresentaram aroma e sabor mais acentuados de fermentado e sabão que os fabricados com massa obtida por acidificação.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho de pesquisa sugerem as seguintes conclusões:

1. A acidificação direta a quente (80°) demonstrou ser uma técnica bastante prática de coagulação das proteínas do leite, devido, principalmente, à redução do tempo e simplicidade do método de obtenção da massa. No entanto, este processo resultou em requeijões de sabor pouco pronunciado quando comparado aos requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica.
2. Com relação ao rendimento obtido nos dois processos, constatou-se que o processo utilizando massa obtida por fermentação láctica apresentou rendimento ligeiramente superior (12,97%) ao encontrado para o processo em que a acidificação direta (11,69%). Isto ocorreu devido, principalmente à incorporação de uma nova porção de coágulo à massa após a etapa de lavagem com leite.
3. A prática da lavagem da massa com leite fresco desnatado demonstrou ser um meio prático para a correção do pH da mesma, aumentando o pH de 4,34 para 5,10, o que pode ocasionar uma redução na quantidade de sal emulsificante adicionada. Além disso, observou-se que a prática da lavagem da massa com leite promoveu a restauração do equilíbrio salino no novo coágulo formado.
4. Observou-se que, tanto a adição direta de ácido láctico ao leite como a produção deste ácido pelas culturas lácticas, causaram progressiva remoção de cálcio do sistema protéico. No entanto, o grau de desmineralização da massa obtida por acidificação direta foi consideravelmente menor do que o ocorrido por fermentação láctica em função do maior valor de pH (5,68) apresentado pela massa ao final do processo de acidificação.
5. Embora os dois tipos de massa tenham apresentado boa capacidade de fusão, exibindo propriedades elásticas e formação de fios, massas adicionadas de sal emulsificante S9 apresentaram maior facilidade de fusão do que massas adicionadas de sal tipo S10.

6. Os dois tipos de sais emulsificantes utilizados (S9 e S10) aumentaram o pH das amostras de requeijões obtidas por meio dos dois processos à medida que se aumentou a quantidade de sal emulsificante. No entanto, verificou-se que requeijões processados, tanto com massa obtida por fermentação láctica como por acidificação direta, quando adicionados de sal emulsificante S10 apresentaram valores médios de pH significativamente ($p < 0,05$) maiores do que os fabricados com sal tipo S9.
7. Requeijões processados com massa obtida por acidificação direta apresentaram maiores conteúdos de minerais (Ca, Mg, P e Na) do que os requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica, devido ao menor grau de desmineralização que esta massa sofreu durante a etapa de acidificação.
8. Os baixos teores de nitrogênio solúvel e não-protéico apresentados pelas amostras de requeijão processadas com os dois tipo de massa, revelaram que os sais emulsificantes S9 e S10 pouco influenciaram a peptização das frações de caseína. A variação do conteúdo de nitrogênio solúvel apresentado entre as amostras de requeijão processadas por fermentação láctica e acidificação direta parece estar mais relacionada ao tipo de processo empregado do que tipo de sal emulsificante.
9. O perfil eletroforético das frações de caseína exibido pela massa e pelos requeijões processados por fermentação láctica, contendo 2,0%, 2,5% e 3,0% de sal emulsificante tipos S9 e S10 apresentou-se ligeiramente diferente do perfil da massa e das amostras de requeijão fabricados por acidificação direta. Esta diferença no comportamento das frações de caseína foi evidenciada pelo maior número de bandas apresentado pelas amostras obtidas por fermentação láctica, sugerindo que este efeito parece estar mais relacionado à ação proteolítica das culturas lácticas do que ao efeito peptizante dos sais emulsificantes.
10. O perfil de textura demonstrou nem o tipo de processo de obtenção da massa nem o tipo e quantidade de sal emulsificante influenciou a elasticidade dos requeijões processados. Constatou-se que à medida em que se aumentou a quantidade de sal, independente do tipo de sal utilizado, houve um aumento na firmeza dos requeijões processados com massa obtida por fermentação láctica. Amostras obtidas por acidificação direta, com ambos os tipos de sal emulsificante, apresentaram um decréscimo de firmeza a medida que se aumentou a

concentração de sal. No entanto, constatou-se que comparando-se os sais em uma mesma concentração, a utilização de sal tipo S10 proporcionou sempre, um produto mais firme.

11. Os resultados da análise dos componentes principais dos parâmetros de aparência e textura revelaram que os atributos que mais caracterizaram as amostras de requeijão FS10₂ foram cor, espalhabilidade e formação de fios e para a amostra FS9₂ foi arenosidade. Os atributos que mais caracterizaram as amostras LS9₂ e LS10₂ foram adesividade e viscosidade. Com relação aos parâmetros de sabor e aroma, os atributos que mais caracterizaram as amostras FS9₂ e FS10₂ foram gostos ácido e salgado e sabor de fermentado. Verificou-se, através do teste de Dunnett, que as quatro amostras de requeijão e o padrão não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) em relação ao atributo cremosidade. No entanto, estas amostras e o padrão apresentaram diferença significativa ($p<0,05$) em relação ao atributo formação de fios. Verificou-se que as quatro amostras apresentaram, de um modo geral, os principais atributos que caracterizam o requeijão cremos típico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACTON, G. H. The determination of lactose in cheese. **The Australian Journal of Dairy Technology**, Victoria, v. 32, n. 3, p. 111, 1987.
2. ADDEO, F.; COPPOLA, S. Aspetti tecnologici e microbiologici della trasformazione del latte di bufala in mozzarella e ricotta. **Il Latte**, Milano, v. 8, p. 706-23, 1983.
3. ALAIS, C. **Ciencia de la leche: principio de técnica lechera**. Compania comercial e Editorial Continental S.A., Barcelona, 1970.
4. ALBUQUERQUE, L. O.; MAGALHÃES, A.; VALLE, E. S.; CAMPOS, E. M.; FAQUINI, L. O. As embalagens e suas influências sobre a conservação e promoção de produtos lácteos. **Leite e Derivados**, São Paulo, n. 12, ano 2, p. 16-25, set/out, 1993.
5. ANDRES, C. Emulsifiers control textural, improve flavor of processed cheese. **Food Processing**, Chicago, v. 38, n. 6, p. 74-5, 1977.
6. ANDREWS, A. T. Proteinases in normal bovine milk and their action on caseins. **Journal of Dairy Research**, London, v. 50, n. 1, p. 45-55, 1983.
7. ARNOTT, D. R.; MORRIS, H. A.; COMBS, W. A. Effect of certain chemical factors on the melting quality of processed cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 40, p. 957-63, 1957.
8. ASCHAFFENBURG, R.; DREWRY, J. New procedure for the routine determination of the various non casein proteins of milk. **INTERNATIONAL DAIRY CONGRESS**, 15. London, 1959. **Proceeding ... International Dairy Federation**, 1959. 3: 1631-1637.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE QUEIJOS. **Produção brasileira de produtos lácteos de estabelecimentos sob inspeção federal**. São Paulo, 1996.

10. BARKER, C. R. Manufacture of process cheese. **National Butter and Cheese Journal**, Washington, v. 38, n. 1, p. 42-6, 1947.
11. BAUNY, J. J.; BRULÉ, G. Etude comparée de la solubilité et de la viscosité des solutions de caséinate et paracaséinate de sodium en présence de calcium. **Le Lait**, Paris, v. 66, n. 1, p. 65-77, 1986.
12. BEHMER, M. L. A. **Como aproveitar bem o leite no sítio ou chácara**. 5.ed., São Paulo: Nobel, 1982. 106p.
13. BERGER, W.; KLOSTERMEYER, H.; MERKENICH, K.; UHLMANN, G. **La Fabrication du fromage fondu**. Ladenburg: BK Ladenburg GmbH, 1989. 242p.
14. BLASKESLEY, R. W.; BOEZI, J. A. A new staining technique for proteins in polyacrylamide gels using Coomassie Brilliant Blue G250. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 82, n. 4, p.580-82, 1977.
15. BONELL, W. Chimico-physical process in the manufacture of processed cheese. **Deutsche Molkerei Zeitung**, Berlin, v. 92, n. 32, p. 1415-20, 1971.
16. BOURNE, M. C. Texture profile of ripening pears. **Journal of Food Science**, Chigago, v. 35, n. 2, p. 223-6, 196
17. BOURNE, M. C. Texture Profile Analysis. **Food Technology**, Chigago, v. 32, n. 7, p. 62-72, 1978.
18. BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Inspeção de Origem Animal. **Regulamento de inspeção industrial sanitária de produtos de origem animal**. Brasília, 1962. p. 180-181.
19. BREENE, W. M.; PRICE, W. V.; ERNSTON, C. A. Changes in composition of cheddar cheese during manufacture as a guide to cheese making by direct acidification. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 47, n. 8, p. 840-8, 1964.

20. BRIOZZO, J.; LAGARDE, E.A.; CHIRIFE, J.; PARADA, J.L. *Clostridium botulinum* type A growth and toxin production in media and process cheese spread. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 45, n. 3, 1150-52, 1983.
21. BRITISH STANDARD'S INSTITUTION. **Sampling of Cheese**. London, 1974, 809-12, 1974.
22. CAMPOS, S. D. S. Reologia de requeijão e outros queijos fundidos. In: MARTINS, J. F.; FERNANDES, A. G. **Curso sobre o processamento de requeijão cremoso e outros queijos fundidos**. Campinas: ITAL, 1981. cap. 11, p. 1-8. (Apostila mimeografada).
23. CAMPOS, S. D. Metodologia objetiva para avaliação de parâmetros de textura. In: CAMPOS, S.D. **Reologia e Textura de Alimentos**. Campinas: ITAL, 1989. p.43-59. (Manual Técnico).
24. CARIC', M.; GANTAR, M.; KALÁB, M. Effects of emulsifying agents on the microstructure and other characteristics of process cheese. A review. **Food Microstructure**, Chicago, v. 6, p. 297-312, 1985.
25. CARIC', M.; KALÁB, M. Processed cheese product. In: FOX, P. F. **Cheese chemistry, physics and microbiology**. New York: Elsevier Applied Science, 1987. v. 2, chap. 11, p.339-93.
26. CAVALCANTE, A. B. D. **Desenvolvimento e padronização de formulação para o processamento de requeijão tradicional**. Viçosa, 1991. 112p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa.
27. DALGLEISH, D. G. Milk proteins - chemistry and physics. In: Fox, P. F. & Condon, J. J. **Food protein**, New York: Applied Science Publishers, 1982, chap. 8, p. 155-89.
28. DALGLEISH, D. G.; LAW, A. J.R. PH-induced dissociation of bovine casein micelles. I. Analysis of liberated caseins. **Journal of Dairy Research**, v. 55, n. 4, p. 529-38, 1988.

29. DE MAN, J. M. Minerals. In: DE MAN, J. M.; **Principles of food chemistry**. New York: AVI, 1990. chap. 5. p. 183-94.
30. DESMAZEAUD, M. J.; GRIPON, J. C. Geral mechanism of protein breakdown during ripening. **Milchwissenschaft**, Munich, v. 32, n.12, p. 731-34, 1977.
31. ECKNER, K. L.; DUSTMAN, W. A.; RYS-RODRIGUES. Contribution of composition, physicochemical characteristics and polyphosphates to the microbial safety of pasteurized cheese spreads. **Journal of Food Protection**, Ames, Iowa, v. 57, n. 4, p. 295-300, 1994.
32. FERNANDES, A. G. **Fabricação de Queijo Branco visando melhor aproveitamento de leite ácido**. Campinas, 1980. 117p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
33. FERNANDES, A. G. Sais emulsificantes. In: MARTINS, J. F. P.; FERNANDES, A. G. **Curso sobre o processamento de requeijão cremoso e outros queijos fundidos**. Campinas: ITAL, 1981a. cap. 4, p. 1-7. (Apostila mimeografada).
34. FERNANDES, A. G. Parâmetros fundamentais para o processamento de queijos fundidos. In: MARTINS, J. F.; FERNANDES, A. G. **Curso sobre processamento de requeijão cremoso e outros queijos fundidos**. Campinas: ITAL, 1981b. cap 5. p. 1-11. (Apostila mimeografada).
35. FERNANDES, A. G. Variações nos principais parâmetros de processamento de acordo com o tipo de queijo fundido. In: MARTINS, J. F.; FERNANDES, A. G. **Curso sobre processamento de requeijão cremoso e outros queijos fundidos**. Campinas: ITAL, 1981c. cap. 6. p. 1-4. (Apostila mimeografada).
36. FERNANDES, A. G. Processamento: tipos e cálculos. In: MARTINS, J. F. P.; FERNANDES, A. G. **Curso sobre o processamento de requeijão cremoso e outros queijos fundidos**. Campinas: ITAL, 1981d. cap. 7. p. 1-14. (Apostila mimeografada).

37. 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 I. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 40, n. 237, p. 27-39, 1985a.
38. 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**, Juiz de Fora, v. 40, n. 238, p. 27-39, 1985b.
39. FERNANDES, M. H. C.; CABRAL, A. C. D. Embalagem para requeijão cremoso e outros queijos fundidos. **Leite e Derivados**, São Paulo, ano 1, n. 3, p. 47-51, mar/abr., 1992.
40. GIESE, J. Measuring physical properties of foods. **Food Technology**, Chicago, v. 49, n. 2, p. 54-63, 1995.
41. GORRETA, J.G. Coalho e coagulantes. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 35, n. 210, p. 17-21, 1980.
42. GUPTA, S. K.; KARAHADIAN, C.; LINDAY, R. C. Effect of emulsifier salts on textural and flavor properties of processed cheeses. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, n. 4, p. 764-78, 1984.
43. GUPTA, V. K.; REUTER, H. Processed cheese foods with added whey protein concentrates. **Lait**, Paris, v. 72, n. 2, p. 201-12, 1992.
44. GUPTA, V. K.; REUTER, H. Firmness and melting quality of processed cheese foods with added whey protein concentrates. **Lait**, Paris, v. 73, n. 4, p. 381-88, 1993.
45. HARVEY, C. D.; MORRIS, H. A.; JENNESS, R.; Relation between melting and textural properties of process cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 65, n. 12, p. 2291-5, 1982.

46. HEERTJE, I.; VISSER, J.; SMITS, P. Structure formation in acid milk gel. **Food Microstructure**, Chicago, v. 4, p. 267-77, 1985.
47. HOKES, J.; MANGINO, M. E.; HANSEN, P. M. T. A model system for curd formation and melting properties of calcium caseinates. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, n. 4, p. 1235-49, 1982.
48. HORWITZ, W. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 12.ed. Washington: AOAC, 1975. p. 284, (Proc. 16223).
49. IMO INDUSTRIES INC. ICP. 2000 spectrometer. Dedford: BAIRD analytical Instruments Division, (Catálogo), 1990, 102 p.
50. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed., São Paulo, 1985. v.1, p. 199-244.
51. INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Determination of the protein content of processed cheese products**. Brussels: FIL/IDF, 1964. 3p. (FIL-IDF,25).
52. INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Determination of the total nitrogen content of milk by Kjeldahl method**. Brussels: FIL/IDF, 1962. 3p. (FIL-/IDF, 20)
53. INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Determination of the total solids content of cheese and processed cheese**. Brussels: FIL/IDF, 1982. 2p. (FIL-IDF, 4A).
54. JENNESS, R.; PATTON, S. Milk salts. In: JENNESS, R.; PATTON, S. **Principles of dairy chemistry**. New York: John Wiley, 1959. p. 158-181.
55. KAUTTER, D.A.; LILLY, T.; LYNT, R.K.; SOLOMON, H.M. Toxin production by *Clostridium botulinum* in shelf-stable pasteurized process cheese spreads. **Journal of Food Protection**, Ames, Iowa, v. 42, n. 10, p. 784-86, 1979.

56. KAUTTER, D.A.; LYNT, R.K.; LILLY, T.; SOLOMON, H.M. Evaluation of the botulism from imitation cheeses. **Journal of Food Science**, v. 46, n. 3, p. 749-50, 1981.
57. KEATING, P. F. **Queso fundido**. Monterrey, Departamento de Zootecnia (FAO), 1971. 8 p. (Apostila mimeografada).
58. KELLER, B.; OLSON, N. F.; RICHARDSON, T.; Mineral retention and rheological properties of mozzarella cheese made by direct acidification. **Jouranal of Dairy Science**, Champaign, v. 57, n. 2, p. 174-80, 1974.
59. KIELY, L. J.; KINDSTEDT, P. S.; HENDRICKS, G. M.; LEVIS, J. E.; YUN, J. J.; BARBANO, D. M. Effect of draw pH on the development of curd structure during the manufacture of mozzarella cheese. **Food Structure**, v. 11, n. 3, p. 217-24, 1992.
60. KIMURA, T.; SAGARA, Y.; TANIMOTO, M. Microstructure of cream cheese observed by Cryo-SEM. Effects of melting salt and shear rate of the cheese structure during processing. **Reports of Research Laboratory, Japan**, n. 83, p. 43-54, 1986.
61. KINDSTEDT, P. S. Functional properties of mozzarella cheese or pizza: A review. **Cultured Dairy Products Journal**, Washington, v. 45, n. 3, p. 27-31, 1991.
62. KMAN, W.; KOWALSKI, B.R. Data analysis of sensory scores. Evaluations of panelists and wine score cards. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 45, n. 1, p. 213-216, 1980.
63. KONSTANCE, R. P.; HOLSINGER, V. H. Development of rheological test methods for cheese. **Food Technology**, Chicago, v. 46, n. 1, p. 105-9, 1992.
64. KOSIKOWSKI, F. V. The manufacture of mozzarella cheese from pasteurized milk. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 34, p. 641-643, 1951.
65. KOSIKOWSKI, F. V. Process cheese and related types. In: KOSIKOWSKI, F. V. **Cheese and fermented milk food**. 2. ed. New York: Kosikowski, F. V. and Associates, Brooktondale, 1978. chap. 17, p. 290-303.

66. KOKINI, J.L.; DICKIE, A. A model food spreadability from fluid mechanics. **Journal of Texture Studies**, Connecticut, v.13, n.2, p.211-227, 1982.
67. LAWRENCE, R. C.; HEAP, H. A.; GILLES, J. A controlled approach to cheese technology. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, p.1632-45, 1984.
68. LEE, B. O.; PAQUET, D.; ALAIS, C. Étude biochimique de la fonte des fromages. I - Mesure de la peptisation. **Le Lait**, Paris, v. 59, n. 589/590, p. 589-95, 1979.
69. LEE, B. O.; PAQUET, D.; ALAIS, C. Étude biochimique de la fonte des fromages. II - Evolution des phosphates et des métaux. **Le Lait**, Paris, v. 60, n. 593/594, p. 130-9, 1980.
70. LEE, B. O.; PAQUET, D.; ALAIS, C. Étude biochimique de la fonte des fromages. IV - Effet du type de sels de fonte et de la nature de la matière protéique sur la peptization. Utilization d'un système modèle. **Le Lait**, Paris, v. 66, n. 3, p. 257-67, 1986.
71. LEMAN, J.; KINSELLA, J. E. Surface activity, film formation, and emulsifying properties of milk proteins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 28, n. 2, p. 115-38, 1989.
72. LIN, S. H. C.; LEONG, S. L.; DEWAN, R. K.; BLOOMFIELD, V. A.; MORR, C. V. Effect of calcium ion on the structure of native bovine casein micelles. **Biochemistry**, Washington, v. 11, p. 818-21, 1972.
73. LITTLE, L. Technique for acidified dairy products. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 50, n. 3, p. 434-40, 1967.
74. MANN, E. J. Processed cheese. **Dairy Industries International**, London, v. 51, n. 2, p. 9-10, 1986.
75. MARSHALL, V. M. Fermented milks and their future trends. 1. Microbiological aspects. **Journal of Dairy Research**, London, v.54, n.4, p.559-574, 1987.

76. MARTIN, J. H.; ZULLO, P. A. Methods for increasing calcium in cottage cheese. **Cultured Dairy Products Journal**, Washington, v. 23, n. 3, p. 11-8, 1991.
77. MCMAHON, D. J.; OBERG, C. J.; MACMANUS, W. Funtionality of mozzarella cheese. **The Australian Journal of Dairy Technology**, Victoria, v. 48, n. 2, p. 99-104, 1994.
78. MERCOSUL. **Regulamento técnico Mercosul de identidade e qualidade de queijo processado ou fundido, processado pasteurizado e processado ou fundido U. H. T. (U. A. T.)**. In: Regulamentos Técnicos de Identidade de Produtos Lácteos. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária-MAARA - Secretaria da Defesa Agropecuária-SDA. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal-DIPOA, Portaria 146 de 07 de março de 1996, Anexo III. Brasília.
79. MEYER, A. **Process cheese manufacture**. London: Food Trade Press, 1973. 360p.
80. MISTRY, V. V.; ANDERSON, D. L. Composition and microstructure of commercial full-fat and low-fat cheeses. **Food Structure**, Chicago, v. 12, n. 2, p. 259-66, 1993.
81. MORR, C. V. Effect of oxalate and urea upon ultracentrifugation properties of raw and heated skim milk casein micelles. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 50, n. 11, p. 1744-51, 1967.
82. MUNCK, A. V. & CAMPOS, W. A. Requeijão: um produto brasileiro. **Informe Agropecuário**, v. 42, n. 115, p. 35-8, 1984.
83. NAKAJIMA, I.; KAWANISHI, G.; FURUICHI, E.; Reaction of melting salts upon casein micelles and their effects on calcium, phosphorus and bound water. **Agricultural Biological Chemistry**, Tokio, v. 39, n. 5, p. 979-87, 1975.
84. ODAGIRI, S.; NICKERSON, T. A. Complexing of calcium by hexametaphosphate, oxalate, citrate and ethylenediamine-tetracetate in milk. II. Dialysis of milk containing complexing agents. **Jornal of Dairy Science**, Champaign, v. 48, n. 1, p. 19-22, 1965.

85. OLIVEIRA, J. S. **Queijo: fundamentos tecnológicos**. Campinas: Ícone, 1986. 146p.
86. OLSON, N. F.; PRICE, W. V. A melting test for pasteurized process cheese spreads. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 41, n. 7, p. 999-1000, 1958.
87. OLSON, N. F.; PRICE, W. V. Composition and bacterial growth as factors affecting the body of pasteurized process cheese spread. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 44, n. 8, p. 1394-404, 1961.
88. PALMER, H. J.; SLY, W. H. Cheese melting salts and their properties. **Society of Chemistry Industry**, Wembley, v. 63, p. 363-4, 1944.
89. PARK, J.; ROSEMAN, J. R.; PELEG, M. Comparison of four procedures of cheese meltability evaluation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 4, p. 1158-70, 1984.
90. PATART, J. P. Les fromages fondus. In: ECK, A. **Le Fromage**. 2 ed., Paris: Technique et Documentation - Lavoisier, 1987. chap. 5. p. 385-99.
91. PIROT, Y. La fabrication du fromage fondu dans notre pays - Deuxième partie. **Le Lait et Nous**, Liege, v. 3, p. 11-20, 1988a.
92. PIROT, Y. La fabrication du fromage fondu dans notre pays - Première partie. **Le Lait et Nous**, Liege, v. 4, p. 9-21, 1988b.
93. POMMERT, J. F.; KLAEBE, A.; PERIE, J.; LEBUGLE, A.; PUECH, J. Observation and analysis of crystalline phases in processed cheese. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 5, p. 1367-71, 1988.
94. RAO, M. A. Rheology of liquid foods: a review. **Journal of Texture Studies**, Connecticut, v. 8, n. 1, p. 135-68, 1977.

95. RICHARD, J.; AUCLAIR, J. In: ECK, A. **Le fromage** Technique et Documentation 2.ed. Paris: Lavoisier, 1987. cap. 2, p. 126-86.
96. RICHARDSON, G. H. (ed). **Standard methods for the examination of dairy products**. 15 ed. Washington: APHA, 1985. 412 p.
97. RÜEGG, M.; EBERHARD, P.; POPPLEWELL, L. M.; PELEG, M.; Melting properties of cheese. **Bulletin of the International Dairy Federation**, Brussels, n. 268, p. 38-43, 1991.
98. SVELLO, P. A.; ERNSTROM, C. A. Microstructure and meltability of model process cheese made rennet and acid casein. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 1-11, 1989.
99. SCHARPF, L. G.; KICHLIN, T.P. Effect of phosphorus and pH on type and extent of crystal formation in process cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 51, n. 5, p. 853-57, 1968.
100. SCHARPF, L. G.; MICHNICK, M. J. In situ identification of crystals on process cheese by x-ray diffraction. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 50, n. 12, p. 1989-91, 1967.
101. SHIMIZU, M.; LEE, S.W.; KAMINOGAWA, S.; YAMAUCHI, K. Emulsifying of an N-terminal peptide obtained from the peptic hydrolyzate of α_1 -caseína. **Journal of Food Science**, Champaign, v.49, n4, p.1117-1120, 1984.
102. SCHMIDT, D. G.; BUCHHEIM, W. Particle size distribution in casein solution. **Netherlands Milk Dairy Journal**, Wageningen, v. 30, n. 1, p. 17-28, 1976.
103. SCHMIDT, D. G.; Colloidal aspects of casein. **Netherlands Milk Dairy Journal**, Wageningen, v. 34, n. 1, p. 42-64, 1980.

104. SCOTT, R. Cheesemaking operations. In: SCOTT, R. **Milk as a raw material for cheese**. 2.ed. New York: Elsevier Applied Science, 1986. chap.6, p. 44-74.
105. SERRES, L.; AMARIGLIO, S.; PETRANSXIENE, D. **Controle de la qualité des produits laitiers**. Ministère de l'Agriculture. Direction des Services Vétérinaires. Tome I. Analyse Physique et Chimique (Chimie VII-6), 1973.
106. SHIMP, L. A. Process cheese principles. **Food Technology**, Chicago, v. 39, n. 5, p. 63-9, 1985.
107. SHOEMAKER, C. F.; NANTZ, J.; BONNANS, S.; NOBLE, A.C. Rheological characterization of dairy products. **Food Technology**, Chicago, v. 46, n. 1, p. 98-104, 1992.
108. SHUKLA, D. C.; LADKANI, B. G. Quality of direct acid mozzarella cheese from buffalo milk. **Indian Journal Dairy Science**, New Delhi, v. 42, n. 3, p. 601-5, 1989.
109. SIAPANTAS, L. G.; KOSIKOWSKI, F. V. Properties of Latin-American White Cheese as influenced by glacial acetic acid. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 50, n. 10, p. 1589-91, 1967.
110. SOUZA, E. A. Requeijão mineiro. **Felctiano**, v.1, n. 9-10, p. 5-6, maio/jun., 1947.
111. STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R. G.; Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, Chicago, v. 28, n. 11, p. 24-34, 1974.
112. SZCZESNIAK, A. S. The texturometer. A new instrument for objective texture measurement. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 28, n. 3, p. 390-6, 1963.

113. SZCZESNIAK, A. S.; BRANDT, M. A.; FRIEDMAN, H. H. Development of standad rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and the sensory methods of texture evaluation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 28, n. 3, p. 397-423, 1963.
114. SZCZESNIAK, A. S. **Physical properties of food: what they are and their relation to other food properties.** In: PELEG, M.; BAGLEY, E.B. Westport: AVI, Inc., 1983. 42p.
115. TAKAJIMA, I.; KAWANISHI, G.; FURUICHI, E. Reaction of melting salts upon casein micelles and their effects on calcium, phosphorus and bound water. **Agricultural Biological Chemistry**, Tokyo, v. 59, n. 3, p. 241-59, 1986.
116. TAKAYOSHI, A.; UMEDA, T.; KAKO, Y. Cleavage of the linkage between colloidal calcium phosphate and casein on heating milk at high temperature. **Journal of Dairy Research**, London, v. 54, n. 2, p. 559-74, 1987.
117. TAMIME, A. Y.; KALAB, M.; DAVIES, G.; YOUNIS, M. F. Microstructure and firmness of processed cheese manufactured from cheddar cheese and skim milk powder cheese base. **Food Structure**, Chicago, v. 9, n. 1, p. 23-37, 1990.
118. TANAKA, N.; GOEPFER, J. M.; TRAISMAN, E.; HOFFBECK, W. M. A chalenge of pausterized process cheese spread with *Clostridium botulinum* spores. **Journal of Food Protection**, Ames, Iowa, v. 42, n. 10, p. 787-89, 1979.
119. TANAKA, N.; TRAISMAN, E.; PLANTINGA, P.; FINN, L.; FLOM, W.; MESKE, L.; GUGGISBERG, J. Evaluation of factors involved in antibotulinal properties of pasteurized process cheese spreads. **Journal of Food Protection**, Ames, Iowa, v. 49, n. 7, p. 536-31, 1986.
120. TEMPLETON, H. L.; SOMMER, H. H. Some observations on processed cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 13, p. 203-20, 1930.

121. TEMPLETON, H. L.; SOMMER, H. H.; Cheese spreads I. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 15, p. 155-62, 1932a.
122. TEMPLETON, H. L.; SOMMER, H. H.; Factors affecting the body and texture of processed cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 15, p. 29-41, 1932b.
123. TEMPLETON, H. L.; SOMMER, H. H.; Cheese spreads II. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 17, p. 373-78, 1934.
124. TEMPLETON, H. L.; SOMMER, H. H. Studies on the emulsifying salts used in processed cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 19, p. 561, 1936.
125. TEXTURE TECHNOLOGIES CORP. Texture analyser application study of: TA-XT2 Key Features. New York, 1992 (Catálogo).
126. THOMAS, M.A. **The Processed cheese industry**. Dept. of Agriculture, Sydney, South Wales, 1977. 111 p..
127. THOMAS, M.A.; BROWN, F. B.; HANLY, A. T. Studies in processed cheese manufacture - The evaluation of physical properties. **The Australian Journal of Dairy Technology**, Victoria, v. 25, p. 46-51, 1970.
128. TUNICK, M.H. Calcium in dairy products. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 70, n. 11, p. 2429-38, 1987.
129. TUNICK, M. H.; BASH, J. J.; MALEEFF, B. E.; ELANAGAN, J. F.; HOLSINGER, V. H. Characterization of natural and imitation mozzarella cheese by differential scanning calorimetry. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, n. 8, p. 1976-80, 1989.
130. TUNICK, M. H.; MAKKEY, R. L.; SMITH, P. W.; HOLSINGER, V. H. Effects of composition and storage on the texture of mozzarella cheese. **Netherlands Milk Dairy Journal**, Wageningen, v. 45, n. 1, p. 117-25, 1991.

131. TUNICK, M. H.; NOLAN, E. D. J. Rheology of cheese. **Physical chemistry of food processes fundamental aspects**. In: BAIAN, J. C. New York: ed. An AVI Book, p. 273-97, 1992.
132. VAKALERIS, D.G.; PRICE, W. V. Rapid spectrophotometric method for measuring cheese ripening. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 42, n. 2., p. 264-76, 1959.
133. VAKALERIS, D. G.; OLSON, N. F.; PRICE, W. V. Effects of proteolysis of natural cheese on body and melting properties of pasteurized process cheese spread. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 45, n. 1, p. 492-4, 1962.
134. VALERIE, M.; MARSHALL, M. H. Fermented milks and their future trends. I Microbiological aspects. **Journal of Dairy Research**, London, v. 54, n. 2, p. 559-74, 1987.
135. VEISSEYRE, R. **Lactologia Técnica**. Barcelona: Ed. Acribia, 1972. 643p.
136. VENTURA, R. F. Requeijões do Nordeste: tipos e fabricações. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 42, n. 254, p. 3-21, 1987.
137. VERMA, B. B.; GUPTA, S. K. Effect of heat processing on the body and texture of milk and milk products. **Indian Diaryman**, New Delhi, v. 33, n. 6, p. 361-5, 1981.
138. VISSER, J. Factors affecting the rheological and fracture properties of hard and semi-hard cheese. **Bulletin of the International Dairy Federation**, Brussels, v.268, p.49-61, 1991.
139. YUN, J. J.; KIELY, L. J.; KINDSTEDT, P. S.; BARBANO, D. M. Mozzarella cheese: Impact of milling pH on functional properties. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, n. 12, p. 3639-47, 1993.

140. WAGENAAR, R. O.; DACK, G. M. The effect of emulsifier on growth and toxin production of *Clostridium botulinum* experimentally inoculated in surface ripened cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.37, p. 640-3, 1954.
141. WALSTRA, P.; VANDIJK, H.J.H.; GEURTS, T.J. The syneresis of curd. 1. General considerations and literature review. **Netherlands Milk Dairy Journal**, Wageningen, v.39, n.4, p.209-246, 1985.
142. WALSTRA, P.; VAN VLIET, T. The physical chemistry of curd making. **Netherlands Milk Dairy Journal**, Wageningen, v. 40, n. 2/3, p. 241-59, 1986.
143. WEIK, R. W.; COMBS, W. B.; MORRIS, H. A. Relationship between melting quality and hardness of cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 41, n. 3, p. 375-81, 1958.
144. WHITNEY, R.M. Proteins of milk. In: WEBB, B.H.; JOHNSON, A.H.; ALFORD, J.A. **Fundamentals of dairy chemistry**, 3ed., Westport, AVI Publishing Co., 1988, cap. 3, p. 81-150.
145. WOLFSCHOON-POMBO, A. Índice de proteólise em alguns queijos brasileiros. **Boletim do Leite**, Rio de Janeiro, v. 55, n. 1, p. 1-18, 1983.
146. ZEHREN, V. L. & NUSBAUM, D.D. **Process cheese**. New Holstein, Wisconsin, Cheese Reporter Publishing Company, Inc., 1992. 364p.
147. ZOON, P. The relation between instrumental and sensory evaluation of the rheological and fracture and properties of cheese. **Bulletin of the International Dairy Federation**, Brussels, v. 268, p. 30-5, 1991.
148. ZURAW, Z.; SMIETANA, Z.; SZPENDOWSKI, J.; CHOJNOWSKI, W. Influence de l'addition de sels de calcium et du chauffage sur les diverses formes de calcium dans le lait. **Le Lait**, Paris, v. 66, n. 4, p. 421-9, 1986.

ANEXOS

ANEXO 01



FIGURA 01. Máquina homogeneizadora-trituradora STEPHAN UM-12, dimensionada para escala piloto, com capacidade para, no máximo, 8ℓ por batelada, dotada de aquecimento por injeção direta e indireta de vapor e duas velocidades de agitação, a qual se encontra instalada na Usina Piloto do Centro de Tecnologia de Laticínios - ITAL.

ANEXO 02

VOCABULÁRIO COM DEFINIÇÕES DOS TERMOS SENSORIAIS

ATRIBUTO	DEFINIÇÃO
COR	Coloração característica do requeijão, variando do branco-creme homogêneo ao amarelo-pálido. Uma coloração atípica é caracterizada pela presença de manchas e pela coloração amarela.
BRILHO	Descreve o aspecto de uma superfície reluzente
SUPERFÍCIE LISA	Ausência total de grumos, grânulos e bolhas de ar.
ESPALHABILIDADE	Capacidade de se espalhar com a faca à temperatura ambiente.
CREMOSIDADE	Descreve uma textura untuosa ou manteigosa e uma consistência semi-fluida semelhante a creme, que espalha facilmente na superfície de um pedaço de pão e não escoa.
ADESIVIDADE	Descreve a propriedade de textura em relação à força necessária para remover o produto que adere ao palato e/ou dentes (pegajoso, grudento, aderente).
VISCOSIDADE	Descreve a propriedade de resistência ao escoamento (ralo, viscoso e fluido)
FORMA FIOS	Descreve a formação de fios ao ser levantado com a faca.
ARENOSIDADE	Descreve textura arenosa (farinhenta).
GOSTO DOCE	Descreve o gosto primário produzido por solução aquosa de lactose.
GOSTO SALGADO	Descreve o gosto primário produzido por solução aquosa de cloreto de sódio e sais fundentes.
GOSTO ÁCIDO	Descreve o gosto primário produzido por solução aquosa de ácido láctico.
GOSTO AMARGO	Descreve o gosto primário produzido por solução aquosa de sais fundentes.
ODOR DE LEITE FRESCO	Odor puro e limpo de leite fresco
SABOR DE CREME DE LEITE	Sabor de creme de leite fresco e doce.
FERMENTADO	Descreve o sabor desenvolvido após a fermentação do leite (coalhada)
INSÍPIDO	Descreve um produto que não tem sabor.
GOSTO DE SABÃO	Sabor desagradável devido à esterificação de ácidos graxos e, geralmente, associado com gosto amargo.

ANEXO 03

MODELO DE QUESTIONÁRIO UTILIZADO PARA ANALISAR O REQUEIJÃO CREMOSO

Nome: _____ Data: _____

Amostra: _____ Serie: _____

Instruções: Marque com um traço vertical, cortando a escala abaixo, a posição que indentifique melhor a intensidade da característica avaliada.

Cor: branco a creme	fraco	_____	forte
Brilho	fraco	_____	forte
Superfície Lisa	fraco	_____	forte
Espalhabilidade	fraco	_____	forte
Creiosidade	fraco	_____	forte
Adesividade	fraco	_____	forte
Viscosidade	fraco	_____	forte
Forma Fios	fraco	_____	forte
Arenosidade	fraco	_____	forte
Gosto Doce	fraco	_____	forte
Gosto Salgado	fraco	_____	forte
Gosto Ácido	fraco	_____	forte
Gosto Amargo	fraco	_____	forte
Odor De Leite Fresco	fraco	_____	forte
Sabor de Creme de Leite	fraco	_____	forte
Fermentado	fraco	_____	forte
Insípido	fraco	_____	forte
Gosto De Sabão	fraco	_____	forte

ANEXO 04

TABELA 01. Análise de variância dos valores de pH das amostras de requeijão processadas com massas obtidas por fermentação láctica e acidificação direta a quente.

Processo	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p-nível
Processo de Coagulação	1	5,6746	,01986	285,6617	,0000
Tipo de Sal	1	,63975	,01986	32,2050	,0000
Concentração de Sal	2	,5971	,0198	3,0061	,0597

TABELA 02. Análise de variância dos valores de gordura das amostras de requeijão processadas com massas obtidas por fermentação láctica e acidificação direta a quente.

Processo	G.L.	S.Q.	S.Q.	F	p-nível
Processo de Coagulação	1	10,29340	17,25046	,596703	,443969
Tipo de Sal	1	12,65946	17,25046	,733862	,396276
Concentração de Sal	2	7,75782	17,25046	,449717	,640708

ANEXO 05

TABELA 03. Análise de variância dos valores de nitrogênio solúvel das amostras de requeijão processadas com massas obtidas por fermentação láctica e acidificação direta a quente.

Efeito	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p-nível
Processo de Coagulação	1	,4261	,03090	13,7907	,0006
Tipo de Sal	1	,0008	,03090	,0277	,8684
Concentração de Sal	2	,0118	,03090	,3823	,6847

TABELA 04. Análise de variância dos valores de nitrogênio não-protéico solúvel das amostras de requeijão processadas com massas obtidas por fermentação láctica e acidificação ácida a quente.

Efeito	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p-nível
Processo de Coagulação	1	,1862	,0297	6,2673	,0168
Tipo de Sal	1	,0149	,0297	,5032	,4825
Concentração de Sal	2	,0001	,0297	,0054	,9945