



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

**EFEITO DO pH SOBRE AS CARACTERÍSTICAS
FÍSICO-QUÍMICAS DO *CREAM CHEESE***

RAQUEL ROSSI MONTEIRO

Engenheira de Alimentos

Orientadora: Profa. Dra. **MIRNA LÚCIA GIGANTE**

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

CAMPINAS – SP

2004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

Monteiro, Raquel Rossi
M764e Efeito do ph sobre as características físico químicas do
cream cheese / Raquel Rossi Monteiro. – Campinas, SP:
[s.n.], 2004.

Orientador: Mirna Lúcia Gigante
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Queijo cremoso. 2.Microestrutura. 3.Queijo.
I.Gigante, Mirna Lúcia. II.Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.
III.Título.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Mirna Lúcia Gigante
Universidade Estadual de Campinas
Orientadora

Profa. Dra. Walkíria Hanada Viotto
Universidade Estadual de Campinas
Membro da Banca

Profa. Dra. Eliana Paula Ribeiro
Instituto Mauá de Tecnologia
Membro da Banca

Prof. Dr. Salvador Massaguer Roig
Universidade Estadual de Campinas
Membro da Banca

Aos meus pais, irmão,
namorado e familiares,
dedico.

*“De tudo, ficaram três coisas:
A certeza de que estamos começando
A certeza de que precisamos continuar
A certeza de que seremos interrompidos antes de terminar
Portanto,
Devemos fazer da interrupção, um caminho novo
Da queda, um passo de dança
Do medo, uma escada
Do sonho, uma ponte
Da procura, um encontro”
(Fernando Pessoa)*

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Profa. Dra. Mirna Lúcia Gigante, além da amizade, pela orientação, troca de idéias, apoio, incentivo e não poderia esquecer das “caronas”.

Aos membros da banca examinadora, Professores Doutores Eliana Paula Ribeiro, Salvador Massaguer Roig e Walkíria Hanada Viotto pelas sugestões na conclusão deste trabalho.

Aos Professores do Itai Alfredo, Flávio e Homero, pela ajuda nos processamentos finais.

Às Profas. Débora e Bel pela colaboração e participação em parte deste trabalho.

Aos técnicos e amigos da Fea Adauto, Alessandra, Alice, “trio Ana” (Coon, Lurdes e Maria), Babia, Carlão, Chico, Dirce, Eliane, Jaime, Marlene, Nelson, Priscila, Tânia e Yara pela ajuda.

Aos amigos do Laboratório de Leite Bete, Carina, Chris, Dani, Guillaume, Jorge, Raquel, Salles e Vivi, pela ajuda, carinho, incentivo, companheirismo, “celebrações à gula” e principalmente, pelas inúmeras gargalhadas, sem as quais teriam tornado o trabalho mais difícil.

Aos estagiários Alexandre, Aline e Beati pela ajuda, em especial à Josi, pelo grande carinho e dedicação.

À Capes pela concessão da bolsa e à Fapesp pelo financiamento do projeto.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	vi
Lista de Tabelas	ix
Lista de Figuras	x
Resumo Geral	xii
Introdução Geral	xiv
Capítulo 1 – Revisão Bibliográfica	1
1. Características do <i>Cream cheese</i>	3
2. Mudanças físico-químicas induzidas pela acidificação do leite, geleificação e fatores que influenciam a estrutura do gel	9
3. Sinérese do gel e do produto final	11
4. Textura.....	13
5. Capacidade de derretimento.....	15
6. Efeito do pH nas propriedades dos queijos	20
7. Goma locusta.....	27
8. Referências Bibliográficas	30
Capítulo 2 – Padronização das condições do teste de Schreiber’s para avaliação da capacidade de derretimento do <i>Cream cheese</i>	41
1. Introdução	43
2. Materiais e Métodos.....	45
2.1. Fabricação do <i>Cream cheese</i>	45
2.2. Composição físico-química do <i>Cream cheese</i>	46
2.3. Teste de derretimento	46
2.4. Planejamento experimental e análise estatística.....	47
3. Resultados e Discussão	49
3.1. Composição físico-química do <i>Cream cheese</i>	49

3.2. Efeito das condições de tempo e temperatura sobre o derretimento do <i>Cream Cheese</i>	49
4. Conclusão	61
5. Referências Bibliográficas	61

Capítulo 3 – Efeito do pH sobre a capacidade de derretimento e a firmeza do *Cream cheese*..... 65

1. Introdução	67
2. Materiais e Métodos.....	69
2.1. Fabricação do <i>Cream cheese</i>	69
2.2. Composição físico-química do <i>Cream cheese</i>	70
2.3. Metodologia de alteração do pH do <i>Cream cheese</i>	70
2.4. Avaliação da capacidade de derretimento e da firmeza do <i>Cream cheese</i>	71
2.5. Análise dos dados	72
3. Resultados e Discussão	72
4. Conclusões	77
5. Referências Bibliográficas	78

Capítulo 4 – Efeito do pH sobre a proteólise o equilíbrio físico-químico entre a matriz protéica e a fase aquosa do *Cream cheese*..... 81

1. Introdução	84
2. Materiais e Métodos.....	85
2.1. Fabricação do <i>Cream cheese</i>	85
2.2. Composição físico-química do <i>Cream cheese</i>	85
2.3. Metodologia de alteração do pH do <i>Cream cheese</i>	86
2.4. Obtenção e avaliação da fase aquosa do <i>Cream cheese</i>	86
2.5. Planejamento experimental e análise estatística.....	87
3. Resultados e Discussão	87

3.1. Efeito do pH e do tempo de estocagem sobre a da proteólise do <i>Cream cheese</i>	87
3.2. Efeito do pH e do tempo de estocagem sobre a fase aquosa do <i>Cream cheese</i>	93
4. Conclusões	98
5. Referências Bibliográficas	99
Capítulo 5 – Efeito do pH sobre a microestrutura do <i>Cream cheese</i>	101
1. Introdução	103
2. Materiais e Métodos.....	105
2.1. Fabricação do <i>Cream cheese</i>	105
2.2. Composição físico-química do <i>Cream cheese</i>	106
2.3. Metodologia para alteração do pH do <i>Cream cheese</i>	106
2.4. Microestrutura do <i>Cream cheese</i>	106
3. Resultados e Discussão	107
3.1. Composição do <i>Cream cheese</i>	107
3.2. Alteração do pH do <i>Cream cheese</i> após a fabricação	107
3.3. Microestrutura do <i>Cream cheese</i> controle.....	108
3.4. Efeito do pH sobre a microestrutura do <i>Cream cheese</i>	111
4. Conclusões	119
5. Referências Bibliográficas	121
Conclusão Geral.....	125

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

Tabela 1. Variáveis para determinação do derretimento	47
Tabela 2. Efeito da temperatura e tempo sobre o derretimento do <i>Cream cheese</i>	50
Tabela 3. Valores de p para os coeficientes do modelo matemático apresentado na Equação 2.....	50
Tabela 4. Análise de variância (ANOVA) para derretimento	51
Tabela 5. Condições de teste e desvios do modelo matemático em relação aos dados experimentais	51
Tabela 6. Condições de teste e desvios do modelo matemático em relação aos dados experimentais	59

Capítulo III

Tabela 1. Composição dos queijos obtidos nos três processamentos, um dia após a fabricação.....	72
Tabela 2. pH dos queijos quatro dias após terem sido submetidos aos sete tratamentos	73

Capítulo IV

Tabela 1. Composição físico-química dos queijos obtidos nos três processamentos, um dia após a fabricação	88
Tabela 2. Resumo da análise de variância (ANOVA).....	89
Tabela 3. Resumo da ANOVA. Efeito dos tratamentos e do tempo de armazenamento sobre a quantidade de fase aquosa e sua composição	93

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II

- Figura 1. Representação esquemática do teste para determinação da capacidade de derretimento dos queijos 47
- Figura 2. Valores dos diâmetros obtidos experimentalmente e previsto pelo modelo matemático..... 51
- Figura 3. Superfície de resposta e diagrama de contorno para a capacidade de derretimento 53
- Figura 4. Aspecto visual do *Cream Cheese* derretido em diferentes condições de tempo e temperatura 55
- Figura 5. Aspecto visual do *Cream cheese* derretido nas condições ótimas de temperatura e tempo (175°C/35min.), segundo o modelo polinomial..... 57
- Figura 6. Aspecto visual do *Cream cheese* derretido em diferentes condições de tempo e temperatura, conforme apresentado na Tabela 6..... 59

Capítulo III

- Figura 1. Efeito do pH sobre a capacidade de derretimento do *Cream cheese*..... 74
- Figura 2. Influência do pH sobre a firmeza do *Cream cheese*..... 75
- Figura 3. Influência do pH sobre a capacidade de derretimento e a firmeza do *Cream cheese*, média de três processos..... 76
- Figura 4. Correlação entre a capacidade de derretimento e a firmeza do *Cream cheese*, média de três processos 76

Capítulo IV

- Figura 1. Efeito dos tratamentos sobre o pH do *Cream cheese*..... 89

Figura 2. Influência do pH na proteólise do <i>Cream cheese</i>	90
Figura 3. Perfil eletroforético dos queijos obtidos após tratamento de alteração de pH	91
Figura 4. Efeito dos tratamentos e do tempo de estocagem sobre a quantidade de fase aquosa	94
Figura 5. Efeito dos tratamentos sobre o nitrogênio total (A) e teor de sólidos totais (B) da fase aquosa do <i>Cream cheese</i>	95
Figura 6. Efeito do pH sobre o teor de proteína no extrato seco da fase aquosa do <i>Cream cheese</i>	96
Figura 7. Efeito dos tratamentos sobre o índice de consistência da fase aquosa.....	97
Figura 8. Efeito dos tratamentos e do tempo de estocagem sobre o índice de consistência da fase aquosa do <i>Cream cheese</i>	97

Capítulo V

Figura 1. MEV: <i>Cream cheese</i> amostra controle (pH 4,92)	109
Figura 2. MET: <i>Cream cheese</i> amostra controle (pH 4,92)	110
Figura 3. MEV: <i>Cream Cheese</i> exposto à atmosfera de ácido acético para abaixamento do pH	113
Figura 4. MET: <i>Cream cheese</i> com pH 3,82	115
Figura 5. MEV: <i>Cream cheese</i> exposto à atmosfera de hidróxido de amônio para aumentar do pH	117
Figura 6. MET: <i>Cream cheese</i> com pH 7,24, exposto à atmosfera de hidróxido de amônio por 5 minutos, para aumento do pH	119

RESUMO GERAL

Os objetivos deste trabalho foram padronizar uma condição de teste para avaliar a capacidade de derretimento do *Cream cheese* e avaliar o efeito do pH sobre a capacidade de derretimento, firmeza, equilíbrio físico-químico entre a matriz protéica e a fase aquosa do queijo e sobre a microestrutura do *Cream cheese*. Os queijos foram fabricados segundo método tradicional e a alteração do pH foi feita pós-processamento, através da exposição das amostras em atmosfera de hidróxido de amônio ou ácido acético para aumentar ou diminuir o pH, respectivamente. Os resultados indicaram que a melhor condição de tempo e temperatura para avaliar a capacidade de derretimento do *Cream cheese* foi 170°C/15 min. Os queijos que foram avaliados quanto a capacidade de derretimento e firmeza apresentaram pH variando, em média, de 4,21±0,02 a 6,8±0,8. Os resultados indicaram que existe uma correlação linear positiva ($R^2 = 0,98$) entre o pH e a capacidade de derretimento e uma correlação negativa do tipo potência ($R^2 = 0,95$) entre o pH e a firmeza do *Cream cheese*. Quando se avaliou o efeito do pH sobre a proteólise e o equilíbrio físico-químico entre a fase aquosa e a matriz protéica do queijo, observou-se que a exposição à atmosfera de hidróxido de amônio ou ácido acético afetaram significativamente o pH dos queijos, criando três faixas distintas de pH: 4,91 para o queijos controle, 5,30 para o queijo com alto e 4,37 para o queijo com baixo pH. A proteólise do *Cream cheese* não foi significativamente afetada pelo pH dos queijos. A capacidade de retenção de água do *Cream cheese* não foi afetada pelo pH, sendo entretanto afetada pela interação entre o pH e o tempo de armazenamento. A capacidade de retenção de água foi menor ao longo do tempo nos queijos de mais alto (5,30) e mais baixo pH (4,37). Observou-se que a elevação do pH levou ao aumento dos teores de nitrogênio total e sólidos totais da fase aquosa do *Cream cheese*. Os queijos submetidos à avaliação da microestrutura apresentaram pH variando de 3,83 a 7,24. O pH afetou as interações intra e intermolecular das proteínas provocando mudanças na organização da matriz protéica do *Cream Cheese*, o que pode afetar as características funcionais do produto.

ABSTRACT

The purposes of this work were to standardize a test condition in order to evaluate *Cream cheese* melting capacity and evaluate the pH effect on the melting capacity, firmness, physical-chemical balance between the protein matrix and the cheese water phase, and on the *Cream cheese* microstructure. The cheeses were made according to traditional method and the pH was altered after process by exposing samples to ammoniac hydroxide or acetic acid atmosphere in order to increase or decrease pH, respectively. The results showed that the best time and temperature condition to evaluate *Cream cheese* melting capacity was 170°C/15min. The cheeses that were evaluated regarding melting capacity and firmness presented pH variation average of 4.21 ± 0.02 to 6.8 ± 0.8 . The results demonstrated that there is a positive linear correlation ($R^2 = 0.98$) between pH and the melting capacity, and a potential negative correlation ($R^2 = 0.95$) between pH and *Cream cheese* firmness. When the pH effect on proteolyses and the physical-chemical balance between the water phase and the cheese protein matrix was evaluated, the exposition to ammoniac hydroxide or acetic acid atmosphere significantly affected the pH of cheeses, leading to three different pH levels: 4.91 for control cheeses, 5.30 for high pH cheese, and 4.37 for low pH cheese. *Cream cheese* proteolyses was not significantly affected by the pH of cheeses. *Cream cheese* water retention capacity was not affected by pH, although it was affected by pH and storage time interaction. Water retention capacity of high pH (5.30) and low pH (4.37) cheeses decreased during storage time. It was observed that pH increasing raised total nitrogen and total solid amount of *Cream cheese* water phase. The cheeses that were submitted to microstructure evaluation presented pH variation between 3.83 and 7.24. pH affected intra and intermolecular interactions of proteins leading to changes on *Cream cheese* protein matrix organization, which may affect product functional characteristics.

INTRODUÇÃO GERAL

Cream cheese é uma variedade de queijo de coagulação ácida, rico em gordura e com alto teor de umidade, e vem sendo atualmente difundido no mercado brasileiro, inicialmente através da importação e atualmente através da produção nacional. O produto comercial típico apresenta 33,5% de gordura, 54% de umidade, 9,8% de proteína, 0,75% de sal e 0,3% de gomas (KOSIKOWSKI e MISTRY, 1997).

Um defeito comumente relatado durante a estocagem do *Cream cheese* é a sinérese, ou o aparecimento de soro em sua superfície. Informações das indústrias americanas e brasileiras consideram que este defeito pode estar associado às variações de pH do produto. O fenômeno afeta tanto a porcentagem de umidade como a qualidade do produto final.

O pH afeta a estrutura e as propriedades reológicas dos queijos, presumivelmente porque afeta fortemente as interações químicas entre os componentes estruturais (proteínas, água e minerais) dos queijos. O conhecimento de como o pH afeta as propriedades do leite e das micelas de caseína tem fornecido a base para o entendimento do seu efeito sobre queijos. Entretanto, pesquisas têm encontrado limitação na modificação do pH do queijo uma vez que ocorrem alterações em outros parâmetros durante o processamento, tornando-se difícil a separação do efeito do pH das mudanças, por exemplo, dos teores de cálcio total e solúvel, umidade, extensão e padrão da proteólise e bem como de suas interações (LAWRENCE *et al.*, 1983; LUCEY e FOX, 1993). Essa dificuldade pode ser superada utilizando-se métodos de alteração de pH pós-fabricação e diversos métodos têm sido estudados e propostos (NOOMEN, 1983; VASSAL *et al.* 1986; KINDSTEDT *et al.*, 2001, PASTORINO *et al.* 2003)

Utilizando o método de alteração de pH desenvolvido por KINDSTEDT *et al.* (2001) adaptado para *Cream cheese*, GIGANTE *et al.* (2001) avaliaram o efeito do pH sobre a quantidade e a viscosidade do soro obtido do *Cream cheese* fabricado com goma locusta, armazenados a 4 e 20°C. Os autores observaram que a

quantidade de soro aumentou significativamente durante a estocagem e aumentou mais rápido na mais alta temperatura e no maior pH. Por outro lado, a viscosidade do soro diminuiu durante a estocagem e diminuiu mais rápido na temperatura mais alta e foi menor no pH maior. Esses dados sugerem que um melhor entendimento sobre a sinérese do *Cream cheese* pode ser alcançada conhecendo-se o comportamento do equilíbrio físico-químico entre a matriz protéica e a fase aquosa dos queijos frente aos diferentes valores de pH.

Buscando o melhor entendimento sobre a influência do pH no comportamento funcional e sobre a sinérese do *Cream cheese*, o objetivo geral deste trabalho foi estudar o efeito do pH sobre as características físico-químicas do *Cream cheese*. Para tanto, o trabalho foi dividido em cinco capítulos.

O primeiro capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre as características do *Cream cheese*, o processo de acidificação do leite e a sinérese do produto.

No capítulo 2, utilizando-se análise de superfície de resposta e o método de Schreiber's para avaliar a capacidade de derretimento de queijos, padronizou-se as melhores condições de tempo e temperatura para avaliar a capacidade de derretimento do *Cream cheese*. Esta padronização mostrou-se necessária quando da realização dos testes preliminares do capítulo 3, que indicaram que as metodologias descritas na literatura não atendiam às necessidade de um queijo obtido por coagulação ácida, como o *Cream cheese*.

No capítulo 3 estudou-se o efeito do pH sobre a firmeza e a capacidade de derretimento do *Cream cheese*. No capítulo 4 avaliou-se o efeito do pH sobre a proteólise e o equilíbrio físico-químico entre a matriz protéica e a fase aquosa do *Cream cheese* e no capítulo 5 procurou-se o melhor entendimento do efeito do pH sobre a microestrutura do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GIGANTE, M. L.; ALMENA-ALISTE, M.; KINDSTEDT, P. S. Application of a model system to study the effect of pH on the serum phase of cultured cream cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 84 (supl. 1): 436 (abst.), 2001.

KINDSTEDT, P. S.; ZIELINSKI, A.; ALMENA-ALISTE, M.; GE, C. A post-manufacture method to evaluate the effect of pH on Mozzarella cheese characteristics. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 56, n. 3, p. 14-19, 2001.

KOSIKOWSKI, F. V.; MISTRY, V. V. **Cheese and fermented milk foods: Procedures and analysis**. 3 ed. Westport: F. V. Kosikowski, LLC, v.2, cap. 5: Baker's Neufchatel, Cream, Quark and Ymer, p. 42-54, 1997.

LAWRENCE, R. C.; GILLES, J.; CREAMER, L. K. The relationship between cheese texture and flavour. **New Zealand Journal of Dairy Science and Technology**, v. 18, p. 175-190, 1983.

LUCEY, J. A.; FOX, P. F. Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: a review. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 6, p. 1714-1724, 1993.

NOOMEN, A. The role of the surface flora in the softening of cheeses with a low initial pH. **Netherlands Milk & Dairy Journal**, v. 37, p. 229-232, 1983.

PASTORINO, A. J.; HANSEN, C. L.; MCMAHON, D. J. Effect of pH on chemical composition and structure-function relationships of Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 9, p. 2751-2760, Setembro, 2003.

VASSAL, L.; MONNET, V.; LE BARS, D.; ROUX, C.; GRIPON, J. C. Relation entre le pH, la composition chimique et la texture des fromages de type Camembert. **Lait**, v. 66, p. 341-351, 1986.

CAPÍTULO I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 CARACTERÍSTICAS DO *CREAM CHEESE*

Cream cheese é uma variedade de queijo macio obtido por coagulação ácida e pronto para consumo imediatamente após sua fabricação, cuja composição típica média é 33,5% de gordura, 54% de umidade, 9,8% de proteína, 0,75% de sal e 0,3% de gomas. As gomas normalmente usadas para a fabricação do *Cream cheese* são a karaya, guar, xantana, carragena e locusta, sendo esta última a mais popular (KOSIKOWISK e MISTRY, 1997).

Para obtenção de *Cream cheese* pelo processo tradicional, leite padronizado para 11,5% de gordura é aquecido a 71°C/30 minutos e homogeneizado entre 12,4 a 17,2 MPa em simples estágio. A fermentação pode ser conduzida pelo processo rápido ou lento. No método rápido, o leite é resfriado a 31°C e adicionado de 5-10% de cultura láctica acidificante ativa, permanecendo em repouso por aproximadamente 5 horas, ou até pH 4,6. No método lento a temperatura do leite é ajustada para 22°C e adiciona-se 1% de cultura láctica ativa, sendo deixado em repouso, neste caso por aproximadamente 16 horas ou até que o pH atinja valor ótimo (4,6). Em ambos os processos, quando o leite atinge esse pH, a coalhada é quebrada e agitada gentilmente, sendo aquecida até 54°C. Essa temperatura diminui a viscosidade do soro e auxilia a dessoragem da massa. A coalhada é resfriada, podendo-se adicionar ou não 25% de água em relação ao volume inicial da mistura para facilitar a dessoragem posterior, uma vez que a adição de água também reduz a viscosidade do soro. A etapa de dessoragem pode ser feita de três formas: a massa é deixada dentro de sacos os quais são pendurados (o que pode levar de 2 a 3 dias), ou submetidos a prensagem (permanecendo até a manhã seguinte), ou então centrifugada. Quando a massa atinge o teor de sólidos desejado (45 – 47%), adiciona-se 0,5% de goma e 1% de sal, sendo envasada a frio (*cold-pak*) e o produto dura entre 2 a 3 semanas a 4°C. No processo de envase a quente (*hot-pack*), assim que a massa dessorada atinge o teor de sólidos desejado, adiciona-se 1% de sal e 0,35% de goma locusta à massa,

sendo esta posteriormente aquecida a 74°C/30 minutos e finalmente homogeneizada a 17,2MPa em simples estágio. O *Cream cheese* é envasado à quente, permanecendo à temperatura ambiente para resfriar, sendo posteriormente armazenado em câmaras a 4°C (KOSIKOWISK e MISTRY, 1997).

Há outros três processos de fabricação de *Cream cheese*. Pode-se fazer uma mistura de creme e sólidos do leite até a composição final desejada do queijo, não havendo a necessidade de drenagem do soro. Pode-se utilizar a concentração do leite pré-acidificado por ultrafiltração até o teor de sólidos desejados. Finalmente, pode-se obter o produto através da mistura de creme fermentado de alto teor de gordura (60-70%) com queijos como Ricota ou *Quejo Blanco*. A massa obtida por qualquer um desses procedimentos acima é acrescida de sal e gomas, sendo submetida à pasteurização e homogeneização, podendo ou não ser embalada à quente (COVACEVICH e KOSIKOWSKI, 1977; KALAB e MODLER, 1985a; KOSIKOWSKI e MISTRY, 1997).

Segundo KALAB (1985) a homogeneização sob aquecimento é uma etapa essencial para fabricação do *Cream cheese* uma vez que se desagrega a coalhada, produzindo-se uma microestrutura corpuscular no produto final, que quando observada por microscopia eletrônica, sugere uma boa espalhabilidade, justamente por não haver uma matriz rígida e compacta a ser interrompida durante o espalhamento. Além disso, a alta umidade do produto implica em significativo volume de fase aquosa com partículas de gordura e proteína não tão densamente agregadas, como em produtos de baixa umidade, o que facilita a mobilidade dos constituintes corpusculares durante o espalhamento (KALAB e MODLER, 1985b).

Características como microestrutura, propriedades sensoriais e firmeza do *Cream cheese* podem ser afetadas por diversos fatores, tais como: taxa de resfriamento e temperatura final do produto em trocadores de calor (SANCHEZ *et al.*, 1994b), tratamento térmico e adição de sais emulsificantes (BUCHHEIN e THOMASOW, 1984), pH (ALMENA-ALISTE e KINDSTEDT, 2000), incorporação de proteína de soro desnaturada (KALAB e MODLER, 1985a e b; KALAB *et al.*, 1981), utilização do processo de ultrafiltração (COVACEVICH e

KOSIKOWSKI, 1977), pressão de homogeneização, bem como os conteúdos de gordura e sal (KALAB *et al.*, 1981; SANCHEZ *et al.*, 1994a; WENDIN *et al.*, 2000).

Segundo KALAB *et al.* (1981) alterações nas estruturas de *Cream cheese* podem ser reflexo dos processos de fabricação, que levam também a diferenças significativas em atributos sensoriais e compressibilidade instrumental. Queijos obtidos pelo método tradicional apresentam glóbulos de gordura na forma de agregados cuja membrana permanece na sua maioria intacta, sendo raros os glóbulos de grande tamanho. A proteína é irregularmente distribuída, tanto na superfície dos glóbulos de gordura, quanto na forma de agregados separados. Já o produto obtido pelo processo onde se promove a mistura de creme e sólidos do leite até o teor de sólidos final desejado, a gordura se apresenta na forma de grandes partículas, formadas provavelmente pela ruptura e coalescência dos glóbulos durante o processamento. Já as proteínas apresentaram-se nas mais diversas formas: pequenos grupos ou cadeias, ou na forma de partículas de tamanho menores que as micelas de caseína ou em agregados muito compactos.

Quando foi utilizada a mistura de creme fermentado com alto teor de gordura e Ricota para a obtenção do *Cream cheese*, a proteína de soro coagulada apresentou-se na forma de pequenas partículas (99 nm de diâmetro), compostas por sub-unidades como entidades individuais interconectadas por um fino material, as micelas de caseína estavam na forma de pequenos agregados, os glóbulos de gordura apresentaram tamanho variando de pequeno (0,85 μ m) a grande (com vários μ m de diâmetro) e não observou-se sinérese no produto final (KALAB e MODLER, 1985b). Entretanto, quando foi utilizado *Queijo Blanco*, tanto os glóbulos de gordura quanto as proteínas apresentaram pequenas dimensões e estavam uniformemente distribuídos. Também foram observadas partículas de caseína de tamanho menor que o das micelas. A principal diferença do *Cream cheese* contendo Ricota foi que o produto apresentou coágulo mais compacto, refletindo numa maior dificuldade do espalhamento do produto, provavelmente devido à diferença na composição do tipo de proteína usada do “queijo-base” (KALAB e MODLER, 1985a).

SANCHEZ *et al.* (1994a) estudaram o efeito da homogeneização sobre o aspecto visual, parâmetros reológicos e de textura e do *Cream cheese*. A massa coagulada utilizada para produção dos queijos pelo método tradicional foi submetida a diferentes pressões de homogeneização (0, 5, 10, 20, 30 e 50 MPa), em homogeneizador de simples estágio. Os queijos sem homogeneização apresentaram gotas de óleo livre e aspecto úmido no fundo da embalagem. Queijos feitos a 30 e 50 MPa apresentaram-se quebradiços, causando várias fissuras quando uma sonda foi inserida para se retirar amostra da embalagem, esmigalhando-se totalmente quando a mesma foi retirada. Quando foram utilizadas pressões de 0, 5 e 10 MPa, os queijos apresentaram textura heterogênea. Os obtidos com pressões de 20, 30 e 50 MPa apresentaram estrutura homogênea. Segundo os autores, o aumento da pressão de homogeneização pode ter favorecido a re-emulsificação da gordura, levando à obtenção de produtos com maior organização estrutural da malha protéica e, portanto, mais elásticos devido à maior interação das partículas promovida pelo aumento da pressão.

SANCHEZ *et al.* (1994b) estudaram o efeito do modo (estático e dinâmico) e da taxa de resfriamento em *Cream chesse* produzido pelo processo tradicional. A coalhada foi tratada termicamente a 70°C e homogeneizada a 20 MPa em simples estágio, resultando num produto com 45% de sólidos totais, 34% de gordura e 6,5% de proteína. O queijos foram envasados a 70°C (resfriamento estático) ou a 40, 20 e 13°C com as taxas de resfriamento de 30, 50 e 57°C/min. em trocadores de calor, respectivamente. Os autores observaram que o aumento da taxa de resfriamento levou à produção de queijos mais macios e com organização estrutural mais fraca, provavelmente relacionada ao maior estresse mecânico no trocador de calor, que por sua vez foi maior quando a temperatura final foi mais baixa. Durante o resfriamento estático, a reorganização estrutural é promovida por interações iônicas e pontes de hidrogênio e ocorre uma maior desidratação da proteína, levando à maior agregação protéica, tornando o produto mais firme e elástico. Durante o resfriamento do queijo nos trocados de calor, o queijo é submetido a forças de cisalhamento que promovem uma progressiva reorientação das partículas durante o escoamento. Pontes de hidrogênio e outras ligações fracas

são rompidas, o que leva a uma dispersão dos agregados, diminuindo a firmeza e parâmetros viscoelásticos do produto.

SANCHEZ *et al.* (1996a e c) estudaram a reologia e a microestrutura ao longo das etapas do processo de fabricação do *Cream cheese* obtido pelo método tradicional, adicionado de concentrado protéico de soro. Os autores observaram que o *Cream cheese* tornou-se mais firme e elástico após o aquecimento da massa coagulada (70°C) e homogeneização (20 MPa), embora tenha se tornado mais macio e viscoso após agitação e resfriamento em trocador de calor. A microestrutura mostrou que os resultados reológicos podem estar relacionados a agregação (durante aquecimento e homogeneização) e rompimento (durante resfriamento) dos complexos de gordura e caseína. Quanto menor a temperatura final do produto no trocador de calor, mais instável foi o produto.

SANCHEZ *et al.* (1996b) verificaram que a adição de 1% de concentrado protéico de soro (CPS) durante o processo de fabricação de *Cream cheese* pelo método tradicional, levou à obtenção de um produto cuja textura foi muito macia quando comparada ao produto sem adição. Os autores sugeriram que a adição de concentrado protéico provavelmente levou à maior ruptura dos agregados dos glóbulos de gordura formados através da homogeneização, durante o resfriamento em trocador de calor, o que pode ter causado maior instabilidade estrutural e textural do produto.

COVACEVICH e KOSIKOWSKI (1977) utilizaram leite concentrado por ultrafiltração com teor de sólidos totais de 27,6% para a fabricação de *Cream cheese*, sendo posteriormente padronizado com creme de leite, permeado e/ou água para a obtenção de mistura de acordo com os padrões do produto final. O produto obtido apresentou a mesma qualidade que o produto comercial fabricado pelo processo tradicional, porém com corpo mais resistente e firme. Os autores justificaram que a maior firmeza do produto fabricado com leite ultrafiltrado foi devido à maior retenção do cálcio e fósforo associados ao complexo micelar, que também influenciaram, juntamente com a maior concentração protéica, o aumento da capacidade tamponante. Os autores sugeriram a utilização de culturas lácticas mais efetivas, que pudessem vencer o efeito tamponante do retentado.

BUCHHEIM e THOMASOW (1984) estudaram os efeitos da adição de sais de fosfato (0,8 e 2,0%) e das mudanças induzidas pelo aquecimento (70 ou 80°C/10 min.) sobre a microestrutura do *Cream cheese*. Os autores observaram que a adição de sais de fosfato em combinação com o aquecimento promoveu a desintegração dos agregados de gordura e caseína, levando a distribuição mais homogênea da gordura na matriz protéica.

WENDIN *et al.* (2000) estudaram os efeitos adição de sal (0,4 e 0,7%), teor de gordura (22, 28 e 34%) e pressão de homogeneização (0,8 e 2,5 x 10⁴kPa) sobre as propriedades sensoriais e a microestrutura do *Cream cheese*. Os autores verificaram que todos os parâmetros tiveram influência significativa sobre o flavour, textura e microestrutura do produto, embora o conteúdo de gordura tenha sido o mais efetivo. O aumento no teor de gordura levou ao aumento do tamanho dos glóbulos de gordura, bem como no tamanho dos agrupamentos. Com o aumento da pressão de homogeneização observou-se a redução do tamanho dos glóbulos. Já o teor de sal afetou as amostras diferentemente. Nas amostras com baixo teor de gordura, o maior conteúdo de sal diminuiu o tamanho dos glóbulos, enquanto que nas amostras com conteúdos de gordura médio e alto, a maior quantidade de sal aumentou o tamanho do glóbulo. Foi demonstrado que a partir de modificações na composição dos queijos e em parâmetros de processo, pode-se obter *Cream cheese* com menor teor de gordura, porém com atributos sensoriais e microestrutura similares ao padrão de mercado com maior teor de gordura.

OHASHI *et al.* (1983) mencionam que a grande heterogeneidade da estrutura do *Cream cheese* provavelmente deve ser formada nas várias etapas do processamento do queijo, por causa da grande quantidade de gordura no leite destinado à fabricação. Enquanto as micelas de caseína se agregam numa massa amorfa e formam uma matriz heterogênea, a qual parece aprisionar a gordura homogeneizada durante as várias etapas do processamento, parte dos glóbulos de gordura formam agregados em grandes grupos e os resíduos desses glóbulos estão provavelmente fundidos com alguns agregados de caseína, formando uma estrutura grosseira ou frouxa.

HORI (1982) testou o efeito do congelamento e descongelamento da massa coagulada e dessorada, destinada à fabricação de *Cream cheese*.

Foram testadas as combinações de 5 condições de congelamento (circulação de ar a -20 e -80°C ; gelo seco ou CO_2 a -80°C ; nitrogênio líquido a -196°C e imersão em etanol a -80°C) até que o produto atingisse -4°C , com 5 diferentes modos de descongelamento (circulação de ar a 0 e 12°C e imersão em água a 7 , 50 e 80°C) até 5°C , totalizando 25 tratamentos. O autor verificou que o congelamento e descongelamento da massa afetaram a firmeza do *Cream cheese* obtido. A firmeza do produto final decresceu significativamente com o decréscimo da taxa de descongelamento da massa, embora tenha tido um ligeiro aumento com a diminuição da taxa de congelamento. O autor justificou que a fração ligada, mas não livre da água no queijo foi responsável pelas mudanças na textura.

2 MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS INDUZIDAS PELA ACIDIFICAÇÃO DO LEITE, GELEIFICAÇÃO E FATORES QUE INFLUENCIAM A ESTRUTURA DO GEL.

Segundo o modelo de caseína proposto por HORNE (1998) a micela de caseína do leite é estabilizada por duas rotas de ligações cruzadas: as que ocorrem entre caseínas individuais através de suas regiões hidrofóbicas e as ligações envolvendo fosfato de cálcio coloidal (FCC). A formação e a integridade da micela são dependentes do equilíbrio entre forças atrativas e repulsivas, como por exemplo, atração hidrofóbica *versus* repulsão eletrostática. A k-caseína estaria associada às outras caseínas apenas por ligações hidrofóbicas (uma vez que não possui muito cálcio ligado devido à falta de resíduos de fosfoserina) e atuaria como uma finalizadora de cadeia, posicionada na superfície da micela.

As micelas de caseína do leite bovino são constituídas de aproximadamente 92% de caseína, 7% de cálcio e fósforo inorgânicos e pequenas quantidades de magnésio, citratos e outros elementos-traço (GUINEE *et al.*, 1999). Durante o abaixamento do pH ocorrem alterações importantes na composição, estrutura e reatividade das micelas (GASTALDI *et al.*, 1996). O FCC é um complexo amorfo de cálcio e fosfato orgânico associado aos resíduos de fosfoserina das caseínas, estabilizando as micelas.

Com a acidificação do leite ocorre sua solubilização, a qual é completada em pH ao redor de 5,1 – 5,3 (DE KRUIF, 1999; MCMAHON e BROWN, 1984; VAN HOOYDONK *et al.*, 1986; WALSTRA, 1990).

Com a acidificação, além da solubilização do FCC, a qual promove a dissociação da micela de caseína, também se observa a redução da carga micelar (potencial zeta) e diminuição da camada hidrodinâmica da micela (BANON e HARDY, 1992; ROEFS *et al.*, 1985; VAN HOOYDONK *et al.*, 1986; WALSTRA, 1990). Em valores de pH de 5,3 a 4,6, a neutralização de cargas e o aumento na hidrofobicidade levam à agregação das partículas de caseína e aumento de seu diâmetro aparente devido às interações atrativas (DE KRUIF, 1999). As caseínas dissociadas se associam novamente para formar uma nova partícula de caseína (GASTALDI *et al.*, 1996; GUINEE *et al.*, 1999), ocorrendo diminuição de proteínas na fase soro, que será de aproximadamente zero no ponto isoelétrico da caseína. Além disso, há um encurtamento da fração C-terminal da k-caseína (“colapso dos cabelos”) que se direciona da micela para o meio aquoso, diminuindo a repulsão estérica entre as micelas (BANON e HARDY, 1992; WALSTRA, 1990). Ocorre uma ligeira diminuição da viscosidade do leite até pH 5,3 a partir do qual há um grande aumento, culminando com a formação do gel (GASTALDI, 1996).

A geleificação ocorre quando as forças de agregação lentamente ultrapassam as de repulsão, resultando na formação de agregados relativamente porosos, com pequeno gradiente de densidade entre eles e a fase aquosa nos quais estão dispersos, permitindo tempo suficiente para se manterem próximos, promovendo a formação de agregados numa estrutura fina, altamente ordenada e ramificada na forma de cordões, culminando no desenvolvimento de uma malha com pequeno espaço intersticial, com grande capacidade de retenção de água e menor tendência a sinérese espontânea (GUINEE, 1999; HARWALKAR e KALAB, 1980).

A estrutura fina ou grosseira do gel é o fator determinante na qualidade do produto, principalmente em aspectos como aparência, maciez, estabilidade físico-química e disponibilidade para sinérese. Vários fatores influenciam a estrutura do gel ácido de leite, dos quais os mais importantes são: quantidade e tipo de proteína; tratamento térmico do leite; pH; homogeneização; temperatura

de incubação; adição de renina e taxa de geleificação (GUINEE *et al.*, 1999; HARWALKAR e KALAB, 1980 e 1981; KALAB e HARWALKAR, 1973 e 1974; LUCEY, 2002; LUCEY *et al.*, 2001 e 1998; LUCEY e SINGH, 1998; SCHKODA, 1999; WALSTRA *et al.*, 1985).

3 SINÉRESE DO GEL E DO PRODUTO FINAL

A sinérese, definida como a saída da fase soro do gel, requer rearranjo e encurtamento da matriz protéica numa estrutura mais compacta, devido ao efeito de rompimento de ligações da malha caseíca e conseqüente formação de outras ligações (WALSTRA *et al.*, 1985). É uma etapa essencial durante a fabricação de queijos tanto por coagulação ácida como por coagulação enzimática, embora sua ocorrência durante a estocagem do produto seja indesejável. A perda da capacidade de retenção da fase aquosa pode ser relacionada com a instabilidade da malha protéica e tem sido estudada por vários autores (GUINEE *et al.*, 1999; HARWALKAR e KALAB, 1981 e 1980; LUCEY e SINGH, 1998; LUCEY *et al.*, 1997; MODLER e KALAB, 1983; SCHKODA *et al.*, 1999; WALSTRA *et al.*, 1985).

Para o escoamento unidimensional através de um meio poroso, como em géis ácidos de leite, a taxa de sinérese pode ser expressa pela lei de Darcy (*Equação 1*) (WALSTRA *et al.*, 1985):

$$v = \frac{B\Delta P}{\eta l} \quad \text{Equação 1}$$

Onde: v é a velocidade superficial de escoamento, B o coeficiente de permeabilidade, η a viscosidade do líquido, ΔP a pressão exercida pela malha sobre o líquido e l a distância na qual o líquido escorre. Considerando ΔP e l constantes, no queijo, pode-se supor que a taxa de sinérese é diretamente proporcional ao coeficiente de permeabilidade (que é dependente da estrutura do produto) e inversamente proporcional à viscosidade do líquido a ser expulso.

Com o objetivo de estudar o equilíbrio físico-químico entre a fase aquosa e a matriz protéica do queijo Mussarela, GUO e KINDSTEDT (1995) padronizaram uma metodologia para separar a fase aquosa do queijo por centrifugação. Posteriormente, GUO *et al.* (1999) demonstraram que a quantidade de soro obtida por centrifugação do *Cream cheese* pode ser utilizada como índice de sua capacidade de retenção de água, ou de seu potencial para sinérese. Eles observaram que a capacidade de retenção de água do *Cream cheese* diminuiu significativamente durante a estocagem a 4 e 25°C, sendo mais pronunciada na mais alta temperatura. Comportamento inverso foi observado em queijos de coagulação enzimática, onde se constatou aumento na capacidade de retenção de água, além de grandes mudanças na composição da fase soro durante as primeiras semanas de estocagem (GUINEE *et al.*, 2000; GUO e KINDSTEDT, 1995; RAMKUMAR *et al.*, 1997), tendo sido também acompanhada, no caso da Mussarela, por exemplo, por mudanças na microestrutura dos queijos (KIELY *et al.*, 1993). PAULSON *et al.*, (1998) verificaram que no queijo Mussarela fabricado por acidificação direta, o aumento da quantidade de sal adicionado (NaCl) levou ao aumento da capacidade de retenção da água da matriz protéica, uma vez que o queijo fabricado sem adição de sal, embora tivesse tido menor teor de umidade, apresentou quantidade considerável de soro centrifugado após 24 dias de armazenamento, enquanto que os queijos com adição de sal apresentaram quantidade menor. A capacidade de retenção de água de todos os queijos aumentou durante o armazenamento e foi acompanhada pela melhora da capacidade de derretimento dos queijos. O queijo não salgado apresentou estrutura da matriz protéica mais aberta, com vários bolsões originalmente ocupados por soro, com muitos agregados protéicos.

ACOSTA e KINDSTEDT (2001) estudaram o efeito do tempo e temperatura de estocagem do *Cream cheese* (21 e 111 dias a 25 e 4°C, respectivamente) na composição e na viscosidade da fase aquosa do produto fabricado com goma locusta. Os autores observaram que a distribuição de proteínas e minerais entre a matriz protéica-gordurosa e a fase aquosa dos queijos não mudou significativamente durante o período de estocagem. Quando a quantidade de soro aumentou, a viscosidade do soro diminuiu,

indicando ser a viscosidade da fase aquosa o fator determinante na capacidade de retenção de água do queijo.

4 TEXTURA

A textura é sem dúvida um parâmetro importante para a avaliação de queijos e tem efeito significativo na determinação de sua identidade e qualidade (LAWRENCE *et al.*, 1987). Vários fatores são responsáveis pela alteração da textura dos queijos: composição (teores de sal, umidade, gordura, proteína e cálcio), pH, temperatura, condições de processamento e maturação (GUINEE *et al.*, 2002; ALMENA-ALISTE e KINDSTEDT, 2000; WATKINSON *et al.*, 2001; ROWNEY *et al.*, 1999; LUCEY e FOX, 1993; LAWRENCE *et al.*, 1987).

Dos três eventos bioquímicos primários que ocorrem durante a maturação de queijos (glicólise, lipólise e proteólise), a proteólise é a mais complexa e importante, sendo a principal responsável por mudanças na textura dos queijos. Os queijos contêm enzimas proteolíticas provenientes do coalho, leite, cultura láctica empregada, microrganismos contaminantes e em grandes variedades, da cultura secundária. A hidrólise da α S₁-caseína, e conseqüente formação da α S₁-I-caseína, leva ao enfraquecimento da rede protéica, provocando o amaciamento ou diminuição da firmeza dos queijos (FOX *et al.*, 2000).

PEREIRA *et al.* (2002) estudaram a correlação entre a textura instrumental e sensorial de diversos queijos análogos comerciais. Queijos com baixo teor de umidade foram em geral os mais firmes. As micrografias sugeriram que os resultados estavam associados com o tamanho dos glóbulos de gordura, uma vez que com sua redução em produtos com menor umidade, levou à obtenção de produtos mais firmes, emulsificados e estáveis.

A influência da variação sazonal sobre a composição do leite e a qualidade do queijo Cheddar foi estudada por HALMOS *et al.* (2002). Os autores demonstraram que na Austrália, por haver grande sazonalidade na

quantidade e composição do leite obtido ao longo do ano, há grande variação no grau de proteólise dos queijos obtidos e portanto, queijos com textura variada e com comportamento distintos ao longo do período de maturação. Os autores sugeriram que as práticas empregadas naquele país, para a padronização dos teores de gordura e proteína por produtores de queijo, não são adequadas para a obtenção de queijo Cheddar de qualidade e características constantes ao longo do ano.

MARCHESSEAU *et al.* (1997) avaliaram a firmeza de queijos processados com pH variando de 5,7 a 5,2. O queijo de pH mais baixo apresentou menor firmeza e malha protéica menos densa e homogênea do que o queijo com pH 5,7. Os autores sugeriram que o decréscimo da uniformidade estrutural não permitiu uma distribuição adequada do estresse, resultando na menor firmeza observada para o queijo com pH 5,2.

TUNICK *et al.* (1993) estudaram, mediante planejamento experimental completo, as influências do teor de gordura do leite (1 e 3,5%), da pressão de homogeneização do leite (leite não homogeneizado e homogeneizado a 10,3 ou 17,2 MPa), bem como do aquecimento da coalhada durante a dessoragem (32,4 e 45,9°C) sobre a firmeza do queijo Mussarela. Os autores verificaram que ocorreu maior hidrólise protéica nos queijos dessorados a 32,4°C, provavelmente por apresentarem maior umidade em relação aos tratados a 45,9°C. A firmeza do queijo aumentou com o aumento da temperatura de cozimento, provavelmente por terem apresentado menor umidade, conseqüentemente menor hidratação das proteínas, menor liberdade de movimento das moléculas protéicas e maior quantidade de caseína intacta. A firmeza também aumentou quando o conteúdo de gordura diminuiu, possivelmente devido ao adensamento da matriz protéica provocado pela redução da gordura. O aumento da pressão de homogeneização, particularmente associado ao aumento do aquecimento da massa coagulada, influenciou na obtenção de queijo mais firme, possivelmente pela incorporação da caseína na membrana do glóbulo de gordura, promovendo maior número de ligações cruzadas.

Para avaliar o efeito do sal na firmeza e microestrutura do queijo Cheddar, PASTORINO *et al.* (2003c) desenvolveram recentemente

metodologia de injeção, à alta pressão, de solução de cloreto de sódio (20g/100g) no queijo. Os autores verificaram que o aumento do teor de sal foi acompanhado pelo aumento da firmeza do queijo. Além disso, a análise da microestrutura do produto revelou também aumento da área ocupada pela matriz protéica. Quando foi estudado o efeito da injeção de água ou solução de cloreto de cálcio (40g/100g), PASTORINO *et al.*, 2003d verificaram que embora a injeção de água tenha aumentado o tamanho da área ocupada pela proteína, esta não afetou as propriedades de textura e derretimento do queijo. Em contraste, a injeção de cloreto de cálcio levou à diminuição da umidade (devido à sinérese do produto) e do pH do queijo, bem como da área ocupada pela proteína. Ocorreu aumento da firmeza do queijo e diminuição de sua capacidade de derretimento. Já no estudo de injeções sucessivas de solução tampão de citrato de sódio de pH 5,27 (PASTORINO *et al.*, 2003a) ocorreu a solubilização do fosfato de cálcio enquanto o conteúdo de fosfato de cálcio ligado decresceu. O teor cálcio solúvel diminuiu, embora o cálcio ligado tenha permanecido constante. Os autores justificaram que a ligeira diminuição da quantidade de cálcio solúvel foi, provavelmente, devido tanto à formação e concentração de precipitado cristalino na superfície do queijo, o qual foi removido durante as análises, quanto à expulsão do soro do queijo. O pH do queijo não foi afetado. A área ocupada pela matriz protéica e a firmeza do produto aumentaram, os quais provavelmente, foram causados pelo aumento da solubilização do fosfato e a diminuição do cálcio iônico.

5 CAPACIDADE DE DERRETIMENTO

A capacidade de derretimento é uma das mais importantes propriedades funcionais dos queijos, especialmente para sua aplicação como ingrediente em produtos formulados, alimentos congelados, pizza e sanduíches.

As propriedades de derretimento dos queijos são controladas pela sua composição química no momento do aquecimento. Isto não inclui somente parâmetros como teor protéico, gordura, umidade, sal e pH, mas também outros como conteúdo de cálcio, hidrólise protéica e principalmente a extensão

da hidratação da proteína, ou seja, a capacidade de retenção de água da matriz caseína (GUINEE *et al.*, 2000; MCMAHON e OBERG, 1998). Esses parâmetros por sua vez são influenciados por fatores como a variedade do queijo, as condições de processamento, maturação e os ingredientes utilizados.

A capacidade de derretimento do queijo aumenta significativamente durante o período de armazenamento devido ao enfraquecimento da rede protéica provocado pela proteólise, principalmente da α_{s1} -caseína (SPADOTI *et al.*, 2003; KINDSTEDT, 1991; ROWNEY *et al.*, 1999; YUN *et al.*, 1993a; TUNICK *et al.*, 1993). Entretanto, BOGENRIEF e OLSON (1995) sugeriram que capacidade de derretimento do Cheddar está mais relacionada à hidrólise da β -caseína do que α_{s1} -caseína, uma vez que queijos fabricados com proteinase de *Cryphonectria parasitica* tiveram maior derretimento que os fabricados com renina. Os autores atribuíram esse aumento na capacidade de derretimento à hidrólise da β -caseína.

Recentemente, tem-se demonstrado que das propriedades funcionais, o aumento da capacidade de derretimento de queijos como Mussarela e Cheddar está intimamente relacionado ao aumento da capacidade de retenção de água pela matriz protéica, nos primeiros dias após a fabricação (GUINEE *et al.*, 2000; MCMAHON *et al.*, 1999; PAULSON *et al.*, 1998).

RUDAN e BARBANO (1998) compararam o derretimento de queijos Mussarela com teores de gordura variados (sem gordura, parcialmente desengordurado e queijo com gordura integral), destinados ao preparo de pizza. Os autores observaram que no queijo com maior teor de gordura, esta começa a derreter durante o aquecimento, tornando-se líquida e com expansão relativa maior do que a da matriz protéica. Isso faz com que parte da gordura se mova da matriz para a superfície do queijo. Essa difusão faz com que a proteína e regiões com umidade sejam cobertas pela gordura líquida, prevenindo o ressecamento da superfície e a perda de peso por evaporação da água. Nos demais tipos de queijos, devido à carência de gordura na superfície, uma vez que não há sua difusão, ocorre rapidamente a desidratação da superfície com formação de película escura, antes que o queijo atinja a temperatura que lhe permita fluir e se fundir com as partículas adjacentes,

limitando seu derretimento. Quando foi aplicado sobre a superfície dos queijos óleo de palma na forma de spray (3g/150g de queijo) com a finalidade de se prevenir a formação de película, os queijos com baixo teor de gordura tiveram o mesmo derretimento e coloração do queijo com teor de gordura integral.

FIFE *et al.* (1996) estudaram o derretimento de queijos com baixos teores de gordura (variando de 2 a 5%) e parcialmente desengordurado (19,3%). A viscosidade aparente não diferiu entre os tratamentos, embora tenha diminuído com o tempo de estocagem. O grau de proteólise foi o mesmo para os queijos, ocorrendo diminuição significativa da caseína intacta principalmente nos 7 primeiros dias. A capacidade de derretimento foi menor para os queijos com menor teor de gordura em relação ao parcialmente desengordurado; entretanto essa diferença não foi mais significativa a partir de 28 dias de armazenamento. Para todos os produtos, o derretimento aumentou durante o tempo de estocagem. Os autores concluíram que embora tenha havido proteólise e que esse evento possivelmente tenha contribuído para aumentar o derretimento dos queijos, a hidrólise das caseínas não foi o principal fator de aumento do derretimento durante a estocagem dos queijos. Os autores sugeriram que o aumento da retenção de água em queijos com baixo teor de gordura pode ter levado à melhora de suas características de derretimento.

TUNICK *et al.* (1993) estudaram os efeitos do teor de gordura do leite (1 e 3,5%), homogeneização do leite (leite não homogeneizado e homogeneizado a 10,3 ou 17,2 kPa) e o aquecimento da coalhada durante a dessoragem (32,4 e 45,9°C) sobre a capacidade de derretimento do queijo Mussarela. Os autores verificaram que o derretimento aumentou com a elevação do teor de gordura, tempo de estocagem e proteólise. Ocorreu maior hidrólise protéica nos queijos dessorados a 32,4°C, provavelmente por terem tido maior umidade em relação aos tratados a 45,9°C. A maior temperatura de cozimento levou à obtenção de produtos com menor umidade e provavelmente com matriz protéica mais firme e pronta para suportar seu próprio peso quando o queijo foi aquecido. A capacidade de derretimento diminuiu com o aumento da pressão de homogeneização, provavelmente pela incorporação da caseína na membrana do glóbulo de gordura, aumentando o número de ligações cruzadas, ao mesmo

tempo prevenindo que a gordura derretida fluísse para fora da matriz. A massa aquecida a 32°C, proveniente do leite com teor de gordura de 1% e homogeneizado 10,3kPa resultou num queijo com propriedades semelhantes às dos queijos com altos teores de gordura.

LEREVERE *et al.* (2000) verificaram que os teores de gordura, proteólise e umidade influenciaram o escoamento dos queijos Cheddar e Gouda, uma vez que se correlacionaram bem com o teste de derretimento de Arnott. As imagens de microscopia eletrônica de varredura demonstraram que quando o Cheddar foi derretido num recipiente que limitou seu escoamento horizontal, a matriz protéica do queijo tornou-se mais compacta e homogênea, indicando que parte do aquecimento foi usada para um rearranjo das interações proteína-proteína. Sob aquecimento, a gordura que era parcialmente cristalina derreteu, resultando num enfraquecimento do queijo numa extensão a qual não pode suportar seu próprio peso. Os autores concluíram que a gordura no estado sólido suporta a matriz protéica contra o colapso devido a ação da gravidade.

JOSHI *et al.* (2002) verificaram que a adição de sal em queijo Mussarela obtido por acidificação direta levou ao aumento da capacidade de derretimento do queijo, fato também observado por PAULSON *et al.* (1998) e MCMAHON e OBERG (1998), que justificaram que altos conteúdos de cálcio e ausência de sal levam ao aumento da interação dos agregados protéicos, que por sua vez necessitam de mais energia para romperem a malha da matriz caseína, restringindo a habilidade da proteína a fluir quando aquecida. A adição de sal, especialmente quando o conteúdo de cálcio é reduzido, aumentou a interação individual das proteínas com a água, reduzindo a extensão da interação entre as moléculas protéicas.

GIGANTE *et al.* (2001c) estudaram o efeito do pH da ultrafiltração (5,2 e 5,7), a adição de concentrado protéico de soro e de sais emulsificantes na característica de derretimento do requeijão cremoso. Os autores observaram que a adição de CPS diminuiu a capacidade de derretimento do requeijão cremoso, sendo esse efeito mais acentuado no pH 5,2 do que no de 5,7.

GUINEE *et al.* (2000) avaliaram a capacidade de derretimento de queijos comerciais (Mussarela, Cheddar e queijo para pizza). Os autores utilizaram

280°C/4 minutos para derretimento de discos de 4mm de espessura e 45mm de diâmetro. Verificou-se que o queijo Cheddar apresentou maior capacidade de derretimento que os queijos Mussarela e Análogo, provavelmente devido ao seu maior grau de proteólise e possivelmente, maior hidratação da matriz protéica devido ao menor nível de soro extraído por centrifugação.

A indústria de laticínios precisa de um método objetivo para acessar as propriedades de derretimento dos queijos, entretanto, sua determinação tem-se tornado complicada uma vez que o derretimento é determinado tanto por características de mudança térmica de fase de um queijo sólido, quanto por propriedades reológicas ou de escoamento do produto, as quais são interdependentes (PARK *et al.*, 1994).

Diversos métodos são utilizados para avaliar a capacidade de derretimento de diferentes tipos de queijo. O princípio da avaliação baseia-se na exposição de porção do produto a uma fonte de calor, a dada temperatura, por tempo determinado. Entretanto, os métodos variam entre si em relação ao equipamento, à temperatura e ao tempo utilizados. Além disso, o formato e tamanho das amostras, bem como a forma de expressar a capacidade de derretimento, também podem variar.

Os dois primeiros testes para avaliar a capacidade de derretimento dos queijos datam de 1957 e 1958, para queijo Cheddar e processado, respectivamente. Para avaliar a capacidade de derretimento de queijo Cheddar, ARNOTT *et al.* (1957) utilizaram cilindros de 17mm de diâmetro e 17mm de altura. Os cilindros foram derretidos em forno a 100°C por 15 minutos e a determinação da altura do cilindro foi feita antes e depois do derretimento, com ajuda de um micrômetro. A capacidade de derretimento foi relacionada com o decréscimo da altura do cilindro. Para avaliar a capacidade de derretimento de queijo processado, OLSON e PRICE (1958) utilizaram amostras de 15 g de queijo, que foram pesadas diretamente dentro de tubos de derretimento de vidro, de forma cilíndrica, com 250mm de comprimento e 30mm de diâmetro, com duas linhas de referência gravadas no tubo, no sentido longitudinal e transversal. Os tubos foram colocados na posição horizontal com o auxílio de um suporte e levados a estufa com corrente de ar forçada a 110°C/8 minutos (6+2) A distância total, em milímetros, percorrida pela amostra

após 8 minutos de aquecimento foi denominado fluxo de queijo e usada como critério de derretimento da amostra.

Atualmente, um método bastante utilizado para o estudo do derretimento de queijo é o de Schreiber's, descrito por KOSIKOWSKI e MISTRY (1997). Nesse teste, utilizam-se discos de queijo com 5mm de espessura e 40mm de diâmetro, que são derretidos em forno a 232°C por 5 minutos. O aumento do diâmetro dos discos do queijo após o aquecimento é utilizado para expressar a capacidade de derretimento do mesmo.

PARK *et al.* (1984) avaliaram a capacidade de derretimento de diferentes tipos de queijos através dos métodos de Arnott e Schreiber. Foram testados quatro queijos comerciais diferentes, utilizando-se estufa com circulação de ar e forno de microondas para estabelecer as condições dos testes (100°C/15minutos e 232°C/5minutos, para os testes de Arnott e Schreiber, respectivamente). Os autores observaram que o aquecimento afetou diferentemente os diversos queijos, provavelmente devido às propriedades estruturais de cada um. Segundo os autores, testes de Arnott e Schreiber não avaliam os mesmos atributos reológicos, uma vez que não tiveram boa correlação entre si.

Entretanto, WANG e SUNG (2002) compararam a capacidade de derretimento de queijo Cheddar e Mussarela comerciais, utilizando metodologia de processamento de imagem e testes de Arnott e Schreiber. Os resultados demonstraram que a capacidade de derretimento determinada com auxílio do recurso computacional foi significativamente inter-relacionada ($P < 0,0001$) com os testes de Arnott ($R^2 = 0,69$) e Schreiber ($R^2 = 0,88$).

6 EFEITO DO pH NAS PROPRIEDADES DO QUEIJO

O pH é um parâmetro importante para a identidade e qualidade de todos os queijos, pois afeta diretamente sua estrutura e propriedades reológicas, presumivelmente porque o pH altera fortemente as interações químicas entre os componentes estruturais (proteínas, água e minerais) dos queijos. Além disso, as mudanças proteolíticas e microbiológicas que contribuem para o

flavor e textura dos queijos, são também fortemente influenciadas pelo pH (LAWRENCE *et al.*, 1987, 1984, 1983).

MARCHESSEAU *et al.* (1997) estudaram o efeito do pH durante a fabricação de queijos processados e sugeriram que a redução do pH, durante o processamento do queijo, poderia aumentar as interações entre as proteínas, pois houve aumento da quantidade de proteína sedimentável por centrifugação, seguido pela diminuição da capacidade de retenção de água dessas proteínas. A maior firmeza do queijo foi obtida a pH 5,7, tendo diminuído quando o pH aumentou para 6,7 ou diminuiu para 5,2. As micrografias revelaram mudanças significativas na organização da matriz protéica foram causadas por pequenas variações do pH.

Recentemente, FEENEY *et al.* (2002) estudaram o efeito do pH e da concentração de cálcio sobre a proteólise do queijo Mussarela com baixo teor de umidade. Foram fabricados quatro diferentes queijos a partir do mesmo leite: acidificado com cultura láctica; adição de ácido láctico (5g/100mL leite) e adição de uma mistura de ácido láctico e glucona- δ -lactona nos níveis de 1,6 ou 3,6 g/100g de massa coagulada. Os autores verificaram que tanto o pH quanto o conteúdo de cálcio afetaram significativamente o teor de umidade, além do tipo e extensão da proteólise do queijo durante estocagem a 4°C. Para queijos com pH similar, reduzindo-se a razão de cálcio/caseína de 29 para 22mg/g de proteína, resultou num aumento do teor de umidade e nas proteólises primária e secundária. O aumento do pH de 5,5 para 5,9, mantendo-se a razão cálcio/caseína relativamente constante a 29mg/g, resultou num aumento da proteólise primária, porém sem efeito sobre a secundária. Comparando-se queijos com composição similar, o queijo controle feito com cultura láctica apresentou os maiores níveis de nitrogênio solúvel a pH 4,6 e degradação da α S₁-caseína, sugerindo que a cultura foi o principal agente responsável pela formação de pequenos peptídeos e aminoácidos.

O efeito do pH sobre as propriedades funcionais da Mussarela foi estudado por GUINEE *et al.* (2002), mediante fabricação de queijos acidificados por flora termofílica (controle) e acidificação direta com ácido láctico, combinado ou não com a adição de glucona- δ -lactona (GDL). O queijo obtido por acidificação direta, sem adição de GDL, obteve o maior pH após um dia de

fabricação e as mais baixas concentrações de cálcio e caseína intacta, além de menor firmeza. Este queijo apresentou o melhor índice de capacidade de retenção de água, apesar de ter o maior teor de umidade e, com apenas 1 dia de fabricação, apresentou derretimento e microestrutura iguais ao do queijo controle com 20 dias. Os autores concluíram que pode-se modificar as propriedades funcionais desenvolvidas no decorrer do período de armazenamento da Mussarela, alterando-se o pH e a concentração de cálcio.

WATKINSON *et al.* (2001) estudaram o efeito da variação do pH sobre a textura e proteólise num queijo experimental obtido por acidificação direta com ácido cítrico a pH 6,1 (com processo semelhante ao Cheddar), adicionando-se várias quantidades de glucona- δ -lactona após a dessoragem da massa. O pH dos queijos obtidos variou de 6,22 (sem adição) a 5,20. Os valores de pH não se alteraram ao longo do tempo de estocagem (87 dias). O pH influenciou a umidade dos queijos obtidos, sendo a menor umidade no queijo de menor pH, embora a diferença não tenha excedido 2%. Não houve diferença no conteúdo de cálcio total, pois os queijos foram dessorados no mesmo pH (6,1), embora tenha havido diminuição do cálcio iônico quanto maior foi o pH do queijo. Com o aumento do pH de 5,20 para 6,22, observou-se o aumento da firmeza, do nitrogênio solúvel em água e do nitrogênio não protéico. Ao mesmo tempo, a hidrólise da α -caseína diminuiu. Segundo os autores, o aumento do nitrogênio não protéico deveu-se, provavelmente, à maior hidrólise de β -caseína, devido à maior atividade da plasmina no mais alto pH. Por outro lado, a menor hidrólise da α -caseína pode estar relacionada à diminuição da atividade da renina no mais alto pH.

YUN *et al.* (1993a e b) variaram o pH do queijo Mussarela deixando a massa coagulada e dessorada, fermentada com cultura láctica acidificante termófila, chedarizando até que o pH atingisse os valores de 5,40, 5,25, 5,10. Os autores verificaram que a diminuição do pH aumentou a acidez titulável do queijo. A composição química inicial, além da quantidade de nitrogênio solúvel em TCA 12% e em pH 4,6, não foram afetados. O teor de cálcio diminuiu ligeiramente com o abaixamento do pH, entretanto essa diferença não foi significativa ($P < 0,05$). Durante 50 dias de estocagem a diferença entre os pH dos queijos foi mantida e a proteólise, embora tenha ocorrido durante a

estocagem a 4°C, não foi afetada pelo pH dos queijos. Com relação à funcionalidade dos queijos, a diferença dos pH não afetou as análises do perfil de textura e as características dos queijos derretidos (capacidade de derretimento e liberação de óleo livre). Durante o tempo de armazenamento a firmeza dos produtos diminuiu, enquanto a capacidade de derretimento e formação de óleo livre aumentaram. Os autores atribuíram à proteólise essas mudanças na funcionalidade dos queijos.

O efeito do ajuste do pH durante a etapa de fabricação do queijo *Civil* foi recentemente estudado por YAZICI *et al.* (2003). Leite cru mantido a 36°C foi adicionado de renina apenas quando o seu pH atingiu naturalmente os valores de 5,45, 5,40, 5,35, 5,30 e 5,25 e os queijos obtidos foram analisados por um período de seis meses. Os queijos com pH de 5,45 e 5,40 tiveram os maiores valores de sal na umidade, porém menores teores de matéria seca e nitrogênio total. Após o período de armazenamento, os queijos com maior pH apresentaram os menores valores sensoriais e maiores índices de proteólise e nitrogênio solúvel, provavelmente devido à maior degradação das α e β -caseínas. O painel sensorial preferiu os queijos feitos com pH de 5,30 e 5,35, onde o tempo de estocagem não teve um efeito negativo sobre as propriedades químicas, bioquímicas e sensoriais dos queijos. Os autores sugeriram, portanto, que sejam aplicados esses pH durante a fabricação dos queijos.

RAMKUMAR *et al.* (1997) estudaram o efeito do pH sobre as propriedades de queijo modelo (semelhante ao Cheddar) em três diferentes grupos. No primeiro, os autores utilizaram cultura láctica de *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* e renina. Eles variaram o pH no momento da drenagem do soro (5,9 e 5,6) e no ato da salga (5,6, 5,3 e 5,0) e verificaram que ocorreu a diminuição da quantidade de fase aquosa centrifugada com a diminuição do pH. Houve aumento da quantidade de cálcio na fase aquosa com a diminuição do pH, enquanto que o teor de sódio diminuiu. No segundo grupo, os autores variaram o pH do queijo (6,0, 5,7, 5,4 e 5,1) usando acidificação direta mediante adição de ácido láctico e *Rennilase* como coagulante, com a finalidade de se ter uma pequena proteólise durante a estocagem. Verificou-se que a quantidade de fase aquosa obtida foi maior com o aumento do pH de 5,7

para 6,0, enquanto que nos produtos de menor pH não houve soro mesmo no primeiro dia após a fabricação do queijo. Finalmente, o terceiro grupo foi fabricado com acidificação direta a pH 5,9 e *Rennilase*, sendo adicionado no dia seguinte, após a salga do produto, quantidades variadas de glucona- δ -lactona (7, 11, 16 e 20g/kg), permitindo a obtenção de produtos com composição idênticas, porém com pH diferentes (5,61, 5,43, 5,30, e 5,19, respectivamente). Verificou-se que o pH das amostras não variou com o tempo de estocagem. O queijo com menor pH teve a menor quantidade de fase aquosa, não sendo mais extraída após 11 dias de fabricação. O teor de cálcio na fase aquosa aumentou com o abaixamento do pH, embora tenha ocorrido o aumento da quantidade de cálcio em todas as amostras durante o período de armazenamento.

O conhecimento de como o pH afeta as propriedades do leite e das micelas de caseína tem fornecido a base para o entendimento do seu efeito sobre queijos. Entretanto, pesquisas têm encontrado limitação na modificação do pH do queijo uma vez que ocorrem alterações em outros parâmetros dos queijos, tornando-se difícil a separação do efeito do pH das mudanças, por exemplo, dos teores de cálcio total e solúvel, umidade, extensão e padrão da proteólise, bem como de suas interações (LAWRENCE *et al.*, 1983; LUCEY e FOX, 1993). Embora várias pesquisas relatem a influência do pH sobre as propriedades físico-químicas e funcionais dos queijos durante a fabricação e maturação (KIELY *et al.*, 1992; LAWRENCE *et al.*, 1987 e 1984; MARCHESSEAU *et al.*, 1997; NOOMEN, 1983; OLSON *et al.*, 1996; RAMKUMAR *et al.*, 1997; VAN HOOYDONK *et al.*, 1986; WATKINSON *et al.*, 2001; YUN *et al.*, 1993a e b), é difícil estudar o efeito independente do pH sobre as características dos queijos.

Com a finalidade de estudar o efeito independente do pH sobre as propriedades do queijo, NOOMEN (1983) desenvolveu metodologia para aumentar o pH do queijo após fabricação, a qual foi modificada por VASSAL *et al.* (1986) e adaptada e expandida por KINDSTEDT *et al.* (2001), que expôs queijo Mussarela à atmosfera de hidróxido de amônio ou ácido acético para aumentar e diminuir o pH, respectivamente. Esse método tornou possível a variação do pH do queijo sem causar alterações significativas nos parâmetros

químicos e enzimáticos que afetam suas características. Recentemente, outro método de alteração de pH foi apresentado por PASTORINO *et al.* (2003b) mediante injeção, sob pressão, de solução de glucona- δ -lactona ao queijo Cheddar. Na mesma linha de raciocínio, com o objetivo de estudar a influência de variáveis interdependentes sobre as características dos queijos, PASTORINO *et al.* (2003a, c e d) variaram os teores de cálcio, sal, água e solução-tampão de citrato de sódio utilizando-se da injeção, sob pressão, desses componentes.

KINDSTEDT *et al.* (2001) estudaram o efeito do pH em Mussarela (cujo pH inicial era 5,24) através da exposição do queijo às atmosferas de hidróxido de amônia e ácido acético. Os autores observaram um aumento quadrático na concentração de cálcio solúvel quando o pH diminuiu, acompanhado por uma notável perda na habilidade do queijo em escoar e esticar (a pH 4,83) quando aquecido, apresentando uma aparência granular e um drástico aumento na sua viscosidade aparente. Por outro lado, quando o pH aumentou, a quantidade de cálcio solúvel diminuiu, tendo o queijo apresentado uma estrutura consideravelmente mais fibrosa e elástica, também apresentando um aumento na viscosidade aparente. Os autores sugeriram que o pH tem forte influência na distribuição de cálcio entre a fase soro e a matriz protéico-gordurosa, pois quando o pH aumentou, ocorreu diminuição do cálcio solúvel, que pode ter contribuído para o aumento da viscosidade aparente e aspecto mais fibroso e elástico do queijo, devido ao aumento do cálcio disponível na malha protéica para se promover ligações cruzadas entre proteínas. Já o aumento drástico que ocorreu na concentração de cálcio solúvel em pH abaixo de 5,0 pode ter contribuído para a perda repentina do escoamento do queijo, uma vez que a Mussarela perdeu a habilidade de derreter e escoar. Recentemente, GE *et al.* (2002) demonstraram que essas mudanças na distribuição do cálcio, funcionalidade e aspecto da Mussarela quando derretida, foram reversíveis quando o pH foi retornado ao estado original.

Utilizando o método de alteração de pH desenvolvido por KINDSTEDT *et al.* (2001) adaptado para *Cream cheese*, GIGANTE *et al.* (2001a) avaliaram o efeito do pH (cerca de 4,5, 4,8 e 5,2) sobre a quantidade e a viscosidade do soro obtido do *Cream cheese* fabricado com goma locusta, armazenados a 4 e

20°C. Os autores observaram que a quantidade de soro aumentou significativamente durante a estocagem e aumentou mais rápido na mais alta temperatura e no maior pH. Por outro lado, a viscosidade do soro diminuiu durante a estocagem e diminuiu mais rápido na temperatura mais alta e foi menor no pH maior. Esses dados sugerem que um melhor entendimento sobre a sinérese do *Cream cheese* pode ser alcançada conhecendo-se o comportamento do equilíbrio físico-químico entre a matriz protéica e a fase aquosa dos queijos frente aos diferentes valores de pH.

PASTORINO *et al.* (2003b) diminuíram o pH do queijo mediante injeções sucessivas, sob alta pressão, de solução de glucona- δ -lactona (20g/100g). Os autores verificaram que a diminuição do pH levou à solubilização do cálcio coloidal, e que após 5 injeções sucessivas ocorreu a sinérese do produto, que foi acompanhada de diminuição da umidade do queijo, além da contração da matriz protéica. Abaixando o pH de 5,3 (controle, sem injeção) para 5,0, ocorreu o aumento do derretimento, provavelmente pela diminuição da interação proteína-proteína causada pela solubilização do cálcio coloidal. Ocorreu também a diminuição da firmeza, uma vez que a transferência do estresse foi impedida devido à menor interação protéica. Entre valores de 5,0 a 4,7, devido à aproximação do ponto isoelétrico da proteína, ocorreu uma maior interação proteína-proteína, resultando na diminuição do derretimento. Não ocorreu efeito sobre a firmeza do queijo, provavelmente pelo efeito da maior interação protéica ter compensado os efeitos dos menores teores de cálcio e umidade.

Utilizando o método de alteração de pH pós-fabricação, NOOMEN (1983) aumentou o pH dos queijos maturados e preparados com e sem adição de coagulante. O autor observou a diminuição da firmeza dos queijos após a exposição à atmosfera amoniacal. O mesmo foi observado para *Cream cheese* por ALMENA-ALISTE e KINDSTEDT (2000), que demonstraram existir uma correlação negativa entre o pH e a firmeza do queijo. Quando o pH foi aumentado, a firmeza do queijo diminuiu sensivelmente. Além disso, ALMENA-ALISTE *et al.* (2002) demonstraram que a diminuição da firmeza do *Cream cheese* provocada pelo aumento do pH pode ser revertida, pois quando o queijo que havia sido anteriormente tratado com amônia foi exposto ao vapor

de ácido clorídrico para retornar o pH ao seu estado original, observou-se um aumento na firmeza, mostrando alto grau de reversibilidade. Estes estudos, que avaliaram o efeito independente do pH, demonstraram a existência de correlação entre o pH e a firmeza dos queijos.

HARWALKAR e KALAB (1980), utilizando géis ácidos obtidos pela adição de glucona- δ -lactona (GDL), observaram considerável diferença na firmeza e na microestrutura dos géis quando o pH diminuiu de 5,5 a 4,6. No mais alto pH houve uma diminuição da firmeza dos géis e a microestrutura revelou partículas menores de caseína. Através de géis obtidos por diferentes acidificantes, HARWALKAR e KALAB (1981) observaram que quando a estrutura da malha protéica passou de corpuscular para uma malha fibrosa, com micelas de caseína associadas em cadeia, ocorreu diminuição da sinérese associado ao aumento da firmeza dos géis.

LUCEY *et al.* (2001) demonstraram em géis ácidos que existe correlação entre o aumento da permeabilidade e a diminuição da capacidade de retenção de água, uma vez que esta poderia se mover facilmente para a superfície do gel se os poros da malha protéica são largos. Os autores também demonstraram correlação negativa entre permeabilidade e firmeza. A microestrutura revelou que os géis que apresentaram malha mais interconectada foram os mais firmes, enquanto os que tinham uma estrutura mais grosseira, foram os mais frágeis.

Possivelmente, a exemplo do que acontece no gel ácido, onde pH, firmeza, sinérese e microestrutura se correlacionam (HARWALKAR e KALAB, 1980; LUCEY *et al.* 2001), no *Cream cheese*, queijo obtido por coagulação ácida, estes fatores estão também relacionados.

7 GOMA LOCUSTA

As duas classes mais importantes de ingredientes funcionais em alimentos são proteínas e polissacarídeos, que contribuem para as características estruturais e de textura em alimentos através de suas

propriedades de agregação e geleificação (DICKINSON e MCCLEMENTS, 1995).

A goma locusta, uma galactomana, é um polissacarídeo não-iônico extraído das sementes da árvore *Ceratonia siliqua*, cujo peso molecular é 310000. Ela possui esqueleto linear de resíduos de β -(1-4)-D-manose, substituídos com cadeia lateral simples de α -(1-6)-D-galactose irregularmente distribuídos, cuja razão manose/galactose de 3,5. A goma guar, também uma galactomana, tem estrutura semelhante, porém a relação manose/galactose é de 1,8. Ambas têm sido largamente usadas como hidrocolóides industriais, principalmente por aumentar a viscosidade em relativamente baixas concentrações (DEA e MORRISON, 1975). A maior razão manose/galactose promove maior probabilidade de se encontrar longas seções de cadeias que são livres de ramificações. Essas seções lineares poderiam se alinhar e interagir com as proteínas e outros hidrocolóides para dar viscosidade e corpo ao produto (HUNT e MAYNES, 1997).

A goma locusta e seus derivados são altamente hidrofílicos e por serem polissacarídeos neutros, o pH tem pouco efeito sobre a viscosidade das soluções na faixa entre 3 a 11, embora o aumento da força iônica diminua a viscosidade. Quando usados em queijos processados, produzem produto com melhor consistência e mais fácil de ser espalhado (ROL, 1973).

FERRAGUT e CHIRALT (1996), através de análises da microestrutura de emulsões de baixo teor de gordura, contendo proteínas do leite e goma locusta, sugeriram que a goma e a caseína se associem de modo a formar agregados entrelaçados, pois foi observado, além da presença de agregados de caseína na fase contínua da emulsão, o aparecimento de rede cujo aspecto diferiu dos agregados caséicos, tendo sido também adsorvida na interface óleo-água como multicamada macromolecular. Como a goma locusta é um polissacarídeo neutro, poderia ocorrer sua interação com a cadeia protéica neutralizada da proteína, uma vez que o produto se encontrava na faixa de pH próximo ao ponto isoelétrico da caseína. Forças de Van der Waals e pontes de hidrogênio seriam responsáveis por essas interações, que por sua vez, são afetadas por pH, força iônica e relação proteína/polissacarídeo.

SANCHEZ *et al.* (2000), a partir de estudos de géis ácidos contendo ou não concentrações variadas (0,001, 0,02 e 0,1%) de gomas locusta ou xantana e combinações entre elas, verificaram que a natureza da goma (neutra ou polianiónica), bem como o aumento de sua concentração (usada isoladamente ou em conjunto), causaram grandes alterações na estrutura tridimensional da rede micelar. O gel controle (sem adição) apresentou filamentos de caseína altamente ramificados e com distribuição homogênea, com tamanho dos poros variando entre 1 a 5 μ m. A adição das gomas separadamente ou em conjunto, fez com que o aspecto das cadeias reveladas nas micrografias apresentasse organização das estruturas protéicas que lembravam a folhas, fibras ou *waffle*. Com a adição de 0,001% de goma locusta não se observou variação no tamanho dos poros, entretanto, quando foram adicionados 0,02 e 0,1%, a estrutura da matriz protéica apresentou comportamento adverso. A adição de 0,02% fez com que a malha protéica se apresentasse mais heterogênea, com filamentos mais grossos e agrupamentos maiores de partículas caseícas. Além disso, observou-se o aumento dos poros de 2 a 10 μ m, revelando um tipo de contração da matriz caseíca. Com a adição de 0,1% de goma locusta, observou-se contração da malha protéica, entretanto promoveu a redução para 0,2 a 0,6 μ m no tamanho dos poros da rede caseíca. Grandes espaços vazios foram observados ao lado da rede caseíca, indicando que dois níveis de poros estavam presentes: grupos altamente compactos dispersos numa fase contínua altamente aberta, contendo originalmente o solvente.

Avaliando o efeito do tempo, da temperatura de estocagem e do pH sobre a viscosidade de soluções aquosas de goma locusta, GIGANTE *et al.* (2001b) observaram que a viscosidade das soluções aquosas decresceu significativamente durante o período de estocagem, indicando que a capacidade de retenção de água e, conseqüentemente, o potencial para sinérese, podem estar diretamente ligados à capacidade do estabilizante de ligar-se à água.

A estabilização do *Cream cheese*, embora possua um nível de proteína suficiente para criar um forte gel, é focada na manutenção da textura macia e na imobilização da água. A goma guar não pode diretamente substituir a goma locusta por causa da alta viscosidade durante o processamento, corpo macio e

textura indesejável. Embora a goma xantana seja tecnicamente viável para substituição, tem custo moderadamente alto quando comparada com outros substitutos (HUNT e MAYNES, 1997).

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, L.; KINDSTEDT, P. S. Effect of storage time and temperature on the serum phase of cultured cream cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 84 (Suppl. 1): 434 (abst), 2001.

ALMENA-ALISTE, M.; KINDSTEDT, P. S. Application of a model system to evaluate the effect of pH on the texture of cream cheese. . **Journal of Dairy Science**, v. 83 (supl. 1): 378 (abst.), 2000.

ALMENA-ALISTE, M.; GIGANTE, M. L.; KINDSTEDT, P. S. Reversibility of pH-induced changes in the texture and serum phase of cultured cream cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 85 (Suppl. 1): 1019 (abst), 2002.

ARNOTT, D. R.; MORRIS, H. A.; COMBS, W. B. Effect of certain chemical factors on the melting quality of process cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 40, p. 957-963, 1957.

BANON, S.; HARDY, J. A colloidal approach of milk acidification by glucono- δ -lactone. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 4, p. 935-941, 1992.

BOGENRIEF, D. D.; OLSON, N. F. Hydrolysis of β -casein increases Cheddar cheese meltability. **Milchwissenschaft**, v. 50, n.12, Dezembro, 1995.

BUCHHEIM, W.; THOMASOW, J. Structural changes in cream cheese induced by thermal processing and emulsifying salts. **North European Dairy Journal**, n. 2, 1984.

COVACEVICH, H. R.; KOSIKOWSKI, F. V. Cream cheese by ultrafiltration. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 42, n. 5, p. 1362-1364, 1372, 1977.

CREAMER, L. K. Water absorption by renneted casein micelles. **Milchwissenschaft**, v. 40, n. 10, p. 589-591, 1985.

DEA, I. C. M., MORRISON, A. Chemistry and interactions of seed galactomannans. **Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry**, v. 31, p. 241-312, 1975.

DE KRUIF, C. G. Casein micelle interactions. **International Dairy Journal**, v. 9, p. 183-188, 1999.

DICKINSON, E.; MCCLEMENTS, D. J. Protein-polysaccharide interactions. **Advances in Food Colloids**. 1^a Ed. Londres: Chapman & Hall, Cap. 3, p. 81-101, 1995.

FEENEY, E. P.; GUINEE, T. P.; FOX, P. F. Effect of pH and calcium concentration on proteolysis in Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1646-1654, Julho, 2002.

FERRAGUT, V; CHIRALT, A. Microstructure of oil-in-water low-fat emulsions containing skim milk powder and locust bean gum. **Food Science and Technology**, v. 29, n. 7, p. 648-653, 1996.

FIFE, R. L.; McMAHON, D. J.; OBERG, C. J. Functionality of low fat Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 79, n. 11, p. 1903-1910, Novembro, 1996.

FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; MCSWEENEY, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening. In: **Fundamentals of Cheese Science**, Aspen Publishers, cap. 11, p. 236-281, 2000.

GASTALDI, E.; LAGAUDE, A.; DE LA FUENTE, T. Micellar transition state in casein between pH 5,5 e 5,0. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n. 1, p. 59-68, 1996.

GE, Q.; ALMENA-ALISTE, M.; KINDSTEDT, P. S. Reversibility of pH-induced changes in the calcium distribution and melting characteristics of Mozzarella cheese. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 57, n. 1, p. 3-9, 2002.

GIGANTE, M. L.; ALMENA-ALISTE, M.; KINDSTEDT, P. S. Application of a model system to study the effect of pH on the serum phase of cultured cream cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 84 (supl. 1): 436 (abst.), 2001a.

GIGANTE, M. L.; ALMENA-ALISTE, M.; KINDSTEDT, P. S. Effect of storage time, storage temperature e pH on the viscosity of aqueous solutions of locust bean gum. **Journal of Dairy Science**, v. 84 (supl. 1): 435 (abst.), 2001b.

GIGANTE, M. L.; ANTUNES, A. J.; PETENATE, A. J.; ROIG, S. M. **Milchwissenschaft**, v. 56, n. 10, p. 560-562, 2001c.

GUINEE, T. P.; PUDJA, P. D.; FARKYE, N. Y. Fresh acid-curd cheese varieties. In: FOX, P. F. **Cheese: Chemistry, physics and microbiology**. 2^a Ed. Gaithersburg: Aspen Publishers, V.2, cap. 13, p. 363-419, 1999.

GUINEE, T. P.; HARRINGTON, D.; CORCORAN, M. O.; MULHOLLAND, E. O.; MULLINS, C. The compositional and functional properties of commercial Mozzarella, Cheddar and analogue pizza cheeses. **International Journal of Dairy Technology**, v. 53, n. 2, p. 51-56, Maio, 2000.

GUINEE, T. P.; FEENEY, E. P.; AUTY, M. A. E.; FOX, P. F. Effect of pH and calcium concentration on some textural and functional properties of Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1655-1669, Julho, 2002.

GUO, M. R.; ACOSTA, L.; KINDSTEDT, P. S. Evaluation of syneresis defect in cultured Cream cheese and possible causes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 82 (supl. 1): D13 (abst.), 1999.

GUO, M. R.; KINDSTEDT, P. S. Age-related changes in the water phase of mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 78, p. 2099-2107, 1995.

HALMOS, A. L.; POLLARD, A.; SEURET, M. G.; SHERKAT, F. Effect of milk seasonality on Cheddar cheese texture. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 57, n. 2, p. 155, Julho, 2002.

HARWALKAR, V. R.; KALAB, M. Milk gel structure. XI. Electron microscopy of clucono- δ -lactone-induced skim milk gels. **Journal of Texture Studies**, v. 11, p. 35-49, 1980.

HARWALKAR, V. R.; KALAB, M. Effect of acidulants and temperature on microstructure, firmness and susceptibility to syneresis of milk gels. **Scanning Electron Microscopy**, v. III, p. 503-513, 1981.

HORI, T. Effects of freezing and thawing green curds before processing on the rheological properties of Cream cheese. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1811-1817, 1982.

HORNE, D. S. Casein interactions: casting light on the black boxes, the structure in dairy products. **International Dairy Journal**, v. 6, p. 171-177, 1998.

HUNT, C. C.; MAYNES, J. R. Current issues in the stabilization of cultured dairy products. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 10, p. 2639-2643, 1997.

JOSHI, N. S.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; DAVE, R. I. Role of soluble and colloidal calcium contents on functionality of salted and unsalted part-skim Mozzarella cheese. . **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 57, n. 3, p. 203-201, Outubro, 2002.

KALAB, M. Microstructure of dairy foods. 2. Milk products based on fat. **Journal of Dairy Science**, v. 68, p.3234-3241, 1985.

KALAB, M; HARWALKAR, V. R. Milk gel structure. I. Application of scanning electron microscopy to milk and other food gels. **Journal of Dairy Science**, v. 56, n. 7, p. 835-842, 1973.

KALAB, M; HARWALKAR, V. R. Milk gel structure. II. Relation between firmness and ultrastructure of heat-induced skim-milk gels containing 40-60% total solids. **Journal of Dairy Research**, v. 41, p. 131-135, 1974.

KALAB, M.; MODLER, H. W. Development of microstructure in a cream cheese based on Queso Blanco cheese. **Food Microstructure**, v. 4, p.89-98, 1985a.

KALAB, M.; MODLER, H. W. Milk gel structure. XV. Electron microscopy of whey protein-based cream cheese spread. **Milchwissenschaft**, v. 40, n. 4, p. 193-196, 1985b.

KALAB, M; SARGANT, A. G.; FROEHLICH, D. A. Electron microscopy and sensory evaluation of commercial cream cheese. **Scanning Electron Microscopy**, v. III, p. 473-482, 514, 1981.

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. 217-224, 1992.

KIELY, L. J.; KINDSTEDT, P. S.; HENDRICKS, G. M.; LEVIS, J. E.; YUN, J. J.; BARBANO, D. M. Age related changes in the microstructure of mozzarella cheese. **Food Structure**, v. 12, p. 13-20, 1993.

KINDSTEDT, P. S. Functional properties of Mozzarella cheese on pizza: a review. **Cultured Dairy Products Journal**, v. 26, n. 3, 1991.

KINDSTEDT, P. S.; ZIELINSKI, A.; ALMENA-ALISTE, M.; GE, C. A post-manufacture method to evaluate the effect of pH on Mozzarella cheese characteristics. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 56, n. 3, p. 14-19, 2001.

KOSIKOWSKI, F. V.; MISTRY, V. V. **Cheese and fermented milk foods: Procedures and analysis**. 3 ed. Westport: F. V. Kosikowski, LLC, v.2, cap. 5: Baker's Neufchatel, Cream, Quark and Ymer, p. 42-54, 1997.

LAWRENCE, R. C.; GILLES, J.; CREAMER, L. K. The relationship between cheese texture and flavour. **New Zealand Journal of Dairy Science and Technology**, v. 18, p. 175-190, 1983.

LAWRENCE, R. C.; HEAP, H. A.; GILLES, J. A controlled approach to cheese technology. **Journal of Dairy Science**, v. 67, n. 8, p. 1632-1645, 1984.

LAWRENCE, R. C.; CREAMER, L. K.; GILLES, J. Symposium: Cheese Ripening Technology – Texture development during cheese ripening. **Journal of Dairy Science**, v. 70, p. 1748-1760, 1987.

LEFEVERE, I.; DEWETTINCK, K.; HUYGHEBAERT, A. Cheese fat as driving force in cheese flow upon melting. **Milchwissenschaft**, v. 55, n. 10, p. 563-566, 2000.

LUCEY, J. A. Formation and physical properties of milk protein gels. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 2, p. 281-294, 2002.

LUCEY, J. A.; FOX, P. F. Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: a review. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 6, p. 1714-1724, 1993.

LUCEY, J. A.; SINGH, H. Formation and physical properties of acid milk gels: a review. **Food Research International**, v. 30, n. 7, p. 529-542, 1998.

LUCEY, J. A.; GORRY, C.; O'KENNEDY, B.; KALAB, M.; TAN-KINITA, R.; FOX, P. F. Effect of acidification and neutralization of milk on some physico-chemical properties of casein micelles. **International Dairy Journal**, v. 6, p. 257-272, 1996.

LUCEY, J. A.; VAN VLIET, T.; GROLLE, K.; GEURTS, T.; WALSTRA, P. Properties of acid casein gels made by acidification with glucono- δ -lactone. 2. Syneresis, permeability and microstructural properties. . **International Dairy Journal**, v. 7, p. 389-397, 1997.

LUCEY, J. A.; TEO, C. T.; MUNRO, P. A.; SING, H. Microstructure, permeability and appearance of acid gels made from heated skim milk. **Food Hydrocolloids**, v. 12, p. 159-165, 1998.

LUCEY, J. A.; TAMEHANA, M.; SING., H.; MUNRO, P. A. Effect of heat treatment on the physical properties of milk gels made with both rennet and acid. **International Dairy Journal**, v. 11, p. 559-565, 2001.

MARCHESSEAU, S.; GASTALDI, E.; LAGAUDE, A. Influence of pH on protein interactions and microstructure of process cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 8, p. 1483-1489, 1997.

MCMAHON, D. J.; BROWN, R. J. Composition, structure and integrity of casein micelles: a review. **Journal of Dairy Science**, v. 67, n. 3, p. 499-512, 1984.

MCMAHON, D. J.; OBERG, C. J. Influence of fat, moisture and salt on functional properties of Mozzarella Cheese. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 53, p. 98-101, Junho 1998.

MACMAHON, D. J.; ROBERT, L. F.; OBERG, C. J. Water partitioning in Mozzarella cheese and its relationship to cheese meltability. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 7, p. 1361-1369, Julho, 1999.

MODLER, H. W.; KALAB, M. Microstructure of yogurt stabilized with milk proteins. **Journal of Dairy Science**, v. 66, n. 3, p. 430-437, 1983.

NOOMEN, A. The role of the surface flora in the softening of cheeses with a low initial pH. **Netherlands Milk & Dairy Journal**, v. 37, p. 229-232, 1983.

OHASHI, T; NAGAI, S.; MASAOKA, K.; HAGA, S.; YAMAUCHI, K.; OLSON, N. F.; Physical properties and microstructure of Cream cheese. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, v. 30, n. 5, p. 303-307, 1983.

OLSON, N. F.; GUNASEKARAN, S.; BOGENRIEF, D. D. Chemical and physical properties of cheese and their interactions. **Netherlands Milk & Dairy Journal**, v. 50, p. 279-294, 1996.

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

PARK J.; ROSENAU, R.; PELEG, M. Comparison of four procedures of cheese meltability evaluation. **Journal of Food Science**, v. 49, p. 1158-1162, 1170, 1984.

PASTORINO, A. J.; HANSEN, C. L.; MCMAHON, D. J. Effect of citrate on structure-function relationships of cheeses. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 10, p. 3113-3121, Outubro, 2003a.

PASTORINO, A. J.; HANSEN, C. L.; MCMAHON, D. J. Effect of pH on chemical composition and structure-function relationships of Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 9, p. 2751-2760, Setembro, 2003b.

PASTORINO, A. J.; HANSEN, C. L.; MCMAHON, D. J. Effect of salt on structure-function relationships of cheeses. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 1, p. 60-69, Janeiro, 2003c.

PASTORINO, A. J.; RICKS, N. P.; HANSEN, C. L.; MCMAHON, D. J. Effect of calcium and water injection on structure-function relationships of cheeses. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 1, p. 105-113, Janeiro, 2003d.

PAULSON, B. M.; MCMAHON, D. J.; OBERG, C. J. Influence of sodium chloride on appearance, functionality and protein arrangements in nonfat Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 8, p. 2053-5064, Agosto, 1998.

PEREIRA, R. B.; BENNETT, R. J.; LUCKMAN, M. S. Correlation of sensory and instrumental texture evaluation in cheese analogues. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 57, n. 2, p. 154, Julho, 2002.

RAMKUMAR, C.; CREAMER, L. K.; JOHSTON, K. A.; BENNETT, R. J. Effect of pH and time on the quantity of readily available water within fresh cheese curd. **Journal of Dairy Research**, v. 64, p. 123-134, 1997.

ROEFS, S. P. F.; WALSTRA, P.; DALGLEISH, D. G.; HORNE, D. S. Preliminary note on the change in casein micelles caused by acidification. **Netherlands Milk Dairy Journal**, v. 39, p. 119-122, 1985.

ROL, F. Locust bean gum. In: WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N. **Industrial Gums: Polysaccharides and their derivatives**. 2^a Ed. Nova York: Academic, cap. XV, p. 323-337, 1973.

ROWNEY, M.; ROUPAS, P.; HICKEY, M. N.; EVERETT, D. W. Factors affecting the functionality of mozzarella cheese. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 54, n. 2, p. 94-102, Outubro, 1999.

RUDAN, M. A.; BARBANO, D. M. A model of Mozzarella cheese melting and browning during pizza baking. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 8, p. 2312-2319, Agosto, 1998.

SANCHEZ, C.; BEAUREGARD, J. L.; CHASSAGNE, M. H.; BIMBENET, J. J.; HARDY, J. Rheological and textural behaviour of double cream cheese. Part I: effect of curd homogenization. **Journal of Food Engineering**, v. 23, p. 579-594, 1994a.

SANCHEZ, C.; BEAUREGARD, J. L.; CHASSAGNE, M. H.; DUQUENOY, A.; HARDY, J. Rheological and textural behaviour of double cream cheese. Part II: effect of curd cooling rate. **Journal of Food Engineering**, v. 23, p. 595-608, 1994b.

SANCHEZ, C.; BEAUREGARD, J. L.; BRIDE, M.; BUCHHEIM, W.; HARDY, J. Rheological and microstructural characterization of double cream cheese. **Nahrung**, v. 40, n. 2, p. 108-116, 1996a.

SANCHEZ, C.; BEAUREGARD, J. L.; BIMBENET, J. J.; HARDY, J. Flow properties, firmness and stability of double cream cheese containing whey protein concentrate. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 4, p. 840-843, 846, 1996b.

SANCHEZ, C.; BEAUREGARD, J. L.; CHASSAGNE, M. H.; BIMBENET, J. J.; HARDY, J. Effects of processing on rheology and structure of double cream cheese. **Food Research International**, v. 28, n. 6, p. 547-552, 1996c.

SANCHEZ, C.; ZUNIGA-LOPEZ, R.; SCHMITT, C.; DESPOND, S.; HARDY, J. Microstructure of acid-induced skim milk-locust bean gum-xanthan gels. **International Dairy Journal**, v. 10, p. 199-212, 2000.

SCHKODA, P.; HECHLER, A.; KESSLER, H. G. Effect of minerals and pH on rheological properties and syneresis of milk-based acid gels. **International Dairy Journal**, v. 9, p. 269-273, 1999.

SPADOTI, L. M.; DORNELLAS, J. R. F.; PETENATE, J. A.; ROIG, S. M. Evaluation of the melting capacity of Prato cheese obtained by modifications of traditional manufacturing process. **Lait**, p. 397-408, 2003.

TUNICK, M. H.; MALIN, E. L.; SMITH, P. W.; SHIEH, J. J. Proteolysis and rheology of low fat and full fat Mozzarella cheeses prepared from homogenized milk. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 12, p. 3621-3628, 1993.

VAN HOOYDONK, A. C. M.; HAGEDOORN, H. G.; BOERRGTER, I. J. pH-induced physico-chemical changes of casein micelles in milk and their effect on renneting. 1. Effect of acidification on physico-chemical properties. **Netherlands Milk Dairy Journal**, v. 40, n. 2, p. 281-296, 1986.

WALSTRA, P. On the stability of casein micelles. **Journal of Dairy Science**, v. 73, n. 8, p. 1965-1979, 1990.

WALSTRA, P.; VAN DIJK, H. J. M.; GEURTS, T. J. The syneresis of curd. 1. General considerations and literature review. **Netherlands Milk Dairy Journal**, v. 39, p. 209-246, 1985.

WANG, H. H.; SUN, D. W. Evaluation of the functional properties of Cheddar cheese using a computer vision method. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 49-53, 2001.

WATKINSON, P.; COKER, C.; CRAWFORD, R.; CRAIG, D.; JOHNSTON, K.; MCKENNA, A.; WHITE, N. Effect of cheese pH and ripening time on model cheese textural properties and proteolysis. **International Dairy Journal**, v. 11, p. 455-464, 2001.

WENDIN, K.; LANGTON, M.; CAOUS, L.; HALL, G. Dynamic analyses of sensory and microstructural properties of Cream cheese. **Food Chemistry**, v. 71, p. 363-378, 2000.

YAZICI, F.; DERVISOGLU, M. Effect of pH adjustment on some chemical, biochemical and sensory properties of Civil cheese during storage. **Journal of Food Engineering**, v. 56, p. 361-369, 2003.

YUN, J. J.; BARBANO, D. M.; KINDSTEDT, P. S. Mozzarella cheese: impact of milling pH on chemical composition and proteolysis. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 12, p. 3629-3638, 1993a.

YUN, J. J.; KIELY, L. J.; KINDSTEDT, P. S. Mozzarella cheese: impact of milling pH on functional properties. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 12, p. 3639-3647, 1993b.

CAPÍTULO II

PADRONIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO TESTE DE
DERRETIMENTO SCHREIBER'S PARA AVALIAÇÃO DA
CAPACIDADE DE DERRETIMENTO DO *CREAM CHEESE*

PADRONIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO TESTE DE SCHREIBER'S PARA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DERRETIMENTO DO *CREAM CHEESE*

RESUMO

A capacidade de derretimento, bem como sua avaliação, é uma propriedade funcional importante para queijos. O objetivo deste trabalho foi padronizar uma condição de tempo e temperatura adequados para avaliar a capacidade de derretimento do *Cream cheese*. Os queijos foram fabricados seguindo metodologia tradicional e avaliados quanto ao derretimento através do método de Schreiber's em várias condições de tempo e temperatura. Os resultados indicaram que a melhor condição de tempo e temperatura para avaliar a capacidade de derretimento do *Cream cheese* foi 170°C/15 min. A aplicação desta condição permite avaliar o efeito da composição ou do processo de fabricação do *Cream cheese* sobre sua capacidade de derretimento.

Palavras-chave: *Cream cheese*, derretimento.

1. INTRODUÇÃO

Queijo é um ingrediente versátil usado na preparação de pratos culinários, produtos formulados e alimentos congelados. A capacidade do queijo em cumprir seu papel como ingrediente está relacionada com suas propriedades funcionais.

As propriedades de derretimento do queijo são controladas pela sua composição química no momento do aquecimento. Isto não só inclui parâmetros como proteína, gordura, umidade, sal e pH, mas também outros como conteúdo de cálcio, hidrólise protéica e principalmente a extensão da hidratação da proteína, ou seja, a capacidade de retenção de água da matriz caseína (GUINEE *et al.*, 2000; MACMAHON e OBERG, 1998). Esses parâmetros por sua vez são

influenciados por fatores como: variedade do queijo; condições de processamento e ingredientes utilizados. Altos teores de umidade ou de gordura conferem maior tendência ao derretimento por promoverem uma lubrificação para o escoamento do queijo (TUNICK *et al.*, 1993). Além disso, imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura em queijo Cheddar antes e após aquecimento, mostraram que a gordura, no estado sólido, suporta a matriz protéica contra colapso devido à ação da gravidade, uma vez que quando o produto foi aquecido, a gordura derreteu, resultando no enfraquecimento do queijo numa extensão na qual ele não pôde suportar seu próprio peso (LEFEVERE *et al.*, 2000). Por outro lado, teores elevados de sal diminuem o derretimento provavelmente pela substituição do cálcio pelo sódio na matriz protéica, aumentando a habilidade da caseína em emulsificar a gordura, conferindo ao queijo uma textura mais firme. Entretanto, JOSHI *et al.* (2002) e PAULSON *et al.* (1998) verificaram que em queijo Mussarela obtido por acidificação direta, a salga do queijo levou à obtenção de um produto com maior derretimento quando comparado ao não adicionado de sal. Segundo os autores, isso provavelmente ocorreu devido à maior umidade e menor teor de cálcio micelar quando se utilizou acidificação direta para o processamento da Mussarela.

Em queijos obtidos por coagulação enzimática, o derretimento aumenta significativamente durante o período de armazenamento devido à proteólise, como por exemplo na Mussarela (KINDSTEDT, 1991; ROWNEY *et al.*, 1999), Cheddar (BOGENRIEF e OLSON, 1995) e Prato (SPADOTI *et al.*, 2003).

O tipo de sal emulsificante utilizado durante a fabricação de queijo processado influenciou no derretimento do queijo, bem como a adição de “*Queijo branco*”, tipo de queijo obtido por coagulação ácida sob aquecimento (KALAB *et al.*, 1991).

Pesquisadores utilizam vários índices para avaliar o derretimento de queijos, como por exemplo: porcentagem de aumento do diâmetro (KOSIKOWSKI e MISTRY, 1997), porcentagem de diminuição da altura (ARNOTT *et al.*, 1957), distância do escoamento do queijo (OLSON e PRICE, 1958) e mais recentemente,

técnicas de imagem computacional (WANG e SUN, 2001). Esses índices, por sua vez, podem ser obtidos com a utilização dos mais variados equipamentos, tais como forno convencional (FIFE *et al.*, 1996), estufa (ARNOTT *et al.*, 1957) e forno microondas (BOGENRIEF e OLSON, 1995). As condições de temperatura a que os produtos são submetidos são também variadas, como 100°C (ARNOTT *et al.*, 1957) a 280°C (GUINEE *et al.*, 2000) e tempos de exposição de 4 (GUINEE *et al.*, 2000) a 60 minutos (OBERG *et al.*, 1991).

Experimentos exploratórios para avaliar a capacidade de derretimento do *Cream cheese* nos apontaram para a realidade da não existência de uma condição de temperatura e tempo adequados para avaliar a capacidade de derretimento do queijo obtido por coagulação ácida. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi padronizar a condição de tempo e temperatura adequados para avaliar a capacidade de derretimento do *Cream cheese*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Fabricação do *Cream Cheese*

Os queijos foram fabricados segundo KOSIKOWSKI e MISTRY (1997) com modificações necessárias para atender a disponibilidade de equipamentos. Leite cru padronizado para 12% de gordura, através da adição de creme com aproximadamente 60% , foi aquecido a 54°C, homogeneizado (1000-1200 lbf/pol²) em homogeneizador de simples estágio e tratado termicamente a 75°C/30 min. Em seguida o leite foi resfriado a 30°C e inoculado com fermento láctico tipo “O”, a base de *Lactococcus lactis* sub. *lactis* e *Lactococcus lactis* sub. *cremoris*, e mantido nessa temperatura até que o pH atingisse 4,7± 0,05. A coalhada obtida foi quebrada de forma lenta e contínua e aquecida a 54°C com o objetivo de diminuir a viscosidade do soro e facilitar a dessoragem da massa, quando dispersa sobre tecidos de algodão colocados em estrados apropriados. Para a obtenção do *Cream cheese*, a massa obtida foi centrifugada para atingir o teor de sólidos

desejado (45%) e adicionada de goma locusta (0,35%), sal (1%) e sorbato de potássio (0,3%), sendo posteriormente tratada termicamente (75°C/30 min.) e homogeneizada (1000-1200 lbf/pol²). Os queijos foram envasados à quente em embalagens de 250 gramas e imediatamente armazenados em câmara frigorífica a 4°C para resfriamento.

2.2. Composição físico-química do *Cream cheese*

Os queijos foram avaliados quanto ao pH, introduzindo-se o eletrodo devidamente calibrado diretamente na amostra. Os teores de sólidos totais, proteína total, gordura pelo método de Mojonnier e cinzas foram determinados conforme metodologias descritas pela AOAC (1997).

2.3. Teste de derretimento

A capacidade de derretimento do *Cream cheese* foi avaliada após 20 dias de armazenamento a 4°C. Utilizou-se o Método de Schreiber's, descrito por KOSIKOWSKI e MISTRY (1997), com modificações nas condições de tempo e temperatura para atender a faixa de variação coberta pelo experimento. Para cada binômio de tempo e temperatura o experimento foi realizado em quadruplicata. Os queijos foram cortados para obtenção de fatias com 1cm de altura, sendo as fatias das extremidades desprezadas. De cada fatia foi retirada uma amostra cilíndrica de 3,6 cm de diâmetro, com o auxílio de uma sonda perfurada. Cada amostra foi colocada no centro de uma placa de Petri, tampada e deixada à temperatura ambiente por 60 minutos. As placas foram levadas à mufla e mantidas nas condições de temperatura e tempo pré-determinados pelo delineamento experimental. Após o derretimento, permaneceram por 30 minutos à temperatura ambiente, sendo em seguida determinado o diâmetro do queijo em quatro direções representadas por quatro linhas dispostas com ângulo de 45° entre si. O diâmetro de cada amostra foi calculado como a média dos diâmetros nas quatro direções e a capacidade de derretimento expressa como a porcentagem de

aumento do diâmetro da amostra após ter sido submetida às condições testadas
 Figura 1.

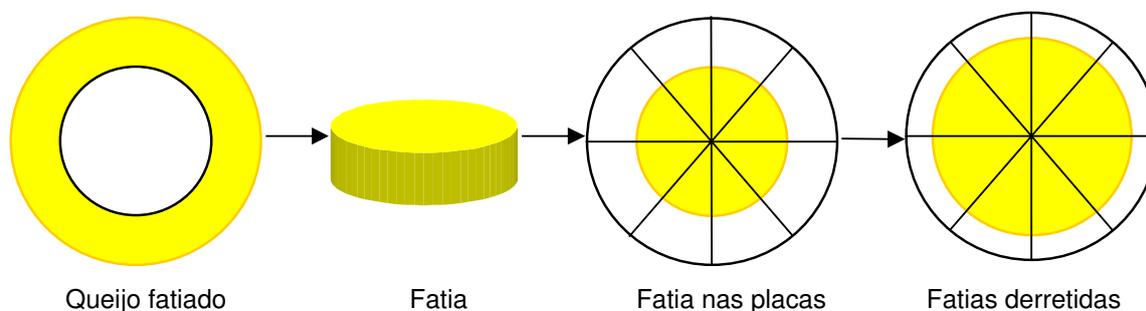


Figura 1. Representação esquemática do teste para determinação da capacidade de derretimento dos queijos.

2.4. Planejamento experimental e análise estatística

Foi utilizado o método Box-Wilson (COCHAN e COX, 1992) para o planejamento experimental 2^2 , com três pontos centrais e quatro axiais (Tabela 1), resultando num total de 11 experimentos e no modelo matemático apresentado na Equação 1. A temperatura e o tempo (ambos com 5 níveis de variação) foram escolhidos como variáveis independentes. O derretimento, expresso pelo diâmetro final obtido do queijo, como a variável dependente. A capacidade de derretimento foi expressa como a porcentagem de aumento do diâmetro do queijo após ter sido submetido ao teste de derretimento.

$$\text{Derretimento} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{22}x_2^2 \quad \text{Equação 1}$$

Tabela 1. Variáveis para determinação do derretimento.

Variáveis dependentes	Níveis				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) – x_1	100	126	190	254	280
Tempo (min.) – x_2	4	10	25	40	46

Pontos axiais: $\pm \alpha = \pm (2^n)^{1/4}$, onde n é o número de variáveis independentes, ou seja, 2.

Utilizou-se análise de regressão para determinação dos coeficientes do modelo matemático e análise de variância (ANOVA) e teste - *F* para validação do modelo. Os dados foram analisados utilizando-se o software Statistica (Statsoft, v. 5.5).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição química do *Cream cheese*

Os queijos apresentaram composição típica de *Cream cheese* com 44,6 ±0,2% de sólidos totais, 6,81 ±0,05% de proteína, 34,2 ±0,3% de gordura, 1,7 ±0,1% de cinzas e pH de 4,82.

3.2. Efeito das condições de tempo e temperatura sobre o derretimento do *Cream cheese*

O efeito da temperatura e do tempo de teste sobre o derretimento do *Cream cheese* é apresentado na Tabela 2. Os dados foram analisados por regressão não-linear múltipla e através do modelo polinomial de segunda ordem foi possível desenvolver o modelo polinomial quadrático que descreve o derretimento (Equação 2 e Tabela 3).

$$\text{Derretimento} = -2,94 + 0,072T - 1,7 \times 10^{-4}T^2 + 0,122t - 8,3 \times 10^{-4}t^2 - 3,7 \times 10^{-4}Tt \quad \text{Equação 2}$$

Tabela 2. Efeito da temperatura e tempo sobre o derretimento do *Cream cheese*.

Ensaio	Variáveis codificadas		Variáveis Reais		Média	DP	CV (%)
	x_1	x_2	T (°C)	t (min.)			
1	-1	-1	126	10	4,08	0,05	1,23
2	+1	-1	254	10	4,40	0,08	1,86
3	-1	+1	126	40	5,33	0,15	2,82
4	+1	+1	254	40	4,23	0,21	4,88
5	-1,41	0	100	25	4,10	0,08	1,99
6	+1,41	0	280	25	4,08	0,15	3,68
7	0	-1,41	190	4	5,05	0,06	1,14
8	0	+1,41	190	46	5,15	0,06	1,12
9	0	0	190	25	5,50	0,00	0,00
10	0	0	190	25	5,48	0,22	4,05
11	0	0	190	25	5,30	0,18	3,44

$\pm 1,41 = \pm (2^2)^{1/4}$; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Tabela 3. Valores de p para os coeficientes do modelo matemático apresentado na Equação 2.

Coefficientes da regressão		p
Intercepto	-2,94084	0,0288
Temperatura linear	0,07226	0,0039
Temperatura quadrática	-0,00017	0,0044
Tempo linear	0,12203	0,0151
Tempo quadrático	-0,00083	0,0573
Interação temperatura e tempo	-0,00037	0,0226

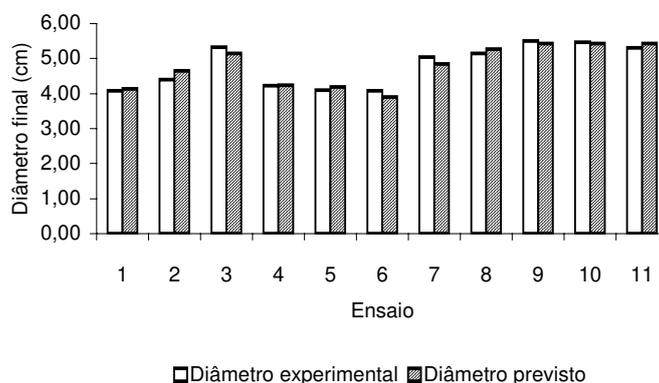
Demonstrou-se, através da análise de variância para o derretimento (Tabela 4), a boa eficiência do ajuste do modelo polinomial, indicada pelo alto valor do coeficiente de correlação ($R^2 = 0,9428$). Além disso, o teste- F também mostrou que o modelo real foi validado, uma vez que o valor de F calculado (16,49) foi maior que o F tabelado (5,05) para o nível de 95% de significância. O bom ajuste do modelo pode também ser verificado na Tabela 5 e Figura 2, onde observam-se desvios muito pequenos dos valores de diâmetros obtidos pelo modelo matemático em relação aos obtidos experimentalmente.

Tabela 4. Análise de variância (ANOVA) para derretimento.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Grau de liberdade	Média quadrática	$F_{calculado}$	$F_{tabelado}$
Regressão	3,47	5	0,6951	16,49	$F_{5;5} = 5,05$
Resíduo	0,21	5	0,0421		
Falta de ajuste	0,187	3	0,0623	5,24	$F_{3,2} = 19,16$
Erro puro	0,023	2	0,0118		
Total	3,68	10			
Coeficiente de correlação	0,94				

Tabela 5. Condições de teste e desvios do modelo matemático em relação aos dados experimentais.

Ensaio	Temperatura (°C)	Tempo (min.)	Diâmetro final experimental (cm)	Diâmetro final previsto pelo modelo (cm)	Desvio do Modelo (%)
1	126	10	4,08	4,14	-1,50
2	254	10	4,40	4,64	-5,57
3	126	40	5,33	5,16	3,18
4	254	40	4,23	4,24	-0,34
5	100	25	4,10	4,19	-2,26
6	280	25	4,08	3,91	4,14
7	190	4	5,05	4,85	4,02
8	190	46	5,15	5,28	-2,45
9	190	25	5,50	5,43	1,35
10	190	25	5,48	5,43	0,90
11	190	25	5,30	5,43	-2,37

**Figura 2.** Valores dos diâmetros obtidos experimentalmente e previsto pelo modelo matemático.

Com base no modelo polinomial quadrático desenvolvido (Equação 2) foram gerados a superfície de resposta e o diagrama de contorno (Figura 3) para determinação das condições operacionais mais adequadas que analisassem o derretimento do *Cream cheese*.

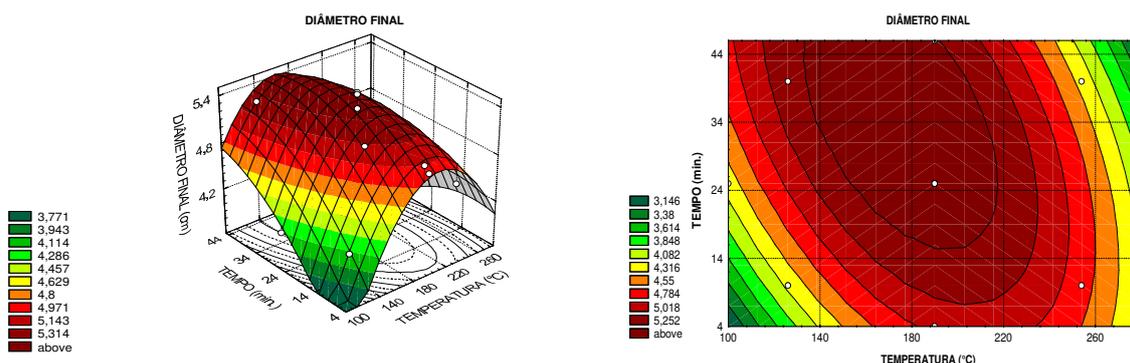


Figura 3. Superfície de resposta e diagrama de contorno para a capacidade de derretimento.

Pode-se verificar que a região de capacidade de derretimento máxima foi atingida, uma vez que à medida que se aumentou a temperatura e ou o tempo, ocorreu aumento do diâmetro do queijo, passando por uma região de máximo aumento, até que em valores altos não ocorreu mais a expansão do diâmetro do queijo (Figura 3). O mesmo pode ser observado pelo aspecto visual dos queijos (Figura 4) após terem sido submetidos às combinações de temperatura e tempo estudadas da Tabela 2. Nas temperaturas mais baixas observou-se uma pequena expansão do diâmetro do queijo. Em temperatura e/ou tempos intermediários houve um aumento do diâmetro acompanhado de queima das bordas do produto, o que provavelmente limitou seu derretimento. Já em temperaturas mais elevadas houve a queima do queijo antes que este pudesse derreter.



Figura 4. Aspecto visual do *Cream Cheese* derretido em diferentes condições de tempo e temperatura.

A não expansão do queijo em altas temperaturas pode ser devida à contração do queijo resultante da evaporação da água e da liberação do óleo. Durante o processo de aquecimento o aumento do diâmetro do queijo deve-se à combinação de dois efeitos antagônicos: a expansão da área do queijo devido ao derretimento e ao seu encurtamento provocado pela evaporação da água e liberação de óleo. Considerando que a gordura e a água não-ligada promovem a lubrificação para o escoamento do queijo durante o derretimento (TUNICK *et al.*, 1993), e que em alta temperatura a evaporação da água e a liberação do óleo acontecem rapidamente e de uma forma muito severa, o encurtamento do queijo ocorre antes que o mesmo possa derreter totalmente, resultando numa área de expansão limitada (WANG e SUN, 2001).

Através da derivação do modelo polinomial (Equação 2) determinou-se a melhor combinação de temperatura e tempo, neste caso 175°C/35min., para que se atingisse o máximo derretimento do *Cream cheese*. Esta condição foi testada com dez repetições e o diâmetro final médio obtido foi de 5,13cm, o qual foi 6,95%

menor do que o diâmetro previsto pelo modelo matemático (5,48cm). O aspecto visual do queijo derretido nessas condições de temperatura e tempo mostrou que o produto ficou excessivamente queimado (Figura 5) e que, possivelmente, o menor diâmetro obtido em relação ao previsto pelo modelo deveu-se a não expansão total da área devido à evaporação da água e liberação de óleo.



Figura 5. Aspecto visual do *Cream cheese* derretido nas condições ótimas de temperatura e tempo (175°C/35min.), segundo o modelo polinomial.

Baseado nesses resultados e na análise das linhas de contorno da Figura 3, foram estabelecidos três outros binômios de temperatura e tempo (Tabela 6), inferiores ao do ponto de máximo derretimento, para definir condições mais adequadas de teste para avaliar o derretimento do *Cream cheese*. Para todas as condições testadas, os resultados mostraram desvios muito pequenos dos valores de diâmetros obtidos pelo modelo matemático em relação aos obtidos experimentalmente. O maior diâmetro médio foi observado quando a amostra foi submetida a 170°C/15min. Embora essa amostra não difira significativamente das amostras submetidas ao derretimento a 140°C/30 e 35 minutos, 155°C/25 e 30 minutos e 170°C/20 e 25 minutos, este binômio apresentou o menor desvio (0,11%) em relação ao modelo matemático previsto. Com base nesses resultados e no aspecto visual dos queijos submetidos a esses tratamentos (Figura 6),

sugere-se que a melhor condição de temperatura e tempo para avaliar a capacidade de derretimento do *Cream cheese* seja 170°C/15min.

Tabela 6. Condições de teste e desvios do modelo matemático em relação aos dados experimentais*

Condições do teste	Diâmetro final médio (n=4) experimental (cm)	Desvio padrão (cm)	Coefficiente de variação (%)	Diâmetro final previsto pelo modelo (cm)	Desvio do modelo (%)
140°C/25min.	4,83 ^{a,b}	0,094	1,939	5,08	5,30
140°C/30min.	4,90 ^{a,b,c}	0,131	2,667	5,20	6,20
140°C/35min.	5,01 ^c	0,162	3,234	5,29	5,58
155°C/20min.	4,69 ^a	0,131	2,797	5,14	9,43
155°C/25min.	5,06 ^{b,c}	0,087	1,731	5,27	4,29
155°C/30min.	5,08 ^{b,c}	0,046	0,899	5,37	5,79
170°C/15min.	5,13 ^c	0,129	2,519	5,13	0,11
170°C/20min.	5,01 ^{b,c}	0,085	1,700	5,28	5,48
170°C/25min.	4,99 ^{b,c}	0,118	2,361	5,39	7,93

* Médias com mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si. $P \leq 0,05$ pelo teste de Tukey.

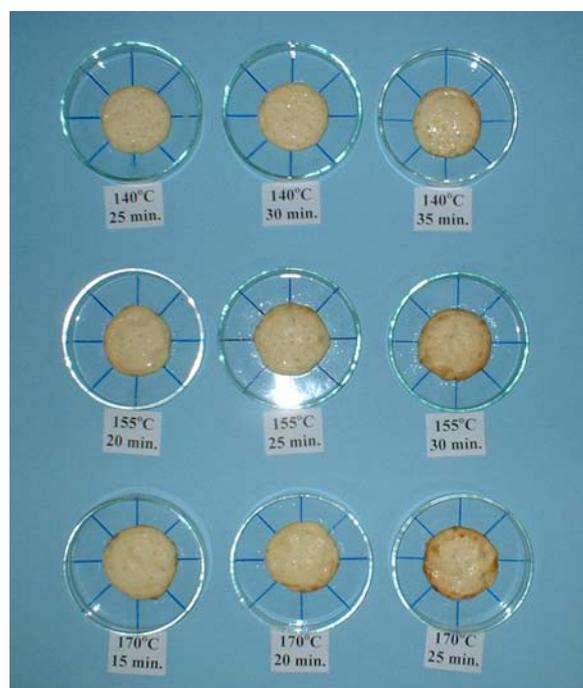


Figura 6. Aspecto visual do *Cream cheese* derretido em diferentes condições de tempo e temperatura, conforme apresentado na Tabela 6.

4. CONCLUSÃO

Com a análise de superfície de resposta e a utilização do método de Schreiber's (KOSIKOWSKI e MISTRY, 1997) para avaliar a capacidade de derretimento, estabeleceu-se o binômio tempo e temperatura (170°C/15min.) adequado para o máximo derretimento do *Cream cheese*, sem haver a queima do produto. A definição adequada para avaliar o derretimento do *Cream cheese* viabiliza estudos futuros sobre a influência, por exemplo, das variações nos teores de gordura, umidade ou pH sobre as características de derretimento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16^a ed. Association of Official Analytical Chemists, Virginia, 1997.

ARNOTT, D. R.; MORRIS, H. A.; COMBS, W. B. Effect of certain chemical factors on the melting quality of process cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 40, p. 957-963, 1957.

BOGENRIEF, D. D.; OLSON, N. F. Hydrolysis of β -casein increases Cheddar cheese meltability. **Milchwissenschaft**, v. 50, n.12, Dezembro, 1995.

COCHAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental Designs**. 2a. Ed. 1992, p. 335-375. Editora John Wiley & Sons Inc.

FIFE, R. L.; McMAHON, D. J.; OBERG, C. J. Functionality of low fat Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 79, n. 11, p. 1903-1910, Novembro, 1996.

GUINEE, T. P.; HARRINGTON, D.; CORCORAN, M. O.; MULHOLLAND, E. D.; MULLINS, C. The compositional and functional properties of commercial Mozzarella, Cheddar and Analogue Pizza Cheeses. **International Journal of Dairy Technology**, v. 53, n. 2, p. 51-56, Maio, 2000.

JOSHI, N. S.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; DAVE, R. I. Role of soluble and colloidal calcium contents on functionality of salted and unsalted part-skim Mozzarella

cheese. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 57, n. 3, p. 203-201, Outubro, 2002.

KALAB, M.; MODLER, H. W.; CARIÉ, M.; MILANOVIC, S. Structure, meltability, and firmness of Process Cheese containing White Cheese. **Food Structure**, v. 10, p. 193-201, 1991.

KINDSTEDT, P. S. Functional properties of Mozzarella cheese on pizza: a review. **Cultured Dairy Products Journal**, v. 26, n. 3, 1991.

KOSIKOWSKI, F. V.; MISTRY, V. V. **Cheese and Fermented Milk Foods**. V. 2: Procedures and Analysis. Ed. 3, cap. 21, p. 259, 1997.

LEFEVERE, I.; DEWETTINCK, K.; HUYGHEBAERT, A. Cheese fat as driving force in cheese flow upon melting. **Milchwissenschaft**, v. 55, n. 10, p. 563-566, 2000.

MCCMAHON, D. J.; OBERG, C. J. Influence of fat, moisture and salt on functional properties of Mozzarella Cheese. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 53, p. 98-101, Junho 1998.

OBERG, C. J.; WANG, A.; MOYES, L. V.; BROWN, R. J.; RICHARDSON, G. H. Effects of proteolytic activity of thermolactic cultures on physical properties of Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 2, p. 389 – 397, 1991.

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

PAULSON, B. M.; MCCMAHON, D. J.; OBERG, C.; Influence of sodium chloride on appearance, functionality and protein arrangements in nonfat Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 8, p. 2053-2064, Agosto, 1998.

ROWNEY, M.; ROUPAS, P.; HICKEY, M. W.; EVERETT, D. W. Factors affecting the functionality of mozzarella cheese. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 54, n. 2, p. 94-102, Outubro 1999.

SPADOTI, L. M.; DORNELLAS, J. R. F.; PETENATE, J. A.; ROIG, S. M. Evaluation of the melting capacity of Prato cheese obtained by modifications of traditional manufacturing process. **Lait**, p. 397-408, 2003.

TUNICK, M. H.; MALIN, E. L.; SMITH, P. W.; SHIEH, J. J. Proteolysis and rheology of low fat and full fat Mozzarella cheeses prepared from homogenized milk. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 12, p. 3621-3628, 1993.

WANG, H. H.; SUN, D. W. Evaluation of the functional properties of Cheddar cheese using a computer vision method. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 49-53, 2001.

CAPÍTULO III

EFEITO DO pH SOBRE A CAPACIDADE DE DERRETIMENTO E A FIRMEZA DO *CREAM CHEESE*

EFEITO DO pH SOBRE A CAPACIDADE DE DERRETIMENTO E A FIRMEZA DO *CREAM CHEESE*

RESUMO

Estudos anteriores demonstraram que a capacidade de derretimento e firmeza dos queijos são influenciadas pelo pH. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do pH sobre a capacidade de derretimento e a firmeza do *Cream cheese* utilizando-se um método de alteração de pH pós-processamento. O *Cream cheese* foi fabricado pelo processo tradicional e submetido a sete tratamentos para alteração do pH, que variou, em média, de $4,21 \pm 0,02$ a $6,8 \pm 0,8$. Foram realizados três experimentos e as relações entre o pH dos queijos e a capacidade de derretimento e a firmeza foram avaliadas por análise de regressão. Os resultados indicaram que existe uma correlação linear positiva ($R^2 = 0,98$) entre o pH e a capacidade de derretimento e uma correlação negativa do tipo potência ($R^2 = 0,95$) entre o pH e a firmeza do *Cream cheese*.

Palavras-chave: *Cream cheese*, pH, firmeza, capacidade de derretimento.

1. INTRODUÇÃO

A capacidade do queijo em preencher os requisitos específicos para o uso como ingrediente reside em suas propriedades funcionais. Sabe-se que firmeza e capacidade de derretimento de queijos são inversamente relacionadas e afetadas por fatores interdependentes como teor protéico e grau de hidrólise, relação cálcio total:cálcio solúvel, quantidade de gordura, umidade, sal e pH. Esses parâmetros, por sua vez, são determinados pela variedade dos queijos, condições de processamento, condições da maturação e ingredientes utilizados (FOX *et al.*, 2000).

O efeito do pH durante o processamento de queijos tem sido amplamente estudado (FEENEY, *et al.*, 2002; GUINEE *et al.*, 2002; WATKINSON *et al.*, 2001; RAMKUMAR *et al.*, 1997; YUN *et al.*, 1993a e b). Entretanto, por afetar propriedades interdependentes como teores de cálcio total e solúvel, umidade, e proteólise, torna-se difícil a separação do seu efeito, bem como de suas interações.

Com a finalidade de estudar o efeito independente do pH sobre as propriedades do queijo, NOOMEN (1983) desenvolveu metodologia para aumentar o pH do queijo pós-fabricação, a qual foi modificada por VASSAL *et al.* (1986) e adaptada e expandida por KINDSTEDT *et al.* (2001), que expôs queijo Mussarela à atmosfera de hidróxido de amônio ou ácido acético para aumentar e diminuir o pH, respectivamente. Recentemente, outro método de alteração de pH foi apresentado por PASTORINO *et al.* (2003) mediante injeção, sob pressão, de solução de glucona- δ -lactona ao queijo Cheddar.

PASTORINO *et al.* (2003) diminuíram o pH do queijo Cheddar de 5,3 para 4,7 mediante injeção, sob pressão, de solução de glucona- δ -lactona, enquanto CORTEZ *et al.* (2003) variaram o pH do queijo Mussarela entre 5,2 a 6,1 expondo os produtos às atmosferas de ácido acético ou hidróxido de amônio, de acordo com a metodologia utilizada por KINDSTEDT *et al.* (2001). Nos trabalhos acima os autores relataram que a redução de pH levou à solubilização do fosfato de cálcio coloidal e, conseqüente, ao aumento do cálcio solúvel, o que possivelmente diminuiu a agregação protéica, reduzindo a firmeza dos queijos e aumentando seu derretimento. Entretanto, segundo PASTORINO *et al.* (2003), este comportamento só foi observado para o pH variando entre 5,3 e 5,0. Com a subseqüente redução do pH de 5,0 para 4,7, devido à aproximação do ponto isoelétrico, favoreceu-se as interações proteína-proteína. Neste caso, a firmeza permaneceu constante e observou-se a diminuição da capacidade de derretimento, provavelmente suprimindo o efeito do cálcio. KINDSTEDT *et al.* (2001) verificaram que o abaixamento do pH do queijo Mussarela para valores inferiores a 4,7 fez com que o queijo perdesse a habilidade de derreter, reforçando a hipótese que devido à maior agregação protéica, o derretimento foi restringido, apesar do menor

conteúdo de cálcio coloidal. Entretanto, ALMENA-ALISTE e KINDSTEDT (2000) observaram que o aumento do pH resultou na diminuição da firmeza do *Cream cheese* e que esta alteração foi reversível (ALMENA-ALISTE *et al.*, 2002).

MARCHESSEAU *et al.* (1997) estudaram a alteração de pH durante fabricação de queijos processados. Os queijos obtidos tiveram pH na faixa de 5,2 a 6,7. Os autores observaram que à medida que o pH dos queijos aumentou, ocorreu maior solubilização das proteínas o que levou a obtenção de produtos com baixa intensidade de interação protéica, porém com grande capacidade de absorção de água. Os autores concluíram que em pH mais elevados, a textura mais macia dos queijos estaria correlacionada à alta absorção de água pela matriz, a qual atuaria como agente plastificante, reduzindo a firmeza do queijo. Segundo WALSTRA (1990), em leite, com o aumento do pH ocorre o aumento das cargas elétricas das proteínas à medida que as caseínas se distanciam do seu ponto isoelétrico, resultando em maior repulsão eletrostática e diminuição das interações proteína-proteína e, ao mesmo tempo, aumentando a solvatação da micela.

HARWALKAR e KALAB (1980) demonstraram em estudos de géis ácidos que a diminuição do pH levou à obtenção de géis mais firmes, com filamentos mais grossos devido à maior agregação e fusão das partículas caseícas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do pH sobre a capacidade de derretimento e a firmeza do *Cream cheese*, utilizando-se a metodologia de alteração de pH pós-processamento descrita por KINDSTEDT *et al.* (2001).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Fabricação do *Cream Cheese*

Os queijos foram fabricados segundo KOSIKOWSKI e MISTRY (1997) com modificações necessárias para atender a disponibilidade de equipamentos. Leite cru padronizado para 12% de gordura, através da adição de creme com

aproximadamente 60% , foi aquecido a 54°C, homogeneizado (1000-1200 lbf/pol²) em homogeneizador de simples estágio e tratado termicamente a 75°C/30 min. Em seguida o leite foi resfriado a 30°C e inoculado com fermento láctico tipo “O”, a base de *Lactococcus lactis* sub. *lactis* e *Lactococcus lactis* sub. *cremoris*, e mantido nessa temperatura até que o pH atingisse 4,70± 0,05. A coalhada obtida foi quebrada de forma lenta e contínua e aquecida a 54°C com o objetivo de diminuir a viscosidade do soro e facilitar a dessoragem da massa, quando dispersa sobre tecidos de algodão colocados em estrados apropriados. Para a obtenção do *Cream Cheese*, a massa obtida foi centrifugada para atingir o teor de sólidos desejado (45%) e adicionada de goma locusta (0,35%), sal (1%) e sorbato de potássio (0,3%), sendo posteriormente tratada termicamente (75°C/30 min.) e homogeneizada (1000-1200 lbf/pol²). Os queijos foram envasados à quente em embalagens de 250 gramas e imediatamente armazenados em câmara frigorífica a 4°C para resfriamento.

2.2. Composição físico-química do *Cream Cheese*

Os queijos foram avaliados quanto ao pH, introduzindo-se o eletrodo devidamente calibrado diretamente na amostra. Os teores de sólidos totais, proteína total, gordura pelo método de Mojonnier e cinzas foram determinados conforme metodologias descritas pela AOAC (1997).

2.3. Metodologia de alteração do pH do *Cream cheese*

Para aumentar ou diminuir o pH dos queijos pós-fabricação, utilizou-se a metodologia descrita por KINDSTEDT *et al.* (2001), adaptada para *Cream cheese*. Após quatro dias de armazenamento refrigerado os queijos foram cortados em fatias de 1cm com o objetivo de maximizar a área superficial disponível para absorção de hidróxido de amônio ou ácido acético glacial e minimizar o desenvolvimento de um gradiente de pH no interior da amostra. As fatias foram divididas em sete grupos que foram randomicamente escolhidas e submetidas a sete diferentes tratamentos: um grupo serviu de controle (sem exposição); três

grupos foram expostos ao hidróxido de amônio por 1, 3 e 5 minutos, respectivamente, para aumentar o pH; três outros grupos foram expostos ao ácido acético glacial por 30, 60 e 90 minutos, respectivamente, para diminuir o pH. A troca de pH foi efetuada em dessecadores, utilizando-se 20ml hidróxido de amônio ou 100ml de ácido acético glacial, ambos colocados em placas de Petri no fundo dos dessecadores. As exposições ao hidróxido de amônio e ao ácido acético foram feitas à temperatura ambiente e a 8°C, respectivamente. Após a exposição, os queijos foram embalados a vácuo, armazenados a 4°C e analisados para capacidade de derretimento e firmeza após quatro dias de armazenamento.

2.4. Avaliação da capacidade de derretimento e da firmeza do *Cream cheese*

A capacidade de derretimento do *Cream Cheese* foi avaliada pelo método de Schreiber's descrito por KOSIKOWSKI e MISTRY (1997) adaptado para *Cream cheese*. Utilizaram-se amostras cilíndricas de 3,6cm de diâmetro. Cada amostra foi colocada no centro de uma placa de Petri, tampada e deixada à temperatura ambiente por 60 minutos. As placas foram levadas à mufla e mantidas a 175°C/15min. Após o derretimento e resfriamento das amostras os diâmetros dos queijos foram medidos em quatro direções, representadas por linhas dispostas com ângulo de 45° entre si. O diâmetro de cada amostra foi calculado como a média dos diâmetros nas quatro direções e a capacidade de derretimento expressa como a porcentagem de aumento do diâmetro da amostra após ter sido submetida ao teste.

A firmeza foi analisada conforme metodologia descrita por ALMENA-ALISTE e KINDSTEDT (2000), com modificações. Utilizou-se texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems), previamente ajustado com probe cilíndrico de 12,5 mm, diretamente sobre a amostra a 4°C. O parâmetro força máxima, avaliado na curva força e deslocamento durante a aplicação do teste penetrométrico (7mm de profundidade), foi usado como um índice da resistência mecânica do queijo. Cada tratamento foi analisado em triplicata, sendo cada fatia submetida a três penetrações do probe.

2.5. Análise dos dados

Foram realizados três experimentos e as relações entre o pH dos queijos com a capacidade de derretimento e a firmeza foram avaliadas por análise de regressão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição físico-química média dos queijos obtidos nos três processamentos, um dia após o processo de fabricação, é apresentada na Tabela 1. Pode-se observar que os queijos apresentaram composição semelhante a *Cream cheese* comerciais avaliados por OHASHI *et al.* (1983), que foi 55,68 \pm 1,33% de umidade, 33,32 \pm 1,24% de gordura, 8,59 \pm 0,36% de proteína e 1,08 \pm 0,04% de cinzas. O queijo obtido no processo 2 apresentou pH ligeiramente menor que os demais.

Tabela 1. Composição dos queijos obtidos nos três processamentos, um dia após a fabricação.

Determinações	Processo 1	Processo 2	Processo 3	Valor mais provável	
PH	4,80	4,73	4,82	4,78	\pm 0,05
Umidade	51,06	52,34	52,32	51,9	\pm 0,7
Proteína (%)	7,86	7,92	8,21	8,0	\pm 0,2
Gordura (%)	37,0	35,9	35,0	36	\pm 1
Cinzas (%)	1,56	1,62	1,64	1,61	\pm 0,04

Os pH dos queijos aumentaram e diminuíram em relação ao controle, após exposição ao hidróxido de amônio por 1, 3 e 5 minutos ou ao ácido acético por 30, 60 e 90 minutos, conforme apresentados na Tabela 2. Os queijos obtidos no segundo processo apresentaram menor pH (Tabela 1) e, conseqüentemente, após terem sido submetidos às mesmas condições de alteração de pH, os queijos

mantiveram pH menores (Tabela 2). Em função dessa diferença optou-se por apresentar os dados de cada processo separadamente.

Tabela 2. pH dos queijos quatro dias após terem sido submetidos aos sete tratamentos.

Tratamentos	Processo 1	Processo 2	Processo 3	Valor mais provável	
Amônia 5 min.	7,06	5,81	7,39	6,8	±0,8
Amônia 3 min.	6,05	5,38	6,21	5,9	±0,4
Amônia 1 min.	5,24	4,94	5,03	5,1	±0,2
Controle	4,80	4,73	4,82	4,78	±0,05
Ácido 30 min.	4,47	4,38	4,44	4,43	±0,04
Ácido 60 min.	4,32	4,27	4,36	4,32	±0,04
Ácido 90 min.	4,17	4,21	4,24	4,21	±0,02

Observa-se na Figura 1, a qual apresenta destaque para o queijo controle em cada processo, que o aumento do pH resultou em aumento da capacidade de derretimento do *Cream cheese*, enquanto a sua redução implicou na diminuição da capacidade de derretimento.

Quando os mesmos queijos foram submetidos à avaliação da firmeza (queijo controle em destaque), observa-se na Figura 2 que o aumento do pH implicou na diminuição da firmeza, enquanto sua redução, resultou em aumento da firmeza do queijo. ALMENA-ALISTE e KINDSTEDT (2000) também verificaram diminuição da firmeza do *Cream cheese* quando o pH foi aumentado mediante exposição ao hidróxido de amônio.

Observa-se na Figura 3 que existe uma forte correlação entre o pH e as propriedades funcionais do *Cream cheese*. Utilizando-se os valores médios dos três processos, observou-se que existe uma correlação linear positiva ($R^2 = 0,98$) entre o pH e a capacidade de derretimento e uma correlação negativa do tipo potência ($R^2 = 0,95$) entre o pH e a firmeza do *Cream cheese*. Desta forma, a capacidade de derretimento e a firmeza (Figura 4) apresentaram correlação negativa do tipo potência ($R^2 = 0,97$).

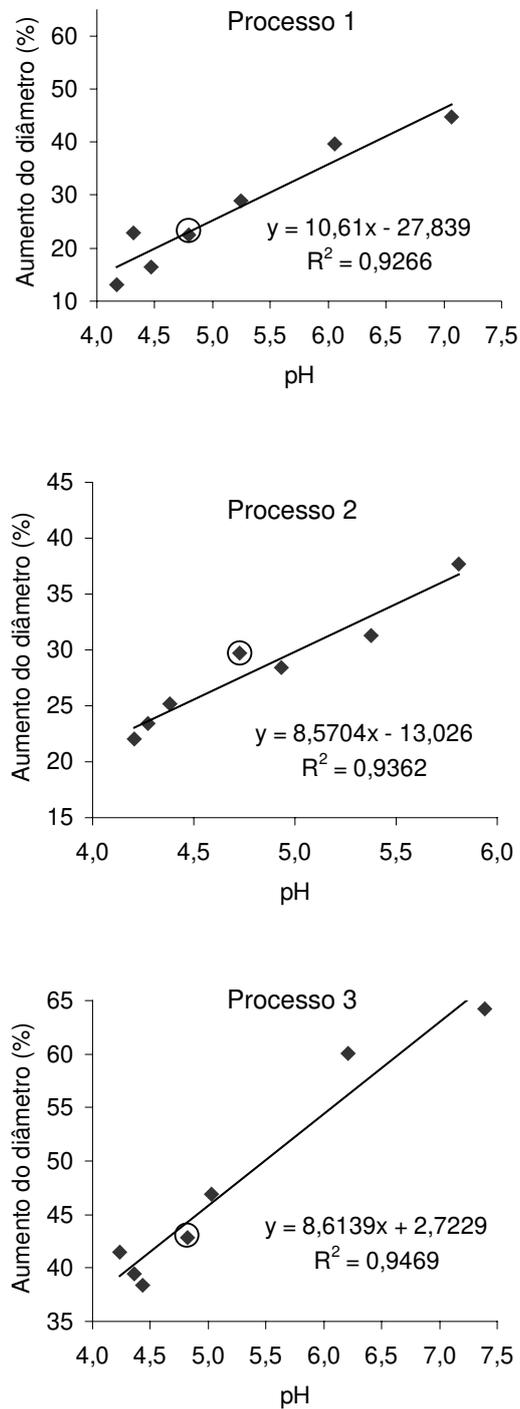


Figura 1. Efeito do pH sobre a capacidade de derretimento do *Cream cheese*.

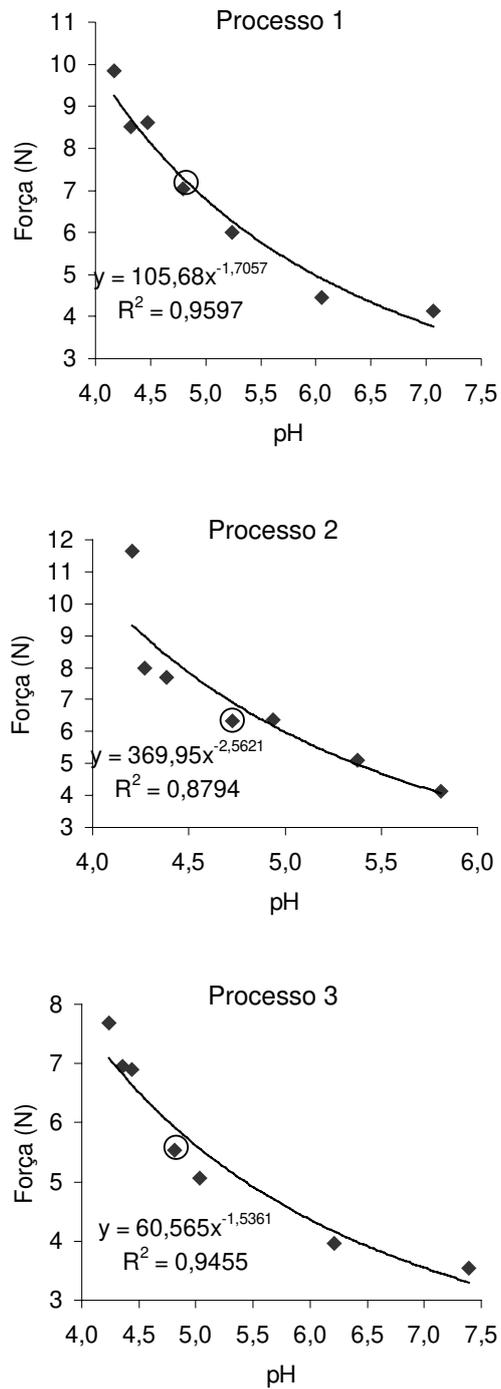


Figura 2. Influência do pH sobre a firmeza do Cream cheese.

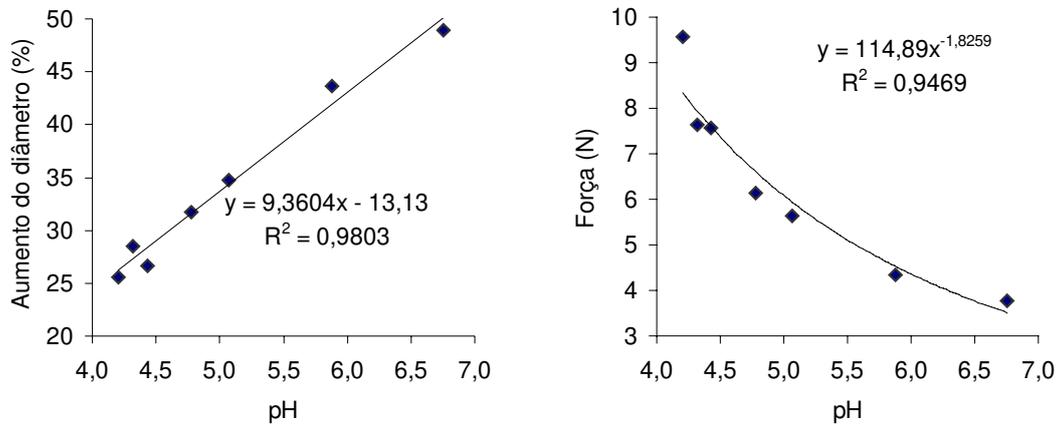


Figura 3. Influência do pH sobre a capacidade de derretimento e a firmeza do *Cream cheese*, média de três processos.

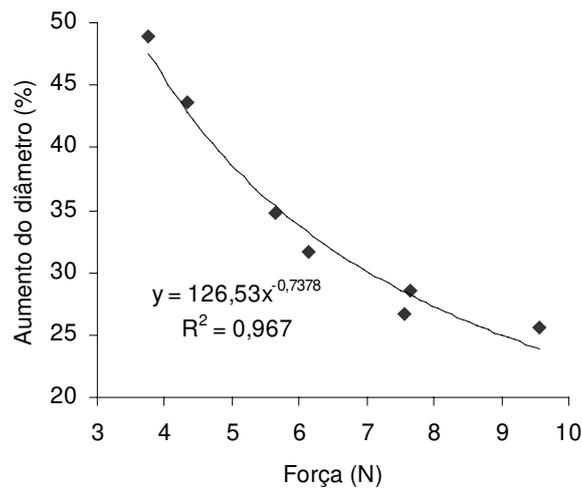


Figura 4. Correlação entre a capacidade de derretimento e a firmeza do *Cream cheese*, média de três processos.

Comportamento inverso, ou seja, diminuição do pH resultando em aumento da capacidade de derretimento e redução da firmeza foi observado em queijos obtidos por coagulação enzimática como Cheddar (PASTORINO *et al.*, 2003) e Mussarela (CORTEZ *et al.*, 2003). O *Cream cheese* é um queijo obtido por coagulação ácida e apresenta, conseqüentemente, um teor de cálcio muito menor

que queijos obtidos por coagulação enzimática. O teor de cálcio é em média 80mg/100g para o *Cream cheese* e 400 e 760mg/100g para os queijos Mussarela e Cheddar, respectivamente (RENNER, 1999). Neste trabalho, o efeito do pH sobre o equilíbrio de cálcio entre a matriz protéica e a fase aquosa não foi avaliado, entretanto, mesmo que o pH tenha promovido, como nos queijos Cheddar e Mussarela (PASTORINO *et al.*, 2003 e CORTEZ *et al.*, 2003) a migração do cálcio da fase aquosa para a matriz protéica, isso não se refletiu em aumento da firmeza do *Cream cheese*. É possível que o aumento do pH tenha diminuído as interações proteína-proteína e aumentado as interações proteína-água, como descrito em leite por WALSTRA (1990) e queijos processados por MARCHESSEAU *et al.* (1997), refletindo, neste caso, na diminuição da firmeza e no aumento da capacidade de derretimento dos queijos. É provável que a despeito da possível migração do cálcio neste queijo, seu efeito sobre as propriedades funcionais tenha sido suprimido pelo aumento das interações proteína-água.

É possível que, com a redução do pH do *Cream cheese*, ocorreu o espessamento dos filamentos da matriz protéica devido à maior agregação e fusão das partículas caseícas, assim como foi descrito em géis ácidos de leite (HARWALKAR e KALAB, 1980), resultando na maior firmeza do queijo, que por sua vez teve seu derretimento restringido devido à maior necessidade de energia para se romper essas interações.

4. CONCLUSÕES

Os resultados indicaram uma forte correlação entre pH, firmeza e capacidade de derretimento. Com o aumento do pH observou-se o aumento da capacidade de derretimento e a diminuição da firmeza. Estes resultados sugerem que variações de pH durante o processamento do *Cream cheese* podem levar à obtenção de produtos com diferentes propriedades funcionais capazes de preencher requisitos específicos de aplicação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16^a ed. Association of Official Analytical Chemists, Virginia, 1997.

ALMENA-ALISTE, M.; KINDSTEDT, P. S. Application of a model system to evaluate the effect of pH on the texture of cream cheese. . **Journal of Dairy Science**, 83 (supl. 1): 378 (abst.), 2000.

ALMENA-ALISTE, M.; GIGANTE, M. L.; KINDSTEDT, P. S. Reversibility of pH-induced changes in the texture and serum phase of cultured cream cheese. **Journal of Dairy Science**, 85 (Suppl. 1): 1019 (abst), 2002.

CORTEZ, M. A. S.; FURTADO, M. M.; GIGANTE, M. L.; KINDSTEDT, P. S. Impact of pH during aging on proteolysis, texture and melting characteristics of Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 86 (supl. 1): 42, 2003.

FEENEY, E. P.; GUINEE, T. P.; FOX, P. F. Effect of pH and calcium concentration on proteolysis in Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1646-1654, Julho, 2002.

GUINEE, T. P.; FEENEY, E. P.; AUTY, M. A. E.; FOX, P. F. Effect of pH and calcium concentration on some textural and functional properties of Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1655-1669, Julho, 2002.

FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; MCSWEENEY, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening. In: **Fundamentals of Cheese Science**, Aspen Publishers, cap. 11, p. 236-281, 2000.

HARWALKAR, V. R.; KALAB, M. Milk gel structure. XI. Electron microscopy of clucono- δ -lactone-induced skim milk gels. **Journal of Texture Studies**, v. 11, p. 35-49, 1980.

KINDSTEDT, P. S.; ZIELINSKI, A.; ALMENA-ALISTE, M.; GE, C. A post-manufacture method to evaluate the effect of pH on Mozzarella cheese

characteristics. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 56, n. 3, p. 14-19, 2001.

KOSIKOWSKI, F. V.; MISTRY, V. V. **Cheese and fermented milk foods: Procedures and analysis**. 3 ed. Westport: F. V. Kosikowski, LLC, v.2, cap. 5: Baker's Neufchatel, Cream, Quark and Ymer, p. 42-54, 1997.

MARCHESSEAU, S.; GASTALDI, E.; LAGAUE, A. Influence of pH on protein interactions and microstructure of process cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 8, p. 1483-1489, 1997.

NOOMEN, A. The role of the surface flora in the softening of cheeses with a low initial pH. **Netherlands Milk & Dairy Journal**, v. 37, p. 229-232, 1983.

OHASHI, T; NAGAI, S.; MASAOKA, K.; HAGA, S.; YAMAUCHI, K.; OLSON, N. F.; Physical properties and microstructure of Cream cheese. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, v. 30, n. 5, p. 303-307, 1983.

PASTORINO, A. J.; HANSEN, C. L.; MCMAHON, D. J. Effect of pH on chemical composition and structure-function relationships of Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 9, p. 2751-2760, Setembro, 2003.

RAMKUMAR, C.; CREAMER, L. K.; JOHSTON, K. A.; BENNETT, R. J. Effect of pH and time on the quantity of readily available water within fresh cheese curd. **Journal of Dairy Research**, v. 64, p. 123-134, 1997.

RENNER, E. Nutritional aspects of cheese. In: FOX, P. F. **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology**, 2^a Edição, v. 1, cap. 15, p. 557-579, Editora Aspen Publishers, Inc., 1999.

VASSAL, L.; MONNET, V.; LE BARS, D.; ROUX, C.; GRIPON, J. C. Relation entre le pH, la composition chimique et la texture des fromages de type Camembert. **Lait**, v. 66, p. 341-351, 1986.

WALSTRA, P. On the stability of casein micelles. **Journal of Dairy Science**, v. 73, n. 8, p. 1965-1979, 1990.

WATKINSON, P.; COKER, C.; CRAWFORD, R.; CRAIG, D.; JOHNSTON, K.; MCKENNA, A.; WHITE, N. Effect of cheese pH and ripening time on model cheese textural properties and proteolysis. **International Dairy Journal**, v. 11, p. 455-464, 2001.

YUN, J. J.; BARBANO, D. M.; KINDSTEDT, P. S. Mozzarella cheese: impact of milling pH on chemical composition and proteolysis. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 12, p. 3629-3638, 1993a.

YUN, J. J.; KIELY, L. J.; KINDSTEDT, P. S. Mozzarella cheese: impact of milling pH on functional properties. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 12, p. 3639-3647, 1993b.

CAPÍTULO IV

EFEITO DO pH SOBRE A PROTEÓLISE E O EQUILÍBRIO
FÍSICO-QUÍMICO ENTRE A MATRIZ PROTÉICA E A
FASE AQUOSA DO *CREAM CHEESE*

EFEITO DO pH SOBRE A PROTEÓLISE E O EQUILÍBRIO FÍSICO-QUÍMICO ENTRE A MATRIZ PROTÉICA E A FASE AQUOSA DO *CREAM CHEESE*

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do pH sobre a proteólise e o equilíbrio físico-químico entre a matriz protéica e a fase aquosa do *Cream cheese*. O *Cream cheese* foi fabricado pelo processo tradicional e exposto à atmosfera de hidróxido de amônio ou ácido acético para aumentar e diminuir o pH, respectivamente. Os queijos foram armazenados a 4°C e amostras foram randomicamente escolhidas e avaliadas quanto a composição, proteólise e volume de fase aquosa obtida por centrifugação. A fase aquosa foi avaliada quanto ao teor de sólidos totais e parâmetros reológicos. O delineamento experimental adotado foi o de parcelas subdivididas em blocos com três repetições e os efeitos dos tratamentos, do tempo de armazenamento, bem como das suas interações sobre as características estudadas, foram analisados por análise de variância de acordo com este delineamento. Os tratamentos afetaram significativamente o pH. O pH dos queijos controle, com alto e baixo pH foram 4,91, 5,30 e 4,36, respectivamente. A proteólise do *Cream cheese* não foi significativamente afetada pela alteração do pH dos queijos. A capacidade de retenção de água do *Cream cheese* e conseqüentemente sua sinérese não foram afetadas pelo pH, entretanto foram afetadas pela interação entre o pH e o tempo de armazenamento, sendo maior ao longo do tempo nos queijos de mais alto (5,30) e mais baixo pH (4,36). O aumento do pH levou à maior dissociação da proteína da matriz protéica. O índice de consistência da fase aquosa do *Cream cheese* foi significativamente afetado pelo pH dos queijos. A fase aquosa do queijo de alto pH apresentou índice de consistência inferior aos demais. Entretanto, a menor viscosidade do soro não resultou em menor capacidade de retenção de água do queijo.

Palavras-chave: *Cream cheese*, alteração de pH, proteólise, fase aquosa.

1. INTRODUÇÃO

Buscando-se um melhor entendimento sobre o equilíbrio físico-químico entre a fase aquosa e a matriz protéica do queijo Mussarela, GUO e KINDSTEDT (1995) padronizaram uma metodologia para separar a fase aquosa do queijo por centrifugação. A quantidade de fase aquosa extraída passou a ser usada como índice da capacidade de retenção de água dos queijos, ou seja, quanto menor a quantidade de soro obtido, maior é a capacidade de retenção de água de suas proteínas.

Em queijos de coagulação enzimática observou-se aumento capacidade de retenção de água com o tempo de estocagem, que por sua vez foi acompanhada de grandes mudanças na composição da fase soro durante as primeiras semanas de estocagem (GUINEE *et al.*, 2000; GUO e KINDSTEDT, 1995; RAMKUMAR *et al.*, 1997). Vários autores relataram que a melhoria das propriedades funcionais dos queijos foi acompanhada do aumento da habilidade do queijo em reter água (GUINEE *et al.*, 2000; GUINEE *et al.*, 2002).

GUO *et al.* (1999) demonstraram que a capacidade de retenção de água do *Cream cheese* diminuiu significativamente durante a estocagem. ACOSTA e KINDSTEDT (2001) sugeriram que ocorre o aumento da quantidade de soro centrifugado devido à diminuição de sua viscosidade, a qual poderia estar relacionada à perda da capacidade de retenção de água pela goma. GIGANTE *et al.* (2001) verificaram que o volume da fase aquosa foi influenciado pelo pH, sendo obtido mais soro no mais alto pH, que por sua vez apresentou a menor viscosidade da fase aquosa.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do pH sobre a proteólise e o equilíbrio físico-químico entre a matriz protéica e a fase aquosa do *Cream cheese*, buscando maior entendimento sobre a sinérese do produto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Fabricação do *Cream cheese*

Os queijos foram fabricados segundo KOSIKOWSKI e MISTRY (1997) com modificações necessárias para atender a disponibilidade de equipamentos. Leite cru padronizado para 12% de gordura, através da adição de creme com aproximadamente 60%, foi aquecido a 54°C, homogeneizado (1000-1200 lbf/pol²) em homogeneizador de simples estágio e tratado termicamente a 75°C/30 min. Em seguida o leite foi resfriado a 30°C e inoculado com fermento láctico tipo “O”, a base de *Lactococcus lactis* sub. *lactis* e *Lactococcus lactis* sub. *cremoris*, e mantido nessa temperatura até que o pH atingisse 4,70± 0,05. A coalhada obtida foi quebrada de forma lenta e contínua e aquecida a 54°C com o objetivo de diminuir a viscosidade do soro e facilitar a dessoragem da massa, quando dispersa sobre tecidos de algodão colocados em estrados apropriados. Para a obtenção do *Cream Cheese*, a massa obtida foi centrifugada para atingir o teor de sólidos desejado (45%) e adicionada de goma locusta (0,35%), sal (1%) e sorbato de potássio (0,3%), sendo posteriormente tratada termicamente (75°C/30 min.) e homogeneizada (1000-1200 lbf/pol²). Os queijos foram envasados à quente em embalagens de 250 gramas e imediatamente armazenados em câmara frigorífica a 4°C para resfriamento.

2.2. Composição físico-química do *Cream cheese*

Os queijos foram avaliados quanto ao pH, introduzindo-se o eletrodo devidamente calibrado diretamente na amostra. Os teores de sólidos totais, nitrogênio total (NT), nitrogênio solúvel em pH4,6 (NS pH 4,6), nitrogênio solúvel em TCA 12% (NS TCA 12%), gordura pelo método de Mojonnier e cinzas foram determinados conforme metodologias descritas pela AOAC (1997). Os resultados de nitrogênio solúvel foram expressos em porcentagem do nitrogênio total.

2.3. Metodologia de alteração do pH do *Cream cheese*

Para aumentar ou diminuir o pH dos queijos pós-fabricação, utilizou-se a metodologia descrita por KINDSTEDT *et al.* (2001), adaptada para *Cream cheese*. Após quatro dias de armazenamento refrigerado, os queijos foram cortados em fatias de 1cm com o objetivo de maximizar a área superficial disponível para absorção de hidróxido de amônio ou ácido acético glacial, além de minimizar o desenvolvimento de um gradiente de pH no interior da amostra. As fatias foram divididas em três grupos que foram randomicamente escolhidas e submetidas a três diferentes tratamentos: um grupo serviu de controle (sem exposição); um grupo foi exposto ao hidróxido de amônio por 3 minutos para aumentar o pH; o terceiro grupo foi exposto ao ácido acético glacial por 60 minutos para diminuir o pH. A troca de pH foi efetuada em dessecador dotado de sistema de circulação interna de ar. Foram utilizados 80ml de hidróxido de amônio ou 400ml de ácido acético glacial. Em ambos os casos, os produtos foram igualmente distribuídos em quatro placas de Petri, as quais foram colocadas no fundo do dessecador. As exposições ao hidróxido de amônio e ao ácido acético foram feitas à temperatura ambiente e a 8°C, respectivamente. Após a exposição, os queijos foram embalados a vácuo, armazenados a 4°C e analisados a partir de quatro dias de armazenamento.

2.4. Obtenção e avaliação da fase aquosa do *Cream cheese*

A fase aquosa foi obtida por centrifugação de 160g de queijo, a 12.500 x g, por 75 minutos, a 25°C, segundo GUO e KINDSTEDT (1995). Após a centrifugação a fase aquosa foi extraída com auxílio de uma seringa e pesada. O resultado foi expresso em gramas de soro/100g de queijo, o qual foi utilizado como índice da capacidade de retenção de água do queijo. Os parâmetros reológicos da fase aquosa foram determinados utilizando-se reômetro digital tipo cone-placa, marca Brookfield, modelo DV-III, com spindle n°40 dotado de sistema de circulação de água a 25°C, utilizando-se 0,5 ml de amostra. Os parâmetros

avaliados foram o índice de comportamento de fluido (n) e índice de consistência (k), segundo modelo lei da potência ($\sigma = \kappa \gamma^n$) (STEFFE, 1996).

2.5. Planejamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado para o desenvolvimento do trabalho foi o de parcelas subdivididas (Split-Plot) em blocos com três repetições. O bloco foi o queijo obtido em cada um dos três processamentos. As parcelas foram os tratamentos aplicados (3 níveis de variação: controle ou sem alteração de pH, aumento de pH e diminuição de pH do queijo). A sub-parcela foi o tempo de armazenamento: no caso da avaliação da proteólise dos queijos foram 3 níveis de variação (4, 32 e 60 dias de armazenamento após os queijos terem sido submetidos aos tratamentos); para a avaliação da fase aquosa do *Cream cheese* foram 5 níveis de variação (4, 18, 32, 46 e 60 dias de armazenamento após os queijos terem sido submetidos aos tratamentos).

Os efeitos dos tratamentos e do tempo de armazenamento, bem como das suas interações sobre as características estudadas, foram analisados por análise de variância (ANOVA) de acordo com este delineamento. Os cálculos foram realizados com auxílio do programa estatístico SAS[®], versão 8e (SAS Institut, Inc. Cary, NC).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Efeito do pH e do tempo de estocagem sobre a proteólise do *Cream cheese*

A composição físico-química dos queijos obtidos nos três processamentos, um dia após a fabricação, encontra-se na **Erro! A origem da referência não foi encontrada..** Os queijos apresentaram composição semelhante a *Cream cheese* comerciais avaliados por OHASHI *et al.* (1983), que foi 55,68 \pm 1,33% de umidade, 33,32 \pm 1,24% de gordura, 8,59 \pm 0,36% de proteína e 1,08 \pm 0,04% de cinzas.

Tabela 1. Composição físico-química dos queijos obtidos nos três processamentos, um dia após a fabricação.

Determinações	Processo 1	Processo 2	Processo 3	Valor mais provável	
pH	4,82	4,92	4,97	4,91	±0,08
Gordura (%)	35,6	35,1	35,1	35,3	±0,3
Proteína total (%)	8,22	9,02	8,51	8,6	±0,4
NS pH 4,6 (%NT)	6,04	5,37	4,07	5	±1
NS TCA 12% (%NT)	2,26	2,19	2,22	2,22	±0,04
Sólidos totais (%)	48,4	48,2	49,0	48,5	±0,4
Cinzas (%)	1,58	1,69	1,63	1,63	±0,05

Os tratamentos, ou seja, a exposição ao hidróxido de amônia ou ao ácido acético, afetaram significativamente ($p = 0,0001$) os pH dos queijos, criando três grupos de pH que foram estatisticamente diferentes entre si pelo teste de *Tukey* ($\alpha = 5\%$): controle (4,91), alto pH (5,30) e baixo pH (4,36). Além disso, o tempo de armazenamento não afetou significativamente o pH ($p = 0,7378$), os quais mantiveram-se constantes durante os 60 dias de estocagem (Figura 1). A Tabela 2 apresenta a análise de variância dos tratamentos, do tempo de armazenamento e de sua interação sobre o teor de sólidos e a fração nitrogenada do *Cream cheese*. Apenas o teor de nitrogênio total foi significativamente afetado pelos tratamentos. Os valores de nitrogênio total para os queijos controle (4,91), com alto (5,30) e baixo (4,36) pH foram de $1,37 \pm 0,05\%$, $1,38 \pm 0,06\%$ e $1,38 \pm 0,05\%$, respectivamente. Estes teores de nitrogênio, quando convertidos em proteína total, correspondem a queijos com 8,73, 8,82 e 8,79% de proteína, respectivamente. Embora estatisticamente significante, esta diferença de no máximo 0,11% de proteína não é importante do ponto de vista prático.

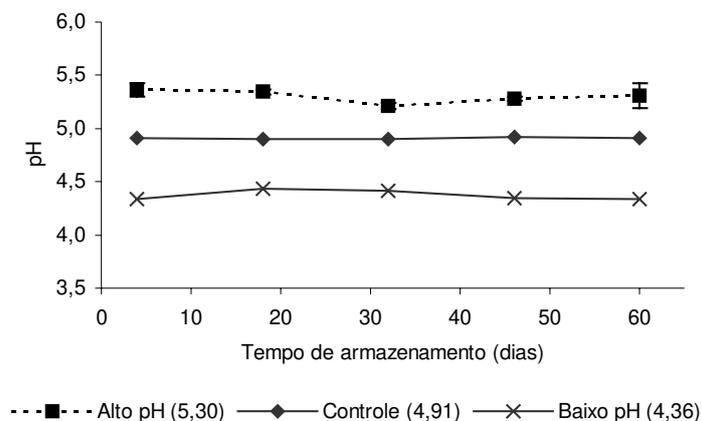


Figura 1. Efeito dos tratamentos sobre o pH do *Cream cheese*.

Tabela 2. Resumo da análise de variância (ANOVA).

Fatores	Valores de P				
	GL	Sólidos Totais	Nitrogênio Total	NS pH 4,6	NS TCA 12%
Tratamento*	2	0,5952	0,0274	0,0664	0,9952
Armazenamento	2	0,9560	0,9352	0,8023	0,7805
Tratamento x Tempo	2	0,4288	0,3263	0,4474	0,2310

* Controle ou sem alteração de pH, aumento de pH e diminuição de pH do queijo.

Os resultados demonstraram que o pH, o tempo de armazenamento e sua interação não afetaram significativamente a proteólise dos queijos, conforme pode-se observar na Figura 2 e no padrão eletroforético da Figura 3.

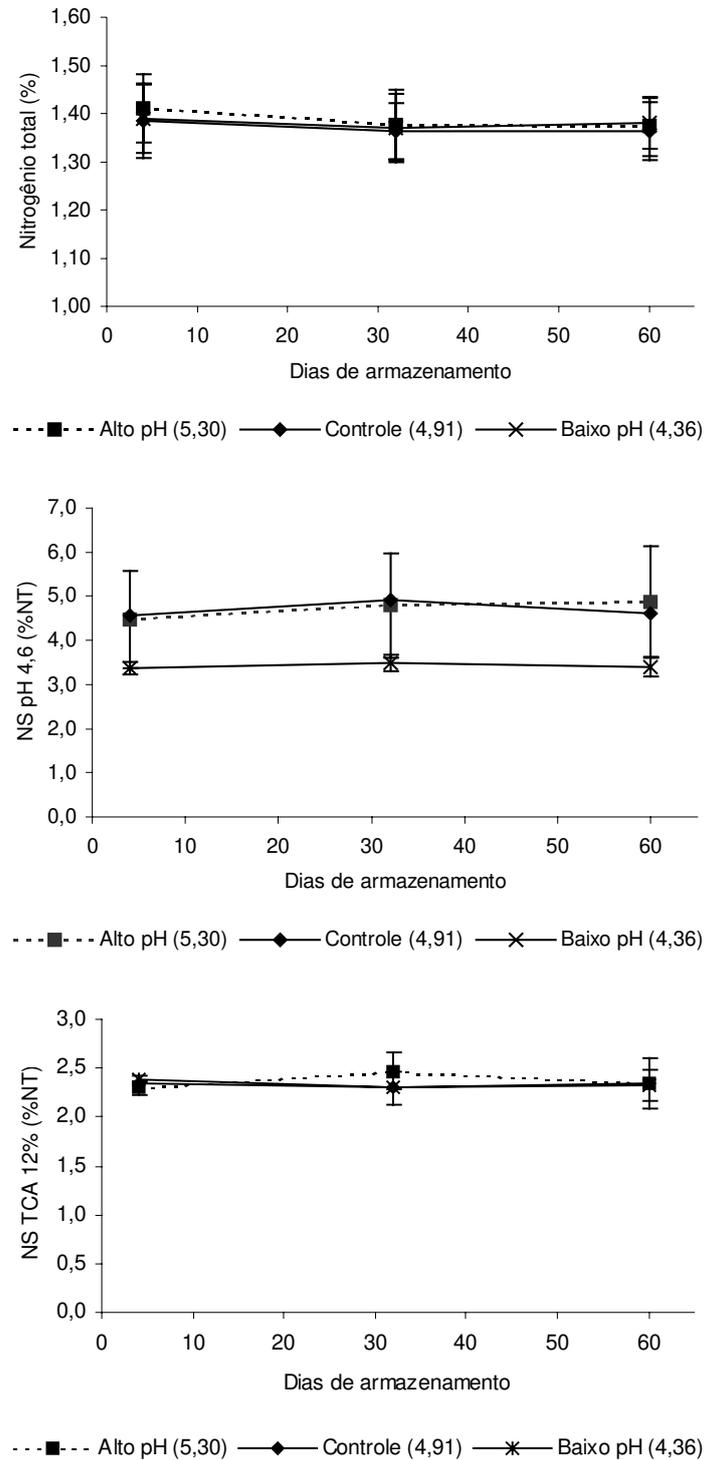


Figura 2. Influência do pH na proteólise do *Cream cheese*.

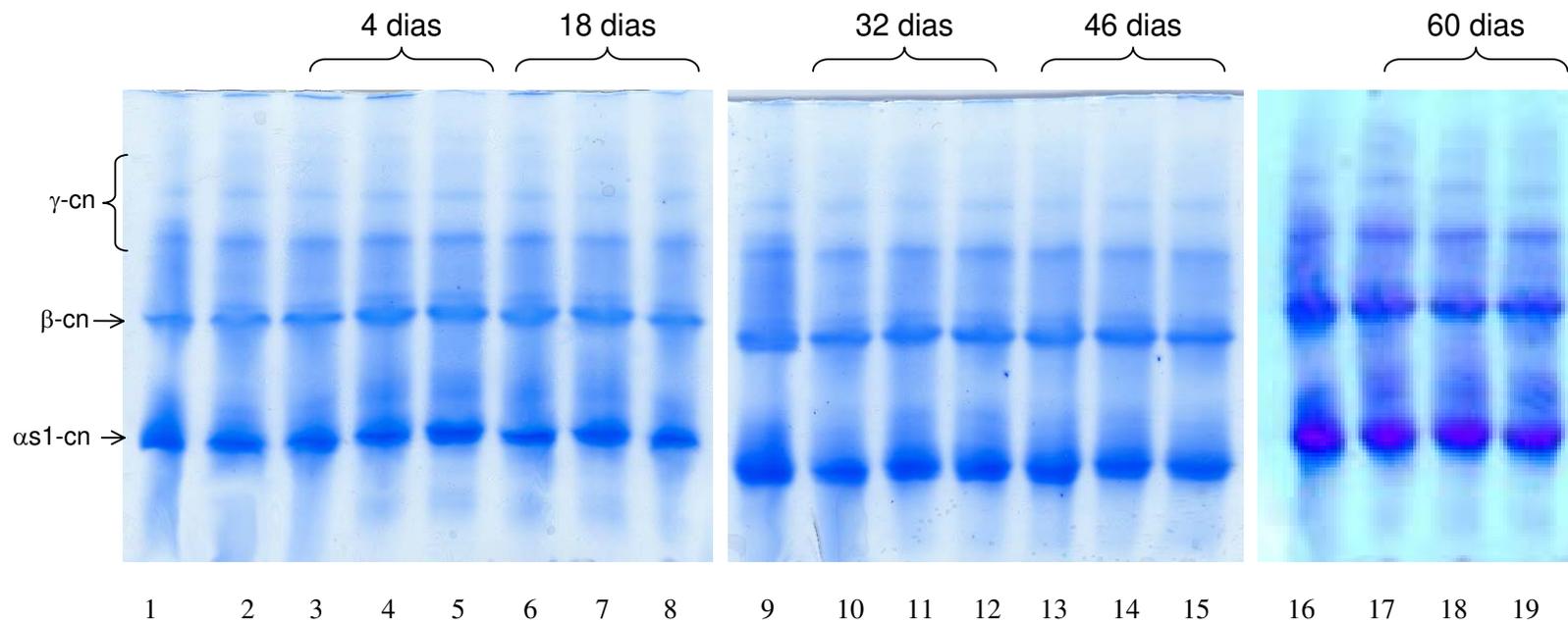


Figura 3. Perfil eletroforético dos queijos obtidos após tratamento de alteração de pH. Bandas 1, 9 e 16: padrão de caseinato. Banda 2: *Cream cheese* com um dia de fabricação. Bandas 3, 6, 10, 13 e 17 dos queijos controle (pH 4,91 - sem tratamento). Bandas 4, 7, 11, 14 e 18 dos queijos submetidos à exposição ao hidróxido de amônio (pH 5,30). Bandas 5, 8, 12, 15, e 19 dos queijos submetidos ao ácido acético (pH 4,36).

3.2. Efeito do pH e do tempo de estocagem sobre a fase aquosa do *Cream cheese*.

Observa-se na Tabela 3 que os tratamentos e o tempo de armazenamento não afetaram significativamente a quantidade de soro centrifugado do queijo, contudo a interação tratamento e tempo de armazenamento afetou significativamente o quantidade de soro obtida. Na Figura 4 observa-se que houve aumento da quantidade de fase aquosa obtida dos queijos de baixo (4,36) e alto (5,30) pH ao longo do tempo. Este aumento foi de aproximadamente 83 e 63% para os queijos de alto (5,30) e baixo (4,36) pH, respectivamente. Por outro lado, o queijo controle (4,91) apresentou comportamento distinto. No primeiro dia de centrifugação, a quantidade de soro obtida foi ligeiramente maior do que os demais, entretanto, até o primeiro mês de estocagem a quantidade de soro diminuiu, após o qual passou a aumentar, porém sempre permanecendo inferior aos dos queijos de alto (5,30) e baixo (4,36) pH, e ainda inferior à quantidade obtida no primeiro dia de centrifugação. GIGANTE *et al.* (2001) estudaram o efeito do pH sobre o volume de fase aquosa do *Cream cheese* e observaram comportamento semelhante ao deste trabalho para o queijo de maior pH.

Tabela 3. Resumo da ANOVA. Efeito dos tratamentos e do tempo de armazenamento sobre a quantidade de fase aquosa e sua composição.

Fatores	Valores de P					
	GL	Volume do soro	Nitrogênio Total (%)	Sólidos Totais (%)	n	K
Tratamento*	2	0,3187	0,0033	0,0076	0,6442	0,0254
Tempo	4	0,0934	0,9681	0,7779	0,1466	0,0613
TratamentoxTempo	8	0,0008	0,9568	0,3713	0,4017	0,3567

* Controle ou sem alteração de pH, aumento de pH e diminuição de pH do queijo; n= índice de comportamento do fluido; k= índice de consistência do fluido. Lei da potência ($\sigma = \kappa\gamma^n$).

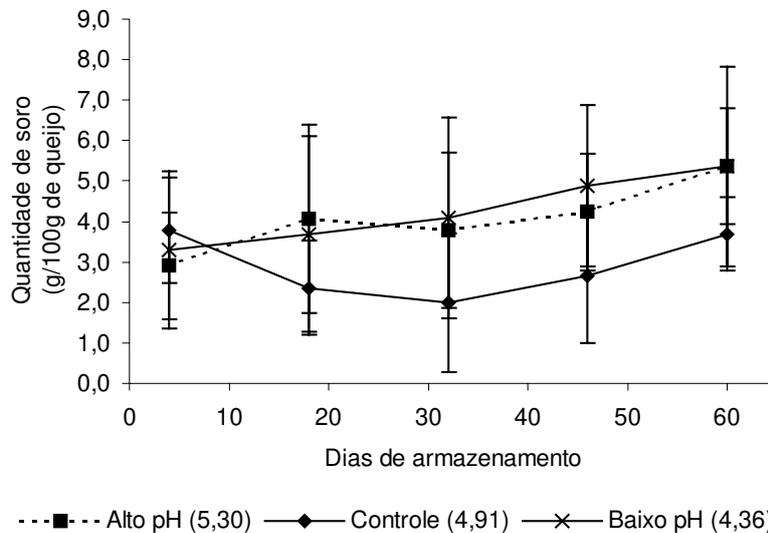


Figura 4. Efeito dos tratamentos e do tempo de estocagem sobre a quantidade de fase aquosa.

Com relação à composição da fase aquosa obtida, verificou-se que tanto o nitrogênio total, quanto o teor de sólidos totais, foram significativamente afetados pelos tratamentos (Tabela 3 e Figura 5). Os queijos com pH mais alto (5,30) apresentaram fase aquosa com maiores teores de sólidos totais e nitrogênio total.

Para o leite, verifica-se que em valores de pH de 5,2 a 5,4, ocorre a maior dissociação das frações protéicas das micelas e os maiores valores de solvatação das suas proteínas (GUINEE *et al.*, 1999 e CREAMER, 1985). Esta dissociação é maior quanto menor for a temperatura (GUINEE *et al.*, 1999). Fazendo-se uma analogia entre o comportamento das proteínas no leite e no *Cream cheese* frente às variações de pH, é possível que os maiores valores obtidos de sólidos totais e nitrogênio total na fase aquosa do *Cream cheese* sejam resultado da maior dissociação das caseínas no mais alto pH (5,30). Comportamento semelhante foi obtido por GUINEE *et al.* (2000), que observaram maior quantidade de proteína na fase aquosa queijo Cheddar com pH nessa região (5,1).

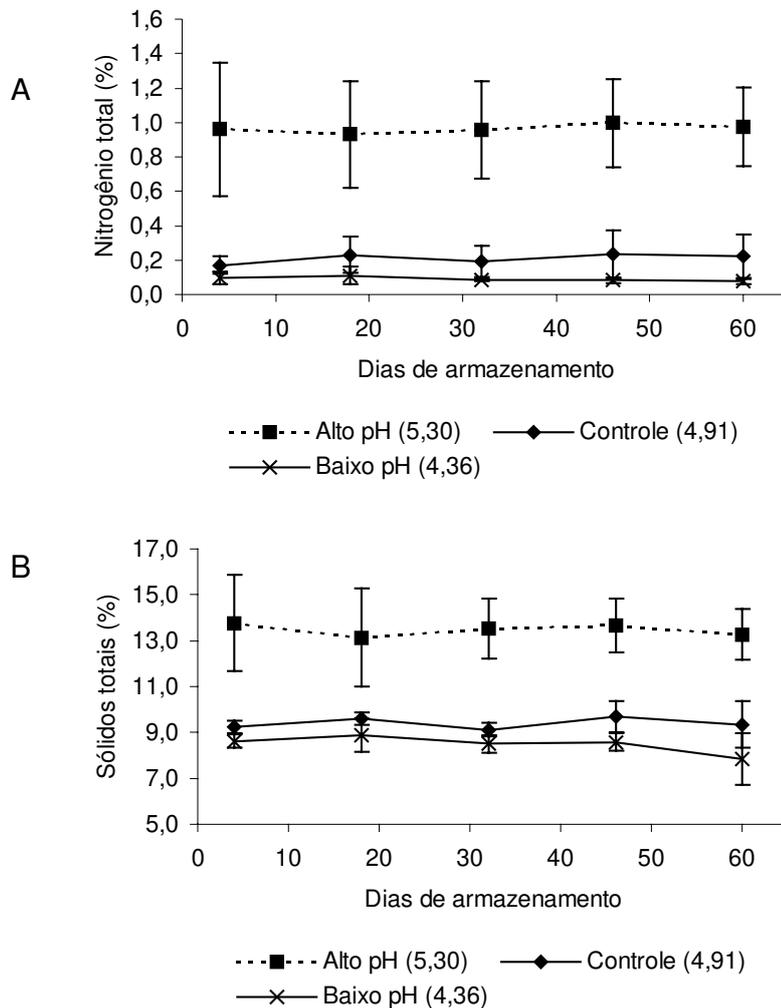


Figura 5. Efeito dos tratamentos sobre o nitrogênio total (A) e teor de sólidos totais (B) da fase aquosa do Cream cheese.

Calculando-se o teor de proteína no extrato seco da fase aquosa, verificou-se que com o aumento do pH houve um drástico aumento da porcentagem de proteína no extrato seco da fase aquosa, evidenciando a maior dissociação da caseína micelar (Figura 6). O incremento de 0,39 unidades de pH em relação ao controle (pH = 4,91) levou ao aumento de 14,12 para 45,58% de proteína no extrato seco da fase aquosa do *Cream cheese*, enquanto a redução de 0,54 unidades de pH levou à diminuição para 6,77%.

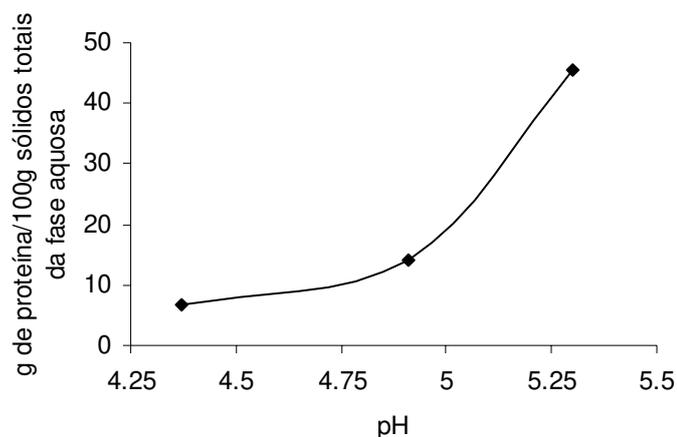


Figura 6. Efeito do pH sobre o teor de proteína no extrato seco da fase aquosa do *Cream cheese*.

O índice de comportamento do fluido (n) da fase aquosa do *Cream cheese* segundo a lei da potência ($\sigma = \kappa\gamma^n$), não foi significativamente influenciado pelos tratamentos, pelo tempo de estocagem e pela sua interação (Tabela 3). O índice de comportamento do fluido apresentou valores entre 0,8 e 1,0, caracterizando a fase aquosa do *Cream cheese* como um fluido newtoniano.

Os índices de consistências (k) da fase aquosa do *Cream cheese* foram afetados significativamente pelos tratamentos (Tabela 3 e Figura 7). Os queijos de maior pH (5,30) apresentaram índice de consistência menores do que os queijos controle (4,91) e de baixo (4,36) pH, que por sua vez apresentaram resultados parecidos entre si, porém ligeiramente maior para o queijo de baixo pH (Figura 7). Embora o índice de consistência não tenha sido afetado significativamente pelo tempo ($p = 0,0613$), pode-se observar na Figura 8 que houve uma queda praticamente linear do índice de consistência para os queijos controle (4,91) e baixo (4,36) pH durante 46 dias de armazenamento, a partir do qual permaneceram constantes. O queijo de maior pH (5,30) apresentou índice de consistência menor desde o primeiro dia de avaliação, uma ligeira queda após 18 dias de armazenamento tendo, permanecido constante a partir daí. Embora a fase aquosa do queijo de maior pH (5,30) tenha apresentado teores superiores de

nitrogênio total e extrato seco, esse aumento não foi traduzido em elevação do índice de consistência.

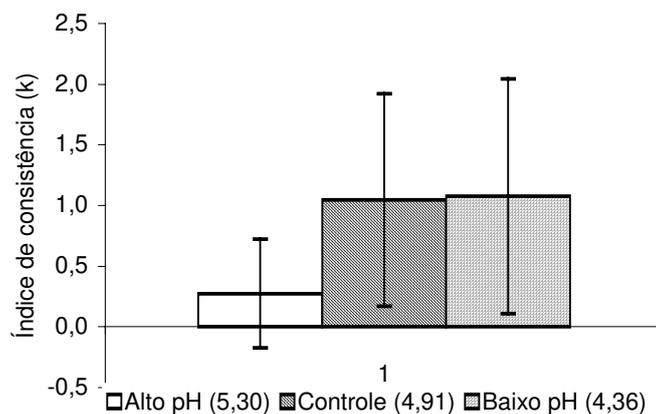


Figura 7. Efeito dos tratamentos sobre o índice de consistência da fase aquosa.

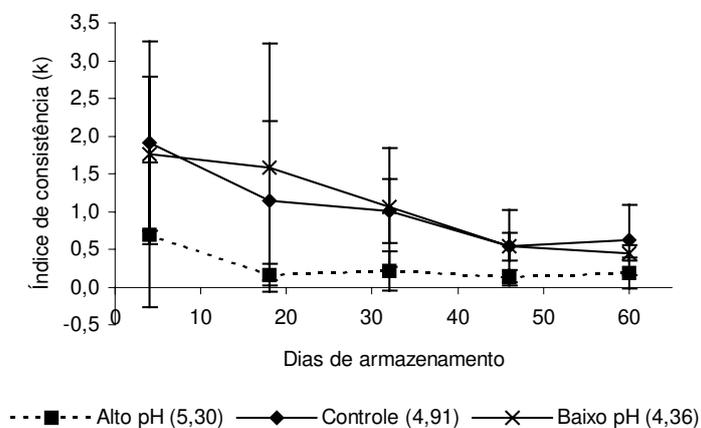


Figura 8. Efeito dos tratamentos e do tempo de estocagem sobre o índice de consistência da fase aquosa do Cream cheese.

Misturas de proteínas e polissacarídeos neutros podem apresentar interações repulsivas que resultam em separação de fases (SCHMITT *et al.*, 1998). SCHORSCH *et al.* (1999) estudaram a interação de soluções de goma

locusta e de leite em pó desengordurado reconstituído, a 5°C, pH 6,8 e 0,08M de força iônica. Os autores observaram, através do diagrama de separação de fases, que a proteína e a goma locusta apresentaram região de compatibilidade muito pequena. Neste trabalho, a maior quantidade de soro obtida no queijo de alto pH (5,30) (Figura 4) pode estar relacionada a possível separação de fases, o que provavelmente resultou na menor viscosidade do soro (Figura 7), provavelmente devido ao seu elevado teor de proteínas na fase aquosa (Figura 5 A). Já a fase aquosa dos queijos controle (4,91) e baixo pH (4,36) tiveram as maiores viscosidades, possivelmente por possuírem menor teor protéico, não apresentando separação de fases.

4. CONCLUSÕES

Os tratamentos de exposição do *Cream cheese* a atmosferas de hidróxido de amônia ou ácido acético glacial afetaram o seu pH, criando três grupos de pH que foram estatisticamente diferentes entre si: controle (4,91), alto pH (5,30) e baixo pH (4,36).

A proteólise do *Cream cheese* não foi significativamente afetada pela alteração do pH dos queijos.

A capacidade de retenção de água do *Cream cheese*, e conseqüentemente sua sinérese, não foram afetadas pelo pH ou tempo de estocagem, entretanto foram afetadas pela interação entre o pH e o tempo de armazenamento, sendo maior ao longo do tempo nos queijos de mais alto (5,30) e mais baixo pH (4,37).

O pH afetou significativamente o equilíbrio físico-químico entre a fase aquosa e a matriz protéica do *Cream cheese*. O aumento do pH levou à maior dissociação da proteína da matriz protéica. O maior teor de sólidos da fase aquosa do *Cream cheese* com alto pH (5,30) não implicou em maior viscosidade da fase aquosa.

O índice de consistência da fase aquosa do *Cream cheese* foi afetado significativamente pelo pH dos queijos. A fase aquosa do queijo de alto pH (5,30) apresentou índice de consistência inferior aos demais. Entretanto, a menor viscosidade do soro não resultou em menor capacidade de retenção de água do queijo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16^a ed. Association of Official Analytical Chemists, Virginia, 1997.

ACOSTA, L.; KINDSTEDT, P. S. Effect of storage time and temperature on the serum phase of cultured cream cheese. **Journal of Dairy Science**, 84 (Suppl. 1): 434 (abst), 2001.

CREAMER, L. K. Water absorption by renneted casein micelles. **Milchwissenschaft**, v. 40, n. 10, p. 589-591, Outubro, 1985.

GUINEE, T. P.; PUDJA, P. D.; FARKYE, N. Y. Fresh acid-curd cheese varieties. In: FOX, P. F. **Cheese: Chemistry, physics and microbiology**. 2^a Ed. Gaithersburg: Aspen Publishers, V.2, cap. 13, p. 363-419, 1999.

GUINEE, T. P.; HARRINGTON, D.; CORCORAN, M. O.; MULHOLLAND, E. O.; MULLINS, C. The compositional and functional properties of commercial Mozzarella, Cheddar and analogue pizza cheeses. **International Journal of Dairy Technology**, v. 53, n. 2, p. 51-56, Maio, 2000.

GUINEE, T. P.; FEENEY, E. P.; AUTY, M. A. E.; FOX, P. F. Effect of pH and calcium concentration on some textural and functional properties of Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1655-1669, Julho, 2002.

GUO, M. R.; KINDSTEDT, P. S. Age-related changes in the water phase of mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 78, p. 2099-2107, 1995.

GUO, M. R.; ACOSTA, L.; KINDSTEDT, P. S. Evaluation of syneresis defect in cultured Cream cheese and possible causes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 82 (supl. 1): D13 (abst.), 1999.

KINDSTEDT, P. S.; ZIELINSKI, A.; ALMENA-ALISTE, M.; GE, C. A post-manufacture method to evaluate the effect of pH on Mozzarella cheese characteristics. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 56, n. 3, p. 14-19, 2001.

KOSIKOWSKI, F. V.; MISTRY, V. V. **Cheese and fermented milk foods: Procedures and analysis**. 3 ed. Westport: F. V. Kosikowski, LLC, v.2, cap. 5: Baker's Neufchatel, Cream, Quark and Ymer, p. 42-54, 1997.

RAMKUMAR, C.; CREAMER, L. K.; JOHSTON, K. A.; BENNETT, R. J. Effect of pH and time on the quantity of readily available water within fresh cheese curd. **Journal of Dairy Research**, v. 64, p. 123-134, 1997.

SCHMITT, C.; SANCHEZ, C.; DESOBRY-BANON, S.; HARDY, J. Structure and technofunctional properties of protein-polysaccharide complexes: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 38, n. 8, p. 689-753, 1998.

SCHORSCH, C.; JONES, M. G.; NORTON, I. T. Thermodynamic incompatibility and microstructure of milk protein/locust bean gum/sucrose systems. **Food Hydrocolloids**, v. 13, n. 2, p. 89-99, Março, 1999.

STEFFE, J. F. **Rheological Methods in Food Process Engineering**. 2 ed. East Lansing, cap. 1, Introduction on rheology, p. 1-93, 1996.

CAPÍTULO V

EFEITO DO pH SOBRE A MICROESTRUTURA DO *CREAM CHEESE*

EFEITO DO pH SOBRE A MICROESTRUTURA DO CREAM CHEESE

RESUMO

O pH afeta as interações químicas entre os constituintes dos queijos e conseqüentemente suas propriedades físico-químicas e funcionais. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do pH sobre a microestrutura do *Cream cheese* utilizando método de alteração de pH pós-fabricação. Os queijos foram fabricados pelo processo tradicional e submetido à exposição ao hidróxido de amônio ou ácido acético para aumentar ou diminuir o pH, respectivamente. A microestrutura dos queijos em distintos pH, variando de 3,83 a 7,24, foi avaliada em microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microscopia eletrônica de transmissão (MET). O pH afetou as interações intra e intermolecular das proteínas, provocando mudanças na organização da matriz protéica do *Cream cheese*. As diferentes organizações da matriz protéica são, possivelmente, relacionadas com as características funcionais do produto.

Palavras-chave: *Cream cheese*, pH, microestrutura.

1. INTRODUÇÃO

A composição e a estrutura de queijos são determinadas durante o processo de fabricação. A microscopia pode analisar-lhes a microestrutura e evidenciar mudanças físico-químicas ocorridas durante a fabricação e estocagem de queijos obtidos por coagulação enzimática (KIELY *et al.*, 1992; GUINEE *et al.*, 2002; PASTORINO *et al.*, 2003; PASTORINO *et al.*, 2003a) ou por coagulação ácida (OHASHI *et al.*, 1983; KALAB e MODLER, 1985a e b; WENDIN *et al.*, 2000). Géis ácidos do leite (HARWALKAR e KALAB, 1980; MODLER e KALAB, 1983; LUCEY *et al.*, 1997; LUCEY e SINGH, 1998; LUCEY *et al.*, 1998) foram também analisados por microscopia. Estes estudos visaram correlacionar a

microestrutura dos produtos lácteos com textura, derretimento, capacidade de retenção de água, coeficiente de permeabilidade e características sensoriais.

O pH afeta as interações químicas entre os componentes estruturais dos queijos. Várias pesquisas relatam sua influência sobre as propriedades físico-químicas e funcionais de queijos durante sua fabricação e maturação (MARCHESSEAU *et al.*, 1997; FEENEY *et al.*, 2002; GUINEE *et al.*, 2002; RAMKUMAR *et al.*, 1997; WATKINSON *et al.*, 2001; YUN *et al.*, 1993a e b). É difícil estudar o efeito independente do pH sobre as características dos queijos porque variáveis como pH, conteúdo de cálcio, umidade e proteólise são interdependentes e influenciadas por outros parâmetros durante a fabricação, tornando difícil a separação dos efeitos entre si. Para estudar o efeito específico do pH sobre as propriedades de queijos NOOMEN (1983) desenvolveu um método para aumentar o pH do queijo após a fabricação, que foi modificado por VASSAL *et al.* (1986) e adaptado e expandido por KINDSTEDT *et al.* (2001), que expôs queijos Mussarela a atmosfera de hidróxido de amônio ou ácido acético, respectivamente, para aumentar ou diminuir o pH. O método impôs variações de pH dos queijos sem lhes causar alterações significativas em parâmetros químicos e enzimáticos. Recentemente, outro método de alteração do pH pós-fabricação foi proposto por PASTORINO *et al.* (2003a), que variam o pH de queijos com injeção, sob pressão, de glucona- δ -lactona. Utilizando-se desta mesma técnica, visando o estudo do efeito independente de variáveis interdependentes sobre as características de queijos, PASTORINO *et al.* (2003b e c) variaram os teores de cálcio, sal e água dos queijos após fabricação, com injeções, sob pressão, de solução de cloreto de cálcio (4,2 M), cloreto de sódio (3,8 M) e água destilada, respectivamente.

Estudos sobre *Cream cheese* revelaram que sua microestrutura poderia ser afetada por distintos processos de fabricação (KALAB *et al.*, 1981), adição de *Queso Blanco* à sua formulação (KALAB e MOLDER, 1985a), tratamento térmico e adição de sais emulsificantes (BUCHHEIN e THOMASOW, 1984), taxa de resfriamento e temperatura final do produto (SANCHEZ *et al.*, 1996), incorporação de proteínas de soro desnaturadas (KALAB e MOLDER, 1985), pressão de

homogeneização, bem como os conteúdos de gordura e sal do *Cream cheese* (WENDIN *et al.*, 2000). Entretanto, o efeito do pH sobre a microestrutura do *Cream cheese* não é conhecido.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito independente do pH sobre a microestrutura de *Cream cheese*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Fabricação do *Cream cheese*

Os queijos foram fabricados segundo KOSIKOWSKI e MISTRY (1997) com modificações necessárias para atender a disponibilidade de equipamentos. Leite cru padronizado para 12% de gordura, através da adição de creme com aproximadamente 60% , foi aquecido a 54°C, homogeneizado (1000-1200 lbf/pol²) em homogeneizador de simples estágio e tratado termicamente a 75°C/30 min. Em seguida o leite foi resfriado a 30°C e inoculado com fermento láctico tipo “O”, a base de *Lactococcus lactis* sub. *lactis* e *Lactococcus lactis* sub. *cremoris*, e mantido nessa temperatura até que o pH atingisse 4,70± 0,05. A coalhada obtida foi quebrada de forma lenta e contínua e aquecida a 54°C com o objetivo de diminuir a viscosidade do soro e facilitar a dessoragem da massa, quando dispersa sobre tecidos de algodão colocados em estrados apropriados. Para a obtenção do *Cream cheese*, a massa obtida foi centrifugada para atingir o teor de sólidos desejado (45%) e adicionada de goma locusta (0,35%), sal (1%) e sorbato de potássio (0,3%), sendo posteriormente tratada termicamente (75°C/30 min.) e homogeneizada (1000-1200 lbf/pol²). Os queijos foram envasados à quente em embalagens de 250 gramas e imediatamente armazenados em câmara frigorífica a 4°C para resfriamento.

2.2. Composição físico-química do *Cream cheese*

Os queijos foram avaliados quanto ao pH, introduzindo-se o eletrodo devidamente calibrado diretamente na amostra. Os teores de sólidos totais, proteína total, gordura pelo método de Mojonnier e cinzas foram determinados conforme metodologias descritas pela AOAC (1997).

2.3. Metodologia para alteração do pH do *Cream cheese*

Para aumentar ou diminuir o pH dos queijos pós-fabricação utilizou-se a metodologia descrita por KINDSTEDT *et al.* (2001) adaptada para *Cream cheese*. Após 4 dias de armazenamento refrigerado os queijos foram cortados em fatias de 1 cm com o objetivo de maximizar a área superficial disponível para absorção de hidróxido de amônio ou ácido acético e minimizar o desenvolvimento de um gradiente de pH no interior das amostras. As fatias foram divididas em sete grupos que foram randomicamente escolhidas e submetidas a sete diferentes tratamentos. Três grupos foram expostos à atmosfera de hidróxido de amônio por 1, 3 e 5 minutos, respectivamente, para aumentar o pH. Outros três grupos foram expostos à atmosfera de ácido acético glacial por 30, 60 e 90 minutos, para diminuir o pH. O último grupo foi utilizado como controle. Após a exposição, os queijos foram embalados a vácuo, armazenados a 4°C e analisados após quatro dias de armazenamento.

2.4. Microestrutura do *Cream cheese*

A microestrutura dos queijos em distintos pH foi avaliada em microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microscopia eletrônica de transmissão (MET) conforme descrito por KALAB (1981, 1985), com pequenas modificações. Para avaliação da microestrutura em MEV os queijos foram cortados e fixados em solução de glutaraldeído 3,5%, preparado com tampão fosfato-ácido cítrico nos respectivos pH dos queijos, por 8 horas e pós-fixado com solução de tetróxido de ósmio 1% até a manhã seguinte. As amostras foram desidratadas em série

alcoólica de etanol-água destilada (70, 80, 90, 95 e 100% v/v de etanol), desengorduradas com clorofórmio, desidratadas em ponto crítico de CO₂ (BALZERS, CPD030), metalizadas com ouro (Sputter BALZERS, SCD050) e observadas em microscópio eletrônico de varredura sob aceleração de 15Kv (JEOL, JSM 5800 LV). Para os estudos ao MET, foram escolhidas as amostras dos queijos controle e de extremos de pH. Os queijos foram fixados seguindo-se as mesmas etapas de fixação descritas para MEV, acrescentando-se, após a fixação com tetróxido de ósmio, que neste caso foi de 5 horas, a lavagem em solução fisiológica de sacarose, seguida da contrastação com acetato de uranila a 0,5%. As amostras foram desidratadas em série alcoólica, incluídas em resina Epon e cortadas em ultramicrótomo. As amostras foram observadas em MET sob aceleração de voltagem de 60kv (CARL ZEISS, MET LEO 906).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição físico-química do *Cream cheese*

Os queijos obtidos demonstraram composição típica para *Cream cheese*: 50,01 ±0,08% de umidade, 36,7 ±0,2% de gordura, 7,36 ±0,04% de proteínas, 1,555 ±0,004% de cinzas e pH de 4,92. Este pH é maior do que o pH alcançado durante o processo de fermentação para obtenção do coágulo (4,70 ±0,05), devido à adição de sorbato de potássio durante a fabricação do produto.

3.2. Alteração do pH do *Cream cheese* após a fabricação

Variações gradativas de pH foram obtidas quando os queijos foram expostos à atmosfera de hidróxido de amônio ou ácido acético glacial. Para os queijos expostos a atmosfera de hidróxido de amônio durante 1, 3 e 5 minutos os queijos alcançaram pH 5,50, 6,36 e 7,24, respectivamente. Sob ácido acético durante 30, 60 e 90 minutos os queijos alcançaram pH 4,48, 4,04 e 3,82,

respectivamente. Os valores de pH permitiram ampla avaliação do efeito deste sobre a microestrutura do *Cream cheese*.

3.3. Microestrutura do *Cream cheese* controle

O *Cream Cheese* controle (pH 4,92) produzido por método tradicional de fabricação apresentou, ao MEV (Figura 1), matriz protéica heterogênea constituída por regiões de filamentos caseícos e distribuição aleatória de agregados de glóbulos de gordura com vários diâmetros, semelhante às apresentadas por KALAB *et al.* (1981) e OHASHI *et al* (1983).

Em MET (Figura 2) nota-se a presença de agregados protéicos ao redor dos glóbulos de gordura. A rede ramificada é constituída por filamentos de 42nm de espessura. De acordo com FOX *et al.* (2000), durante o processo de fabricação de queijos ácidos, *Cream cheese* inclusive, o arranjo protéico passa por várias transformações. Durante a fermentação ocorre a agregação das caseínas com concomitante redução de suas cargas negativas e formação de gel cuja estrutura é filamentosa e ramificada. Na etapa de agitação, quebra do coágulo e separação do soro ocorre quebra da matriz filamentosa. Na homogeneização do coágulo desidratado ocorre a destruição dos conglomerados de caseína, obtendo-se, após resfriamento, uma matriz protéica mais ou menos contínua, que depende tanto do tamanho e distribuição espacial do material formador da matriz antes do resfriamento, como da taxa de resfriamento do produto.

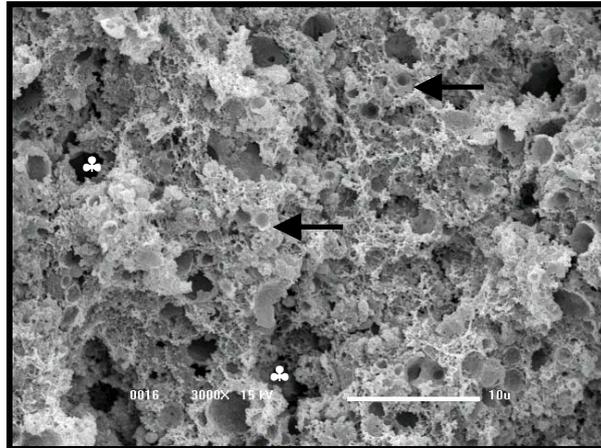


Figura 1. MEV: *Cream cheese* amostra controle (pH 4,92). A caseína apresenta estrutura característica de esponja e numerosos vazios onde se localizava a água (♣). A gordura (setas), ausente após preparação da amostra, imprimiu moldes côncavos sobre a esponja caseíca. Magnitude de Aumento= 3000X, Barra = 10 μ m.

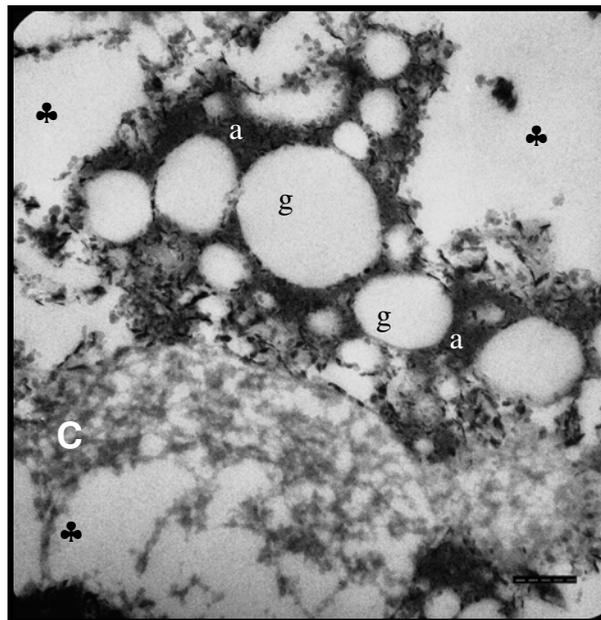
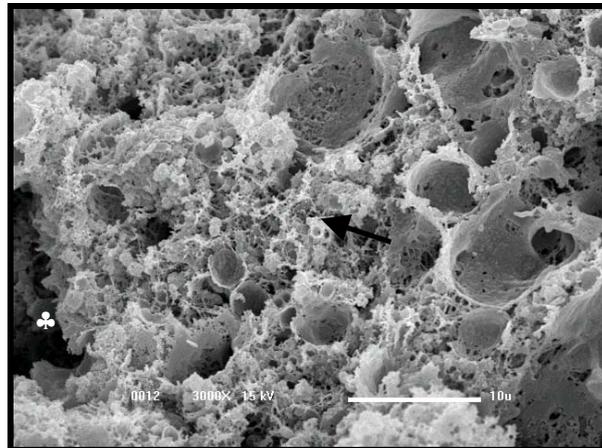


Figura 2. MET: *Cream cheese* amostra controle (pH 4,92). Neste aumento (40000x) o *cluster* de gordura cimentado pela proteína circundante; a gordura, escurecida pelo OsO₄, está fracionada em numerosas partículas com 0,1 μ m de comprimento em média. Vazios originalmente ocupados por gordura (g) ou água (♣). Aglomeração caseíca (a) ao redor dos glóbulos de gordura, rica em fragmentos de membrana fosfolipídica; filamentos de caseína (c). Barra= 336nm.

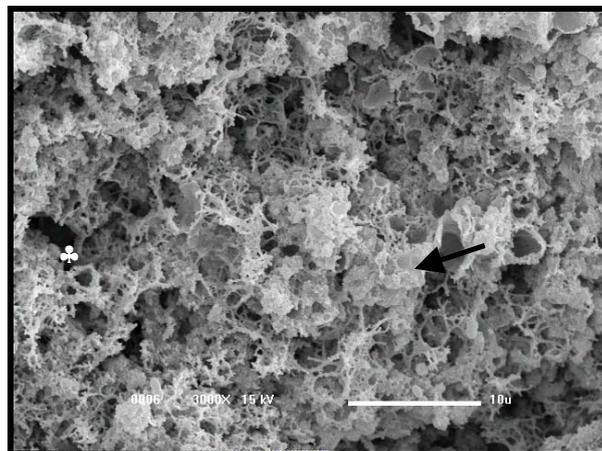
3.4. Efeito do pH sobre a microestrutura do *Cream cheese*

Os queijos expostos a atmosfera de ácido acético ou hidróxido de amônio demonstraram variações na forma de interação da matriz protéica (Figura 3). Com o abaixamento do pH a rede protéica alterou parcialmente a estrutura descrita para o queijo controle (pH 4,92). Ocorreu gradativo aumento da espessura dos filamentos de caseína para 50,25 nm (pH 3,82), contra 42nm no controle (pH 4,92), conforme pode-se observar na Figura 4. Os glóbulos de gordura permaneceram sob distribuição aleatória e igualmente mantidos pela rede protéica. O espessamento dos filamentos com o abaixamento do pH foi observado em géis por HARWALKAR e KALAB (1980). Se pudermos fazer analogia com estudos em leite, verifica-se que entre valores de pH abaixo de 5,2 ocorre a diminuição dos valores solvatação das proteínas (GUINEE *et al.*, 1999 e CREAMER, 1985), paralelamente à maior reassociação das frações caseícas nas micelas. Os filamentos, portanto, podem ter engrossado devido à incorporação de caseínas na matriz protéica.

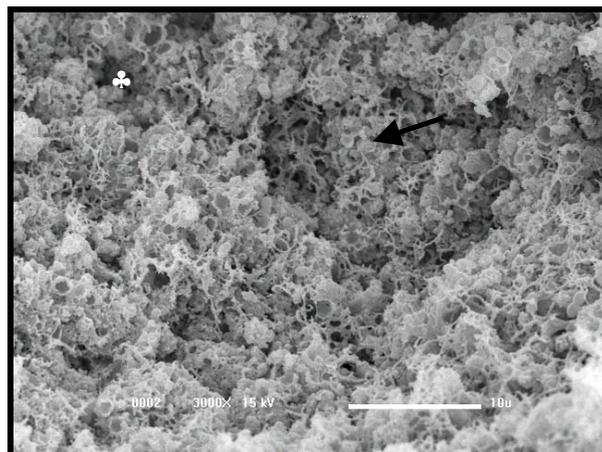
A estrutura dos queijos com pH 5,5, 6,36 e 7,24 (Figura 5) apresentaram, com a elevação do pH, gradativo adensamento da rede protéica, mantendo-se a sustentação da gordura. A microestrutura do *Cream cheese* em pH 5,50 apresentou ainda semelhança com o queijo controle (pH 4,92), entretanto, ocorreu compactação da rede em detrimento dos filamentos caseícos. Essa estrutura foi acentuando-se com o aumento do pH, culminando em pH 7,24, onde a estrutura filamentosa característica do tipo “cordão perolado” deixou de existir, dando lugar a uma esponja compacta de caseína. O diâmetro interno dos poros na matriz protéica diminuiu (pH 7,24) (Figura 6), apesar de grandes espaços vazios terem sido observados ao lado da rede caseíca (Figura 5). A compactação e adensamento da rede foi responsável pelo aumento do tamanho das cavidades preenchidas por água que passaram de aproximadamente 0,5 μ m no queijo controle (pH 4,92 - Figura 1) para 1-2 μ m no queijo com pH 7,24 (Figura 5).



pH 4,48



pH 4,04



pH 3,82

Figura 3. MEV: *Cream Cheese* exposto à atmosfera de ácido acético para abaixamento do pH. Vazios originalmente ocupados por água (♣) ou gordura (setas). Magnitude de Aumento = 3000X, Barra = 10 μ m.

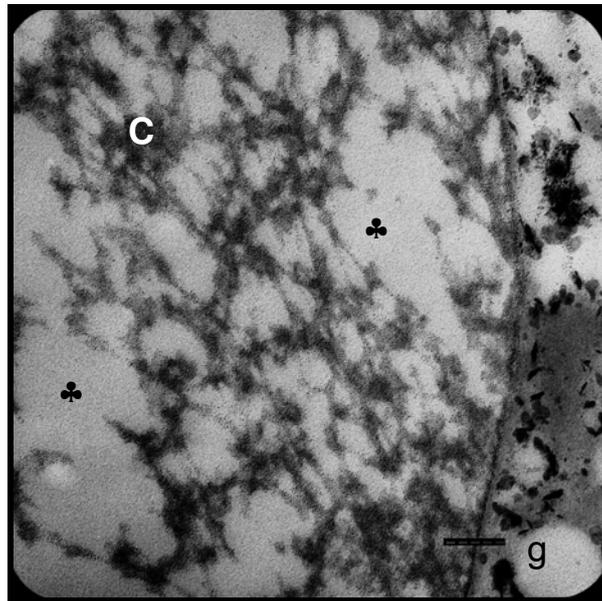
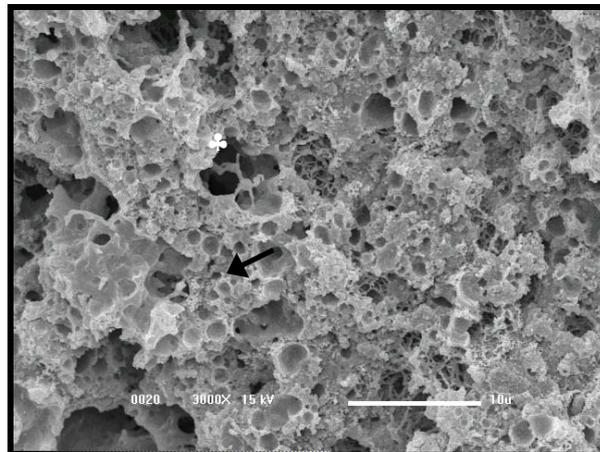
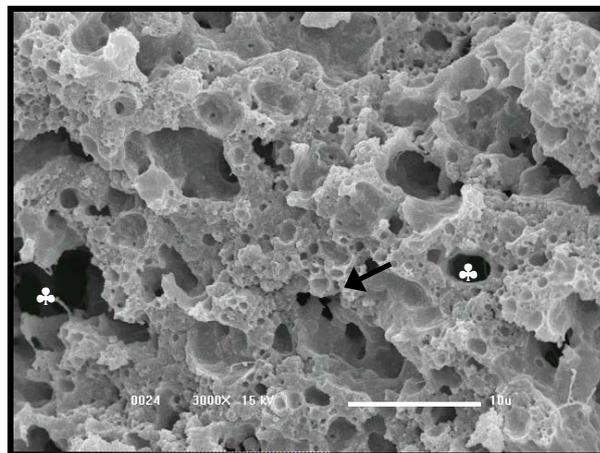


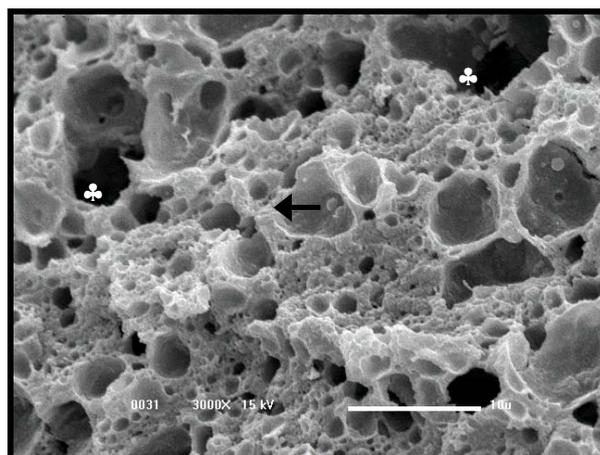
Figura 4. MET: *Cream cheese* com pH 3,82. Vazios originalmente ocupados por água (♣) ou gordura (g), filamentos de caseína(c). Magnitude de Aumento = 60000X, Barra = 201nm.



pH 5,50



pH 6,36



pH 7,24

Figura 5. MEV: *Cream cheese* exposto à atmosfera de hidróxido de amônio para aumentar do pH. Vazios originalmente ocupados por água (♣) ou gordura (setas). Magnitude de Aumento = 3000X, Barra = 10µm.

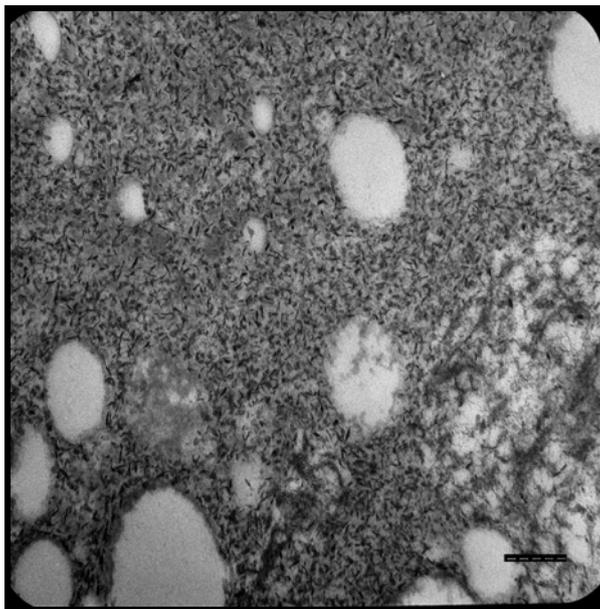


Figura 6. MET: *Cream cheese* com pH 7,24, exposto à atmosfera de hidróxido de amônio por 5 minutos, para aumento do pH. (Magnitude de Aumento = 35970X, Barra = 336nm).

4. CONCLUSÕES

O pH afetou as interações intra e intermolecular das proteínas, provocando mudanças na organização da matriz protéica do *Cream cheese*. O aumento do pH levou ao desaparecimento da estrutura filamentosa característica, dando lugar a uma esponja compacta de caseína. O diâmetro interno dos poros na matriz protéica diminuiu, apesar de grandes espaços vazios terem sido observado ao lado da rede caseíca. Já a diminuição do pH fez com que os filamentos caseícos ficassem mais grossos. As diferentes organizações da matriz protéica são, possivelmente, relacionadas com as características funcionais do produto, bem como sua capacidade de retenção de água.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16^a ed. Association of Official Analytical Chemists, Virginia, 1997.

BUCHHEIM, W.; THOMASOW, J. Structural changes in cream cheese induced by thermal processing and emulsifying salts. **North European Dairy Journal**, n. 2, 1984.

CREAMER, L. K. Water absorption by renneted casein micelles. **Milchwissenschaft**, v. 40, n. 10, p. 589-591, 1985.

FEENEY, E. P.; GUINEE, T. P.; FOX, P. F. Effect of pH and calcium concentration on proteolysis in Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1646-1654, Julho, 2002.

FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; MCSWEENEY, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening. In: **Fundamentals of Cheese Science**, Aspen Publishers, cap. 11, p. 236-281, 2000.

GUINEE, T. P.; PUDJA, P. D.; FARKYE, N. Y. Fresh acid-curd cheese varieties. In: FOX, P. F. **Cheese: Chemistry, physics and microbiology**. 2^a Ed. Gaithersburg: Aspen Publishers, V.2, cap. 13, p. 363-419, 1999.

GUINEE, T. P.; FEENEY, E. P.; AUTY, M. A. E.; FOX, P. F. Effect of pH and calcium concentration on some textural and functional properties of Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1655-1669, Julho, 2002.

HARWALKAR, V. R.; KALAB, M. Milk gel structure. XI. Electron microscopy of clucono- δ -lactone-induced skim milk gels. **Journal of Texture Studies**, v. 11, p. 35-49, 1980.

KALAB, M.; MODLER, H. W. Development of microstructure in a cream cheese based on Queso Blanco cheese. **Food Microstructure**, v. 4, p.89-98, 1985a.

KALAB, M.; MODLER, H. W. Milk gel structure. XV. Electron microscopy of whey protein-based cream cheese spread. **Milchwissenschaft**, v. 40, n. 4, p. 193-196, 1985b.

KALAB, M; SARGANT, A. G.; FROEHLICH, D. A. Electron microscopy and sensory evaluation of commercial cream cheese. **Scanning Electron Microscopy**, v. III, p. 473-482, 514, 1981.

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. 217-224, 1992.

KINDSTEDT, P. S.; ZIELINSKI, A.; ALMENA-ALISTE, M.; GE, C. A post-manufacture method to evaluate the effect of pH on Mozzarella cheese characteristics. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 56, n. 3, p. 14-19, 2001.

KOSIKOWSKI, F. V.; MISTRY, V. V. **Cheese and fermented milk foods: Procedures and analysis**. 3 ed. Westport: F. V. Kosikowski, LLC, v.2, cap. 5: Baker's Neufchatel, Cream, Quark and Ymer, p. 42-54, 1997.

LUCEY, J. A.; SINGH, H. Formation and physical properties of acid milk gels: a review. **Food Research International**, v. 30, n. 7, p. 529-542, 1998.

LUCEY, J. A.; VAN VLIET, T.; GROLLE, K.; GEURTS, T.; WALSTRA, P. Properties of acid casein gels made by acidification with glucono- δ -lactone. 2. Syneresis, permeability and microstructural properties. **International Dairy Journal**, v. 7, p. 389-397, 1997.

LUCEY, J. A.; TEO, C. T.; MUNRO, P. A.; SING, H. Microstructure, permeability and appearance of acid gels made from heated skim milk. **Food Hydrocolloids**, v. 12, p. 159-165, 1998.

MARCHESSEAU, S.; GASTALDI, E.; LAGAUDE, A. Influence of pH on protein interactions and microstructure of process cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 8, p. 1483-1489, 1997.

MODLER, H. W.; KALAB, M. Microstructure of yogurt stabilized with milk proteins. **Journal of Dairy Science**, v. 66, n. 3, p. 430-437, 1983.

NOOMEN, A. The role of the surface flora in the softening of cheeses with a low initial pH. **Netherlands Milk & Dairy Journal**, v. 37, p. 229-232, 1983.

OHASHI, T; NAGAI, S.; MASAOKA, K.; HAGA, S.; YAMAUCHI, K.; OLSON, N. F.; Physical properties and microstructure of Cream cheese. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, v. 30, n. 5, p. 303-307, 1983.

PASTORINO, A. J.; HANSEN, C. L.; MCMAHON, D. J. Effect of citrate on structure-function relationships of cheeses. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 10, p. 3113-3121, Outubro, 2003.

PASTORINO, A. J.; HANSEN, C. L.; MCMAHON, D. J. Effect of pH on chemical composition and structure-function relationships of Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 9, p. 2751-2760, Setembro, 2003a.

PASTORINO, A. J.; RICKS, N. P.; HANSEN, C. L.; MCMAHON, D. J. Effect of calcium and water injection on structure-function relationships of cheeses. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 1, p. 105-113, Janeiro, 2003b.

PASTORINO, A. J.; HANSEN, C. L.; MCMAHON, D. J. Effect of salt on structure-function relationships of cheeses. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 1, p. 60-69, Janeiro, 2003c.

RAMKUMAR, C.; CREAMER, L. K.; JOHSTON, K. A.; BENNETT, R. J. Effect of pH and time on the quantity of readily available water within fresh cheese curd. **Journal of Dairy Research**, v. 64, p. 123-134, 1997.

SANCHEZ, C.; BEAUREGARD, J. L.; BRIDE, M.; BUCHHEIM, W.; HARDY, J. Rheological and microstructural characterization of double cream cheese. **Nahrung**, v. 40, n. 2, p. 108-116, 1996^a.

VASSAL, L.; MONNET, V.; LE BARS, D.; ROUX, C.; GRIPON, J. C. Relation entre le pH, la composition chimique et la texture des fromages de type Camembert. **Lait**, v. 66, p. 341-351, 1986.

WATKINSON, P.; COKER, C.; CRAWFORD, R.; CRAIG, D.; JOHNSTON, K.; MCKENNA, A.; WHITE, N. Effect of cheese pH and ripening time on model cheese textural properties and proteolysis. **International Dairy Journal**, v. 11, p. 455-464, 2001.

WENDIN, K.; LANGTON, M.; CAOUS, L.; HALL, G. Dynamic analyses of sensory and microstructural properties of Cream cheese. **Food Chemistry**, v. 71, p. 363-378, 2000.

YUN, J. J.; BARBANO, D. M.; KINDSTEDT, P. S. Mozzarella cheese: impact of milling pH on chemical composition and proteolysis. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 12, p. 3629-3638, 1993a.

YUN, J. J.; KIELY, L. J.; KINDSTEDT, P. S. Mozzarella cheese: impact of milling pH on functional properties. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 12, p. 3639-3647, 1993b.

CONCLUSÃO GERAL

O conjunto dos resultados demonstrou que a variação no pH do *Cream cheese* afetou a natureza das interações protéicas e, conseqüentemente, as propriedades funcionais e a microestrutura do produto.

O aumento do pH refletiu em maior capacidade de derretimento e menor firmeza do *Cream cheese*. As variações destas propriedades funcionais foram acompanhadas por mudanças na microestrutura que se caracterizaram pela compactação da rede em detrimento dos filamentos caseícos. Observou-se o aumento dos espaços vazios ao lado da rede caseíca, os quais passaram de aproximadamente 0,5 μ m no queijo controle para 1-2 μ m no queijo com mais alto pH. Esta mudança da microestrutura pode ter sido a causa da menor firmeza do queijo. O afastamento do ponto isoelétrico leva ao aumento de cargas das micelas, aumentando a repulsão eletrostática. A perda das interações eletrostáticas poderia ser compensada pela formação de novas interações como pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas. A estrutura mais frágil do queijo pode ser também atribuída à criação dessas novas interações de menor energia. Além disso, no mais alto pH observou-se maior teor de nitrogênio na fase aquosa, possivelmente devido à maior dissociação das proteínas, o que é acompanhado pela maior capacidade de retenção de água das proteínas, resultando na redução da firmeza e no aumento da capacidade de derretimento.

Por outro lado, a redução do pH refletiu em menor capacidade de derretimento e maior firmeza do *Cream cheese*. Neste caso, o aumento da firmeza pode estar associado à migração de proteína da fase aquosa do queijo para a matriz protéica, uma vez que se observou menor teor de nitrogênio da fase aquosa do *Cream cheese* com mais baixo pH, refletindo no espessamento dos filamentos caseícos quando se observa a microestrutura do queijo.

Nas condições em que se avaliou a capacidade de retenção de água do *Cream cheese*, ou seja, através da centrifugação das amostras e obtenção da fase aquosa, verificou-se que o pH não afetou a sinérese do produto. Entretanto, observou-se que a quantidade de soro liberada aumentou durante o armazenamento e foi mais alta para os queijos com mais alto e mais baixo pH. Embora no mais alto pH tenha se observado a menor viscosidade (índice de consistência) da fase aquosa, esta característica não favoreceu o aumento da sinérese, uma vez que quantidade de soro semelhante foi obtida no queijo de mais baixo pH, o qual apresentou maior viscosidade.