

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

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES DO QUEIJO TIPO
PRATO OBTIDO POR MODIFICAÇÕES NO
PROCESSO TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO**

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por **Leila Maria Spadoti** aprovada pela Comissão Julgadora em 26 de fevereiro de 2003.

Campinas, 26 de fevereiro de 2003.


Prof. Dr. Salvador Massaguer Roig
Presidente da Banca

LEILA MARIA SPADOTI
Engenheira Agrônoma

PROF. DR. SALVADOR MASSAGUER ROIG
Orientador

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

CAMPINAS – SP
2003

i
UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA	T/UNICAMP
	Sp11a
V	EX
TOMBO BC/	53559
PROC.	124103
C	☐
D	☒
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	01/05/03
Nº CPD	

CM00182254-1

BIB ID 289758

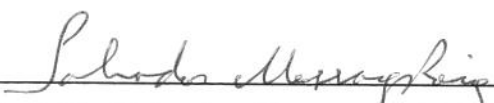
FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

Sp11a Spadoti, Leila Maria
Avaliação de propriedades do queijo tipo prato obtido por
modificações no processo tradicional de fabricação / Leila Maria
Spadoti. – Campinas, SP: [s.n.], 2003.

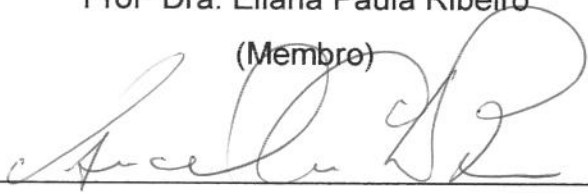
Orientador: Salvador Massaguer Roig
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

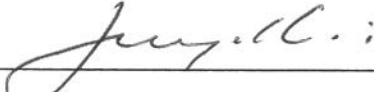
1. Queijo. 2. Ultrafiltração. 3. Propriedades. I. Roig, Salvador
Massaguer. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia de Alimentos. III. Título.

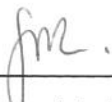
BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Salvador Massaguer Roig
(Orientador)

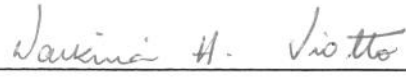
Profª Dra. Eliana Paula Ribeiro
(Membro)


Prof. Dr. Ismael Antonio Bonassi
(Membro)


Prof. Dr. José Leonardo Eto do Valle
(Membro)


Profª Dra. Mirna Lúcia Gigante
(Membro)

Profª Dra. Márcia Rapacci
(Membro)


Profª Dra. Walkíria Hanada Viotto
(Membro)

0365780620

Aos meus pais

João Moacyr e Adelina

DEDICO

**A todos aqueles que direta ou
indiretamente contribuíram para
a concretização deste trabalho**

OFEREÇO

***“Para saber mandar é preciso saber fazer,
Para saber fazer é necessário aprender fazendo”***
(Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser a fonte de toda a energia que criou e mantém o Universo.

Ao Prof. Dr. Salvador Massaguer Roig, pela orientação, amizade, pelos inúmeros conhecimentos adquiridos e principalmente pelo apoio, tanto na parte prática como na parte teórica da minha tese, bem como em todas as fases do meu doutorado.

Ao companheiro de trabalho José Raimundo Ferreira Dornellas, por tudo que ele me ensinou, pelo carinho, pelas broncas e principalmente por ser um “excelente queijeiro” que não se incomoda de transmitir o que sabe e que faz isso com paciência e humildade, como todo grande professor.

Aos professores(as): Dr^a Eliana Paula Ribeiro, Dr. Ismael Antonio Bonassi, Dr. José Leonardo Eto do Valle, Dr^a Márcia Rapacci pelas correções e sugestões que muito colaboraram para a qualidade final deste trabalho.

Às professoras Dr^a Walkíria Hanada Viotto e Dr^a Mirna Lúcia Gigante pela amizade, pelos ensinamentos proporcionados na área de leite e derivados e pelas correções e sugestões feitas nos bonecos.

Ao professor Dr. Ademir José Petenate, pela ajuda na parte de análise estatística dos dados desta tese.

À Tereza Avancini de Almeida e à Darlila A. Gallina por suas participações na realização e avaliação da análise sensorial deste trabalho.

À toda a minha família, pelo carinho e incentivo, em especial às minhas irmãs Maria Célia, Maria Dorotéia e Rosana.

A nenê (Rafinha) e ao Tonzinho (Salles), por serem o que eu considero minha “família adotiva”, sempre presente nas alegrias e nas crises, me animando e aconselhando nas horas de angústia e sempre me dando muito, mas muito carinho.

Aos amigos do laboratório de Leite e Derivados: Bete, Nelson, Jorge, Patrícia Zacarchenco, Clarissa, Guida, Marina, Viviane, Raquel, Luciano, Georgiana, Eni, Sílvia, Gert, Patrícia (Viotto), Olim, Fabinho, Christiane e Cris

(Viotto), por terem me proporcionado conhecimentos, alegrias, descontração, amizade, carinho, enfim, sentimentos e lembranças que me acompanharão pelo resto da vida e que tornaram todos vocês especiais para mim.

Às companheiras Marih e Suzinha, pelas alegrias, pelo aprendizado de dividir uma república, pelos papos, pela amizade, pelo incentivo, enfim, por tudo que dividimos nestes anos de convivência.

Aos amigos do DTA: Alessandra, Dani, Ana Vânia, Marcus, Luzenira, Eli, Luciane, Patrícia Prati, Carlinha, Amanda, Gabi, Priscila, Aninha, Gisele, Mário, Carol, Cidoca, Judith, Laura, Alice, Ana Maria, Ana Lourdes, Adauto, Zé Roberto, Marlene, Babi, Jaime, Ana e Paulinho, por todo auxílio e por todas as coisas boas que vocês me proporcionaram nestes anos de doutorado.

Ao Cosme, ao Jonas e aos funcionários da biblioteca da FEA pelo auxílio em vários momentos do meu doutorado.

Aos colegas de vários anos de estudo: Marcelo, Cleomar, Raquel, Renata, Fabiana e Luciana, pelo apoio e amizade.

Ao CNPq pela bolsa de doutorado.

À FAPESP pelo auxílio pesquisa.

Ao DTA pelo espaço físico para realização da tese.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização do meu doutorado.

ÍNDICE GERAL

Resumo Geral.....	<i>xi</i>
Introdução Geral.....	<i>xiii</i>
Capítulo 1 – Revisão Bibliográfica.....	1
Queijo Prato.....	3
Ultrafiltração.....	22
Referências.....	34
Capítulo 2 – Avaliação do Rendimento do queijo tipo Prato obtido por modificações no processo tradicional de fabricação.....	51
Introdução.....	54
Materiais e Métodos.....	57
Resultados e Discussão.....	62
Conclusões.....	72
Referências	73
Capítulo 3 – Avaliação da Maturação do queijo tipo Prato obtido por modificações no processo tradicional de fabricação.....	77
Introdução.....	80
Materiais e Métodos.....	82
Resultados e Discussão.....	86
Conclusões.....	101
Referências.....	101
Capítulo 4 – Avaliação da Microestrutura do queijo tipo Prato obtido por modificações no processo tradicional de fabricação.....	105
Introdução.....	108
Materiais e Métodos.....	109
Resultados e Discussão.....	111
Conclusões.....	119
Referências	121

Capítulo 5 – Avaliação da Textura do queijo tipo Prato obtido por modificações no processo tradicional de fabricação.....	123
Introdução.....	127
Materiais e Métodos.....	130
Resultados e Discussão.....	136
Conclusões.....	155
Referências	158
Capítulo 6 – Avaliação Sensorial do queijo tipo Prato obtido por modificações no processo tradicional de fabricação.....	163
Introdução.....	166
Materiais e Métodos.....	168
Resultados e Discussão.....	176
Conclusões.....	189
Referências	190
Capítulo 7 – Avaliação do Derretimento do queijo tipo Prato obtido por modificações no processo tradicional de fabricação.....	193
Introdução.....	197
Materiais e Métodos.....	200
Resultados e Discussão.....	207
Conclusões.....	223
Referências	224

RESUMO GERAL

Foram utilizados cinco métodos diferentes de fabricação de queijo Prato para verificar a sua influência na composição, rendimento, proteólise, microestrutura, textura, derretimento e perfil sensorial. Foram estudadas as seguintes alternativas de elaboração de queijos: 1 – sem o uso de ultrafiltração (queijo padrão); 2 – uso de leite concentrado por ultrafiltração (LCUF), sem pré-fermentação de parte do LCUF; 3 – uso de LCUF pré-fermentado (10%); 4 – uso de LCUF pré-fermentado (20%) e 5 – uso de LCUF pré-fermentado (20%) e único com aquecimento indireto da massa. Foram realizados três experimentos, em 3 datas diferentes, sendo que em cada experimento foram processados cinco lotes de queijo, um de cada tratamento. O uso de LCUF não afetou a composição centesimal do queijo T2 em comparação ao queijo padrão, porém a pré-fermentação de parte do LCUF diminuiu o pH e apresentou a tendência de aumentar o teor de gordura nos queijos ultrafiltrados. O uso da ultrafiltração tendeu a aumentar o teor de proteína dos queijos. O tipo de cozimento adotado não interferiu na composição. Com relação ao rendimento do processo foi avaliado o rendimento-(R), rendimento ajustado-(RAJ) e a recuperação de gordura-(RG_q) e de proteína-(RP_q) nos queijos. Os tratamentos T2, T3, T4 e T5 apresentaram menores valores de R, RAJ e RG_q e maiores valores de RP_q, porém, a pré-fermentação com aquecimento indireto apresentou a tendência de aumentar a RG_q e o RAJ. Menores rendimentos e RG_qs obtidos a partir de LCUF possivelmente resultaram da dificuldade de corte e manipulação das coalhadas. Com relação à maturação dos queijos foi avaliada a evolução do pH, da acidez titulável (AT), e dos índices de extensão-(IEP) e profundidade-(IPP) da proteólise. Os tratamentos afetaram significativamente estes 4 parâmetros avaliados. O uso da ultrafiltração aumentou o pH e diminuiu a AT, o IEP e o IPP dos queijos, sendo que o tratamento T4 foi o que apresentou o menor pH e os maiores valores de AT, IEP e IPP. O tempo afetou significativamente a AT, o IEP e o IPP, mas não o pH. A microestrutura foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura. Em todos os tratamentos observou-se que a estrutura dos queijos era formada pela coesão de massas protéicas globosas e intensamente perfuradas por espaços esféricos. Foi

observado para T1 a formação de cordões de proteína sem orientação definida. T2 mostrou espaços de pequeno e médio porte com distribuição similar a de T1, apresentando cordões mais espessos e superfícies das formações côncavas mais grosseiras e menos nítidas. Em T3 observou-se um aumento no número de espaços com maior diâmetro. Observaram-se paredes mais estiradas e lisas para T4, similares a T5 o qual apresentou como diferença formação de linhas muito leves na superfície da matriz protéica. O perfil de textura foi avaliado durante 45 dias de estocagem, sendo analisadas amostras das regiões central e periférica dos queijos. Todos os parâmetros do perfil de textura avaliados: dureza-TPA; adesividade-TPA; elasticidade-TPA; coesividade-TPA; gomosidade-TPA e mastigabilidade-TPA, tanto na região periférica como na região central dos queijos, foram influenciados significativamente pelo tempo de estocagem. Apenas os parâmetros adesividade-TPA e mastigabilidade-TPA na região central e elasticidade-TPA na região periférica dos queijos foram influenciados significativamente pelo tipo de tratamento avaliado, sendo que nestes três parâmetros o queijo T4 sempre diferiu do padrão, possivelmente devido a uma maior degradação da caseína e a um menor pH. Com relação à capacidade de derretimento (CD), os tratamentos não afetaram significativamente a mesma, porém, houve uma tendência de maior CD para os queijos com maior relação quantidade de água/proteína total e maior valor de pH, ou seja, para os tratamentos T1, T2 e T3. A CD dos queijos aumentou durante o armazenamento. A avaliação sensorial foi feita utilizando-se os testes de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e de Aceitação. Na ADQ foram avaliadas subjetivamente a aparência (cor amarela, uniformidade e derretimento), o sabor (ácido, salgado e amargo) e a textura (dureza e coesividade). Segundo o teste de ADQ os tratamentos diferiram significativamente entre si com relação à aparência, sabor e textura. Os queijos T3, T4 e T5 apresentaram cor amarelada mais forte e maior uniformidade na aparência e foram considerados os queijos mais duros. O queijo T1 foi considerado o mais ácido e salgado. Os queijos T4 e T5 tiveram menor derretimento. No teste de aceitação os queijos apresentaram a seguinte ordem de preferência: T3=T4=T5 > T1 > T2.

INTRODUÇÃO GERAL

O queijo Prato é um queijo semi-duro, de massa semi-cozida, típico do Brasil, sendo um dos tipos de queijo mais produzidos no país (Cichoscki et al., 2002 e Furtado & Lourenço Neto, 1994). O semi-cozimento da massa pode ser direto, pela remoção de parte do soro e adição de água quente ou indireto pelas paredes do tanque (Souza, 1960). O aquecimento direto altera consideravelmente o teor de lactose nos grãos da coalhada, resultando em um queijo com menor conteúdo de ácido láctico e pH mais elevado (Souza, 1960). Além disso, a lixiviação da massa promove uma perda dos compostos solúveis, que são retirados juntamente com o soro (Goudedranche et al., 1981).

Para adquirir suas características típicas de sabor e textura, o queijo Prato deve passar por um período de maturação de no mínimo 25 dias (Nova legislação..., 1998). Além de características adequadas de sabor e textura, devido ao seu uso cada vez maior no preparo de pizzas, sanduíches quentes e pratos congelados, apresentar um bom derretimento também tornou-se uma propriedade importante na determinação da qualidade deste queijo.

No Brasil, o queijo Prato, assim como a maioria dos queijos aqui produzidos, é obtido a partir de um leite que não sofreu concentração. Entretanto, a prática de concentração do leite, pela técnica de ultrafiltração, para uso na fabricação de queijos é relatada com frequência em países como a Austrália, França e Estados Unidos, entre outros (El-Gazzar & Marth, 1991; Hickey, 1993; Jameson, 1987; Jensen et al., 1987; Kosikowski, 1986; Lelievre & Lawrence, 1988 e Maubois & Mocquot, 1975).

O uso desta técnica foi proposto por Maubois et al. (1969), com o nome de processo MMV, o qual baseia-se na concentração do leite até obtenção de um pré-queijo líquido com um nível de sólidos totais idêntico ou similar ao encontrado em um queijo pronto. O processo tem como vantagens eliminar a etapa de dessoragem, permitindo uma retenção maior da gordura do leite e das proteínas solúveis do soro, principalmente da alfa-lactoalbumina e beta-lactoglobulina, as quais são normalmente perdidas durante esta etapa do processamento tradicional

de queijos. Tal fato resulta em um aumento nas médias de rendimento de queijo da ordem de 8 a 20% (Jensen & Stapelfeldt, 1993; Kosikowski, 1976; Kosikowski, 1986; Maubois & Mocquot, 1975 e Morris, 1984).

Apesar das vantagens oferecidas pelo método MMV, é difícil concentrar o leite por ultrafiltração até os níveis necessários para fabricar queijos duros e semi-duros (Jensen & Stapelfeldt, 1993) e quando se consegue atingir estes níveis, os queijos obtidos tendem a apresentar texturas, sabores e aromas usualmente desfavoráveis em relação a um queijo obtido pelo processo tradicional (Jameson, 1987; Lelievre & Lawrence, 1988; Pahkala et al., 1985 e Zoon, 1983). Tal fato está associado a uma maior mineralização dos queijos obtidos por ultrafiltração, bem como à presença das soroproteínas nos mesmos, as quais afetam de várias formas a proteólise nos queijos (Lelievre & Lawrence, 1988).

Em decorrência dos motivos anteriormente citados, alguns pesquisadores (Jameson, 1987 e Jensen & Stapelfeldt, 1993) testaram a produção de queijos semiduros e duros a partir de leites concentrados a fatores de concentração volumétrica FCV (p/p) intermediários (4:1 a 6:1), seguindo posteriormente as etapas de um processamento tradicional. O uso de FCV intermediários, apesar de não resultar em ganhos de rendimento elevados, possibilita a obtenção de rendimentos maiores do que os observados no processo tradicional de fabricação de queijos (Jameson, 1987; Jensen & Stapelfeldt, 1993 e Zoon, 1993). Além disso, proporciona redução de gastos com transporte de leite, diminuição do consumo de água, aumento da produtividade da planta e a obtenção de queijos com características funcionais e organolépticas mais próximas das de um queijo tradicional (Hickey, 1993; Renner & El-Salam, 1991 e Zoon, 1993).

Van Dender et al. (1987), pesquisaram a fabricação de queijo tipo Prato pelo processo MMV, visando principalmente aumentar o rendimento de fabricação deste queijo. Os resultados obtidos mostraram a possibilidade de se obter, por esse processo, um queijo próximo ao tradicional, do ponto de vista de composição físico-química. Porém, não se avaliou o efeito do uso do método MMV sobre outros parâmetros importantes na avaliação da qualidade do queijo Prato, como por exemplo na textura, no derretimento, no sabor e na maturação do queijo.

Ribeiro (1996) produziu queijo Prato utilizando LCUF com vários FCV (1,5:1; 2,5:1, 3,5:1 e 5,0:1) e concluiu que o uso de tais retentados possibilitava a obtenção de queijos com características organolépticas e de textura típicas de um queijo Prato e com um rendimento maior que no processo tradicional. No caso do queijo elaborado com retentado de FCV igual a 5:1, uma textura adequada só foi possível com uma pré-fermentação de parte (10%) deste retentado com cultura lática.

CAPÍTULO I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. QUEIJO PRATO

1.1 Definição e Composição

“Com o nome de queijo Prato se entende o queijo maturado que se obtém por coagulação do leite (e/ou leite reconstituído padronizado em seu conteúdo de matéria gorda) por meio do coalho e/ou outras enzimas coagulantes apropriadas, complementada ou não pela ação de bactérias lácticas específicas. Este tipo de queijo apresenta como características distintas do processo de elaboração de queijos: obtenção de uma massa semicozida, com remoção parcial do soro, lavagem por adição de água quente, pré-prensagem, moldagem sob soro, prensagem, salga e maturação pelo tempo necessário para conseguir suas características específicas (pelo menos 25 dias). Além do leite, coalho, cultura láctica e cloreto de sódio, considerados ingredientes obrigatórios, o queijo Prato pode conter em sua composição, como ingredientes opcionais, leite em pó, creme, sólidos de origem láctea e cloreto de cálcio” (Nova legislação..., 1998).

Schiftan & Komatsu (1980), analisando a composição química de 50 amostras de queijo Prato, coletadas em laticínios e casas comerciais do estado de São Paulo, obtiveram os seguintes resultados: teor de umidade (máximo=49,2; mínimo=25,1 e médio=40,0), teor de gordura no extrato seco (GES) (máximo=58,4; mínimo=31,4 e médio=47,5), teor de sal (máximo=3,6; mínimo=0,7 e médio=1,7), teor de cinzas (máximo=5,3; mínimo=2,1 e médio=3,5) e teor de acidez titulável em % de ácido láctico (máximo=2,15; mínimo=0,27 e médio=0,86).

Cichoscki et al. (2002) avaliaram diversos parâmetros de 18 lotes de queijo Prato, fabricados em 8 municípios da região do Alto Uruguai (RGS), e verificaram que tais queijos apresentavam a seguinte composição química: sólidos totais (ST) (%) = $52,99 \pm 2,81$; proteína (%ST) = $42,54 \pm 3,32$; gordura (%ST) = $48,23 \pm 4,66$; lactose (%ST) = $2,33 \pm 1,03$; cinzas (%ST) = $5,88 \pm 0,89$; NaCl (%queijo) = $0,86 \pm 0,47$ e sal/umidade (g/100g água) = $1,84 \pm 1,00$.

De acordo com a legislação (Nova legislação..., 1998), o queijo Prato é classificado como um queijo gordo, devendo apresentar um conteúdo de GES entre 45,0 e 59,9%, e de média umidade, ou seja, deve apresentar entre 36,0 e 45,9% de umidade.

Em síntese, a composição média esperada de um queijo Prato curado seria: umidade = 42 a 44%; gordura = 26 a 29%, pH = 5,2 a 5,4 e sal = 1,6 a 1,9% (Furtado & Lourenço Neto, 1994).

1.2 Origem

A origem do queijo Prato não se relaciona com produções caseiras como o queijo Minas, pois sua fabricação é mais complexa, estando relacionada ao surgimento das primeiras pequenas fábricas, já com finalidade comercial (Oliveira, 1986).

O queijo Prato foi introduzido no Brasil no início da década de 20, na região sul de Minas Gerais, através de imigrantes dinamarqueses. Sendo o Prato um queijo semiduro, de massa lavada, acredita-se que sua tecnologia original baseou-se principalmente na de queijos como o Tybo, Elbo, Fynbo, Havarti e o Danbo, amplamente fabricados na Dinamarca. Acredita-se também que as técnicas adotadas pelos holandeses na elaboração do queijo Gouda foram utilizadas pelos dinamarqueses, no processo de adaptação da tecnologia de elaboração de queijos semi-duros às condições de um país tropical (Furtado & Amorim, 1999).

1.3 Forma/Peso

Segundo Moreno et al. (2002), com a denominação de queijo Prato encontram-se as variedades Lanche, Estepe, Cobocó e Esférica ou Bola, as quais diferem entre si em função da forma e do peso apresentados. De acordo com a Nova Legislação de Produtos Lácteos (Nova legislação..., 1998), o queijo Prato deve ser comercializado obedecendo aos seguintes requisitos, com relação a sua forma/peso:

“Forma: paralelepípedo de seção transversal, retangular, cilíndrico ou esférico, de acordo com a variedade correspondente.

Queijo Prato, Queijo Prato (Lanche ou Sandwich): paralelepípedo de seção transversal retangular.

Queijo Prato (Cobocó): cilíndrico.

Queijo Prato (Estepe): quadrado.

Queijo Prato (Esférico ou Bola): esférico.

Peso: de 0,4 a 5 Kg, de acordo com a variedade correspondente.”

A variedade lanche é a que praticamente domina o mercado, apresentando-se em vários tamanhos, pesando geralmente entre 0,5 a 3 Kg (Oliveira, 1986).

Segundo Furtado & Amorim (1999), na década de 20, os queijos Prato tinham formato cilíndrico (3 a 4 Kg), igual ao queijo Fynbo dinamarquês, sendo que as suas dimensões facilitavam colocá-lo em um prato no momento de consumo, o que possivelmente deu origem à denominação “queijo Prato”. Ainda segundo estes pesquisadores, anos mais tarde surgiria o queijo Prato Estepe, de formato quadrado, com peso de cerca de 5 Kg, inspirado no queijo Danbo dinamarquês. O formato retangular, similar ao Tybo dinamarquês, só foi introduzido décadas mais tarde, provavelmente para facilitar seu fatiamento e uso em lanches.

1.4 Tecnologia de fabricação – Etapas do processamento

1.4.1 Tratamento do leite

A- Padronização do leite

A padronização da relação caseína/gordura (C/G) permite a produção de queijos com as mesmas características durante o ano todo. A relação ideal de C/G, 0,76 - 0,77, deve ser considerada como limite máximo para que o queijo Prato atenda ao mínimo de GES exigido pelo Mercosul e legislação brasileira (Alves et al., 1995 e Nova legislação..., 1998). Para adequação às exigências e

obtenção de um maior rendimento, deve-se reduzir a relação C/G do leite, usando leite com um maior teor de gordura.

Um leite com teor de gordura na faixa de 3,4 a 3,6% (Furtado & Lourenço Neto, 1994) ou no intervalo 3,5 a 4% (Oliveira, 1986) pode ser considerado ótimo para a fabricação de queijo Prato.

B - Pasteurização

O queijo consumido hoje no Brasil difere bastante do produzido na década de 20, principalmente com relação à textura e ao sabor, sendo que uma das causas desta diferença diz respeito ao tipo de equipamento utilizado para pasteurização do leite (Furtado & Amorim, 2000). Atualmente, o uso de pasteurizadores de placas, além de desnaturar maior quantidade de soroproteínas, elimina bactérias da flora propiônica, naturalmente presentes no leite produzido no sul de Minas e na região dos Campos das Vertentes e que conferiam ao queijo um ligeiro sabor adocicado (Furtado & Amorim, 2000). Como antigamente não havia disponibilidade de pasteurizadores de placas, o leite sofria apenas uma termização por injeção direta de vapor e havia uma condensação de vapor no leite (que podia chegar a 15% do volume total), sendo que a água resultante lavava mais a coalhada, tornando o queijo tipicamente suave, agradável ao paladar brasileiro. Além disso, o leite era resfriado em resfriadores de cascata, abertos, onde sofria uma desodorização rudimentar que certamente contribuía com as características típicas daquele queijo (Furtado & Amorim, 2000).

1.4.2 Coagulação

A temperatura de coagulação do leite é geralmente na faixa de 32 a 35°C (Oliveira, 1986), sendo que os ingredientes obrigatórios e os opcionais a serem utilizados na fabricação do queijo Prato devem ser adicionados conforme a sequência: cultura lática; cloreto de cálcio; corante e agente coagulante.

A- Cultura lática

No tocante ao sabor e textura, tem grande influência o tipo de fermento lático utilizado. Outrora, os fermentos eram do tipo “LD” (*Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* e *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis*), à base de bactérias produtoras de ácido lático, aroma e gás carbônico, que conferiam ao queijo um paladar típico e uma massa mais aberta, com olhaduras lisas e regulares. Devido às mudanças nos hábitos de consumo, hoje em dia as culturas mais utilizadas são as homofermentativas do tipo “O” (*Lactococcus lactis* ssp. *lactis* e *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*), que produzem um queijo de massa fechada e aroma mais suave, adequado ao fatiamento para consumo indireto em lanches, sanduíches e outros pratos culinários (Furtado & Amorim, 2000).

Embora o fermento tipo “O” seja o mais utilizado, o tipo “LD” também é empregado no processamento do queijo Prato. No fermento tipo “LD” as culturas homofermentativas mesófilas (*Lactococcus lactis* ssp. *lactis* e *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*) são as principais responsáveis pela acidificação durante a fabricação do queijo e nos estágios iniciais da maturação (Moreno et al., 2002). *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, também homofermentativo, produz elevada quantidade de acetoína e diacetil a partir do citrato, compostos que proporcionam o aroma do queijo Prato (Moreno et al., 2002). Por sua vez, *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* apresenta um metabolismo heterofermentativo, produzindo a partir da glicose os ácidos lático e acético, etanol e gás carbônico, o que confere ao queijo a formação de olhaduras características, além de ser capaz de produzir acetoína e diacetil (Moreno et al., 2002).

Embora apenas as espécies *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris* e *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar. *diacetylactis* sejam utilizadas na fabricação de queijo Prato, bactérias láticas autóctones (selvagens) podem estar presentes, provenientes do ambiente de processamento (Moreno et al., 2002). Estas culturas autóctones são denominadas de “non starter lactic acid bacteria”, ou seja, bactérias láticas que não fazem parte da cultura lática adicionada e que têm sido

encontradas como parte da microbiota de alguns queijos, entre os quais o Prato (Moreno et al., 2002).

Moreno et al. (2001a) e Moreno et al. (2001b) identificaram em queijo Prato as seguintes espécies de bactérias autóctones: Bactérias lácticas termófilas *Streptococcus sp.*, *Lactobacillus sp.* e *Enterococcus sp.*. Tais espécies influenciam no desenvolvimento das características sensoriais do queijo, podendo causar modificações em um mesmo tipo de queijo.

No caso de uso de culturas propagadas, para queijos Prato de massa fechada, utiliza-se culturas tipo "O" à base de 1,5% e para queijos de massa aberta, com olhaduras, culturas "LD" também à base de 1,5% (Furtado & Lourenço Neto, 1994). Resultados mais regulares são obtidos com o uso de culturas tipo "O" superconcentradas conhecidas como DVS (Furtado & Lourenço Neto, 1994).

A influência de 9 diferentes culturas lácticas (1-cultura láctica do ILCT composta de *L. lactis*, *L. dextranicum* e *L. citrovorus*; 2-*Lactobacillus bulgaricus*; 3-*Streptococcus thermophilus*, 4-*Lactobacillus bulgaricus* + *Streptococcus thermophilus*; 5-cultura láctica do ILCT 0,5% + *Lactobacillus bulgaricus* 0,5%; 6-cultura láctica do ILCT 0,5% + *Streptococcus thermophilus* 0,5%; 7-*Lactococcus cremoris*; 8- cultura láctica do ILCT 0,7% + *Lactobacillus bulgaricus* 0,3% e 9-cultura láctica do ILCT 0,7% + *Streptococcus thermophilus* 0,3%), na qualidade do queijo Prato variedade lanche, foi estudada por Hosken & Gaudereto (1973). Tais pesquisadores desenvolveram este trabalho considerando que o mercado consumidor da época buscava um produto de sabor e aroma distintos, olhaduras regulares e textura macia, características estas diferentes dos queijos de textura mais firme, massa compacta (sem olhaduras) e aroma bastante fraco disponíveis no mercado. Concluíram que o uso da cultura láctica mista, contendo cultura láctica do ILCT 0,5% + *Lactobacillus bulgaricus* 0,5% , foi a que apresentou os melhores resultados.

B- Cloreto de cálcio

Segundo Oliveira (1986), o cloreto de cálcio é utilizado a razão de 25g/100 litros de leite e era bastante comum no Brasil adicionar ao leite, além do CaCl_2 , salitre ou nitrato na mesma proporção para inibir o estufamento tardio.

C- Corante

Na manufatura do queijo Prato costuma-se utilizar 5 a 10ml de corante de urucum por 100 litros de leite (Oliveira, 1986 e Furtado & Lourenço Neto, 1994).

D- Coalho

Santos et al. (1977) compararam queijos Prato fabricados com quatro coalhos de origem microbiana (EP-produzido por *Endothia parasitica*, MM-produzido por *Mucor miehei*, MP-produzido por *Mucor pusillus* e Renital-isolado de *Candida sp*) com queijos elaborados a partir de coalho tradicional. Os resultados dos processamentos, das análises e das avaliações organolépticas indicaram não haver diferença sensível de comportamento, comparativamente ao do coalho tradicional, para os queijos de coalho de *Mucor*, sendo aqueles produzidos com o coalho de EP considerados ligeiramente inferiores. O coalho de *Candida* não alcançou condições satisfatórias para concorrer com o coalho convencional.

Folegatti (1994) avaliou o efeito de três diferentes tipos de coalho (bovino, de vitelo e obtido por fermentação com *Aspergillus niger* var. *awamori*) na fabricação de queijo Prato maturado por 6, 36 e 66 dias e obteve os seguintes resultados: o rendimento, em gramas de sólidos totais/ litro de leite, foi maior para coalho de vitelo; o menor nível de proteólise ocorreu em queijos tratados com coalho obtido por fermentação e quanto à avaliação sensorial, não houve preferência dos provadores por nenhum dos tipos de queijos elaborados com os diferentes coalhos.

1.4.3 Tratamento da massa (corte, agitação e cozimento)

Na fabricação do queijo Prato a massa deve ser cortada em cubos de 0,4 a 0,5 cm de aresta e ao terminar o corte a mesma deve começar a ser agitada, inicialmente de forma lenta e à medida que os grãos vão se tornando mais firmes a agitação deve ser mais rápida. Após 20 minutos, a contar do corte, entre 30 a 40% de soro é retirado e inicia-se o aquecimento gradativo da massa (etapa de semicozimento) até a temperatura desejada (Oliveira, 1986).

Na Europa, os queijos similares ao Prato eram feitos com o semicozimento da massa a 37-39°C. No Brasil, foi necessário subir a temperatura até 42°C, firmando mais a massa, para que o queijo suportasse melhor as difíceis condições de transporte e comercialização daquela época (Furtado & Amorim, 2000). Posteriormente, o aquecimento passou a ser feito até 39-40°C (inverno) e 41-42°C (verão), segundo Furtado & Lourenço Neto (1994). Porém, Oliveira (1986) recomenda que nos queijos de massa semicozida essa temperatura não ultrapasse 40°C a fim de evitar a inativação da cultura.

De acordo com Andersen (1941), Furtado & Lourenço Neto (1994) e Souza (1960), o semicozimento da massa pode ser realizado por aquecimento direto e/ou indireto. No direto, o semicozimento é feito pela substituição de soro por água quente (70-85°C, 15 a 20% do volume inicial de leite), vagarosamente, de modo a se elevar a temperatura por no máximo 1°C por minuto. Este processo de aquecimento é usado para queijos em que se procura um sabor mais suave e em que não se deseja uma acidez muito elevada. A água, além de produzir o aquecimento, dilui o soro e a massa, reduzindo a acidez dos mesmos, e torna a pasta mais macia. No sistema indireto utiliza-se vapor para aquecer as paredes do tanque e os queijos obtidos apresentam acidez mais elevada e sabor mais acentuado.

Após a massa ter atingido a temperatura de semicozimento desejada, a mesma é agitada até que o ponto seja atingido (Souza, 1960). Para o queijo Prato o ponto de massa é atingido quando os seus grãos estiverem individualizados e elásticos (Oliveira, 1986).

1.4.4 Enformagem e Prensagem

A- Separação do soro e pré-prensagem

Ao atingir o ponto de massa, a agitação é interrompida, para haver a decantação da massa, o que ocorre entre 5 a 10 minutos (Oliveira, 1986). Nas indústrias maiores, é comum o emprego de tanques dessoradores para onde a massa e o soro são transportados pela ação da gravidade ou por bombeamento, não havendo portanto a decantação, o que torna a separação mais rápida, liberando o tanque de fabricação para novo processamento (Oliveira, 1986).

Wolfschoon & Furtado (1977) observaram que a composição média do soro resultante da coagulação do leite por coalho, na fabricação de queijo Prato, era a seguinte: água=93,25%; gordura=0,52%; proteína=0,75%; lactose=4,99% e cinzas=0,49%.

Seja qual for o processo de separação do soro, é prática comum efetuar a pré-prensagem, obtendo-se assim um bloco de massa que é cortado em pedaços de tamanho aproximado ao das formas em uso (Furtado & Lourenço Neto, 1994).

Para evitar um resfriamento inadequado da massa, que possa levar a formação de olhaduras mecânicas indesejáveis, recomenda-se pré-prensar a mesma com 8-10 cm de soro acima da massa na drenoprensa, de modo a garantir que a temperatura baixe o mais lentamente possível (Anon., 2001). A massa deverá ser prensada sob o soro por 15-20 minutos, sob pressão de 50-60 libras/pol² (Furtado & Lourenço Neto, 1994).

B – Enformagem e prensagem

Após a pré-prensagem, a massa deve ser enformada e prensada durante 4 a 16 hs, com uma pressão de 10 a 20 vezes o peso do próprio queijo. A pressão deve ser um pouco menor no início e deve-se virar os queijos após cerca de 30 minutos de prensagem (Oliveira, 1986). Segundo Furtado & Lourenço Neto (1994), a prensagem dos queijos deve ser realizada por cerca de 2 horas, de acordo com o seguinte esquema: 30 minutos, com 20-30 libras/pol², viragem e 90 minutos com 30-40 libras/pol².

O momento ideal para tirar o queijo da prensagem é quando o seu pH estiver entre 5,4 a 5,6, o que indica que ele está no ponto de ir para a salga (Anon., 2001).

1.4.5 Salga

Tradicionalmente a salga é efetuada através da imersão em salmoura, sendo que o seu tempo varia em função do formato e peso do queijo. Geralmente, uma forma de 3Kg poderá ser salgada por até 48 horas mas, na prática, um queijo Prato deste peso é salgado por no máximo 24 hs (Furtado & Lourenço Neto, 1994), sendo que a maior parte do sal será absorvida nas primeiras 12 horas de exposição do queijo (Furtado & Souza, 1981). A solução de salmoura deve estar na temperatura de 10 a 12° C e na concentração de 18 a 22° Bé de sal (Anon., 2001). Segundo Lee et al (1979) o teor de umidade do queijo pode afetar a difusividade do sal.

Embora não seja adotada em nossas indústrias, a salga na massa se aplica muito bem ao queijo Prato. Pode ser realizada logo após a separação do soro, misturando-se o sal com os grãos antes dos mesmos se compactarem formando o bloco de massa. A salga também pode ser efetuada após a pré-prensagem mediante a subdivisão do bloco de massa através de picadores apropriados como é feito no queijo “cheddar”, que é similar ao nosso queijo Prato e muito fabricado na América do Norte (Oliveira, 1986).

Pereira (1975) testou o processo de salga na massa (2,0; 2,25; 2,5 e 3,0%) para o queijo Prato com a finalidade de acelerar e facilitar o processo. Os queijos experimentais fabricados usando 2% de sal na massa apresentaram teor de sal, umidade e características organolépticas praticamente iguais as do queijo salgado em salmoura e os queijos feitos com proporções acima de 2% originaram queijos ligeiramente salgados, duros e com cura incompleta.

1.4.6 Embalagem

Após a salga, os queijos são submetidos à secagem (cerca de 24 hs) em câmara fria e a seguir embalados. É sugerido o acondicionamento dos queijos em embalagens plásticas, com ou sem uso de vácuo, ou em envase bromatologicamente adequado (Nova legislação..., 1998).

Atualmente, nota-se uma tendência cada vez maior do uso de películas plásticas impermeáveis ao oxigênio e outros gases durante a maturação, o que pode afetar sensivelmente o sabor do queijo. No passado os queijos eram maturados sem embalagem e apresentavam casca. Obviamente, o custo da produção era sensivelmente mais elevado, mas ganhava-se em sabor e apresentação (Furtado & Amorim, 2000).

1.4.7 Cura

Para adquirir consistência e sabor ideais, o queijo Prato deveria ser maturado por, no mínimo, 60 dias, porém, na prática ele é maturado por apenas algumas semanas, sendo comercializado quase sempre com a cura incompleta (Furtado & Lourenço Neto, 1994).

Na maturação, os queijos devem ser colocados em câmaras a temperatura de 12-14°C (Furtado & Lourenço Neto, 1994) ou de 10 a 15°C (Oliveira, 1986).

Martins et al. (1979) estudaram a evolução da flora láctica, durante o processo de maturação (28 dias), de lotes experimentais de queijo Prato fabricados utilizando fermento "BD" e observaram uma elevação na população de lactococos e de microorganismos fermentadores de citrato nas primeiras semanas de maturação, com posterior tendência à estabilização.

1.4.8 Estocagem e Comercialização

Havendo necessidade, uma estocagem por até 6 meses pode ser feita a uma temperatura de 0 a 3°C. Neste caso, aconselha-se a obtenção de um queijo

com teor de umidade de 40-42% no máximo, massa mais lavada e com teor de sal ligeiramente superior ao normal (Furtado & Lourenço Neto, 1994).

Durante o período de comercialização o queijo deverá manter-se em temperatura não superior a 12°C (Nova legislação..., 1998).

1.4.9 Métodos de aceleração do processo de fabricação

Van Dender et al. (1986) estudaram a introdução e a aplicação de métodos e equipamentos que permitissem acelerar o processamento do queijo Prato. Primeiramente estudaram os efeitos da adição de água ao leite e/ou soro sobre a qualidade do produto final. Depois, procuraram otimizar os métodos de aceleração propostos (uso de maior quantidade de coalho, corte da coalhada em dimensões menores, maior velocidade de aquecimento, uso de tanque dessorador na pré-prensagem, formas especiais de aço inox e menor tempo de prensagem), sendo que os experimentos sempre foram realizados em paralelo (método convencional e modificado). Na primeira etapa, os melhores resultados consistiram no uso de 5% de água ao leite e 17% de água (80°C) ao soro. Na segunda etapa conseguiu-se uma economia de cerca de onze horas e trinta minutos no processo modificado, além de queijos com corpo e textura mais macios que o padrão.

1.5 Rendimento

O rendimento normalmente está relacionado a litros de leite necessários para elaborar um quilo de um determinado tipo de queijo (Lucey & Kelly, 1994 e Van Den Berg et al., 1996). Dentro deste conceito, segundo Furtado (1999), pode-se definir o controle de “litros de leite por quilo de queijo” como um rendimento econômico, ou seja, aquele no qual o empresário calcula o custo final da produção do seu queijo levando em consideração o preço pago pelo volume de leite necessário para produzir um quilo de queijo. O rendimento técnico, por outro lado, é aquele no qual se determina, a partir de dados físico-químicos referentes à composição do leite e do soro e do queijo resultantes, se o aproveitamento dos

componentes do leite transferidos para o queijo foi ideal. Obviamente o rendimento técnico pode ser substancialmente diferente do rendimento econômico de uma fabricação.

Os métodos mais simples para se obter o rendimento técnico baseiam-se no cálculo da transferência de gordura, proteína total (ou somente a caseína) ou de extrato seco total ou desengordurado do leite para o queijo (Furtado, 1999).

O rendimento econômico médio obtido em 15 fabricações de queijos tipo Prato, realizadas no Instituto de Laticínios Cândido Tostes, por Alves et al. (1995), foi de 9,41 litros de leite/kg de queijo (8,65 –10,24), valor este que se encontra dentro do intervalo de rendimento médio atribuído ao queijo Prato por Furtado & Lourenço Neto (1994), que é de 9,0 a 9,5 l/Kg.

1.6 Proteólise

O queijo, durante a sua fabricação e até o final da sua vida de prateleira, sofre inúmeras transformações físico-químicas que são decisivas para o corpo (consistência) e textura (estrutura) do produto, afetando também o sabor e o aroma. Uma destas transformações consiste na degradação de proteínas (proteólise) (Fox & McSweeney, 1998; Walstra et al., 1999 e Wolfschoon-Pombo, 1983).

A proteólise contribui para mudanças na textura do queijo devido à degradação da matriz protéica; a diminuição na atividade de água causada pelo aumento da quantidade de água ligada em decorrência da liberação de grupos carboxil e amino e ao aumento no pH, o que favorece a percepção de componentes responsáveis pelo sabor durante a mastigação (Fox, 1988 e Souza et al., 2001). A proteólise contribui diretamente para os sabores agradáveis e desagradáveis apresentados pelos queijos, devido à formação de peptídeos e aminoácidos livres, bem como pela liberação de substratos (aminoácidos) para mudanças catabólicas secundárias, ou seja, transaminação, desaminação, descarboxilação, desulfuração, catabolismo de aminoácidos aromáticos e reações de aminoácidos com outros componentes (Souza et al., 2001).

A proteólise é causada por enzimas de numerosas fontes: as residuais do coalho; as naturais do leite, as do fermento láctico e as de bactérias lácticas não componentes do fermento láctico adicionado (Fox, 1988; Fox & McSweeney, 1998; Moreno et al., 2002 e Wolfschoon-Pombo & Lima, 1989).

Para a maioria dos queijos duros e semi-duros, a proteólise é comumente usada como índice de maturação. O seu uso como índice envolve separação, quantificação e caracterização dos componentes nitrogenados do queijo durante a sua maturação (Farkey & Fox, 1990). Os componentes podem ser separados em solúveis e insolúveis em solvente. Os componentes solúveis são fracionados, com separação do precipitado e quantificação dos componentes nitrogenados do filtrado por Kjeldahl ou métodos espectrofotométricos (Farkey & Fox, 1990). Eletroforese e métodos cromatográficos são freqüentemente usados para caracterizar os peptídeos formados durante a maturação (Farkey & Fox, 1990).

Segundo Wolfschoon-Pombo & Lima (1989), a atividade proteolítica em queijos pode ser avaliada por meio dos índices de extensão da proteólise (IEP) e de profundidade da proteólise (IPP).

A extensão da proteólise se caracteriza pela quantidade de substâncias nitrogenadas solúveis acumulada durante o processo e expressa como porcentagem do nitrogênio total. Conhecida como índice de maturação, a sua determinação analítica é baseada na precipitação isoelétrica da caseína a pH 4,6, em uma amostra diluída do queijo, e quantificação das substâncias solúveis através do método de Kjeldahl (Wolfschoon-Pombo, 1983).

O IEP é um fator de grande importância na composição final e nas características organolépticas do produto, estabelecendo o momento ideal de lançamento do produto no mercado (Baldini, 1998). Este índice aumenta durante a maturação, sendo que, para RogicK (1951) o queijo Prato apresentou os seguintes índices durante o seu período de cura: 4,2% (2 dias de maturação); 7,7% (15 dias); 14,5% (30 dias) e 23,3% (90 dias). Pesquisas realizadas por Wolfschoon-Pombo (1983) revelaram IEPs de 5,1 a 8,2% em queijos Prato com 4 dias de maturação e de 11,9 a 14,0 em queijos com 30 dias. Vieira & Neves (1980) produziram queijos Prato que apresentaram com 1 dia de fabricação IEP ao redor

de 5,5% e com 30 dias IEP de cerca de 12,5%. Baldini (1998) analisou a maturação de queijos Prato por 40 dias e obteve os seguintes IEPs: 6,84% (1 dia de maturação); 8,97% (7 dias); 10,92% (14 dias); 12,40% (21 dias); 12,78% (28 dias) e 13,89 (40 dias).

A profundidade da proteólise abrange as substâncias nitrogenadas de baixo peso molecular acumuladas durante o processo, como os aminoácidos, oligopeptídeos, aminas, etc. A profundidade pode ser quantificada pelo teor em nitrogênio não protéico (teor de substâncias de baixo peso molecular, que não se precipitam na presença de ácido tricloroacético a 12%) expresso como porcentagem do nitrogênio total (Wolfschoon-Pombo, 1983). Baldini (1998) analisou a maturação de queijos Prato por 40 dias e obteve os seguintes IPPs : 2,70% (1 dia de maturação); 4,18% (7 dias); 5,03% (14 dias); 5,65% (21 dias); 6,57% (28 dias) e 7,26% (40 dias).

1.7 Microestrutura

O uso da microscopia eletrônica, de transmissão ou de varredura, permite um estudo mais profundo da textura de um queijo, pois possibilita o conhecimento da sua microestrutura ao nível das micelas de caseína, soroproteínas e glóbulos de gordura (Kálab, 1977).

No microscópio eletrônico direto ou de transmissão, o feixe eletrônico de iluminação passa através do espécimen e a imagem de todo o espécimen é formada simultaneamente, da mesma maneira que em um microscópio de luz ou qualquer outro dispositivo óptico convencional (Grimstone, 1980). No microscópio eletrônico de varredura um feixe de elétrons extremamente estreito é usado para varrer o espécimen e este feixe faz com que o próprio espécimen emita elétrons, os quais são chamados de elétrons secundários e que são usados para construir uma imagem em sequência, à medida que o espécimen vai sendo varrido (Grimstone, 1980). Assim, enquanto a microscopia eletrônica de transmissão utiliza os elétrons que atravessaram a amostra para formar a imagem, a microscopia eletrônica de varredura utiliza os elétrons que são emitidos ou

dispersos da superfície da amostra, o que propicia uma grande profundidade de foco e a obtenção de uma imagem com brilhos e sombras que dão uma aparência tridimensional à mesma (Alberts et al., 1997).

Segundo Green et al. (1981b), Kálab (1977), Kálab (1993) e Lagoueyte et al. (1994), a estrutura de um queijo é formada pela coesão de massas protéicas globosas e intensamente perfuradas por espaços esféricos cujos diâmetros variam, de acordo com as operações utilizadas para obtenção do queijo.

Micrografias obtidas por Kálab (1977), para queijos Edam e Gouda (tipos de queijo similares ao Prato) mostram que estes queijos apresentam uma microestrutura semelhante à de uma esponja, com as proteínas formando uma rede protéica, no interior da qual observam-se espaços vazios de diferentes diâmetros, espaços estes anteriormente ocupados pelo soro e por glóbulos de gordura. Nestas micrografias foi possível visualizar que os cordões de proteína que formaram a matriz dos queijos Edam e Gouda, que são tipos de queijo de textura amorfa, não apresentam uma orientação definida, como ocorre no queijo Mussarela, cuja textura é fibrosa.

1.8 Textura

A textura tem um efeito significativo na determinação da identidade e qualidade de um queijo (Creamer & Olson, 1982) podendo ser medida diretamente pelo uso do sentido do tato (técnica subjetiva) ou por métodos físicos (técnica objetiva) (Bertola et al., 1992; Creamer & Olson, 1982; Friedman et al., 1963; Miya, 1972; Van Vliet, 1991 e Zoon et al., 1991). As técnicas objetivas têm as vantagens de não estarem sujeitas a variações ou a fadiga do degustador e poderem ser mais precisas do que os sentidos humanos (Miya, 1972).

Na manufatura dos queijos as micelas de caseína se unem formando uma rede protéica tridimensional, entremeada com glóbulos de gordura e água, a qual é a base da estrutura do queijo, sendo os atributos de textura apresentados pelo mesmo uma manifestação das propriedades reológicas da sua estrutura física (Hort & Grys, 2001).

Os fatores que afetam a reologia e consequentemente a textura dos queijos são: composição (teores de umidade, sal, gordura e proteína), pH, temperatura e maturação (Everett & Jameson, 1993 e Visser, 1991).

A textura dos queijos tende a mudar significativamente durante a maturação e na estocagem, devido à degradação de proteínas, perda de umidade e modificação no pH do queijo (Chaves, 1997; Lane et al., 1997; Lawrence et al., 1987; Visser, 1991 e Watkinson et al., 2000).

Dos parâmetros de textura normalmente avaliados (fraturabilidade, dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade, adesividade e mastigabilidade) os principais, segundo estudos realizados por Cherl-Ho et al. (1978), são: a dureza, a elasticidade e a adesividade, sendo a dureza a característica mais importante com relação às preferências dos consumidores.

Segundo a legislação, o queijo Prato deve apresentar uma consistência semidura e elástica e a sua textura deve ser compacta, lisa, fechada, com alguns olhos pequenos arredondados e/ou algumas olhaduras mecânicas (Nova legislação..., 1998).

1.9 Avaliação Sensorial

Os produtos lácteos podem ser analisados quanto à sua composição química, microbiologia, propriedades físicas, atividade enzimática, entre outras características. Porém, essas determinações não conseguem medir a verdadeira “qualidade comestível” de um alimento (Chaves, 1990), o que pode levar duas amostras de queijo de igual composição química e textura a despertarem diferentes reações num mesmo mercado consumidor.

O sabor, o aroma e as outras propriedades sensoriais dos alimentos são extremamente difíceis de serem determinadas por métodos instrumentais, sendo necessário recorrer a métodos subjetivos baseados em instrumentos humanos, sendo os testes assim conduzidos conhecidos com o nome de avaliação sensorial (Anon., 1992).

A análise sensorial é utilizada para medir, avaliar e interpretar as reações produzidas por um alimento nos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição. A tecnologia sensorial desenvolveu-se bastante nos últimos anos, sendo que um número cada vez maior de especialistas vem sendo auxiliado pelos resultados da avaliação sensorial de um produto na tomada de decisões (Chaves, 1990).

Pesquisas recentes relacionadas a obtenção de queijo Prato com melhor sabor e textura (Furtado et al., 2002), ou mais saudáveis (queijos com menor teor de gordura) (Furtado et al., 2002 e Gallina et al., 2002) têm feito uso da análise sensorial para verificar a viabilidade comercial do produto.

Segundo a legislação brasileira, o queijo Prato deve apresentar as seguintes características sensoriais: cor amarelada ou amarelo-palha, olhaduras pequenas e bem distribuídas (ou ausência de olhaduras), ausência de crosta (ou uma crosta fina, lisa, sem trincas) e consistência semi-dura e elástica (Nova legislação..., 1998). Deve apresentar também aroma e sabor característicos (Nova legislação..., 1998), sendo o sabor considerado uma experiência mista unitária das sensações gustativas, olfativas e cinestésicas, percebidas durante a degustação, podendo ser influenciadas pelos efeitos tátil, térmico e doloroso (Chaves, 1990).

Os quatro sabores básicos de um alimento são: doce, salgado, ácido e amargo, sendo que os três primeiros podem ser determinados quimicamente em algumas situações (Anon., 1992). Assim, o sabor doce pode ser avaliado pela determinação da concentração de sacarose, o salgado pela concentração de sódio e o ácido pela medida de pH (Anon., 1992). O sabor amargo é o mais difícil de ser avaliado, e no entanto queijos como o Prato, Gouda e similares são susceptíveis de amargar, defeito que os impede de serem utilizados para consumo e que se manifesta apenas após algumas semanas de maturação (Menezes, 1993).

O sabor amargo é causado pela formação e acúmulo de peptídeos específicos (geralmente insolúveis ou apolares), de baixo peso molecular (menos de 3000 daltons) durante a maturação dos queijos, podendo desaparecer com o tempo (Furtado, 1984a ;Furtado 1984b e Furtado 1999). A composição do coalho, quantidade de coalho utilizada, composição da cultura láctica, sua atividade e a

composição físico-química do queijo (pH, umidade, teor de sal e teor de gordura) têm sido estudadas com o objetivo de elucidar esta questão (Furtado, 1991; Furtado, 1999; Lee et al., 1996 e Madsen & Ardo, 2001).

Os métodos de avaliação sensorial podem ser classificados em quatro tipos básicos: métodos afetivos (teste de preferência ou aceitação), métodos discriminativos ou de diferença (teste de diferença pareada, duotrio, triangular e ordenação), métodos descritivos (análise do perfil de sabor, análise do perfil de textura e análise descritiva quantitativa) e testes de qualidade (Chaves, 1990 e Stone et al., 1974).

1.10 Derretimento

Por derretimento entende-se a capacidade de uma massa sólida tornar-se pastosa, capaz de fluir com relativa facilidade sobre a superfície de um alimento, de maneira homogênea e sem a formação de bolhas muito grandes.

O queijo é popularmente usado como ingrediente no preparo de muitos pratos, em vários deles derretido (Kuo et al., 2001). O uso dos queijos Mussarela, Cheddar e Prato em pizzas, sanduíches quentes e alimentos congelados é um exemplo disso. Para esses queijos, um bom derretimento torna-se uma das principais características na determinação da qualidade dos mesmos (Lefeverre et al., 2000).

Assim, inúmeras pesquisas têm sido feitas com o objetivo de esclarecer a influência da forma de produção, da composição, da microestrutura e da maturação do queijo na sua capacidade de derretimento (Barbano et al., 1995; Bogenrief & Olson, 1995; Fife et al., 1996; Guo & Kindstedt, 1995; Kindstedt, 1991; Kindstedt, 1993; Kindstedt et al., 1995; Kindstedt et al., 2001; Kuo et al., 2001; Lefeverre et al., 2000; MacMahon et al., 1999; Metzger et al., 2001; Oberg et al., 1991; Rudan et al., 1999; Tunick et al., 1993; Yun et al., 1993 e Yun et al., 1995).

2. ULTRAFILTRAÇÃO

2.1 Conceitos gerais sobre ultrafiltração

A ultrafiltração (UF) consiste numa tecnologia utilizada para separação de componentes de um meio fluido, sendo que esta separação ocorre quando o meio é forçado a fluir, sob pressão, sobre a superfície de uma membrana semi permeável (Dziezak, 1990).

O grau de separação dos componentes do meio dependerá do valor do peso molecular de corte (PMC) da membrana, que é indicado pelo peso molecular da menor molécula retida pela membrana. Isso implica que, ao aplicar pressão sob o fluido que entrará no sistema de ultrafiltração, as substâncias de peso molecular menor que o valor do PMC passarão, em parte, pela membrana, formando o permeado ou filtrado, enquanto que as de maior peso molecular serão retidas, constituindo o retentado ou concentrado (Benito, 1980 e Paulson et al., 1984). Segundo Renner & ABD EL-Salam (1991), a ultrafiltração pode ser usada na separação e concentração de substâncias com peso molecular entre 10^3 a 10^6 Daltons (0,001-0,02 μm).

No processo de ultrafiltração, o fluxo de alimentação é usualmente manipulado a baixas temperaturas, 4 a 60°C, (Kosikowski, 1986) e sob pressões de operação que variam de 1 a 15 bars (Renner & ABD EL-Salam, 1991). O retentado obtido pode ser diluído com água e recirculado para aumentar a separação de sais e lactose, numa etapa chamada de diafiltração (Benito, 1980).

2.2 Ultrafiltração do leite

Na ultrafiltração do leite, devido ao fato das membranas serem permeáveis a componentes de baixo peso molecular, nutrientes como a lactose e um certo número de vitaminas hidrossolúveis passarão através da membrana, sendo assim concentradas em pequena proporção no concentrado. Por outro lado, a gordura, os componentes protéicos, a vitamina B₁₂ e o ácido fólico serão concentrados em

proporção inversa à diminuição do volume do leite (Green et al., 1984). Minerais como o cálcio, magnésio e fósforo se encontram no leite tanto em solução como ligados às proteínas. Assim, a retenção destes minerais, bem como de elementos traço, dependerá da porcentagem em que os mesmos se encontram ligados às proteínas (Bastian et al., 1991).

Um progresso significativo foi obtido nos últimos anos em termos de tipos de sistemas de ultrafiltração, sendo que o surgimento de tipos de plantas de UF e de condições de operações adequadas fez com que os pesquisadores parassem de se preocupar com a obtenção do retentado em si e passassem a se dedicar apenas ao desenvolvimento de novas tecnologias que permitissem converter um leite concentrado em um queijo com características desejáveis (Kosikowski, 1986). Isso significa que o equipamento de ultrafiltração deverá permitir a obtenção de retentados com teor apropriado de sólidos totais, com proporções adequadas dos componentes, com alta qualidade bacteriana e tudo isso sem afetar o estado físico de cada componente (Sutherland & Jameson, 1981).

2.3 Métodos de aplicação da ultrafiltração na manufatura de queijos

Segundo Eriksen (1985), Jensen & Stapelfeldt (1993) e Nielsen (1987), há 4 métodos básicos de aplicação da ultrafiltração na manufatura de queijos: a) concentração total, b) concentração parcial, c) pré-concentração e d) padronização de proteínas a valores de 3,6% ou acima de 4%.

No método de concentração total, o leite é concentrado a níveis de sólidos totais idênticos ou quase idênticos aos teores encontrados em um queijo pronto e no de concentração parcial a valores de até 40% de sólidos totais. O uso de tais concentrações exige equipamentos especiais para corte e manipulação da coalhada (Jensen & Stapelfeldt, 1993 e Nielsen, 1987). Na pré-concentração trabalha-se com fatores de concentração volumétrica (FCV) de valores iguais ou inferiores a 2 e no caso do uso da ultrafiltração para padronização de proteínas o objetivo é conseguir níveis regulares deste componente no leite, evitando assim problemas de variações sazonais. Nestes dois últimos métodos não há mudanças

nas etapas, nem nos equipamentos normalmente envolvidos no processamento tradicional de queijos (Nielsen, 1987 e Zoon, 1993).

O uso da técnica de ultrafiltração na fabricação de queijos foi proposto por Maubois, Mocquot & Vassal (1969), com o nome de processo MMV. Este processo baseia-se na concentração do leite até obtenção de um pré-queijo líquido, o qual será transformado, pela adição de fermentos lácticos, coalho, sal, e, quando necessário, de corantes e bolores, em um queijo com características similares as de um queijo obtido pelo processo tradicional (Maubois & Mocquot, 1975).

A técnica de concentração total do leite (processo MMV) elimina a etapa de dessoragem, permitindo uma retenção maior, no queijo, da gordura do leite e das proteínas solúveis do soro, principalmente da alfa-lactoalbumina e beta-lactoglobulina. Estas proteínas, normalmente perdidas durante a dessoragem no processamento tradicional, passam a ficar retidas no queijo, sendo que tal fato além de gerar um permeado com uma menor demanda bioquímica de oxigênio (DBO) do que o soro normalmente obtido, resulta em um aumento nas médias de rendimento da ordem de 8 a 20%, o que significa produzir mais quilos de queijo a partir de uma mesma quantidade de leite (Jensen & Stapelfeldt, 1993; Juliano et al., 1993; Kosikowski, 1976; Kosikowski, 1986; Maubois & Mocquot, 1975 e Morris, 1984).

Apesar de todas essas vantagens, queijos fabricados a partir desse processo de concentração total do leite têm apresentado características de aroma, sabor e textura muito diferentes das apresentadas por queijos elaborados pelo processo tradicional. Além disso, o fato de leites altamente concentrados demorarem a resfriar favorece a contaminação e o crescimento de microorganismos termófilos (Kosikowski, 1986).

Leites concentrados a valores de FCV menores ou iguais a 2 têm sido utilizados com sucesso na fabricação de vários tipos de queijos, permitindo a obtenção de produtos de boa qualidade, com economia de coalho e de fermento, além de rendimentos de fabricação superiores aos obtidos com o uso do processo tradicional, embora inferiores aos que podem ser obtidos pelo processo MMV,

onde a incorporação de gordura e de proteínas do soro no queijo é máxima (Kosikowski, 1986).

A técnica de concentração parcial do leite pode ser utilizada como uma alternativa para conseguir maiores ganhos de rendimento e melhor aproveitamento do espaço físico da fábrica e ao mesmo tempo produtos mais próximos do tradicional (Jensen & Stapelfeldt, 1993 e Nielsen, 1987).

2.4 Fabricação de queijos a partir de leite concentrado por ultrafiltração (LCUF)

O uso de LCUF na fabricação de queijos pode apresentar inúmeras vantagens, tais como: aumento da capacidade da planta; redução nos custos de transporte do leite; aumento no rendimento; redução de problemas de poluição pelo soro e produção de novos produtos (El-Gazzar & Marth, 1991; Hickey, 1993 e Juliano et al., 1993). Porém, muitas informações sobre a fabricação de queijos por UF não são divulgadas pelas indústrias, o que torna difícil avaliar de forma mais completa a eficiência do processo (Van Dender, 1995). Sabe-se, porém, que a transformação de um retentado em queijo apresenta algumas dificuldades, as quais têm sido investigadas de modo a se poder conhecê-las mais objetivamente ao se usar o processo de UF na fabricação de um determinado queijo (Van Dender, 1995).

2.4.1 Tratamento do leite

Durante a ultrafiltração, os minerais ligados às caseínas do leite são concentrados na mesma proporção que as proteínas, resultando em um aumento no poder tamponante dos retentados e em maior mineralização dos queijos obtidos (Brule et al., 1974). Estas alterações acarretam problemas no produto final, principalmente no que se refere a algumas de suas características organolépticas, destacando-se a acidez excessiva dos primeiros queijos de massa do tipo fresco (Brule et al., 1974) e os problemas de filagem das primeiras

Mussarelas (Kosikowski, 1976). Este problema pode ser contornado, na prática, pelo ajuste da mineralização do retentado mediante a ultrafiltração do leite maturado com fermento láctico, antes ou durante o processo, pela adição de ácido ou cloreto de sódio ao leite, bem como pela diafiltração do retentado associada à acidificação do mesmo (Covacevich & Kosikowski, 1978; Friis, 1981; Kosikowski, 1976 e Maubois & Kosikowski, 1978). Isso pode ser necessário para a obtenção de uma relação adequada de cálcio/proteína ou de cálcio/sólidos desengordurados no queijo (Sutherland & Jameson, 1981). Alguns pesquisadores consideram que, em alguns casos, o controle do cálcio no retentado é um processo complexo, devendo-se esperar algum tempo após acidificar o leite para realizar a ultrafiltração, para que o cálcio micelar se difunda no soro (Friis, 1981). Por outro lado, a concentração de lactose no retentado pode ser reduzida por diafiltração, condição necessária para se obter o nível residual correto de lactose na massa do queijo (Covacevich, 1981).

2.4.2 Coagulação

Na obtenção de retentados de FCV elevados (FCV=4:1 a 6:1), modelos de UF e equipamentos para fabricação de queijos especialmente desenhados são necessários, devido à alta viscosidade do retentado (Jensen & Stapelfeldt, 1993). Se tais medidas não forem adotadas, torna-se difícil uma boa homogeneização do fermento e do coalho no retentado, o que pode levar a problemas de textura no queijo (El-Gazzar & Marth, 1991).

A - Cultura láctica

A diferença básica entre o processo tradicional de fabricação de queijos e o que utiliza a técnica de ultrafiltração é que o concentrado utilizado no último apresenta uma capacidade tamponante maior por unidade de volume (Brule et al., 1974; El-Gazzar & Marth, 1991 e Mistry & Kosikowski, 1986). Assim, embora o LCUF seja um meio mais favorável ao crescimento e multiplicação dos microorganismos, níveis relativamente altos de ácido láctico devem ser produzidos

para que ocorra a mudança de pH requerida nos leites concentrados (El-Gazzar & Marth, 1991). Como as culturas diferem quanto a sua atividade acidificante, apenas culturas muito ativas neste aspecto devem ser utilizadas (Mistry & Kosikowski, 1985).

Na Austrália, para a manufatura de queijos Cheddar (FCV 5:1), a partir de leite concentrado por UF, tem-se realizado a pré-fermentação de parte do retentado, normalmente cerca de 10%, de modo a se obter coágulos com uma firmeza adequada, o que pode ser conseguido pelo fato do fermentado servir como uma significativa fonte de cálcio iônico, que auxilia na formação do coágulo (Jameson, 1987). A pré-fermentação é feita da seguinte forma: uma porção do retentado, normalmente cerca de 10%, é submetida a um tratamento térmico (HTST), resfriada, inoculada com a cultura lática e fermentada durante a noite. Posteriormente, esta fração pré-fermentada é adicionada ao retentado para fabricação do produto. Tal técnica é necessária considerando-se que o processo de fabricação de queijo por UF é um pouco mais rápido que o processo tradicional e o uso desta técnica proporciona adequado número de bactérias láticas no queijo (Jameson, 1987).

B – Cloreto de cálcio

O efeito do cloreto de cálcio no tempo de coagulação diminui com o aumento do teor de proteína no leite (Pahkala et al. 1985), sendo que Voss (1976), citado por Renner & ABD El-Salam (1991), concluiu, a partir de experimentos, que a adição de CaCl_2 , em LCUF antes da coagulação pode ser omitida.

C - Coalho

Segundo Pahkala et al. (1985), o tempo de coagulação do leite diminui quando o seu conteúdo de proteína aumenta, sendo isso mais claramente visualizado quando se trabalha com pequenas quantidades de coagulante. Por este motivo, uma das vantagens atribuídas ao uso de LCUF na fabricação de queijos é a economia no gasto com coalho (Guinee et al., 1994; Kosikowski, 1986 e Nielsen, 1987). Quando se fabrica queijos pelo método MMV, em que não há

dessora do coágulo, o uso de doses menores de coalho é suficiente devido ao fato de que todo o coalho adicionado ao retentado fica retido no queijo (Maubois & Mocquot, 1974). Porém, quando se trabalha com queijos elaborados a partir de LCUF que posteriormente serão submetidos às etapas tradicionais do processo de fabricação de queijo (corte e dessora da massa), o uso de menores doses de coalho pode comprometer a sua proteólise, fato este observado por Green et al. (1981), Kindstedt et al. (1995) e Pahkala et al. (1985).

De acordo com Renner & ABD El-Salam (1991), a formação do gel começa em concentrados obtidos por UF quando apenas cerca de 25% da K-caseína micelar for hidrolisada. No leite, para que comece a ocorrer a coagulação, pelo menos 85% da K-caseína deve ser hidrolisada.

2.4.3 Tratamento da massa (corte, agitação e cozimento)

O aumento no nível de proteínas no retentado resulta em aumento na firmeza do coágulo e diminuição do tempo de coagulação, sendo que à medida que se eleva a firmeza do coágulo fica proporcionalmente mais difícil cortá-lo sem destruir a estrutura do mesmo, o que tende a aumentar a perda de sólidos no soro, numa quantidade maior do que a prevista (com base na redução do volume de soro liberado em queijos elaborados com LCUF), principalmente quando se trabalha com concentrações acima de 50g de proteína por litro de concentrado (Guinee et al., 1994). Assim sendo, a fabricação de queijos a partir de leite ultrafiltrado total ou parcialmente concentrado exige equipamentos especiais para o corte e manipulação da coalhada (Jensen & Stapelfeldt, 1993 e Nielsen, 1987).

Quanto mais concentrado for o leite utilizado para fabricação de um queijo menor será a quantidade de soro liberada (Bird, 1996 e Hydamaka et al., 2001). Uma menor dessora pode resultar em menor perda de componentes, porém também pode favorecer a perda de sólidos, devido a maior dificuldade de agitação da massa (El-Gazzar & Marth, 1991; Green et al., 1985 e Hydamaka et al., 2001).

Além da quantidade de soro liberada ser menor em queijos fabricados com LCUF, a sua composição também é diferente da observada no processo

convencional (Jameson, 1987). Em experimento realizado por Jameson (1987), o volume de soro produzido na fabricação de queijo tipo Cheddar, a partir de leite concentrado por UF até um FCV de 5:1, foi relativamente pequeno (cerca de 7-8% do volume de leite), porém continha níveis significativos de proteína (40-50% do extrato seco desengordurado), tornando esse soro um novo e valioso subproduto.

2.4.4 Cura

Durante o processo de cura dos queijos, os produtos resultantes da transformação da lactose (glicólise), caseínas (proteólise) e triglicerídeos (lipólise) conferem aos mesmos características peculiares de sabor, aroma, textura e aparência (Fox, 1988 e Fox et al., 1990).

O uso de leite ultrafiltrado tende a resultar em queijos com valores de pH mais elevados o que tende a favorecer a contaminação do produto e resultar em um maior tempo de cura (Renner & ABD El-Salam, 1991).

Com relação à lipólise, Rao & Renner (1989) observaram uma menor extensão de lipólise em queijos elaborados por ultrafiltração em comparação com queijos controle obtidos a partir de leite não concentrado. Porém, Green et al. (1981a) não observou tal variação trabalhando com queijos cheddar elaborados pelos dois processos.

De todas as reações envolvidas na cura dos queijos, a proteólise é a mais afetada pelo uso da ultrafiltração, principalmente devido à presença das soroproteínas (Lelievre & Lawrence, 1988; Madsen & Qvist, 1998 e Renner & ABD El-Salam, 1991).

2.5 Rendimento de queijos obtidos por UF

Um considerável aumento no rendimento do queijo pode ser obtido através da UF do leite para fabricação de queijos (Dejmek, 1986; El-Gazzar & Marth, 1991; Lucey & Kelly, 1994; Maubois & Mocquot, 1975 e Zoon, 1993).

Na manufatura de queijos usando o processo MMV, a caseína e as proteínas solúveis do soro são concentradas no pré-queijo, e apenas os componentes nitrogenados não protéicos, como a uréia e aminoácidos são perdidos no permeado (Banks et al., 1983 e Zoon, 1993). Sob ótimas condições, até 95% das substâncias nitrogenadas do leite podem ser retidas no queijo feito de leite UF e um aumento potencial de rendimento, na faixa de 17%, pode ser conseguido (Maubois & Mocquot, 1975). Porém, esse aumento de rendimento assume que após a formação do pré-queijo não ocorrem perdas de soro via sinérese e que o nível de sólidos no retentado é equivalente ao requerido no queijo final (Banks et al., 1993). Quando os aumentos de rendimento ultrapassam 17%, isto se deve a um aumento na retenção de gordura e de finos e a um aumento na quantidade de soroproteínas desnaturadas contidas no coágulo, o que aumenta a umidade do queijo (Banks et al., 1993).

A recuperação de gordura do leite no queijo, no processo tradicional de fabricação de queijos, pode variar entre 85 e 93% (Banks & Tamime, 1987; Fox & McSweeney, 1998 e Phelan, 1981), podendo chegar a 100% no caso de queijos fabricados pelo processo MMV, uma vez que as membranas retêm toda a gordura do leite (Sutherland et al., 1993).

Um aumento na porcentagem de proteínas desnaturadas presentes no queijo pode ser conseguido através do tratamento térmico do retentado (Hinrichs, 2001; Rao & Renner, 1988a e Rao & Renner, 1988b). Tratamentos térmicos severos interferem nas propriedades de coagulação de leite não concentrado (Zoon, 1993), porém, tratamento térmico de leite concentrado por UF não inibe a coagulação do retentado (Banks et al., 1993) ou a inibe em níveis menos pronunciados (Waungana, et al., 1996).

Queijos também podem ser fabricados utilizando-se concentrados de FCV menores que o necessário para obtenção de um pré-queijo líquido. Neste caso, o retentado obtido passa pelas mesmas etapas de processamento de um leite normal. Os rendimentos obtidos com o uso desta tecnologia são menores do que os obtidos pelo método MMV, porém, a qualidade do produto obtido tende a ser maior (Zoon et al., 1993).

De acordo com Sutherland et al. (1993), valores de FCV calculados com base nos procedimentos de controle das plantas de UF (massa de leite/massa de retentado) não são precisos. Assim, eles recomendam que os valores de FCV sejam calculados com base nos conteúdos (peso/peso) de gordura do leite e do concentrado, uma vez que as membranas retêm 100% da gordura do leite. Ainda segundo estes autores, isso evita estimativas incorretas de rendimento, uma vez que perdas de sólidos do leite por furos, ranhuras e outros danos nas membranas, embora pouco citados na literatura, são uma séria fonte de perda de rendimento em plantas de ultrafiltração.

2.6 Proteólise em queijos obtidos por UF

Segundo Benfeldt et al. (1998) e Lelievre & Lawrence (1988), queijos elaborados a partir de LCUF contêm em sua composição as soroproteínas, que interferem de várias formas na proteólise.

O efeito prejudicial das soroproteínas, na proteólise, tanto as encontradas em sua forma nativa como as encontradas na forma desnaturada, pode ser provocado por vários motivos (Lelievre & Lawrence, 1988). A presença das proteínas do soro no queijo provavelmente tem um efeito diluente, diminuindo a proporção de caseína no produto, que é o substrato de inúmeros compostos responsáveis pelo aroma e sabor de muitos queijos (Koning et al., 1981). As soroproteínas também tendem a limitar fisicamente o acesso das enzimas proteolíticas às caseínas, ao se ligarem à superfície das mesmas (Lelievre & Lawrence, 1988).

As proteínas do soro, que se encontram em sua forma nativa, também podem inibir a atividade proteolítica das enzimas naturais do leite, da cultura láctica e do coalho pelo fato de que essa fração protéica contém substâncias inibidoras de proteases e peptidases e substâncias que podem se ligar aos componentes responsáveis pelo aroma e sabor dos queijos que forem sendo produzidos, mascarando os efeitos da proteólise (Benfeldt et al., 1998 e Hickey et al., 1983).

2.7 Microestrutura de queijos obtidos por UF

Estudos de microscopia eletrônica têm mostrado que coágulos obtidos a partir de retentados apresentam uma rede protéica mais grosseira, a qual difere em termos de estrutura básica de um coágulo normal, resultando em coágulos mais frágeis (Green et al., 1981b). A estrutura tende a tornar-se mais grumosa à medida que o FCV do concentrado aumenta, com as proteínas unindo-se firmemente em grandes aglomerados (Green et al., 1981b). Assim como os coágulos, os queijos obtidos a partir de LCUF tendem a apresentar uma matriz protéica mais grosseira (Green et al., 1981b).

2.8 Textura e Avaliação Sensorial de queijos obtidos por UF

O uso da ultrafiltração na fabricação de queijos moles, cremosos e frescos tem resultado em produtos com características similares as de um queijo obtido pelo processo tradicional (Benito, 1980; Maubois & Mocquot, 1974 e Kosikowski, 1986). Porém, na manufatura de queijos duros e semi-duros o uso de LCUF geralmente tem resultado em queijos de qualidade inferior (Pahkala, 1985).

Assim, embora aumentando o FCV do retentado aumente o rendimento de fabricação do queijo, as qualidades organolépticas de consistência e sabor do produto são diferentes e usualmente desfavoráveis em relação ao queijo tradicional (Zoon, 1993).

Os defeitos mais comuns associados a queijos duros e semi-duros obtidos por ultrafiltração são: queijos marmorizados, duros, com pouco sabor ou sabor atípico e estrutura farelenta (Green et al., 1981b e Pahkala et al., 1985).

Segundo Green et al. (1981b), com relação a textura, a firmeza e a coesividade (medidas instrumentalmente) aumentaram, a adesividade diminuiu e a elasticidade variou pouco com o aumento do FCV do retentado. Sensorialmente a dureza, a secura, a granulidade e a fragmentação dos queijos também tenderam a aumentar com o uso de FCVs mais elevados.

Com relação à textura e avaliação sensorial dos queijos também há relatos de pesquisadores que encontraram pouca ou nenhuma diferença entre queijos elaborados por ultrafiltração e pelo método tradicional, desde que algumas alterações fossem realizadas no processo no caso do uso de LCUF (Covacevich & Kosikowski, 1976; Everett & Jameson, 1993; Kosikowski, 1976, Madsen & Qvist, 1998 e Ribeiro, 1996).

2.9 Derretimento de queijos obtidos por UF

Queijos elaborados com LCUF são usualmente associados com uma baixa capacidade de derretimento (Covacevich & Kosikowski, 1978; Jana, 1992; Jensen et al., 1987 e Maubois & Kosikowski, 1978), sendo esta característica atribuída a fatores como: maior concentração de cálcio nos queijos (Olson, 1984); presença das soroproteínas (Covacevich & Kosikowski, 1978; Jana, 1982; Madsen & Qvist, 1998 e Olson, 1984) e textura mais grosseira (Olson, 1984). Também há relatos de queijos obtidos a partir de leite ultrafiltrado com boas a excelentes características de derretimento (Covacevich, 1981; Covacevich & Kosikowski, 1976; Fernandez & Kosikowski, 1986).

2.10 Queijo Prato obtido por ultrafiltração

Van Dender et al. (1987), pesquisaram o desenvolvimento de uma tecnologia de fabricação de queijo tipo Prato pelo processo MMV, baseado na concentração total do leite até obtenção de um pré-queijo líquido de composição similar a um queijo tradicional. Os resultados obtidos mostraram a possibilidade de se obter, pelo método MMV, um queijo próximo ao queijo tipo Prato, do ponto de vista de composição físico-química, porém não foi avaliado o efeito do uso do método MMV sobre a sua textura.

Ribeiro (1996) produziu queijo Prato utilizando LCUF com vários FCVs (1,5:1; 2,5:1, 3,5:1 e 5,0:1) e analisou o efeito dos mesmos sobre a composição e textura (avaliada sensorialmente) dos queijos produzidos. Concluiu que o uso de

tais retentados possibilitava a obtenção de queijos com composição química e características de textura típicas de um queijo Prato, sendo que para o queijo elaborado com retentado 5:1, uma textura adequada só foi possível com uma pré-fermentação de parte (10%) deste retentado com cultura lática. Em termos de proteólise e de avaliação sensorial (aroma, sabor, textura, aparência e aceitação), os queijos elaborados com uso de ultrafiltração também não diferiram do obtido a partir de leite não concentrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WATSON, J. **Biologia molecular da célula**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. 1v.
2. ALVES, G.; ANTUNES, L.A.F.; FURTADO, M.M. Parâmetros físico-químicos envolvidos com a padronização e a determinação de rendimento de queijo Prato. In: CONGRESSO NACIONAL DE LATICÍNIOS, 13., 1995, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Centro de Ensino e Pesquisa/Instituto de Laticínios Cândido Tostes, 1995. p.265-271.
3. ANDERSEN, A.B. Fabricação dos queijos Prato e Gouda. **Revista Ceres**, v.3, n.15, p.187-189, 1941.
4. ANON. Propriedades sensoriais dos alimentos. **Higiene Alimentar**, v.6, n.22, p.15-16, 1992.
5. ANON. Queijo Prato - obtendo melhor qualidade e maior rendimento. **Indústria de Laticínios**, v.6, n.35, p.28-32, set./out. 2001.
6. BALDINI, V.L.S. **Proteólise em queijo tipo Prato durante a maturação**. 1998. 208p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

7. BANKS, J.M.; TAMIME, A.Y. Seasonal trends in the efficiency of recovery of milk fat and casein in cheese manufacture. **Journal Society of Dairy Technology**, v.40, p.64-66, 1987.
8. BANKS, J.M.; LAW, A.J.R.; LEAVER, J.; HORNE, D.S. The inclusion of whey proteins in cheese. In: INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Cheese yield and factors affecting its control**. Cork: IDF, 1993. cap.8, p.387-401.
9. BARBANO, D.M.; HONG, Y.; YUN, J.J.; LAROSE, K.L.; KINDSTEDT, P.S. Mozzarella cheese: impact of three commercial culture strains on composition, yield, proteolysis, and functional properties. In: ANNUAL MARSCHALL INVITATIONAL ITALIAN CHEESE SEMINAR, 31., 1995, Madison, Wisconsin. **Proceedings...** Madison, 1995.
10. BASTIAN, E.D.; COLLINGE, S.K.; ERNSTROM, C.A. Ultrafiltration: partitioning of milk constituents into permeate and retentate. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.8, p.2423-2434, Aug. 1991.
11. BENFELDT, C.; SORENSEN, J.; PETERSEN, T.E. Inhibitory activity against plasmin, trypsin and elastase in rennet whey and in cheese fortified with whey protein. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.615-620, 1998.
12. BENITO, J.J.S. Processamento de leite desnatado por ultrafiltração e hiperfiltração. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.35, n.212, p.41-47, nov./dez. 1980.
13. BERTOLA, N.C.; BEVILACQUA, A.E.; ZARITZKY, N.E. Proteolytic and rheological evaluation of maturation of Tybo Argentino cheese. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.12, p.3273-3281, 1992.
14. BIRD, J. The application of membrane system in the dairy industry. **Journal of the Society of Dairy Technology**, v.49, n.1, p.16-23, 1996.
15. BOGENRIEF, D.D.; OLSON, N.F. Hydrolysis of beta-casein increases Cheddar cheese meltability. **Milchwissenschaft**, v.50, n.12, p.678-682, 1995.

16. BRULÉ, G.; MOUBOIS, J.L.; FAUQUANT, J. Etude de la teneur en éléments minéraux des produits lors de l'ultrafiltration du lait sur membrane. **Le Lait**, v.54, n.539/540, p.600-615, Nov./Dec. 1974.
17. CHAVES, A.C.S.D. **Estudo do efeito do congelamento e do tempo de armazenagem sob refrigeração após o descongelamento nas propriedades funcionais, textura e proteólise do queijo Mussarela**. 1997. 93p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 1997.
18. CHAVES, J.B.P. A análise sensorial na indústria de laticínios. **Revista do Instituto de Laticínios de Cândido Tostes**, v.45, n.267-272, p.38-52, 1990.
19. CHER-HO, L., IMOTO, E.M., RHA, C. Evaluation of cheese texture. **Journal of Food Science**, v.43, n.5, p.1600-1605, 1978.
20. CICHOSCKI, A.J.; VALDUGA, E.; VALDUGA, A.T.; TORNADIJO, M.E.; FRESNO, J.M. Characterization of Prato cheese, a Brazilian semi-hard cow variety: evolution of physico-chemical parameters and mineral composition during ripening. **Food Control**, v.13, p.329-336, 2002.
21. COVACEVICH, H.R. Recent experiences in pasta filata cheesemaking by ultrafiltration. In: BIENNIAL MARSCHALL INTERNATIONAL CHEESE CONFERENCE, 2., 1981, Madison. **Proceeding...** Madison: Marschall, 1981. p. 237-244.
22. COVACEVICH, H.R.; KOSIKOWSKI, F. Mozzarella, Cottage and Cheddar cheese manufacture by ultrafiltrated retentates, concentrated to maxima. **Journal of Dairy Science**, v.58, p.793-798, 1975.
23. COVACEVICH, H.R.; KOSIKOWSKI, F. Mozzarella and Cheddar cheese manufacture by ultrafiltration principles. **Journal of Dairy Science**, v.61, n.6, p.701-709, June 1978.

- 24.CREAMER, L.K., OLSON, N.F. Rheological evaluation of maturing cheddar cheese. **Journal of Food Science**, v.47, n.2, p.631-646, 1982.
- 25.DEJMEK, P. Milk souring in cheesemaking by ultrafiltration. **Milchwissenschaft**, v.41, p.686-688, 1986.
- 26.DZIEZAK, J.D. Membrane separation technology offers processors unlimited potential. **Food Technology**, v.44, n.9, p.108-113, Sept. 1990.
- 27.EL-GAZZAR, F.E.; MARTH, E.H. Ultrafiltration and reverse osmosis in dairy technology, **Journal of Food Protection**, v.54, n.10, p.801-809, 1991.
- 28.ERIKSEN, J. New technology applied to cheese production. **Food Technology in New Zealand**, v.20, n.16, p.29-36, 1985.
- 29.EVERETT, D.W.; JAMESON, G.W. Physicochemical aspects of cheddar cheese made from ultrafiltered milk. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v.48, p.20-29, 1993.
- 30.FARKEY, N.Y.; FOX, P.F. Objective indices of cheese ripening. **Trends in Food Science & Technology**, p. 37-40, Aug. 1990.
31. FERNANDEZ, A.; KOSIKOWSKI, F.V. Low-moisture Mozzarella cheese from whole milk retentates of ultrafiltration. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.8, p.2011-2017, 1986.
- 32.FIFE, R.L.; MCMAHON, D.J.; OBERG, C.J. Functionality of low fat Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v.79, p.1903-1910, 1996.
- 33.FOLEGATTI, M.I.S.. **Avaliação do uso de quimosina produzida por *Aspergillus niger* var. *awamori* na fabricação de queijo tipo prato**. 1994. 65p. Tese (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 1994.
- 34.FOX, P.F. Rennets and their action in cheese manufacture and ripening. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, v.10, p.522-535, 1988.

- 35.FOX, P.F.; LUCEY, J.A.; COGAN, T.M. Glycolysis and related reactions during cheese manufacture and ripening. **Food Science and Nutrition**, v.29, n.4, p.237-253, 1990.
- 36.FOX, P.F.; MCSWEENEY, P.L.H. **Dairy chemistry and biochemistry**. London: Blackie Academic & Professional, 1998. 478p.
- 37.FRIEDMAN, H.H.; WHITNEY, J.E.; SZCZESNIAK, A.S. The texturometer - a new instrument for objective texture measurement. **Journal Food Science**, v.28, p.385-389, 1963.
- 38.FRIIS, T. Production of Mozzarella cheese based on ultrafiltration. **Nordeuropaeisk mejeri-tidsskrift**, v.47, n.7, p.220-223, 1981.
- 39.FURTADO, M.M. Formação de sabor amargo em queijos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.39, n.234, p.13-19, jul./ago. 1984.
- 40.FURTADO, M.M. Formação de sabor amargo em queijos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.39, n.235, p.35-41, set./out. 1984.
- 41.FURTADO, M.M. **A arte e a ciência do queijo**. São Paulo: Globo, 1991. 297p.
- 42.FURTADO, M.M. **Principais problemas dos queijos: causas e prevenção**. São Paulo: Fonte Comunicações e Editora, 1999. 176p.
- 43.FURTADO, M.M.; AMORIM, A.C.B. Os pioneiros laticinistas dinamarqueses e a história do queijo Prato – Parte 1. **Indústria de Laticínios**, v.4, n.23, p.20-23, set./out. 1999.
- 44.FURTADO, M.M.; AMORIM, A.C.B. Os pioneiros laticinistas dinamarqueses e a história do queijo Prato – Parte II. **Indústria de Laticínios**, v.4, n.25, p.18-22, jan./fev. 2000.
- 45.FURTADO, M.M.; LOURENÇO NETO, J.P.M. **Tecnologia de queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos**. São Paulo: Dipemar Ltda, 1994. 118p.

- 46.FURTADO, M.M. ; SOUZA, H.M.de. Estudo rápido sobre a evolução da salga do queijo prato em salmoura. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.36, n.213, p.5-10, jan./fev. 1981.
- 47.FURTADO, M.R.A.; CANO-CHAUCA, M.; ABREU, L.R.; MACHADO, A.V.; MAGALHÃES, F.A. **Perfil de textura e análise sensorial do queijo Prato com teor reduzido de gordura**. Porto Alegre:SBCTA, 2002. CD-ROM do 18º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos.
- 48.GALLINA, D.A.; BARROS, C.M.V.; VIOTTO, W.H. **Aceitação sensorial de queijo Prato light com *Lactobacillus* como cultura adjunta**. Porto Alegre:SBCTA, 2002. CD-ROM do 18º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos.
49. GREEN, M.L.; GLOVER, F.A.; SCURLOCK, E.M.W.; MARSHALL, R.J.; HATFIELD, D.S. Effect of use of milk concentrated by ultrafiltration on the manufacture and ripening of Cheddar cheese. **Journal of Dairy Research** v.48, p.333-341, 1981a.
50. GREEN, M.L.; TURVEY, A.; HOBBS, D.G. Development of structure and texture in Cheddar cheese. **Journal of Dairy Research**, v.48, n.2, p.343-355, 1981b.
51. GREEN,M.L.; ANDERSON,J.S.M.; GRIFFIN,M.C.A.; GLOVER, F.A. Chemical characterization of milk concentrated by ultrafiltration. **Journal of Dairy Research**, v.51, n.2, p.267-278, May 1984.
- 52.GRIMSTONE, A.V. **O microscópio eletrônico em biologia**. São Paulo: EPV:USP, 1980. 70p. (Série Temas de Biologia v.11).
- 53.GUINEE, T.P.; PUDJA, P.D.; MULHOLLAND, E.O. Effect of milk protein standardization, by ultrafiltration, on the manufacture, composition and maturation of Cheddar cheese. **Journal of Dairy Research**, v.61, p.117-131, 1994.

- 54.GUO, M.R.; KINDSTEDT, P.S. Age-related changes in the water phase of Mozzarella cheese. **Journal of Dairy science**, v.78, n.10, 2099-2107, 1995.
- 55.HICKEY, M.W. Ultrafiltration specialty cheese workshop. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v.48, p. 40-48, 1993.
- 56.HICKEY, M.W.; VAN LEEUWEN, H.; HILLIER, A.J.; JAGO, G.R. Amino acid accumulation in cheddar cheese manufactured from normal and ultrafiltered milk. **Australian Journal of Dairy Technology**, v.38, n.3, p.110-113, 1983.
- 57.HINRICHS, J. Incorporation of whey proteins in cheese. **International Dairy Journal**, v.11, p.495-503, 2001.
- 58.HORT J., GRYS, G.L. Developments in the textural and rheological properties of UK Cheddar cheese during ripening. **International Dairy Journal**, v.11, p.475-481, 2001.
- 59.HOSKEN, F.S.; GAUDERETO, L.Q. Influência da cultura lática na qualidade do queijo prato variedade lanche. **Revista do Instituto de Laticínios de Cândido Tostes**, v.28, n.168, p.1-8, 1973.
- 60.HYDAMAKA, A.W.; WILBEY, R.A.; LEWIS, M.J.; KUO, A.W. Manufacture os heat and acid coagulated cheese from ultrafiltered milk retentates. **Food Research International**, v.34, p.197-205, 2001.
- 61.JAMESON, G.W. Manufacture of Cheddar cheese from milk concentrated by ultrafiltration: the development and evaluation of a process. **Food Technology in Australia**, v.39, n.12, p.560-564, Dec. 1987.
- 62.JANA, A.H. Mozzarella cheese from concentrated milk – a review. **Egyptian Journal of Dairy Science**, v.20, p.201-218, 1992.
- 63.JENSEN, G.K.; STAPELFELDT, H. **Incorporation of whey proteins in cheese including the use of ultrafiltration**. In: INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. Factors affecting the yield of cheese. Brussels:IDF, 1993. cap. 9, p.88-105. (International Dairy Federation Special Issue, n.9301).

- 64.JENSEN, L.A.; JOHSON, M.E.; OLSON, N.F. Composition and properties of cheeses concentrated by ultrafiltration and reverse osmosis - a review. **Cultured Dairy Products Journal**, v.22, n.2, p.6-14, 1987.
- 65.JULIANO, A.M.M.; PETRUS, J.C.C.; TORRANO, A.D.M. Ultrafiltração: nova tecnologia para produção de queijos. **Alimentos & Tecnologia**, p.60-62, 1993.
- 66.KÁLAB, M. Milk gel structure. VI. Cheese texture and microstructure. **Milchwissenschaft**, v.32, n.8, p.449-512, 1977.
- 67.KÁLAB, M. Practical aspects of electron microscopy in dairy research. **Food Structure**, v.12, p. 95-114, 1993.
- 68.KINDSTEDT, P.S. Functional properties of Mozzarella cheese on pizza: a review. **Cultured Dairy Products Journal**, v.26, n.3, p. 27-31, 1991.
69. KINDSTEDT, P.S. Effect of manufacturing factors, composition, and proteolysis on the functional characteristics of Mozzarella cheese. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, v.33, n.2, p.167-187, 1993.
- 70.KINDSTEDT, P.S. Mozzarella and pizza cheese. In: FOX, P.F. **Cheese: chemistry, physics and microbiology**. London: Elsevier Applied Publ. Science, 1993b. cap.12 , p.337-362.
- 71.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.
- 72.KINDSTEDT, P.S.; YUN, J.J.; BARBANO, D.M.; LAROSE, K.L. Mozzarella cheese: impact of coagulant concentration on chemical composition, proteolysis, and functional properties. **Journal of Dairy Science**, v.78, p.2591-2597, 1995.

- 73.KONING, P.J.; BOER, R.; BOTH, P.; NOOY, P.F.C. Comparison of proteolysis in a low fat semi-hard type of cheese manufactured by standard and by ultrafiltration techniques. **Netherlands Milk Dairy Journal**, v.35, n.1, p.35-46, 1981.
- 74.KOSIKOWSKI, F. The manufacture of Mozzarella and related cheese by ultrafiltration. **Cultured Dairy Products Journal**, v.10, n.4, p.15-16, Nov. 1976.
- 75.KOSIKOWSKI, F. New cheese making procedures utilizing ultrafiltration. **Food Technology**, v.40, n.6, p.71-77, June 1986.
- 76.KUO, M.I.; WANG, Y.C.; GUNASEKARAN, S.; OLSON, N.F. Effect of heat treatments on the meltability of cheeses. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.9, p.1937-1943, 2001.
- 77.LAGOUEYTE, N.; LABLEE, J.; LAGAUE, A.; TORODO DE LA FUENTE, B. Temperature affects microstructure of renneted milk gel. **Journal of Food Science**, v.59, n.5, p.956-959, 1994.
- 78.LANE, C.N.; FOX, P.F.; JOHNSTON, D.E.; MCSWEENEY, P.L.H. Contribution of coagulant to proteolysis and textural changes in cheddar cheese during ripening. **International Dairy Journal**, v.7, p.453-464, 1997.
- 79.LAWRENCE, R.C.; CREAMER, L.K.; GILLES, J. Texture development during cheese ripening. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.1748-1760, 1987.
- 80.LEE, H.J.; OLSON, N.F.; LUND, D.B. Diffusion of salt, fatty acids and esterases in Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.513-522, 1979.
81. LEE, K.D.; LO, C.G.; WARTHESEN, J.J. Removal of bitterness from the bitter peptides extracted from cheddar cheese with peptidases from *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* SK11. **Journal of Dairy Science**, v.79, p.1521-1528, 1996.

- 82.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.
- 83.LELIEVRE, J.; LAWRENCE, R.C. Manufacture of cheese from milk concentrated by ultrafiltration. **Journal of Dairy Research**, v.55, n.3, p.465-478, Aug. 1988.
- 84.LUCEY, J.; KELLY, J. Cheese yield. **Journal of the Society of Dairy Technology**, v.47, n.1, p.1-14, 1994.
- 85.MADSEN, J.S.; ARDO, Y. Exploratory study of proteolysis, rheology and sensory properties of Danbo cheese with different fat contents. **International Dairy Journal**, v.11, p.423-431, 2001.
- 86.MADSEN, J.S.; QVIST, K.B. The effect of added proteolytic enzymes on meltability of Mozzarella cheese manufactured by ultrafiltration. **Le Lait**, v.78, n.2, p.259-272, 1998.
- 87.MARTINS, J.F.P.; FIGUEIREDO, I.B.; MORI, E.E.M.; FERNANDES, A.G. Maturação de queijo Prato: evolução da microflora lática. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v.10, p.59-72, 1979.
- 88.MAUBOIS, J.L.; KOSIKOWSKI, F. Preparation of Mozzarella cheese by membrane ultrafiltration. In: INTERNATIONAL DAIRY CONGRESS, 20., 1978, London. **Proceedings...** London: International Dairy Federation, 1978. p. 792-793.
- 89.MAUBOIS, J.L.; MOCQUOT, G. Application of membrane ultrafiltration to preparation of various types of cheese. **Journal of Dairy Science**, v.58, n.7, p.1001-1007, July 1975.
- 90.MAUBOIS, J.L.; MOCQUOT, G.; VASSAL, L. " **Procédé de traitement du lait et de sous-produits laitiers**" Patent Française 2.052.121, Paris, França.

- 91.MCMAHON, D.J.; FIFE, R.L.; 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, 1999.
- 92.MENEZES, H.C. Detecção prévia de amargor em queijo tipo Prato. **Leite & Derivados**, v.2, n.9, p.33-36, 1993.
- 93.METZGER, L.E.; BARBANO, D.M.; KINDSTEDT, P.S.; GUO, M.R. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.6, p. 1348-1356, 2001.
- 94.MISTRY, V.V.; KOSIKOWSKI, F.V. Fermentation of ultrafiltered skim milk retentates with mesophilic lactic cheese starters. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.7, p.1613-1617, July, 1985.
- 95.MISTRY, V.V.; KOSIKOWSKI, F.V. A naturally buffered bulk retentate starter from ultrafiltered milk. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.945-950, 1986.
- 96.MIYA, E.E. Textura: sua definição, medida e relação a outros atributos de qualidade. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, n.32, p.71-83, 1987.
- 97.MORENO, I.; LERAYER, A.L.S.; VIALTA, A.; VAN DENDER, A.G.F.; DESTRO, M.T. **Autolytic properties of lactic cultures isolated from commercial "Prato cheese"**. In: IFT Annual Meeting, 2001a, EUA. **Anais...2001**.
- 98.MORENO, I.; LERAYER, A.L.S.; VIALTA, A.; GONÇALVES, V.; DESTRO, M.T. **Evolução e atividade lítica da microbiota autóctone termofílica ao longo da maturação do queijo Prato**. In: Simpósio Latinoamericano de Ciência de Alimentos, 4., 2001b, Campinas. **Resumos...2001**.
- 99.MORENO, I.; VIALTA, A.; LERAYER, A.L.S.; DESTRO, M.T. A importância da microbiota adicionada e autóctone na maturação de queijo Prato. **Indústria de Laticínios**, v.7, n.39, p.59-62, 2002.
- 100.MORRIS, C.E. Is this the cheese plant of the future? **Food Engineering**, v.56, n.10, p.99-100, Oct. 1984.

101. NOVA legislação de produtos lácteos e de alimentos para fins especiais, diet, light e enriquecidos. São Paulo: Fonte Comunicações e Editora, 1998. 212p.
102. NIELSEN, P.S. Cheese production by ultrafiltration. **Scandinavian Dairy Industry**, v.1, p.34-35, 1987.
103. 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.
104. OLIVEIRA, J.S. **Queijo: fundamentos tecnológicos**. São Paulo: Ícone Editora LTDA, 1986. 146p.
105. OLSON, N.F. Opening new cheese markets – how ultrafiltration can alter cheese for new uses. **Dairy Record**, v.85, p.85-92, 1984.
106. PAHKALA, E.; TURUNEN, M.; ANTILA, V. Ultrafiltration in the manufacture of Edam cheese. **Meijeritieteellinen Aikakauskirja**, v.43, n.1, p.47-61, 1985.
107. PAULSON, D.J.; WILSON, R.L.; SPATZ, D.D. Crossflow membrane technology and its applications. **Food Technology**, v. 38, n.12, p.77-91, Dec. 1984.
108. PEREIRA, A.J.G.. **Salga na massa para o queijo tipo Prato**. 1975. 48p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 1975.
109. PHELAN, J.A. Standardisation of milk for cheesemaking as factory level. **Journal Society of Dairy Technology**, v.34, p.152-156, 1981.
110. RAO, D.V.; RENNER, E. Studies on the application of ultrafiltration for the manufacture of cheddar cheese. 1. Determination of the optimum temperature for heat denaturation of whey proteins in the ultrafiltration concentrate. **Milchwissenschaft**, v.43, p.216-218, 1988a.

- 111.RAO, D.V. & RENNER, E. Studies on the application of ultrafiltration for the manufacture of cheddar cheese. 2. Effect of heating UF whole milk concentrate on composition and yield. **Milchwissenschaft**, v.43, p.708-711, 1988b.
- 112.RAO, D.V. & RENNER, E. Studies on the application of ultrafiltration for the manufacture of cheddar cheese. 3. Ripening characteristics. **Milchwissenschaft**, v.44, n.6, p.351-353, 1989.
- 113.RENNER, E.; ABD EL-SALAM, M.H. **Application of ultrafiltration in the dairy industry**. London: Elsevier Applied Science, 1991. 371p.
- 114.RIBEIRO, E.P. **Aplicação da ultrafiltração de leite no processo de fabricação de queijo tipo prato**. 1996. 144p. Dissertação (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 1996.
- 115.ROGICK, F.A. Estudo sobre a tecnologia do queijo Prato. **Boletim de Indústria Animal**, v.12, n.131-148, 1951.
- 116.RUDAN, M.A.; BARBANO, D.M.; YUN, J.J.; KINDSTEDT, P.S. Effect of fat reduction on chemical composition, proteolysis, functionality and yield of Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.4, p.661-672, 1999.
- 117.SANTOS, D.M.; GALVÃO, L.C.A.; MENEZES, H.C.de; MARTINS, J.F. Tecnologia de queijos. I - Testes de coalhos com queijos Prato e Minas Frescal. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimento**, v.8, p.95-110, jun., 1977.
- 118.SCHIFTAN, T.Z.; KOMATSU, I. Estudos sobre a composição de queijo prato consumido na cidade de São Paulo. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.35, n.207, p.33-38, jan./fev. 1980.
- 119.SOUZA, E.A.de. **Tecnologia da fabricação de queijos**. Juiz de Fora: Editora Lar Católico, 1960. 116p.

- 120.SOUZA, M.J.; ARDO, Y.; MCSWEENEY, P.L.H. Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. **International Dairy Journal**, v.11, p.327-345, 2001.
- 121.STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, R.S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, RC. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, v.28, p.24-34, 1974.
- 122.SUTHERLAND, B.J.; JAMESON, G.W. Composition of hard cheese manufactured by ultrafiltration. **Australian Journal of Dairy Technology**, v.36, n.4, p.136-143, Dec. 1981.
- 123.SUTHERLAND, B.J.; JAMESON, G.W.; MAYES, J.J. Measuring cheese yield increases obtained by ultrafiltration. In: INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Cheese yield and factors affecting its control**. Cork:IDF, 1993. cap.8, p.409-412.
- 124.TUNICK, M.H.; MACKEY, K.L.; SHIEH, J.J.; SMITH, P.W.; COOKE, P.; MALIN, E.L. Rheology and microstructure of low-fat Mozzarella cheese. **International Dairy Journal**, v.3, p.649-662, 1993.
- 125.VAN DEN BERG, M.G.; VAN DEN BERG, G.; VAN BOEKEL, V.D.B.G. Mass transfer process involved in Gouda cheese manufacture, in relation to casein and yield. **Netherlands Milk and Dairy Journal**, v.50, p.501-540, 1996.
- 126.VAN DENDER, A.G.F. **Contribuição ao estudo de ultrafiltração na fabricação de queijo Minas Frescal** Campinas, 1995. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.
- 127.VAN DENDER, A.G.F., DUCRUET, P., MAUBOIS, J.L. Estudo da fabricação de queijo tipo Prato utilizando ultrafiltração. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.42, n.249, p.7-14, 1987.

- 128.VAN DENDER, A.G.F.; VALLE, J.L.E.do; ARDITO, E.F.G.; FIGUEIREDO, I.B.de. Estudo de método de aceleração no processo de fabricação do queijo tipo Prato. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.41, n.247, p.3-13, set./out. 1986.
- 129.VAN VLIET, T. 1991. Inventory of test methods. **Bulletin of the International Dairy Federation**, n.268, p.16-25, 1991.
- 130.VIEIRA, S.A.; NEVES, B.S. Adição de leite reconstituído na fabricação de queijo tipo Prato. **Revista do Instituto de Laticínios de Cândido Tostes**, v.35, n.212, p.19-26, 1980.
- 131.VISSER, J. Factors affecting the rheological and fracture properties of hard and semi-hard cheese. **Bulletin of the International Dairy Federation**, n.268, p.49-61, 1991.
- 132.VOSS, E. **Molkereitechnik**, v.33, p.63, 1976.
- 133.WALSTRA, P.; GEURTS, T.J.; NOOMEN, A.; JELLEMA, A.; VAN BOEKEL, M.A.J.S. **Dairy technology**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1999. 726p.
- 134.WATKINSON, P., COKER, C., CRAWFORD, R., DOODS, K.J., 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.
- 135.WAUNGANA, A.; SINGH, H.; BENNETT, R.J. Influence of denaturation and aggregation of β -lactoglobulin on rennet coagulation properties of skim milk and ultrafiltered milk. **Food Research International**, v.29, n.8, p.715-721, 1996.
- 136.WOLFSCHOON-POMBO, A.F. Índices de proteólise em alguns queijos brasileiros. **Boletim do leite**, v.55, n. 661, p.1-8, 1983.

- 137.WOLFSCHOON-POMBO, A.F.; FURTADO, M.M.. Composição média dos soros de queijo Prato e Minas. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.32, n.194, p. 21-26, 1977.
- 138.WOLFSCHOON-POMBO, A.F.; LIMA, A. Extensão e profundidade de proteólise em queijo Minas Frescal. **Revista do Instituto de Laticínios de Cândido Tostes**, v.44, n.261, p.51-55, 1989.
- 139.YUN, J.J.; BARBANO, D.M.; KIELY, L.J.; KINDSTEDT, P.S. Mozzarella cheese: impact of cooking temperature on chemical composition, proteolysis and functional properties. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.12, p.3664-3673, 1993.
- 140.YUN, J.J.; BARBANO, D.M.; LARASE, K.L.; KINDSTEDT, P.S. Impact of whey pH at draining on chemical composition, proteolysis and functional properties. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.1, p.1-7, 1995.
- 141.ZOON, P. The relation between instrumental and sensory evaluation of the rheological and fracture properties of cheese. **Bulletin of the International Dairy Federation**, n.268, p.30-35, 1991.
- 142.ZOON, P. Incorporation of whey proteins into Dutch-type cheese. In: INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Cheese yield and factors affecting its control**. Cork:IDF, 1993. cap.8, p.403-408.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DO QUEIJO TIPO PRATO OBTIDO POR MODIFICAÇÕES NO PROCESSO TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO

Artigo redigido segundo as normas de publicação da revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, para a qual foi submetido para publicação

AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DO QUEIJO TIPO PRATO OBTIDO POR MODIFICAÇÕES NO PROCESSO TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO

(Avaliação do rendimento de queijo Prato)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito das seguintes modificações no processo tradicional de fabricação de queijo Prato: uso de leite concentrado por ultrafiltração-(LCUF) até um FCV=4:1; pré-fermentação de parte deste LCUF e aquecimento indireto da massa sobre o rendimento-(R), rendimento ajustado-(RAJ) e recuperação de gordura-(RG_q) e de proteína-(RP_q) no queijo, comparando os resultados com os de um queijo padrão. Foram realizados 3 processamentos, com 5 tratamentos cada, respectivamente: Tratamento 1-(T1), sem ultrafiltração (queijo padrão); Tratamento 2-(T2), ultrafiltração sem pré-fermentação do LCUF; Tratamento 3-(T3), ultrafiltração com pré-fermentação de 10% do LCUF; Tratamento 4-(T4):, ultrafiltração com pré-fermentação de 20% do LCUF e com aquecimento direto da massa e Tratamento 5-(T5): ultrafiltração com pré-fermentação de 20% do LCUF e único com aquecimento indireto. Os produtos foram avaliados quanto à composição, rendimento e recuperação de componentes dos 5 tratamentos, cujos dados foram avaliados estatisticamente. Os tratamentos T2, T3, T4 e T5 apresentaram valores menores de R, RAJ e RG_q e valores maiores de RP_q, porém, a pré-fermentação com aquecimento indireto apresentou a tendência de maiores RG_q e RAJ. Menores rendimentos e RG_qs possivelmente resultaram da dificuldade de corte e manipulação dos mesmos.

Palavras-chave: Queijo Prato; ultrafiltração; pré-fermentação; cozimento, rendimento.

SUMMARY

EVALUATION OF THE YIELD OF PRATO CHEESE OBTAINED BY MODIFICATIONS OF THE TRADITIONAL MANUFACTURING PROCESS. The objective of this research was to study the effect of the following modifications on the traditional manufacturing process of Prato cheese: use of milk concentrated by ultrafiltration (LCUF) up to a FCV=4:1; partial LCUF pre-fermentation and indirect curd cooking; on yield-(R), adjusted yield (RAJ) and fat (RG_q) and protein (RP_q) recovery on cheese, and comparison with a standard cheese. Three processings with five treatments each were performed, respectively: treatment 1-(T1), without ultrafiltration (standard cheese); Treatment 2-(T2), ultrafiltration without LCUF pre-fermentation; Treatment 3-(T3), 10% LCUF pre-fermentation; Treatment 4-(T4), 20% LCUF pre-fermentation and direct curd heating; Treatment 5-(T5), 20% LCUF pre-fermentation and the only one indirect curd heating. Composition, yield, and component recovery for all five treatments were determined, and the results statistically evaluated. Treatments T2, T3, T4, and T5 presented lower values for R, RAJ and RG_q , however, the pre-fermentation with indirect curd cooking presented a tendency of better values for RG_q and RAJ. Lower yields and RGs possibly resulted from the difficulty on cutting and handling them.

Keywords: Prato cheese, ultrafiltration, pre-fermentation; cooking, yield.

1- INTRODUÇÃO

A ultrafiltração consiste numa tecnologia de separação de componentes de um meio líquido, por uma membrana semi-permeável, onde a separação de componentes do meio dependerá do valor do peso molecular de corte (PMC) da membrana (peso molecular da menor molécula retida pela membrana), quando o meio é forçado a fluir, sob pressão, no sistema de ultrafiltração, formando o permeado ou filtrado (substâncias de peso molecular menor que o PMC, que passarão em parte pela membrana) e o retentado ou concentrado (substâncias de

peso molecular maior que o PMC, que serão retidas) (Benito, 1980; Dziezak, 1990 e Paulson et al., 1984).

Na ultrafiltração do leite, as membranas são permeáveis a componentes de baixo peso molecular, portanto, a gordura e os componentes protéicos serão concentrados em proporção inversa à diminuição do volume do leite (Green et al., 1984).

O uso da ultrafiltração do leite para fabricação de queijos foi proposto por Maubois et al. (1969), com o nome de processo MMV, processo este baseado na concentração do leite até obtenção de um líquido pré-queijo, com um teor de sólidos totais idêntico ou quase idêntico ao de um queijo pronto, o que resulta em um aumento nas médias de rendimento da ordem de 8 a 20% devido a uma retenção maior, no queijo, da gordura do leite e das proteínas solúveis do soro, principalmente da alfa-lactoalbumina e beta-lactoglobulina (Jensen & Stapelfeldt, 1993; Kosikowski, 1976; Kosikowski, 1986; Maubois & Mocquot, 1975 e Morris, 1984).

Apesar das vantagens oferecidas pelo método MMV, é difícil concentrar o leite por UF até um nível necessário para fabricar queijos duros e semi-duros (Jensen & Stapelfeldt, 1993). Assim, alguns pesquisadores (Jameson, 1987 e Jensen & Stapelfeldt, 1993) testaram a produção de queijos semiduros e duros a partir de leites concentrados a fatores de concentração volumétrica (FCV) (volume de leite/volume de concentrado) intermediários (FCV de 4:1 a 6:1) seguindo as etapas de um processamento tradicional de queijos.

O uso de leites parcialmente concentrados por ultrafiltração, na fabricação de queijos semi-duros, resulta em rendimentos de fabricação menores que os obtidos pelo processo MMV, porém, maiores do que os obtidos a partir de leite não concentrado (Jensen & Stapelfeldt, 1993).

Jameson (1987) relata a manufatura de queijo Cheddar, a partir de leite parcialmente concentrado por UF, com a pré-fermentação de 10% do retentado, de modo a se obter coágulos com firmeza adequada, devido ao retentado fermentado servir como uma significativa fonte de cálcio ionizado, que auxilia na formação do coágulo.

No Brasil, o queijo tipo Prato é um dos queijos mais produzidos (Mello & Furtado, 2001), sendo considerado um queijo semi-duro que apresenta como etapas distintas do processo de elaboração de queijos: obtenção de uma massa semicozida, com remoção parcial do soro, lavagem por adição de água quente, pré-prensagem, moldagem sob soro, prensagem, salga e maturação pelo tempo necessário para conseguir suas características específicas (pelo menos 25 dias) (Nova legislação..., 1998)

Uma das principais características do queijo Prato consiste na diluição da sua fase aquosa, acompanhada de aquecimento moderado dos grãos da coalhada. Essa operação é importante para a obtenção das propriedades sensoriais do produto final, uma vez que a adição de água quente e a retirada parcial do soro alteram consideravelmente o teor de lactose nos grãos da coalhada, resultando em um queijo com menor conteúdo de ácido láctico e pH mais elevado. Além disso, a lixiviação da massa promove uma perda dos compostos solúveis, que são retirados juntamente com o soro (Goudedranche et al., 1981). Portanto, qualquer processo que permita evitar tal perda deverá, sem dúvida, melhorar o balanço econômico da fabricação deste queijo (Van Dender et al., 1987).

Van Dender et al. (1987), pesquisaram a fabricação de queijo tipo Prato pelo processo MMV, visando principalmente aumentar o rendimento de fabricação deste queijo. Os resultados obtidos mostraram a possibilidade de se obter, pelo método MMV, um queijo próximo ao queijo tipo Prato, do ponto de vista de composição físico-química. Porém, não se avaliou o efeito do uso do método MMV sobre outros parâmetros importantes na avaliação da qualidade do queijo Prato, como por exemplo a evolução da maturação do queijo.

Ribeiro (1996) testou o efeito do FCV do concentrado, obtido por ultrafiltração, no rendimento dos queijos tipo Prato obtidos a partir destes concentrados e observou que para valores de FCV de 1,5:1; 2,5:1 e 3,5:1, à medida que aumentava-se o valor do FCV o rendimento de fabricação dos queijos também aumentava, quando comparado com um padrão, elaborado com leite não ultrafiltrado. A partir de um FCV de 3,5:1, o rendimento começava a diminuir. A

autora também avaliou o processo de fabricação de queijo Prato a partir de retentado com FCV de 5:1, onde uma parte (10%) do retentado era previamente fermentada com cultura lática e depois misturada com o restante. Concluiu que o uso da pré-fermentação possibilitava que tais queijos apresentassem características semelhantes às de um queijo tipo Prato tradicional.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito das seguintes modificações no processo tradicional de fabricação de queijo Prato: uso de leite concentrado por ultrafiltração até um FCV=4:1; pré-fermentação de parte (10 e 20%) deste LCUF e variação no tipo de cozimento da massa (direto e indireto) sobre o rendimento, rendimento ajustado e a recuperação de gordura e de proteína no queijo, comparando os resultados com os de um queijo Prato padrão.

2-MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Ultrafiltração do leite

Leite cru tipo B (250 Kg), proveniente da Cooperativa dos Produtores de Leite da Região de Campinas, foi tratado termicamente a 68°C/2 min. Uma parte do leite (50 Kg) foi resfriada a 35°C e colocada em cubas de fabricação de queijos (capacidade para 25 Kg) para elaboração de um lote de queijo Prato padrão (T1) e a outra parte (200 Kg) foi resfriada a 55°C e submetida a um processo de concentração por ultrafiltração (UF). O leite foi concentrado em um sistema de UF dotado de membranas minerais, a base de grafite/óxido de zircônio, com peso molecular de corte de 20.000 Daltons, TECH - SP, modelo S 37, com pressão de entrada e de saída de, respectivamente, 2,5 e 1,5 Kgf/cm², até FCV=4:1. Após o processo de concentração, o leite ultrafiltrado (LCUF) obtido foi pasteurizado a 63°C por 30 min, resfriado a 7°C e dividido em 4 porções iguais, sendo cada uma delas transferida para cubas de fabricação de queijos (T2, T3, T4 e T5).

O volume de permeado a ser removido no processo de ultrafiltração foi calculado a partir da Equação 1 :

$$4,0 = \frac{\text{massa de leite (Kg)}}{\text{massa de leite (Kg)} - \text{massa de permeado (Kg)}} \quad (1)$$

O valor exato de FCV foi calculado com base no fator de concentração da gordura, dado pela Equação 2:

$$\text{FCV} = \frac{\text{teor de gordura no retentado (\%)}}{\text{teor de gordura no leite}} \quad (2)$$

uma vez que a gordura é o único componente do leite totalmente retido pela membrana, ou seja, apresenta um coeficiente de retenção de 100% (Renner & ABD El Salam, 1991).

2.2 Fabricação dos queijos

Neste experimento foram realizados 3 processamentos, em datas diferentes, sendo que em cada um deles foram fabricados 5 lotes de queijos tipo Prato (T1, T2, T3, T4 e T5). Um lote foi elaborado pelo método convencional a partir de leite não concentrado (T1) no mesmo dia da chegada do leite na planta piloto e os outros quatro lotes foram elaborados a partir de LCUF no dia subsequente.

No caso dos queijos elaborados a partir de LCUF (T2, T3, T4 e T5), após o resfriamento de cada uma das 4 porções, retirou-se uma porcentagem das mesmas (0% de T2 ; 10% de T3 e 20% de T4 e T5) as quais foram submetidas a uma pré-fermentação com cultura láctica mesófila (G3 MIX 6-VISBYVAC®-B50 , composto por múltiplas cepas mistas de *Lactococcus lactis ssp. lactis* e *Lactococcus lactis ssp. cremoris*) a 32° C. O restante do LCUF foi armazenado a 5±1°C até o dia seguinte.

Após as porções pré-fermentadas de LCUF terem atingido pH igual a 5, as mesmas foram misturadas aos respectivos LCUFs, e procedeu-se, então, ao aquecimento do retentado até 35°C para dar início à fabricação dos queijos.

Tanto o queijo padrão como os ultrafiltrados foram fabricados seguindo as etapas básicas do processamento tradicional de queijo Prato (Oliveira, 1986). No queijo padrão (T1), o leite aquecido a 35° C recebeu a adição de cloreto de cálcio 50% (0,4 ml/Kg de leite), fermento liofilizado concentrado de utilização direta no tanque, na quantidade de 10% da recomendada pelo fabricante, corante de urucum (*Bixa orellana*) e coalho (coalho de vitelo - Bela Vista - 90% de quimosina), em quantidade suficiente para coagular o leite em 40 min. a temperatura de 35° C.

A fabricação dos queijos a partir de LCUF foi realizada de maneira similar, utilizando-se cultura lática, corante e agente coagulante para a quantidade de leite equivalente ao LCUF empregado, porém sem o uso de cloreto de cálcio.

Após a coagulação (tempo de 40 minutos para todos os tratamentos), a massa foi cortada em cubos de 0,4 cm X 0,5 cm de aresta e deixada em repouso por 5 min. Iniciou-se, então, uma agitação (manual) lenta e contínua dessa massa por cerca de 20 minutos (1ª mexedura), seguida pela remoção de parte do soro e aquecimento da coalhada (2ª mexedura), com adição de água quente (80°C), até 41°C, de modo a se obter o ponto de massa do queijo Prato.

Para os queijos obtidos a partir de LCUF, não foi realizada a primeira mexedura nem a remoção de parte do soro, assim, logo após o repouso foi realizado o aquecimento da massa, o que resultou numa redução do tempo de processamento de cerca de 30 minutos. Para os queijos dos tratamentos T2, T3 e T4 adotou-se o aquecimento da massa por adição de água quente (80°C), porém, para o queijo T5 adotou-se o sistema de aquecimento indireto.

Após o término do aquecimento, as massas foram pré-prensadas em dreno-prensa por 20 minutos, com o dobro do peso da massa, e depois colocadas em formas plásticas de queijo prato de 0,5 kg e prensadas, a temperatura ambiente, por 6 horas em prensa vertical, com pesos de aço inox. Os queijos foram virados após 20 minutos de prensagem e a cada hora subsequente até o momento de sair da prensa. Os pesos de prensagem foram aumentados gradativamente de 10 até 20 vezes o peso da massa.

Atingido o tempo de prensagem, os queijos foram armazenados a $7 \pm 1^\circ\text{C}$, para no dia seguinte serem colocados em salmoura (20% sal) por um período de 8

horas a $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Por fim foram secos a $7 \pm 1^{\circ}\text{C}$, pesados, embalados a vácuo em sacos plásticos termoencolhíveis e estocados a $7 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por um período de 45 dias.

2.3 Análises

2.3.1 Composição do leite, concentrado, permeado e soros

A determinação do teor de nitrogênio total (NT) foi feita pelo método micro-Kjeldahl AOAC 991.20 (1995), usando fator de conversão 6,38 para proteína do leite.

Para a determinação do pH usou-se um pHmetro previamente calibrado. A determinação do teor de gordura foi realizada pelo método de Mojonnier, segundo AOAC 989.05 (1995), a da acidez titulável (AT) segundo a metodologia AOAC 947.05 (1995) e a análise dos teores de extrato seco total (EST) e cinzas de acordo com as metodologias AOAC 925.23 (1995) e AOAC 935.42 (1995), respectivamente. A porcentagem de lactose foi calculada por diferença.

2.3.2 Composição dos queijos

A determinação do teor de NT foi realizada pelo método Kjeldahl, conforme metodologia da AOAC 920.123 (1995). A proteína total (PT) foi calculada pela multiplicação da porcentagem de NT por 6,38.

Para análise do teor de EST foi empregada a metodologia AOAC 925.23 (1995) e para o de cinzas utilizou-se a metodologia AOAC 935.42 (1995). O teor de umidade foi determinado subtraindo-se o teor de EST do valor 100.

A determinação do teor de gordura foi feita pelo método de Gerber (British Standard Institution, 1989) e o teor de gordura no extrato seco (GES) do queijo segundo a Equação 3.

$$\% \text{GES} = \frac{\% \text{ de Gordura}}{\% \text{ EST}} \times 100 \quad (3)$$

Os valores de pH foram determinados pelo método potenciométrico e os de AT e de sal (%) foram obtidos a partir da metodologia AOAC 920.124 (1995) e pelo método de Volhard (Richardson, 1985), respectivamente.

O teor de sal na fase aquosa (S/U) foi calculado de acordo com a Equação 4.

$$\% \text{ de S/U} = \frac{\% \text{ de sal}}{\% \text{ de sal} + \% \text{ de umidade}} \times 100 \quad (4)$$

Todas as determinações acima foram feitas em triplicata, nos queijos com 10 dias de armazenamento refrigerado.

2.3.3 Avaliação do rendimento e da recuperação de componentes do leite no soro e no queijo

O rendimento dos queijos foi calculado segundo a Equação 5:

$$\text{Rendimento (Kg queijo/100 Kg de leite)} = \frac{\text{massa de queijo obtida}}{\text{massa de leite utilizada}} \quad (5)$$

No caso dos queijos elaborados a partir de LCUF, a massa de leite utilizada foi obtida multiplicando-se a massa de retentado (Kg) pelo FCV.

Como há variações nos teores de umidade e sal dos queijos, o rendimento ajustado (RAJ), em Kg de queijo/100 Kg de leite, foi calculado para efeito de comparação (Equação 6). Foi considerado um conteúdo desejado de sal de 1,7% e uma umidade de 43%.

$$\text{RAJ} = \frac{(\text{rendimento}) \times (100 - (\% \text{ umidade real} + \% \text{ sal real}))}{100 - (\% \text{ umidade desejada} + \% \text{ sal desejada})} \quad (6)$$

O cálculo da porcentagem de recuperação de gordura e de proteína do leite no soro e no queijo foi realizado segundo a Equação 7:

$$RG \text{ ou } RP = \frac{\text{massa da amostra} \times \% \text{ do componente na amostra}}{\text{massa leite ou retentado} \times \% \text{ componente leite ou retentado}} \times 100 \quad (7)$$

onde a amostra foi soro ou queijo e, o componente, a gordura ou proteína.

A recuperação total (RT) de gordura ou proteína foi calculada de acordo com a Equação 8:

$$RT = \% R \text{ soro} + \% R \text{ queijo} \quad (8)$$

2.3.4 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento estatístico adotado para o experimento foi aleatorizado em blocos, constituindo cada bloco uma das bateladas de leite processado. Foram realizadas 3 bateladas formando 3 blocos. Cada bloco foi constituído pelos cinco tratamentos já descritos. Os resultados de composição físico-química, de rendimento e de recuperação de componentes do leite no soro e no queijo dos cinco tratamentos foram avaliados estatisticamente através da análise da variância, utilizando-se o procedimento de comparação múltipla entre as médias (Método de Tukey) no décimo dia após a fabricação dos queijos. Todos os cálculos foram realizados com o auxílio do programa estatístico SAS®, versão 8.1, 2001 (SAS Institute, Inc., Cary, NC.)

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição química

3.1.1 Composição média do leite e do LCUF

A composição média do leite, do leite concentrado ultrafiltrado e do permeado pode ser observada na Tabela 1.

TABELA 1: Composição média (n=3) do leite, do leite ultrafiltrado (FCV=4:1) e do permeado.

Parâmetros avaliados	Leite	Leite concentrado por ultrafiltração	Permeado
pH	6,72	6,63	6,34
Acidez titulável (° D)	18,58	49,36	10,21
EST (%)	11,76	29,94	5,09
Gordura (%)	3,46	13,44	0,00
Proteína Total (%)	3,27	11,05	0,44
Cinzas (%)	0,67	1,34	0,42
Lactose (%)	4,36	4,12	4,24

Como o queijo Prato é considerado um queijo gordo, leite com teor de gordura na faixa de 3,4 a 3,6, como os utilizados neste experimento (Tabela 1), são considerados ótimos para a sua fabricação (Furtado e Lourenco Neto, 1994).

Os demais dados fornecidos pela Tabela 1 mostram que a composição média do leite utilizado nos processamentos não apresentou irregularidades do ponto de vista físico-químico (Nova legislação..., 1998; Fox & McSweeney, 1998 e Oliveira, 1986) apesar de possuir um teor de EST um pouco abaixo da média (Fox & McSweeney, 1998 e Oliveira, 1986).

Cerca de 63% do extrato seco total do leite ficou retido no concentrado, valor este próximo do citado por Renner & ABD El-Salam (1991) (% de retenção de 61%) em concentrados de FCV=4,2:1.

3.1.2 Composição média dos soros

A quantidade de soro perdida no processo de fabricação de queijo utilizando leite concentrado por UF (Tabela 2), bem como a sua composição (Tabela 3) foram diferentes das verificadas no processo convencional, fato este também observado por Bird (1996) e Jameson (1987) em seus experimentos com queijo Cheddar elaborado a partir de LCUF.

TABELA 2: Quantidade média (n=3) de soro obtido dos queijos elaborados sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

Parâmetro avaliado	T1	T 2	T3	T4	T5
Kg de soro por 100 Kg de leite (T1) ou de leite equivalente ao LCUF (T2, T3, T4 e T5) utilizados.	88,6	16,0	16,6	16,7	16,5

TABELA 3: Composição média (n=3) dos soros obtidos dos queijos elaborados sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

Parâmetros avaliados	T1	T 2	T3	T4	T5
pH	6,67 ^a	6,68 ^a	5,61 ^b	5,04 ^c	5,26 ^c
Acidez titulável (° D)	10,98 ^c	14,59 ^c	41,65 ^b	48,76 ^{ab}	53,83 ^a
EST (%)	5,85 ^b	13,13 ^a	13,46 ^a	10,02 ^{ab}	14,21 ^a
Gordura (%)	0,41 ^b	5,94 ^a	6,13 ^a	4,36 ^a	6,42 ^a
Proteína Total (%)	0,98 ^b	2,69 ^a	2,84 ^a	2,47 ^a	2,97 ^a
Cinzas (%)	0,45 ^{ab}	0,43 ^b	0,54 ^{ab}	0,52 ^{ab}	0,58 ^a

*Médias na mesma linha, seguidas de letras iguais, não diferem significativamente entre si (p>0,05).

O pH e a AT do soro obtido na fabricação de queijo elaborado com leite concentrado sem pré-fermentação não diferiu do padrão (Tabela 3). Porém, aumentando-se a porcentagem de concentrado pré-fermentado elevaram-se os valores de AT e reduziram-se os de pH, comportamento decorrente de uma maior fermentação da lactose pela cultura láctica, resultando em maior quantidade de ácido láctico no soro, por ocasião da dessoragem. Os valores de pH e de AT dos soros dos tratamentos T4 e T5 não diferiram significativamente entre si, porém, o

soro do T5 apresentou uma acidez mais elevada, uma vez que não teve lavagem da massa.

Os teores de gordura, proteína e EST no soro foram mais elevados para os queijos UF (Tabela 3), em relação ao padrão, principalmente devido a redução de volume de soro produzido (Tabela 2). Em experimento realizado por Jameson (1987), o volume de soro produzido na fabricação de queijo tipo Cheddar, a partir de leite concentrado por UF até um FCV de 5:1, foi relativamente pequeno (cerca de 7-8% do volume de leite correspondente), porém continha níveis significativos de proteína (40-50% do extrato seco desengordurado), níveis estes similares aos observados neste experimento.

3.1.3 Composição média dos queijos

A composição média dos queijos obtidos neste experimento é fornecida na Tabela 4.

TABELA 4: Composição média (n=3) dos queijos obtidos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

Parâmetros avaliados	T1	T2	T3	T4	T5
pH	5,37 ^a	5,37 ^a	5,28 ^{ab}	5,00 ^b	5,09 ^{ab}
Acidez titulável (% ácido láctico)	0,64 ^b	0,71 ^b	0,86 ^{ab}	1,28 ^a	1,12 ^{ab}
EST (%)	51,77 ^{ab}	48,77 ^b	52,89 ^{ab}	54,95 ^a	55,47 ^a
Umidade (%)	48,23 ^{ab}	51,23 ^a	47,11 ^{ab}	45,05 ^b	44,53 ^b
Gordura (%)	25,21 ^a	20,84 ^a	23,06 ^a	24,66 ^a	24,61 ^a
GES (%)	48,78 ^a	42,58 ^a	43,38 ^a	44,92 ^a	44,30 ^a
Proteína Total (%)	18,42 ^a	21,38 ^a	22,51 ^a	21,86 ^a	22,24 ^a
Cinzas (%)	3,74 ^{ab}	4,03 ^a	3,64 ^{ab}	3,42 ^b	3,60 ^{ab}
Sal (%)	1,60 ^a	1,67 ^a	1,48 ^a	1,36 ^a	1,44 ^a
Sal/Umidade (%)	3,22 ^a	3,17 ^a	3,07 ^a	2,93 ^a	3,14 ^a

*Médias na mesma linha, seguidas de letras iguais, não diferem significativamente entre si (p>0,05).

O comportamento do pH e da AT dos queijos (Tabela 4) foi similar ao observado para os soros dos respectivos tratamentos (Tabela 3), ou seja, queijos elaborados a partir de leite não ultrafiltrado e a partir de leite concentrado sem pré-fermentação não diferiram em termos de pH e AT. Porém, elevando-se a porcentagem de concentrado pré-fermentado utilizada na fabricação do queijo, os valores de AT aumentaram e os de pH diminuíram, em decorrência de uma maior incorporação de ácido láctico e de uma maior ação da cultura láctica.

A maior acidez dos queijos dos tratamentos T4 e T5 fez com que os mesmos ficassem fora dos valores de pH e AT normalmente encontrados para queijo tipo Prato, que são de 5,2 a 5,5 (Furtado & Lourenço Neto, 1994 e Oliveira, 1986) e ao redor de 0,86% de ácido láctico (Schifftan & Komatsu, 1980), respectivamente.

Em termos de composição centesimal, os queijos elaborados a partir de leite normal e a partir de LCUF não diferiram significativamente entre si em termos de porcentagens de gordura e de proteína, além de apresentarem pouca variação em termos de EST (Tabela 4).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos (Nova legislação..., 1998), o queijo Prato é classificado como um queijo gordo (conteúdo de matéria gorda no extrato seco entre 45,0 e 59,9%) e de média umidade (umidade entre 36,0 e 45,9%). Assim, segundo este regulamento, em termos de porcentagem de GES apenas o queijo padrão atende as normas da legislação e em relação ao teor de umidade, apenas os queijos dos tratamentos T4 e T5.

Os queijos elaborados a partir de leite ultrafiltrado, devido às maiores perdas de gordura no soro, apresentaram teores de gordura inferiores à média normalmente encontrada para queijos Prato, que é de 26 a 29% (Furtado & Lourenço Neto, 1994), o que explica que tais queijos não tenham atingido valores adequados de GES.

Embora estatisticamente não haja diferença significativa entre os diferentes tratamentos (Tabela 4), em relação as porcentagem de gordura e de proteína nos queijos, em termos práticos há diferença. Assim, o uso da pré-fermentação tende

a aumentar o teor de gordura no queijo, o que faz com que os queijos T4 e T5 se aproximem da porcentagem de GES mínima exigida pela legislação em vigor. Em termos de teor de proteína, a ultrafiltração tende a aumentar a concentração de proteína no queijo, possivelmente devido a incorporação das soroproteínas (Lelievre & Lawrence, 1988 e Lucey & Kelly, 1994).

Os queijos T1 e T2 apresentaram quantidade de sal dentro da média esperada que é de 1,6 a 1,9% (Furtado & Lourenço Neto 1994 e Schiffan & Komatsu, 1980). Os demais queijos apresentaram menor teor de sal possivelmente devido ao menor teor de umidade dos mesmos, o que retarda o processo de salga (Furtado, 1991 e Lee et al., 1980).

3.1.4 Rendimento, Rendimento Ajustado e Recuperação de componentes no soro e no queijo.

Os valores de rendimento e rendimento ajustado para os diferentes tratamentos não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey utilizado para comparação entre médias (Tabela 5). Porém, pelo teste F, o valor de p para rendimento foi igual a 0,044, indicando que houve diferença entre os tratamentos. Para o rendimento ajustado, o valor de p foi igual a 0,063 indicando que não houve diferença entre os tratamentos.

TABELA 5: Rendimento e Rendimento Ajustado médios (n=3) dos queijos obtidos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

Parâmetros avaliados	T1	T2	T3	T4	T5
Rendimento (Kg queijo/100 Kg leite)	11,62 ^a	10,80 ^a	10,01 ^a	9,95 ^a	9,94 ^a
Rendimento Ajustado (Kg queijo/100 Kg leite)	10,55 ^a	9,20 ^a	9,30 ^a	9,66 ^a	9,71 ^a

*Médias na mesma linha, seguidas de letras iguais, não diferem significativamente entre si (p>0,05).

A utilização de LCUF na fabricação de queijos diminuiu o valor de RAJ dos mesmos, porém, o uso da pré-fermentação reduziu a diferença entre os RAJs dos queijos UFs em relação ao padrão (Tabela 5), devido a uma maior recuperação de gordura no queijo (Figura 1).

Os resultados observados para rendimento diferiram dos encontrados por Jameson (1987), que obteve aumentos de rendimento da ordem de 10% produzindo queijos semi-duros utilizando concentrados de ultrafiltração com FCV de 4:1 a 6:1. Deve-se levar em conta, porém, que embora normalmente ocorra um aumento no rendimento quando se elabora queijos mais secos com retentados de valores de FCV intermediários (Jensen & Stapelfeldt, 1993), as estimativas de ganhos tendem a ser maiores do que realmente ocorre na realidade, como observado por Zoon (1993), segundo o qual, na prática, o aumento no rendimento do queijo é frequentemente apenas cerca de metade do esperado, principalmente porque o nível de finos tende a aumentar.

Apesar dos valores de rendimento dos queijos UF terem sido menores do que o do queijo padrão, os mesmos encontram-se dentro dos limites obtidos por Alves et al. (1995) que avaliando o rendimento médio obtido em 15 fabricações de queijo tipo Prato, realizadas no Instituto de Laticínios Cândido Tostes, em queijos padronizados quanto a relação caseína/gordura, encontraram um rendimento médio de 9,41 litros de leite/ kg de queijo (8,65 –10,24), o que equivale a uma produção Kg queijo/100 Kg de leite igual a 10, 30 (11,20 – 9,46).

A recuperação de gordura do leite no queijo é de cerca de 0,9 para diversos tipos de queijos (Banks & Tamime, 1987), embora tal fato dependa do tratamento mecânico durante o processo de fabricação de queijos. Segundo Phelan (1981) a recuperação de gordura pode variar entre 85 e 93%. Em nosso experimento o queijo Prato padrão obteve valor dentro da faixa citada (Figura 1).

As taxas de recuperação de proteína e de gordura nos soros dos tratamentos T2, T3, T4 e T5 foram em média de 19% e 31% (Figura 1), valores próximos aos encontrados por Pahkala et al. (1985) trabalhando com queijo Edam, tipo de queijo similar ao Prato. Estes autores produziram queijo Edam a partir de leite pasteurizado concentrado (FCV=4:1) fazendo uso da tecnologia tradicional de

fabricação deste queijo e encontraram taxas de perda de proteína total e de gordura no soro de cerca de 15% e 30%, respectivamente.

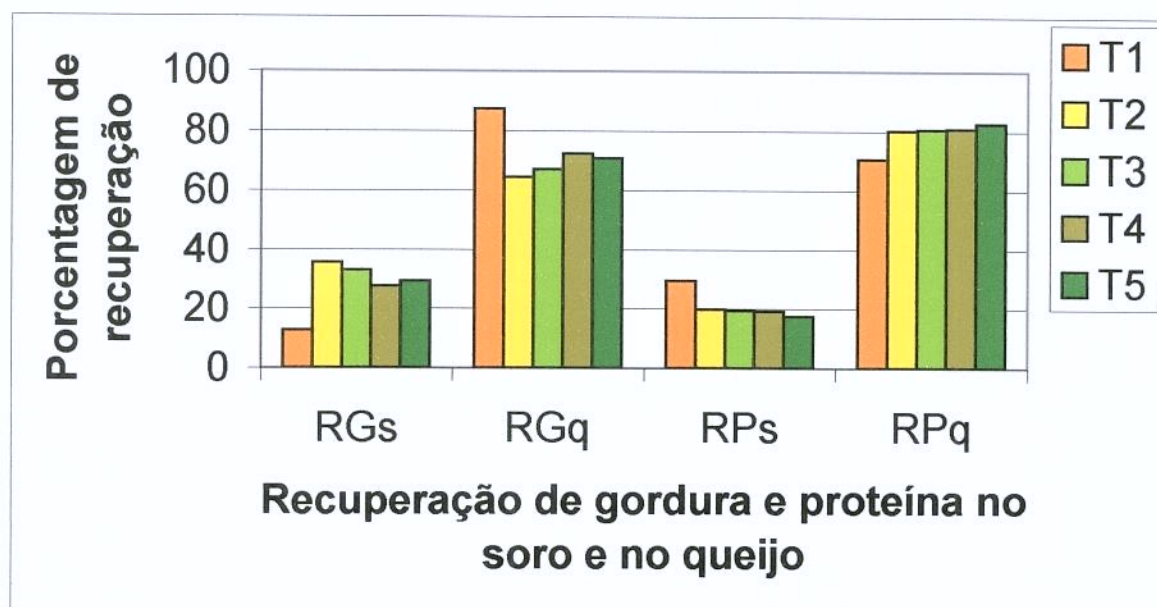


FIGURA 1. Recuperação média (n=3) dos componentes do leite nos soros e nos queijos obtidos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

A recuperação de gordura nos queijos elaborados por ultrafiltração foi menor em decorrência das maiores perdas deste componente no soro. Segundo Lelievre & Lawrence (1988), perdas maiores de gordura no soro de queijos fabricados com LCUF ocorrem devido a uma maior dificuldade de manipulação da massa coagulada no tanque, bem como em função da estrutura mais grosseira dos queijos.

O tratamento mecânico do coágulo é um dos fatores que mais influencia na recuperação de gordura no queijo (Lucey & Kelly, 1994). Assim, em queijos elaborados a partir de LCUF, em que se faz uso da tecnologia tradicional de fabricação, na qual a massa do queijo é cortada e trabalhada, a redução do volume de soro perdido por sinérese (Jameson, 1987) associada a um coágulo

mais firme (Guinee et al., 1994; Renner & ABD El-Salam, 1991 e Ribeiro 1996) acaba provocando lesões nessa massa, com perda de fragmentos que diminuem a recuperação de componentes do leite no queijo e consequentemente prejudicam o seu rendimento (Banks, 1993 e Ribeiro, 1996).

Cálculos feitos por Dejmek (1986) mostram que a recuperação de componentes do leite desnatado num queijo feito a partir de um concentrado com 40% de sólidos totais tende a diminuir a medida que o nível de sólidos necessário no produto final é aumentado. Segundo o autor, aumentos de 17% podem ser conseguidos para Camembert, mas valores equivalentes para Gouda e Cheddar são de 10 e 7,5%, respectivamente.

Guinee et al. (1994) e Renner ABD El-Salam (1991) também observaram que quanto maior o FCV do concentrado, mais firme se torna o coágulo e mais difícil o seu corte. Assim, muitas vezes, ao cortá-lo ele se arrebenta, causando perdas de partículas e de gordura no soro, em quantidades maiores do que as previstas com base na redução que se tem no volume de soro liberado devido a ultrafiltração.

Uma retenção de gordura deficiente também pode ser afetada pela estrutura do coágulo. Green et al. (1981) observaram, por microscopia eletrônica, que a estrutura de um coágulo, obtido de LCUF, era mais grosseira que a de um coágulo de leite não ultrafiltrado. Verificaram que a estrutura tornava-se mais grumosa a medida que o FCV do concentrado aumentava, com as proteínas unindo-se firmemente em grandes aglomerados.

Segundo Johnson et al. (2001) e Lagoueyte et al. (1994), quando as micelas de caseína fundem-se fortemente, com os cordões e agrupamentos formados pela mesma tornando-se mais densos, obtém-se um coágulo com uma estrutura mais aberta, com poros maiores, aumentando a permeabilidade e facilitando as perdas de gordura no soro.

Lelievre & Lawrence (1988) também relataram que géis preparados de retentados tornaram-se progressivamente mais grosseiros à medida que a FCV do concentrado aumentava e esta estrutura menos desenvolvida do coágulo tendia a torná-lo mais frágil para o corte, facilitando perdas.

A estrutura do coágulo interfere fortemente nas perdas de componentes do soro. Assim, o uso da técnica de ultrafiltração, ao alterar adversamente a estrutura pode prejudicar o rendimento do queijo. Porém, os dados da Tabela 5 e da Figura 1 também mostram que a pré-fermentação do retentado diminui estas perdas, aumentando o rendimento. Possivelmente tal diminuição também é resultante de alterações, desta vez favoráveis, provocadas na estrutura da coalhada pelo maior tempo de ação da cultura láctica.

O uso de aquecimento indireto da massa também melhorou o RAJ dos queijos obtidos a partir de LCUF, devido a um aumento nos valores de recuperação de proteína nos queijos (Tabela 5 e Figura 1), aumento este justificado por uma menor perda de proteínas solúveis no soro (Goudedranche et al., 1981).

4. CONCLUSÕES

- O uso de LCUF (FCV=4:1) na elaboração de queijo tipo Prato, utilizando o método tradicional de fabricação, resulta em queijos de composição físico-química similar a de um queijo elaborado com leite não ultrafiltrado. Os valores de R, RAJ e de RG nos queijos são menores e os de RP_q são maiores.
- A pré-fermentação de parte do retentado aumenta a acidez dos queijos.
- Nos queijos fabricados com LCUF quanto maior a proporção de retentado pré-fermentado melhor a RG_q e conseqüentemente o valor de RAJ.
- O cozimento indireto da massa tende a aumentar a RP_q .
- Foi comprovada a possibilidade de se fabricar queijo prato a partir de leite concentrado por ultrafiltração a VCR de 4:1. Embora com a desvantagem de menores rendimentos, o uso de tal tecnologia pode permitir aproveitar as vantagens que a mesma oferece, tais como: redução de gastos com transporte de leite, redução no tempo de fabricação dos queijos, diminuição do consumo de água e aumento da produtividade da planta.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Alves G; Antunes LAF; Furtado MM. 1995. Parâmetros físico-químicos envolvidos com a padronização e a determinação de rendimento de queijo Prato. Anais do Congresso Nacional de Laticínios 13: 265-271.
- [2] AOAC- Association of Analytical Chemists. 1995. Official methods of analysis of AOAC international. Washington: AOAC, 109p.
- [3] Banks JM; Law AJR; Leaver J; Horne DS. 1993. The inclusion of whey proteins in cheese. In: International Dairy Federation. Cheese yield and factors affecting its control. Cork: IDF, p.387-401.
- [4] Banks JM; Tamime AY. 1987. Seasonal trends in the efficiency of recovery of milk fat and casein in cheese manufacture. Journal of the Society of Dairy Technology 40: 64-66.
- [5] Benito JJS. 1980. Processamento de leite desnatado por ultrafiltração e hiperfiltração. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes 35(212): 41-47.
- [6] Bird J. 1996. The application of membrane systems in the dairy industry. Journal of the Society of Dairy Technology 49(1): 16-23.
- [7] British Standards Institution. 1989. Determination of fat content of milk and milk products (Gerber method). Methods. London: British Standards Institution, 12p.
- [8] Dejmek P. 1986. Milk souring in cheesemaking by ultrafiltration. Milchwissenschaft 41: 686-688.
- [9] Dziezak JD. 1990. Membrane separation technology offers processors unlimited potential. Food Technology 44(9): 108-113.
- [10] Fox PF; McSweeney PLH. 1998. Dairy chemistry and biochemistry. London: Blackie Academic & Professional, 478p.
- [11] Furtado MM. 1991. A arte e a ciência do queijo. São Paulo: Globo, 297p.
- [12] Furtado MM; Lourenço Neto JPM. 1994. Tecnologia de queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos. São Paulo: Dipemar Ltda, 118p.

- [13] Goudédranche H; Maubois JL; Ducruet P; Mahaut M. 1981. Utilisation de nouvelles membranes minérales d' ultrafiltration pour la fabrication de fromages du type Saint-Paulin. *La Tecchnique Laitière* (950): 7-13.
- [14] Green ML; Turvey A; Hobbs DG. 1981. Development of structure and texture in Cheddar cheese. *Journal of Dairy Research* 48(2): 343-355.
- [15] Green ML.; Anderson JSM; Griffin MCA; Glover FA. 1984. Chemical characterization of milk concentrated by ultrafiltration. *Journal of Dairy Research* 51(2): p.267-278.
- [16] Guinee TP; Pudja PD; Mulholland EO. 1994. Effect of milk protein standardization, by ultrafiltration, on the manufacture, composition and maturation of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Research* 61(1): 117-131.
- [17] Jameson GW. 1987. Manufacture of Cheddar cheese from milk concentrated by ultrafiltration: the development and evaluation of a process. *Food Technology in Australia* 39(12): 560-564.
- [18] Jensen GK; Stapelfeldt H. 1993. Incorporation of whey proteins in cheese including the use of ultrafiltration. In: International Dairy Federation. Factors affecting the yield of cheese. Brussels:IDF, p.88-105. (International Dairy Federation Special Issue, n.9301).
- [19] Johnson, ME; Chen CM; Jaeggi, JJ. 2001. Effect of rennet coagulation time on composition, yield, and quality of reduced-fat Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science* 84(5):1027-1033.
- [20] Kosikowski F. 1976. The manufacture of Mozzarella and related cheese by ultrafiltration. *Cultured Dairy Products Journal* 10(4): 15-16.
- [21] Kosikowski F. 1986. New cheese making procedures utilizing ultrafiltration. *Food Technology* 40(6): 71-77.
- [22] Lagoueyte, N; Lablee, J; Lagaude, A ; Torodo de la Fuente, B. 1994. Temperature affects microstructure of renneted milk gel. *Journal of Food Science* 59(5):956-959.
- [23] Lee HJ; Olson F; Lund DB. 1980. Diffusion of salt, fatty acids and esterases in Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science* 63(4): 513-522.

- [24] Lelievre J; Lawrence RC. 1988. Manufacture of cheese from milk concentrated by ultrafiltration. *Journal of Dairy Research* 55(3): 465-478.
- [25] Lucey J; Kelly J.1994. Cheese yield. *Journal of the Society of Dairy Technology* 47(1):1-14.
- [26] Maubois JL; Mocquot G. 1975. Application of membrane ultrafiltration to preparation of various types of cheese. *Journal of Dairy Science* 58(7): 1001-1007.
- [27] Maubois JL; Mocquot G; Vassal L..1969. " Procédé de traitement du lait et de sous-produits laitiers" Patent Française 2.052.121, Paris, França.
- [28] Mello F; Furtado MM. 2001. Queijo Prato-obtendo melhor qualidade e maior rendimento *Índústria de Laticínios* 6(35): 28-32.
- [29] Morris CE. 1984. Is this the cheese plant of the future? *Food Engineering* 56(10): 99-100.
- [30] Nova legislação de produtos lácteos e de alimentos para fins especiais, diet, light e enriquecidos. São Paulo: Fonte Comunicações e Editora, 1998. 212p.
- [31] Oliveira JS. 1986. Queijo: fundamentos tecnológicos. São Paulo: Ícone Editora LTDA, 146p.
- [32] Pahkala E; Turunen M; Antila V. 1985. Ultrafiltration in the manufacture of Edam cheese. *Meijeritieteellinen Aikakauskirja* 43(1): 47-61.
- [33] Paulson DJ; Wilson RL; Spatz DD. 1984. Crossflow membrane technology and its applications. *Food Technology* 38(12): 77-91.
- [34] Phelan JA. 1981. Standardisation of milk for cheesemaking as factory level. *Journal of the Society of Dairy Technology* 34:152-156.
- [35] Renner E; ABD El-Salam MH. 1991. Application of ultrafiltration in the dairy industry. London: Elsevier Applied Science, 371p.
- [36] Ribeiro EP; 1996. Aplicação da ultrafiltração de leite no processo de fabricação de queijo tipo prato, (Doutorado). Faculdade de Engenharia de Alimentos/ Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Brasil. 144p.
- [37] Richardson,G.H.1985.Standard Methods for Examination of Dairy Products. American Publ. Health Assoc, Washington, 412p.

- [38] SAS Institute. Inc. 2001. Statistical Analysis Systems, Ver. 8.1, Cary, NC.
- [39] Schiffan TZ; Komatsu I. 1980. Estudos sobre a composição de queijo prato consumido na cidade de São Paulo. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes 35(207): 33-38.
- [40] Van Dender AGF; Ducruet P; Maubois JL. 1987. Estudo da fabricação de queijo tipo Prato utilizando ultrafiltração. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes 42(249): 7-14.
- [41] Zoon P. 1993. Incorporation of whey proteins into Dutch-type cheese. In: International Dairy Federation. Cheese yield and factors affecting its control. Cork, p. 403-408.

CAPÍTULO III

AVALIAÇÃO DA MATURAÇÃO DO QUEIJO TIPO PRATO OBTIDO POR MODIFICAÇÕES NO PROCESSO TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO

Artigo redigido segundo as normas de publicação da revista European Food Research and Technology, para a qual será submetido para publicação

AVALIAÇÃO DA MATURAÇÃO DO QUEIJO TIPO PRATO OBTIDO POR MODIFICAÇÕES NO PROCESSO TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO

RESUMO

Foram avaliados os efeitos de cinco métodos diferentes de processamento de queijo Prato na evolução do pH, da acidez titulável (**AT**) e dos índices de extensão-(**IEP**) e profundidade-(**IPP**) da proteólise. Foram estudados os seguintes tratamentos (**T**) de elaboração de queijos: **T1** – sem o uso de ultrafiltração (padrão); **T2** – uso de leite concentrado por ultrafiltração (**LCUF**), sem pré-fermentação de parte do **LCUF**; **T3** – uso de **LCUF** pré-fermentado (10%); **T4** – uso de **LCUF** pré-fermentado (20%) e **T5** – uso de **LCUF** pré-fermentado (20%) e único com aquecimento indireto da massa. Os tratamentos afetaram significativamente o pH, a **AT**, o **IEP** e o **IPP** dos queijos. O uso da ultrafiltração diminuiu o pH e aumentou a **AT**, o **IEP** e o **IPP**, sendo que dentre eles **T4** apresentou menor pH e maiores valores de **AT**, **IEP** e **IPP**. O tempo de maturação afetou significativamente a **AT** e os índices de extensão e profundidade de proteólise, porém não afetou o pH.

Palavras-chave: Queijo Prato, ultrafiltração, pré-fermentação, maturação.

1. INTRODUÇÃO

O queijo Prato é um dos queijos de maior produção no Brasil [17], obtido através da coagulação enzimática do leite, podendo ou não apresentar ação de bactérias lácticas específicas [18]. Caracteriza-se por apresentar, durante o seu processamento, uma etapa de semi-cozimento da massa que pode ser realizado de forma direta, pela adição de água-quente, ou indireta, pelo aquecimento das paredes do tanque de fabricação [24]. Para adquirir suas características típicas de sabor e textura deve ser maturado por um período de no mínimo 25 dias [18].

Entende-se por maturação de um queijo todas as mudanças bioquímicas (glicólise, lipólise e proteólise principalmente) que ocorrem após sua manufatura e que lhe conferem sabor, aroma, textura e aparência características [7; 24 e 27]. A proteólise é o parâmetro mais comumente usado como indicador da maturação [2 e 7], podendo ser expressa através dos índices de extensão e profundidade da proteólise, onde o primeiro reflete a porcentagem de moléculas de proteínas que é decomposta, predominantemente em grandes peptídeos e o segundo mostra em que porcentagem estes grandes peptídeos são degradados [27 e 28].

Assim, qualquer modificação no processamento dos queijos que afete a proteólise interferirá também na sua maturação.

O uso de leite concentrado por ultrafiltração é um exemplo de alteração na tecnologia de fabricação de queijos que pode afetar o processo de cura. Segundo Lelievre & Lawrence [16], queijos elaborados a partir de LCUF contêm em sua composição as soroproteínas, que interferem de várias formas na proteólise. A presença desta fração de proteínas do leite no queijo provavelmente tem um efeito diluente, diminuindo a proporção de caseína no produto que é o substrato de

inúmeros compostos responsáveis pelo aroma e sabor de muitos queijos [14]. As soroproteínas também tendem a limitar fisicamente o acesso das enzimas proteolíticas às caseínas, ao se ligarem à superfície das mesmas [16].

As proteínas do soro, na forma nativa, também podem inibir a atividade proteolítica das enzimas naturais do leite, da cultura láctica e do coalho pelo fato de que esta fração protéica contém substâncias inibidoras de proteases e peptidases e substâncias que podem se ligar aos componentes responsáveis pelo aroma e sabor dos queijos, mascarando os efeitos da proteólise [12].

Ribeiro [21] produziu queijo Prato utilizando LCUF com vários FCV (1,5:1; 2,5:1, 3,5:1 e 5,0:1) e concluiu que o uso de tais retentados possibilitava a obtenção de queijos com características organolépticas e de textura típicas de um queijo elaborado pelo processo tradicional. No caso do queijo elaborado com retentado de FCV igual a 5:1, uma textura adequada só foi possível com uma pré-fermentação de parte (10%) deste retentado com cultura láctica.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da concentração do leite por ultrafiltração até um FCV=4:1; da pré-fermentação de parte (10 e 20%) deste LCUF e do tipo de cozimento da massa no pH, na acidez titulável e nos índices de extensão e profundidade da proteólise, comparando os resultados com os de um queijo padrão.

2-MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Ultrafiltração do leite

Leite cru tipo B (250 Kg) foi tratado termicamente a 68°C/2 min. Uma parte do leite (50 Kg) foi resfriada a 35°C e transferida para cubas de fabricação de queijos (capacidade para 25 Kg) para elaboração de um lote de queijo Prato padrão (T1) e a outra parte (200 Kg) foi resfriada a 55°C e submetida a um processo de concentração por ultrafiltração (UF). O leite foi concentrado por UF com membranas minerais com peso molecular de corte de 20.000 Daltons, TECH - SP, modelo S 37, com pressão de entrada e de saída de 2,5 e 1,5 Kgf/cm², respectivamente, até FCV=4:1. Após a concentração, o leite ultrafiltrado foi pasteurizado a 63°C por 30 min, resfriado a 7°C e dividido em 4 porções iguais, sendo cada uma delas transferida para cubas de fabricação de queijos (T2, T3, T4 e T5).

2.2 Fabricação dos queijos

Foram realizados três processamentos, em datas diferentes, e em cada processamento foram fabricados cinco lotes de queijos tipo Prato (T1, T2, T3, T4 e T5). O lote T1 foi elaborado pelo método convencional a partir de leite não concentrado, no mesmo dia da chegada do leite na planta piloto e os outros quatro lotes foram elaborados a partir de LCUF no dia subsequente. No caso dos queijos elaborados a partir de LCUF (T2, T3, T4 e T5), após o resfriamento de cada uma das 4 porções, retirou-se uma porcentagem das mesmas (0% de T2 ; 10% de T3 e 20% de T4 e T5) as quais foram submetidas a uma pré-fermentação com cultura

lática mesófila (G3 MIX 6-VISBYVAC®- B50, composto por múltiplas cepas mistas de *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* e *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*) a 32°C. O restante do LCUF foi armazenado a 5±1°C até o dia seguinte. Após as porções de LCUF terem atingido pH igual a 5,0, as mesmas foram misturadas aos respectivos LCUFs, e procedeu-se, então, ao aquecimento dos retentados até 35°C para dar início ao processamento dos queijos. Tanto o queijo padrão como os ultrafiltrados foram fabricados seguindo as etapas básicas do processamento tradicional de queijo Prato. No queijo padrão (T1), o leite aquecido a 35°C recebeu a adição de cloreto de cálcio 50% (0,4 ml/Kg de leite), fermento liofilizado concentrado de utilização direta no tanque, na quantidade de 10% da recomendada pelo fabricante, corante de urucum (*Bixa orellana*) e coalho (coalho de vitelo - Bela Vista - 90% de quimosina), em quantidade suficiente para coagular o leite em 40 min. a temperatura de 35°C. Na fabricação dos queijos a partir de LCUF procedeu-se de maneira similar, utilizando-se cultura lática, corante e agente coagulante numa quantidade equivalente a que seria utilizada convertendo o LCUF em leite, porém sem o uso de cloreto de cálcio. Após a coagulação (tempo de 40 minutos para todos os tratamentos), a massa foi cortada em cubos de 0,4cm X 0,5 cm de aresta e deixada em repouso por 5 min. Iniciou-se, então, uma agitação lenta e contínua dessa massa por cerca de 20 minutos (1ª mexedura), seguida pela remoção de parte do soro e aquecimento da coalhada (2ª mexedura), com adição de água quente (80°C), até 41°C, de modo a se obter o ponto de massa do queijo Prato. No caso dos queijos obtidos a partir de LCUF, não foi realizada a primeira mexedura nem a remoção de parte do soro, assim, logo após o repouso aqueceu-

se a massa, com redução no tempo de processamento de cerca de 30 minutos. Para os queijos dos tratamentos T2, T3 e T4 adotou-se o aquecimento direto da massa por adição de água quente (80°C), porém, para o queijo T5 adotou-se o aquecimento indireto. Após o término do aquecimento, as massas foram pré-prensadas em dreno-prensa por 20 minutos, com o dobro do peso da massa, e depois colocadas em formas plásticas de queijo Prato de 0,5 kg e prensadas por 6 horas em prensa vertical, com pesos de aço inox. Os queijos foram virados após 20 minutos de prensagem e a cada hora subsequente até o momento de sair da prensa. Os pesos de prensagem foram aumentados gradativamente de 10 até 20 vezes o peso da massa. Atingido o tempo de prensagem, os queijos foram armazenados a $7\pm1^{\circ}\text{C}$, para no dia seguinte serem colocados em salmoura (20% sal) por um período de 8 horas a $4\pm1^{\circ}\text{C}$. Por fim foram secos a $7\pm1^{\circ}\text{C}$, pesados, embalados a vácuo em sacos plásticos termoencolhíveis e estocados a $7\pm1^{\circ}\text{C}$ por um período de 45 dias.

2.3 Análises

2.3.1 Composição dos queijos

Foram empregadas as metodologias AOAC [1] 920.124 para acidez titulável (AT), 925.23 para o teor de extrato seco total (EST), 991.20 para o teor de nitrogênio total (NT). As determinações de nitrogênio solúvel em pH 4,6 (nitrogênio não caséico – NNC) e solúvel em TCA 12% (nitrogênio não protéico – NNP) foram feitas segundo Barbano et al. [3] e metodologia AOAC [1] 991.21, respectivamente. Os teores de nitrogênio foram convertidos para proteína através do fator de conversão 6,38. Os teores de gordura e de sal foram determinados

pelos métodos de Gerber [4] e Volhard [22], respectivamente. Os valores de pH foram determinados pelo método potenciométrico. O teor de umidade foi determinado subtraindo-se a porcentagem de EST do valor 100 e o teor de gordura no extrato seco (GES) foi calculado da seguinte forma: $\%GES = (\%Gordura \times 100) / \%EST$. O teor de sal na umidade (S/U) foi calculado da seguinte forma: $S/U = (\%sal \times 100 / (\%sal + \%umidade))$.

Todas as determinações acima foram feitas em triplicata, nos queijos com 10 dias de armazenamento refrigerado.

2.3.2 Avaliação do pH, da acidez titulável e da proteólise dos queijos

Os queijos foram monitorados durante 45 dias. As análises foram realizadas com 10, 25 e 45 dias de armazenamento refrigerado (D10, D25 e D45). A proteólise foi avaliada através dos índices de extensão e de profundidade da proteólise (Equações 1 e 2).

$$IEP = \frac{(\% \text{ de nitrogênio solúvel a pH } 4,6) \times 100}{\% \text{ de nitrogênio total}} \quad (1)$$

$$IPP = \frac{(\% \text{ de nitrogênio solúvel em TCA } 12\%) \times 100}{\% \text{ de nitrogênio total}} \quad (2)$$

2.3.3 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento estatístico adotado para o experimento foi Split-plot em blocos, onde as parcelas foram os tratamentos, a sub-parcela o tempo e o bloco a

batelada de leite a ser processada. Foram realizadas 3 bateladas, uma para cada réplica completa, formando 3 blocos. A composição dos queijos dos cinco tratamentos foi avaliada estatisticamente através da análise da variância, utilizando-se o procedimento de comparação múltipla entre pares de médias (Método de Tukey) no décimo dia após a fabricação dos queijos. Os dados das análises de pH, acidez titulável e proteólise dos queijos foram avaliados da mesma forma que os de composição, no décimo, vigésimo quinto e quadragésimo quinto dia de estocagem. Todos os cálculos foram realizados com o auxílio do programa estatístico SAS (SAS System for Windows, Release 8.02- SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição média dos queijos

A composição média dos queijos obtidos dos cinco tratamentos é apresentada na Tabela 1.

Os queijos elaborados a partir de leite não ultrafiltrado e a partir LCUF sem pré-fermentação não diferiram em termos de pH e AT. Porém, elevando-se a porcentagem de concentrado pré-fermentado utilizada na fabricação do queijo, os valores de AT aumentaram e os de pH diminuíram, em decorrência de uma maior incorporação de ácido lático e de uma maior ação da cultura láctica. Os queijos dos tratamentos T4 e T5 (aquecimento direto e indireto, respectivamente) não diferiram significativamente em termos de pH e AT, diferentemente do sugerido por Souza [24] e Van Dender et al. [26] que atribuem a queijos elaborados com o

uso de aquecimento direto da massa uma menor acidez devido a delactosagem da massa com água quente.

A maior acidez dos queijos dos tratamentos T4 e T5 fez com que os mesmos ficassem fora dos valores de pH e AT normalmente encontrados para queijo tipo Prato, que são de 5,2 a 5,5 [10 e 19] e ao redor de 0,86% de ácido láctico [23], respectivamente.

Tabela 1: Composição média (n=3) dos queijos obtidos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

Parâmetros avaliados	T1	T2	T3	T4	T5
pH	5,37 ^a	5,37 ^a	5,28 ^{ab}	5,00 ^b	5,09 ^{ab}
Acidez titulável (% ácido láctico)	0,64 ^b	0,71 ^b	0,86 ^{ab}	1,28 ^a	1,12 ^{ab}
Umidade (%)	48,23 ^{ab}	51,23 ^a	47,11 ^{ab}	45,05 ^b	44,53 ^b
Gordura (%)	25,21 ^a	20,84 ^a	23,06 ^a	24,66 ^a	24,61 ^a
GES (%)	48,78 ^a	42,58 ^a	43,38 ^a	44,92 ^a	44,30 ^a
Proteína Total (%)	18,42 ^a	21,38 ^a	22,51 ^a	21,86 ^a	22,24 ^a
Caseína (%)	16,63	18,64	19,50	17,90	18,73
Proteína do soro (%)	1,79	2,74	3,00	3,96	3,51
Sal (%)	1,60 ^a	1,67 ^a	1,48 ^a	1,36 ^a	1,44 ^a
Sal/Umidade (%)	3,22 ^a	3,17 ^a	3,07 ^a	2,93 ^a	3,14 ^a

* Médias com a mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$).

Com o uso da ultrafiltração, os queijos apresentaram uma tendência de aumento na concentração de proteínas no queijo (soroproteínas e caseínas) fato também observado por Hydamaka et al. [13].

O uso da pré-fermentação tendeu a aumentar o teor de gordura nos queijos elaborados a partir de LCUF.

3.2 Evolução do pH e da acidez titulável dos queijos

As Figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, a evolução do pH e da AT dos queijos, dos 5 tratamentos, durante os 45 dias de armazenamento refrigerado.

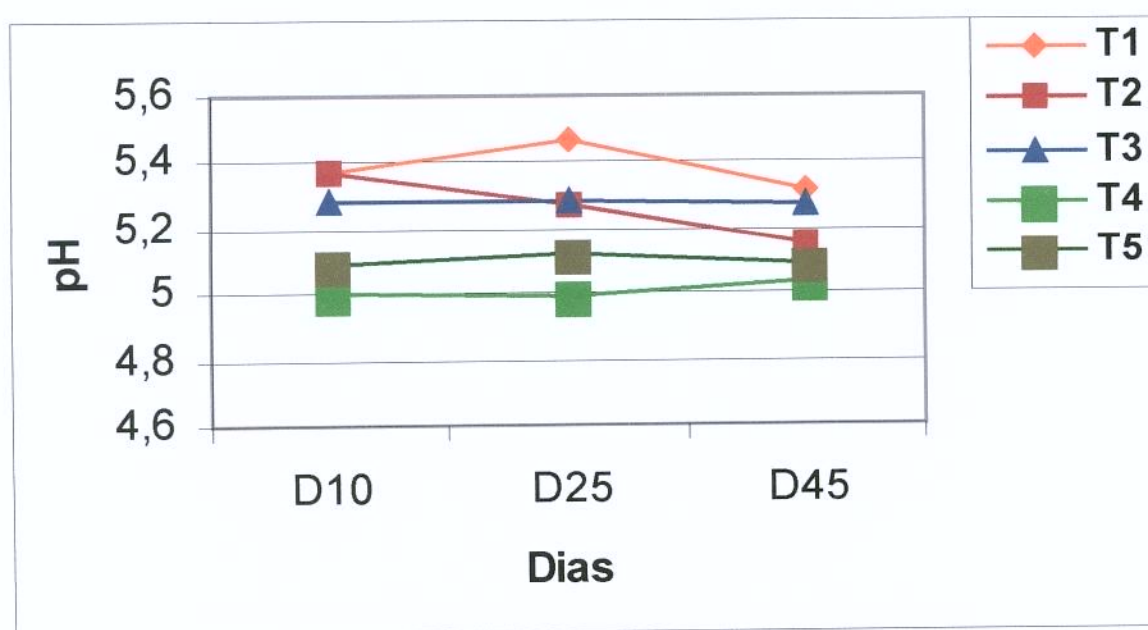


Figura 1: Evolução do pH, durante a estocagem, dos queijos obtidos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

A análise estatística dos dados de pH mostrou que: não houve interação tratamento X tempo ($p=0,75$) e o fator tempo não influenciou significativamente ($p=0,45$) os valores de pH dos diferentes queijos. Porém, estes valores foram significativamente ($p=0,03$) influenciados pelo tipo de tratamento adotado para fabricação dos queijos, sendo que, os dados de pH do queijo T1 não diferiram estatisticamente dos obtidos nos tratamentos T2, T3 e T5, mas diferiram dos valores de T4. Os valores de pH do queijo T4, por sua vez, diferiram dos observados no queijo T1, mas não dos obtidos nos demais.

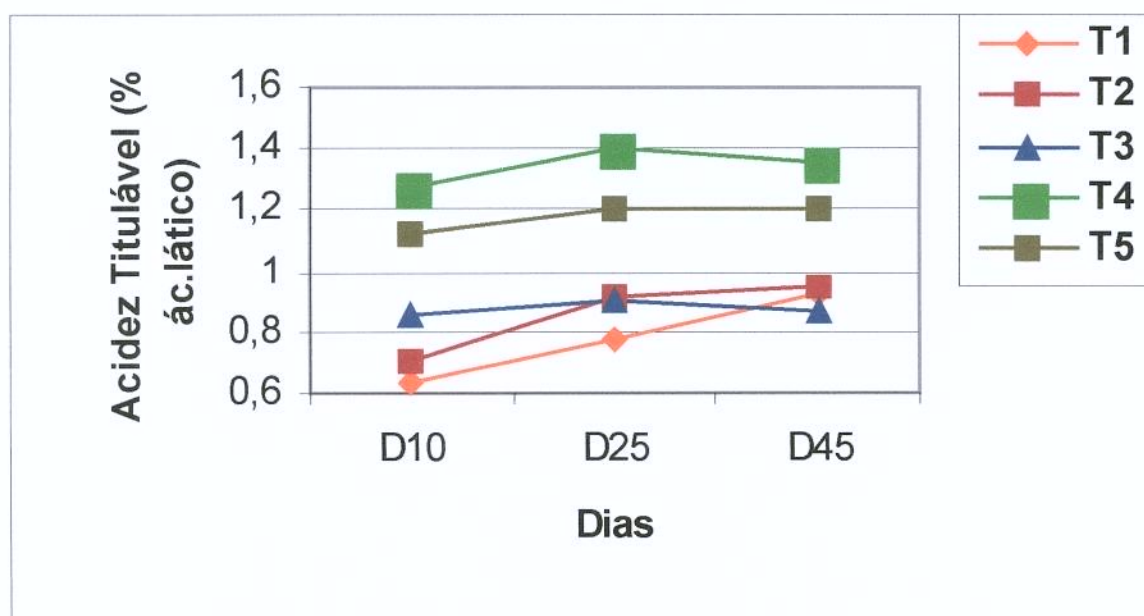


Figura 2: Evolução da acidez titulável, durante a estocagem, dos queijos obtidos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

A análise estatística dos dados de AT mostrou que: não houve interação tratamento X tempo ($p=0,24$) e os valores de AT dos queijos sofreram variações significativas com o tempo ($p < 0,01$) e com o tipo de tratamento ($p=0,02$) adotado. A AT dos queijos dos diferentes tratamentos aumentou significativamente entre os dias D10 e D25, porém não houve diferenças significativas entre as dias D25 e D45. Quanto aos tratamentos, o queijo T1 não diferiu dos queijos T2, T3 e T5, porém diferiu do T4. O queijo T4, por sua vez, diferiu do T1, mas não dos demais tratamentos.

A AT dos cinco tratamentos aumentou, entre o décimo e o vigésimo quinto dia de estocagem (Figura 2), devido a fermentação da lactose residual pela cultura láctica [9]. Embora a AT dos queijos tenha aumentado nesse período, o seu pH não diminuiu, devido a capacidade tamponante dos queijos. Segundo Fox et al. [9] e Lawrence & Gilles [15], a capacidade tamponante dos queijos aumenta acentuadamente à medida que o seu pH apresenta valores inferiores a 5,5 e todos os queijos fabricados neste experimento apresentaram valores menores que 5,5 entre D10 e D25 (Figura 1).

Os comportamentos do pH e da AT dos queijos deste experimento, durante a estocagem, foram similares aos observados por Cichoscki et al. [5]. Estes pesquisadores avaliaram, por um período de 60 dias, a evolução do pH e da AT de 18 lotes de queijo Prato, fabricados em 8 municípios da região do Alto Uruguai (RGS), e verificaram que o pH dos queijos não variou significativamente durante a estocagem, permanecendo na faixa de 5,3 a 5,49 (como o queijo padrão deste experimento). Tais pesquisadores também observaram que a AT dos mesmos

aumentou durante o primeiro mês de estocagem, mas que entre 30 e 45 dias de armazenamento os valores da AT não variaram significativamente.

Pesquisas realizadas com queijos elaborados com uso de LCUF têm mostrado que eles tendem a apresentar um maior poder tamponante [11 e 16] o que pode comprometer a qualidade do queijo devido a dificuldade de abaixamento do pH na estocagem [16 e 20]. De acordo com Renner & El-Salam [20], a pré-maturação do retentado poderia corrigir esse problema, devido a uma maior desmineralização das micelas de caseína.

Neste experimento, os queijos elaborados com LCUF sem pré-fermentação realmente não sofreram alterações significativas no pH, com o decorrer do período de estocagem, porém os queijos elaborados com leite não concentrado e com LCUF pré-fermentado também não.

3.3 Evolução da Proteólise

As Figuras 3 e 4 mostram, respectivamente, a evolução dos índices de extensão e profundidade da proteólise dos queijos, dos cinco tratamentos, durante os 45 dias de estocagem.

A análise estatística dos IEP e IPP mostrou que: não houve interação tratamento X tempo ($p=0,88$ e $p=0,33$, respectivamente) e os valores dos IEP e dos IPP dos queijos sofreram variações significativas com tempo de estocagem ($p<0,01$) e com o tipo de tratamento ($p<0,01$ e $p=0,04$, respectivamente). Os dois índices aumentaram no decorrer da estocagem, sendo os valores $D10 < D25 < D45$ para ambos os índices.

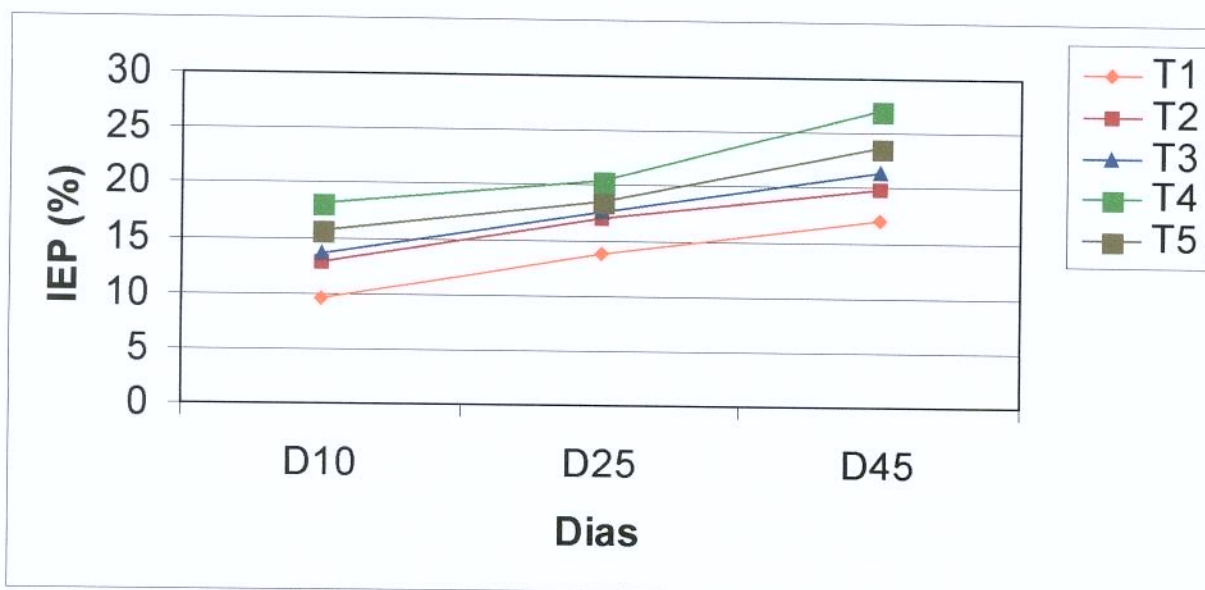


Figura 3: Evolução do índice de extensão da proteólise, durante a estocagem, dos queijos obtidos: sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

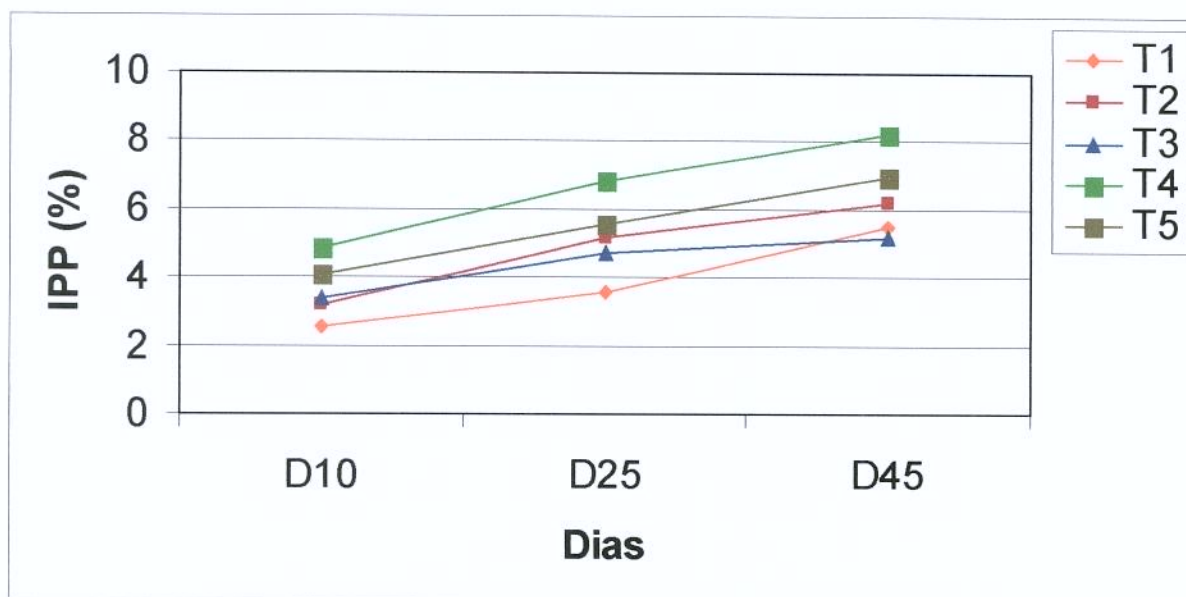


Figura 4: Evolução do índice de profundidade da proteólise, durante a estocagem, dos queijos obtidos: sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

Extensão da proteólise

Quanto a extensão da proteólise, os queijos T3, T4 e T5 não diferiram significativamente entre si, tendo os queijos T4 e T5 apresentado os maiores índices, em valores absolutos. O queijo T3 também não diferiu significativamente do queijo T2. O queijo padrão apresentou o menor IEP, diferindo significativamente dos demais tratamentos. Tal comportamento resultou principalmente dos valores de pH apresentados pelos queijos dos diferentes tratamentos durante a estocagem (Figura 1). A proteólise depende da ação de

agentes de diversas fontes tais como enzimas residuais do coalho, enzimas da cultura lática, enzimas da flora secundária e enzimas naturalmente presentes no leite [25]. Porém, na fase de quebra da caseína em grandes peptídeos, a quimosina é a principal enzima responsável pela proteólise nos queijos [8], sendo que a porcentagem em que a ela é retida no queijo, assim como a sua atividade na fase de maturação do mesmo são pH dependentes, sendo ambas favorecidas por baixos valores de pH [27]. Portanto, os queijos com menores valores de pH (T4 e T5) apresentaram os maiores IEPs e o queijo com maior pH (T1) o menor IEP.

O queijo padrão além de possivelmente ter apresentado menor retenção e atividade da quimosina, devido ao mais alto pH, também liberou mais soro do que os queijos elaborados a partir de LCUF, em que a dessoragem foi menor, o que pode ter causado uma maior perda de coagulante no soro.

Wolfschoon Pombo [28] e Baldini [2], encontraram IEPs para queijos Prato, com cerca de um mês de estocagem, na faixa de 11,9 a 14,0%. O queijo T1 apresentou um IEP próximo de 14% com 25 dias de armazenamento, porém, os queijos dos demais tratamentos, apresentaram índices mais elevados que o padrão. Este resultado contradiz dados da literatura [11, 16 e 20] segundo os quais queijos elaborados com LCUF tendem a apresentar menor proteólise quando comparados com queijos fabricados com leite não ultrafiltrado.

Porém, deve-se considerar que nos experimentos realizados por Green et al. [11] os queijos elaborados com LCUF apresentaram menor proteólise pelo fato de terem sido fabricados com coagulante em quantidade inferior a utilizada na elaboração dos queijos com leite não ultrafiltrado. No caso dos queijos Prato

elaborados neste experimento a quantidade de coalho utilizada para coagular o LCUF foi calculada com base no seu volume equivalente de leite não ultrafiltrado, portanto, a proteólise não foi prejudicada por uma menor concentração de agente coagulante.

Profundidade da proteólise

Os IPPs dos queijos T2, T3, T4 e T5 não diferiram significativamente entre si, sendo que T4 apresentou o índice de valor mais elevado, seguido por T5 e depois por T3 e T2. O queijo padrão teve o menor IPP, embora estatisticamente não tenha sido considerado diferente dos queijos T2, T3 e T5.

A profundidade da proteólise no queijo é determinada principalmente pela ação das enzimas do fermento láctico [27]. Neste particular, os queijos T4 e T5 apresentaram maiores valores para os IPPs devido a maior ação dessas enzimas, o que pode ser atribuído a pré-fermentação de 20% do LCUF, que promoveu um inóculo massivo de células em fase ativa de multiplicação na massa de queijo.

O queijo T1 provavelmente apresentou o menor valor para o IPP pelo fato de ter sido elaborado com leite não concentrado. Segundo El-Gazzar & Marth [6], leite ultrafiltrado é um meio mais favorável que o leite não concentrado para o crescimento da cultura láctica, fazendo com que o crescimento de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* e *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* aumente com o aumento na concentração do leite.

Análises realizadas por Baldini [2], em queijo Prato, fabricado com leite não ultrafiltrado, revelaram os seguintes IPPs: 4,18%; 6,57% e 7,26% para queijos com 1, 4 e 6 semanas de estocagem; respectivamente, valores estes superiores

ao do queijo padrão deste experimento, porém próximos dos obtidos para os queijos T4 e T5.

4. CONCLUSÕES

O tempo de estocagem não afetou significativamente o pH dos queijos, porém elevou a AT dos mesmos entre o décimo e o vigésimo quinto dia de armazenamento. O queijo T1 não diferiu significativamente dos queijos T2, T3 e T5 em termos de pH e AT, porém diferiu do queijo T4. O queijo T4, por sua vez, diferiu do queijo T1 mas não dos queijos dos demais tratamentos.

Os valores dos IEP e dos IPP dos queijos sofreram variações significativas com o tempo de estocagem ($D10 < D25 < D45$) e com o tipo de tratamento.

O queijo padrão (T1) diferiu significativamente dos queijos elaborados com LCUF em relação a extensão da proteólise, tendo os queijos fabricados com LCUF pré-fermentado apresentado os maiores IEP.

O queijo padrão teve o menor IPP enquanto os elaborados a partir de LCUF pré-fermentado (20%) os maiores índices.

5. REFERÊNCIAS

- [1] AOAC- Association of Analytical Chemists (1995) Official methods of analysis of AOAC international. AOAC, Washington.
- [2] Baldini VLS. (1998) Proteólise em queijo Prato durante a maturação, (Doutorado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas/ Universidade de São Paulo, Brasil.

- [3] Barbano DM, Lynch JM, Fleming JR (1991) Journal of Association of Official Analytical Chemists 74:281.
- [4] British Standards Institution (1989) Determination of fat content of milk and milk products (Gerber method). Methods. British Standards Institution, London.
- [5] Cichoski AJ, Valduga E, Valduga AT, Tornadijo ME, Fresno JM (2002) Food Control 13:329-336.
- [6] El-Gazzar FE, Marth EH (1991). Journal of Food Protection 54(10): 801-809.
- [7] Farkey NY, Fox PF (1990) Trends in Food Science & Technology 34-40.
- [8] Fox PF (1988) Biotechnology and Applied Biochemistry 10:522-535.
- [9] Fox PF, Lucey JA, Cogan TM (1990) Food Science and Nutrition 29(4):237-253
- [10] Furtado MM, Lourenço Neto JPM (1994) Tecnologia de queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos. Dipemar Ltda, São Paulo.
- [11] Green ML, Turvey A, Hobbs DG (1981) Journal of Dairy Research 48(2): 343-355.
- [12] Hickey MW, Van Leeuwen H, Hillier AJ, Jago GR (1983) Australian Journal of Dairy Technology 38 (3):110-113.
- [13] Hydamaka AW, Wilbey RA, Lewis MJ, Kuo AW (2001) Food Research International 34: 197-205.
- [14] Koning PJ, Boer R, Both P, Nooy PFC (1981) Netherlands Milk Dairy Journal 35 (1):35-46.
- [15] Lawrence RC, Gilles J (1982) New Zealand Journal of Dairy Science and Technology 17:1-14.
- [16] Lelievre J, Lawrence RC (1988) Journal of Dairy Research 55(3): 465-478.

- [17] Moreno I, Vialta A, Lerayer ALS, Destro MT (2002) Indústria de Laticínios 7(39):59-62.
- [18] Nova legislação de produtos lácteos e de alimentos para fins especiais, diet, light e enriquecidos (1998). Fonte Comunicações e Editora, São Paulo.
- [19] Oliveira JS (1986) Queijo: fundamentos tecnológicos. Ícone Editora LTDA, São Paulo.
- [20] Renner E, El-Salam MH ABD (1991) Application of ultrafiltration in the dairy industry. Elsevier Applied Science, London.
- [21] Ribeiro EP (1996) Aplicação da ultrafiltração de leite no processo de fabricação de queijo tipo prato- efeito do fator de concentração. Anais do Congresso Nacional de Laticínios 14: 145-152.
- [22] Richardson GH (1985) Standard Methods for Examination of Dairy Products. American Publ. Health Assoc, Washington.
- [23] Schiffan TZ, Komatsu I (1980) Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes 35(207): 33-38.
- [24] Souza EA de (1960) Tecnologia de fabricação de queijos. Editora Lar Católico, Juiz de Fora.
- [25] Souza MJ, Ardo Y , McSweeney PLH (2001) International Dairy Journal 11:327-345.
- [26] Van Dender AGF, Ducruet P, Maubois JL (1987) Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes 42(249): 7-14.
- [27] Walstra P, Geurts TJ, Jellema A, Van Boekel AJS (1999) Dairy Technology. Marcel Dekker Inc, New York.
- [28] Wolfschoon-Pombo AF (1983) Boletim do leite 55(661):1-8.

CAPÍTULO IV

AVALIAÇÃO DA MICROESTRUTURA DO QUEIJO TIPO PRATO OBTIDO POR MODIFICAÇÕES NO PROCESSO TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO

Artigo redigido segundo as normas de publicação da revista *Milchwissenschaft*, para a qual
será submetido para publicação

AVALIAÇÃO DA MICROESTRUTURA DO QUEIJO TIPO PRATO OBTIDO POR MODIFICAÇÕES NO PROCESSO TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO

Foi estudado o efeito do uso de leite concentrado por ultrafiltração (LCUF) (fator de concentração volumétrica (FCV) de 4:1), pré-fermentação de parte (10 e 20%) deste LCUF e aquecimento indireto da massa na composição e microestrutura do queijo tipo Prato. Foram realizados cinco tratamentos (T), respectivamente sem ultrafiltração (queijo padrão) – T1 e com ultrafiltração: sem pré-fermentação do LCUF - T2; com pré-fermentação de 10% do LCUF – T3; com pré-fermentação de 20% do LCUF – T4 e com pré-fermentação de 20% do LCUF e único com aquecimento indireto da massa – T5. O uso da ultrafiltração apresentou a tendência de elevar o teor de proteína total dos queijos. O uso da pré-fermentação apresentou a tendência de reduzir o teor de umidade e o pH e elevar o teor de gordura. A estrutura dos queijos foi formada pela coesão de massas protéicas globosas e intensamente perfuradas por espaços esféricos. Foi observado para T1 a formação de cordões de proteína sem orientação definida. T2 mostrou espaços de pequeno e médio porte com distribuição similar a de T1, apresentando cordões mais espessos e superfícies das formações côncavas mais grosseiras e menos nítidas. Em T3 observou-se um aumento no número de espaços com maior diâmetro. Observou-se paredes mais estiradas e lisas para T4, similares a T5 o qual apresentou como diferença sinais muito leves de formação de linhas na superfície da matriz protéica.

Queijo Prato, ultrafiltração, pré-fermentação, microestrutura

1. Introdução

O queijo Prato é um dos queijos de maior produção no Brasil, de massa semicozida, similar ao Danbo dinamarquês bem como ao Gouda e Edam holandeses (5) e tem como características a obtenção de uma massa semicozida, com remoção parcial do soro, lavagem por adição de água quente, pré-prensagem, moldagem sob soro, prensagem, salga e maturação de no mínimo 25 dias (2). O semicozimento da massa pode ser direto, pela remoção de parte do soro e adição de água quente ou indireto pelas paredes do tanque (15).

MAUBOIS & MOCQUOT (12) relataram um processo de fabricação de queijos baseado na concentração do leite por ultrafiltração até obtenção de um pré-queijo líquido a ser transformado, pela adição de fermentos lácticos, coalho, sal, e, quando necessário, de corantes e bolores, em um queijo com características similares as do obtido pelo processo tradicional. O uso de ultrafiltração apresenta inúmeras vantagens (7, 10, 23), porém queijos fabricados a partir desse processo têm apresentado características de aroma, sabor e textura diferentes das apresentadas pelos queijos tradicionais (10). A concentração parcial do leite pode ser uma alternativa para conseguir maiores rendimentos, melhor aproveitamento do espaço físico da fábrica e produtos mais próximos do tradicional (7, 13).

RIBEIRO (14) produziu queijo Prato utilizando LCUF com vários fatores de concentração volumétrica (**FCV**) (1,5:1; 2,5:1, 3,5:1 e 5,0:1) e obteve queijos com características organolépticas e de textura típicas e rendimento maior que no processo tradicional, sendo que para FCV de 5:1 só foi obtida uma textura adequada com uma pré-fermentação de parte (10%) deste LCUF com cultura lática.

Textura é o termo usado para descrever a aparência do interior de um queijo após a união dos grânulos da coalhada ter sido completada, sendo este atributo comumente examinado visualmente, a olho nu (8). O uso da microscopia eletrônica permite um estudo mais profundo da textura de um

queijo, pois possibilita o conhecimento da sua microestrutura a nível das micelas de caseína, soroproteínas e glóbulos de gordura (8).

O objetivo desta pesquisa foi estudar as mudanças, na composição e na microestrutura do queijo Prato, causadas pelo uso de leite concentrado por ultrafiltração (LCUF) (fator de concentração volumétrica de 4:1); pré-fermentação de parte deste LCUF (0, 10 e 20%) e variações no tipo de aquecimento (direto e indireto).

2. Materiais e métodos

2.1 Preparo e Ultrafiltração do leite

Leite cru (250 Kg) foi tratado termicamente (68°C/2 min). Uma fração de 50 Kg foi resfriada a 35°C e imediatamente utilizada para fabricação do queijo padrão T1. A fração remanescente de 200 Kg foi resfriada a 55°C e concentrada por ultrafiltração (UF) em um sistema com membranas minerais (peso molecular de corte de 20.000 Daltons), TECH - SP, modelo S 37, (pressão de entrada e de saída de, respectivamente, 2,5 e 1,5 Kgf/cm²) até FCV=4:1. O LCUF obtido foi pasteurizado a 63°C por 30 min, resfriado a 7°C e dividido em 4 porções iguais para fabricação de queijos (T2, T3, T4 e T5) e frações de 0% de T2 ; 10% de T3 e 20% de T4 e de T5 foram pré-fermentadas com cultura lática mesófila (G3 MIX 6-VISBYVAC®- B50, composto por múltiplas cepas mistas de *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* e *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*) a 32° C até pH 5,0.

2.2 Fabricação dos queijos

Para o queijo T1, ao leite a 35°C, adicionou-se cloreto de cálcio 50% (0,4 ml/Kg de leite), fermento na quantidade de 10% da recomendada pelo fabricante, corante de urucum (*Bixa orellana*) e coalho (coalho de vitelo - Bela Vista - 90% de quimosina), em quantidade suficiente para coagular o leite em 40 min. a temperatura de 35°C.

Para a fabricação dos queijos a partir dos LCUF as respectivas frações de T2, T3, T4 e T5 foram misturadas e aquecidas a 35°C e utilizou-se cultura lática, corante e agente coagulante para a quantidade de leite equivalente ao LCUF, porém sem o uso de cloreto de cálcio.

Após 40 minutos (igual para todos os tratamentos), a massa foi cortada (0,4X0,5cm) e deixada em repouso por 5 min. Foi feita uma agitação (1ª) lenta e contínua por 20 minutos, remoção de parte do soro e aquecimento/agitação (2ª) da coalhada com adição de água quente (80°C), até 41°C, de modo a se obter o ponto de massa do queijo Prato. Para os processos T2, T3, T4 e T5 não foi realizada a primeira agitação nem a remoção de parte do soro sendo o aquecimento da massa direto para T2, T3 e T4 e indireto para T5. Após o aquecimento, as massas foram pré-prensadas (2x o peso do queijo) em dreno-prensa por 20 minutos, colocadas em formas plásticas, prensadas (6h) (10 a 20x o peso do queijo) e armazenadas a 7±1°C. No dia seguinte, os queijos foram colocados em salmoura (20% sal), por um período de 8 horas a 4±0°C, submetidos a secagem a 7±1°C, pesados, embalados a vácuo em sacos plásticos termoencolhíveis e estocados a 7±1°C por um período de 45 dias.

2.3 Análises de composição dos queijos

Foram empregadas as metodologias AOAC (1) 920.124 para acidez titulável (AT), 925.23 para o teor de extrato seco total (EST), 920.123 para o teor de nitrogênio total (NT) e fator de conversão 6,38 para proteína total. O teor de umidade foi obtido subtraindo-se o teor de EST do valor 100 e o de gordura foi determinado pelo método de Gerber (3). O pH foi determinado pelo método potenciométrico. As determinações foram feitas em triplicata.

2.4 Avaliação da microestrutura dos queijos

As características estruturais dos queijos Prato produzidos foram obtidas utilizando-se Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e a análise foi realizada nos queijos com 45 dias de estocagem.

Preparo das amostras: As amostras foram cortadas em cubos de aproximadamente 0,5cm, fixadas com glutaraldeído 2% em tampão Cacodilato 0,1 M e pH 7,13 por 15 horas, lavadas duas vezes, por quinze minutos, em tampão cacodilato 0,1 M. Foram então pós fixadas com ósmio (OsO_4 1%) em tampão cacodilato por seis horas, lavadas novamente com tampão Cacodilato 0,1M e desidratadas em solução alcoólica com diferentes gradientes de concentração (50, 70, 90, 95 e 100). Por fim, foram desidratadas com acetona, fraturadas e montadas em “stubs”. Os fragmentos foram submetidos a secagem pela técnica do ponto crítico, recobertas com ouro 180seg /40mA e examinadas no microscópio eletrônico modelo MEV/IB – JEOL JSM-5800LV com voltagem de 10Kv.

3. Resultados e discussão

3.1 Composição dos queijos

A composição dos queijos avaliados neste experimento é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Composição dos queijos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).					
Parâmetros avaliados	T1	T2	T3	T4	T5
pH ¹	5,72	5,27	5,38	5,20	5,31
Acidez titulável (% de ácido láctico) ¹	0,84	0,86	0,80	1,07	0,95
Umidade (%) ²	45,11	48,22	41,97	41,84	40,93
Gordura (%) ²	25,30	24,67	25,67	25,33	26,00
Proteína Total (%) ²	18,02	20,13	22,13	21,83	22,72
¹ Parâmetro avaliado com 45 dias de estocagem					
² Parâmetro avaliado com 10 dias de estocagem					

O uso da ultrafiltração apresentou a tendência de elevar o teor de proteína total dos queijos possivelmente devido à incorporação de soroproteínas (11).

A pré-fermentação apresentou a tendência de aumentar a acidez titulável e reduzir o pH dos queijos, em decorrência de uma maior incorporação de ácido láctico e de uma maior ação da cultura láctica. O uso da pré-fermentação também reduziu o teor de umidade dos queijos. As micrografias dos tratamentos T3, T4 e T5 (Figuras 3, 4 e 5) mostraram que os espaços vazios nestes queijos foram maiores que os observados nos queijos T1 e T2, o que poderia justificar maiores perdas de umidade.

3.2 Microestrutura dos queijos

Verificou-se que a estrutura dos queijos produzidos foi formada pela coesão de massas protéicas globosas e intensamente perfuradas por espaços esféricos cujos diâmetros variaram, de acordo com as operações utilizadas para obtenção do queijo, observações estas que confirmaram relatos de outros pesquisadores (6, 8, 9).

As Figuras 1, 2, 3, 4 e 5 mostram as microestruturas dos queijos dos diferentes tratamentos, com 45 dias de estocagem.

As Figuras 1a e 1b, referentes aos queijos do Tratamento 1, revelaram que a estrutura do queijo Prato padrão era semelhante a de uma esponja, com as proteínas formando uma rede protéica, no interior da qual foram observados espaços vazios de diferentes diâmetros, espaços estes anteriormente ocupados pelo soro e por glóbulos de gordura. Nessas micrografias foi possível visualizar que os cordões de proteína que formaram a matriz do queijo Prato, que é um tipo de queijo de textura amorfa, não apresentaram uma orientação definida, como ocorre no queijo Mussarela, cuja textura é fibrosa. Observou-se também que a superfície de toda a matriz protéica pareceu esculpida com formações côncavas arredondadas.

Micrografias similares foram mostradas por KÁLAB (8) para queijos tipo Edam e Gouda fabricados a partir de leite não ultrafiltrado.

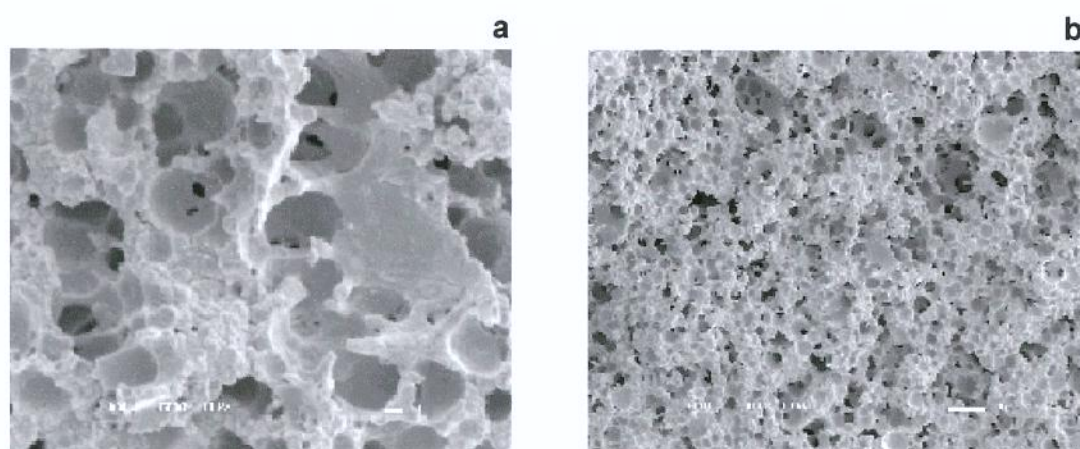


Fig. 1 – Tratamento 1 – Microestrutura do queijo Prato obtido tradicionalmente. **a** - 5000X ; **b** - 1000X

As Figuras 2a e 2b, que correspondem a micrografias de queijos do Tratamento 2, mostraram que os espaços de pequeno e médio diâmetro têm praticamente a mesma distribuição verificada nos queijos do Tratamento 1, porém os cordões que formam a rede protéica mostraram-se mais espessos e o aspecto da superfície da matriz pareceu tornar-se mais grosseiro, não permitindo uma visualização tão nítida das formações côncavas arredondadas observadas no queijo padrão.

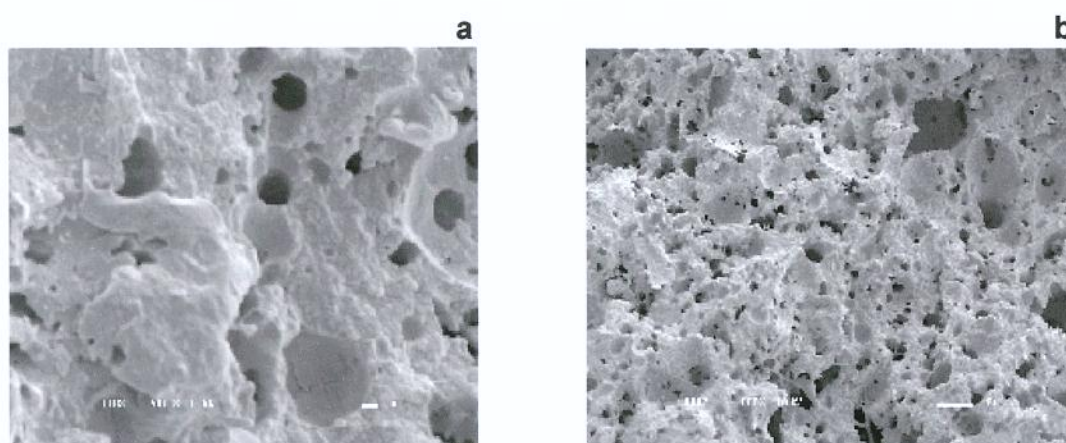


Fig. 2 – Tratamento 2 – Microestrutura do queijo Prato obtido de LCUF (4:1) sem pré-fermentação. **a** - 5000X ; **b** - 1000X

Segundo GREEN et al. (6), alterações nos ingredientes utilizados na fabricação de um queijo, bem como nas suas condições de processamento, podem afetar a textura ou a estrutura do mesmo. No caso dos queijos do Tratamento 2 o uso de leite ultrafiltrado resultou em uma microestrutura mais grosseira, fato também observado por GREEN et al. (6), em estudos realizados para avaliar a estrutura e textura de queijo Cheddar obtido a partir de LCUF.

Nos queijos do Tratamento 3 (Figuras 3a e 3b), a matriz protéica também foi alterada, devido ao uso de LCUF. Quanto à distribuição dos espaços esféricos, anteriormente ocupados por gordura e soro, ocorreu um aumento no número de espaços com maior diâmetro, em relação ao Tratamento 1. De acordo com GREEN et al. (6), queijos obtidos por UF tendem a apresentar glóbulos de gordura maiores como consequência da própria alteração sofrida pela rede protéica, a qual tornou-se mais espessa e grosseira. Além disso, o processo de ultrafiltração, principalmente no sistema de batelada, pode ter causado injúrias na membrana lipoprotéica dos glóbulos de gordura, rompendo a mesma, e fazendo com que os glóbulos tendessem a se unir.

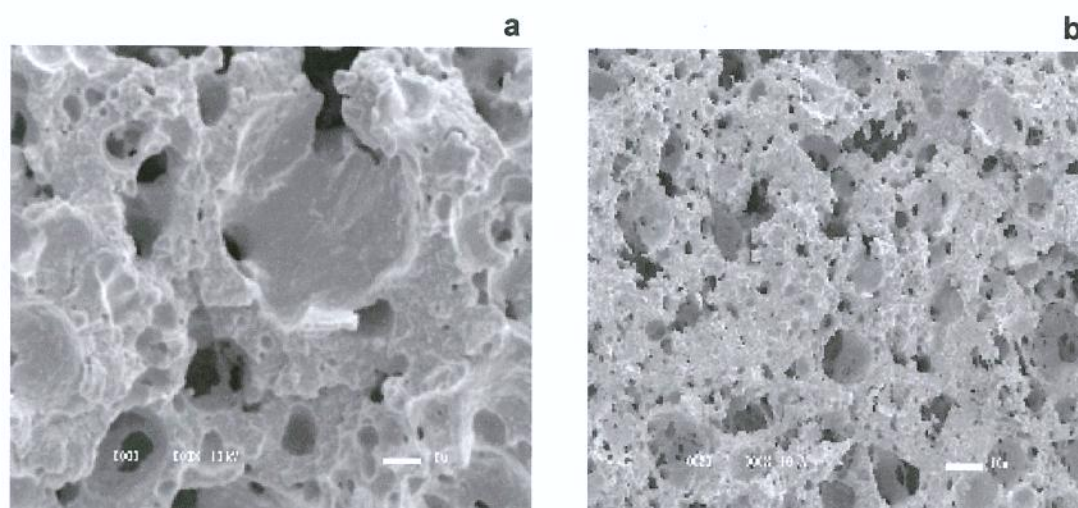


Fig. 3 – Tratamento 3 – Microestrutura do queijo Prato obtido de LCUF (4:1) com pré-fermentação de 10% do retentado. **a** - 5000X ; **b** - 1000X

Nos queijos do Tratamento 4 (Figuras 4a e 4b), a estrutura conservou a mesma característica do Tratamento 3, sendo que as paredes das células

maiores apresentaram-se mais estiradas e lisas, o que, possivelmente, foi consequência do abaixamento do pH.

Os queijos elaborados com leite UF parcialmente pré-fermentado (20%) (Tratamentos 4 e 5) apresentaram valores de pH na faixa de 5,20-5,31 (Tabela 1). Experimentos realizados pelos autores deste trabalho com queijo Mussarela, elaborado a partir de um leite de composição similar e da mesma procedência que o utilizado neste experimento, revelaram que as Mussarelas obtidas de LCUF (FCV=2,3:1) filavam quando a massa atingia valores de pH ao redor de 5,0-5,1. Portanto, provavelmente os queijos do Tratamento 4 apresentaram as paredes das cavidades maiores mais estiradas e lisas devido a maior plasticidade e elasticidade da massa, pois segundo FURTADO (4), a massa só é capaz de filar quando atinge um valor de pH que resulta em uma massa com adequadas características de elasticidade e plasticidade.

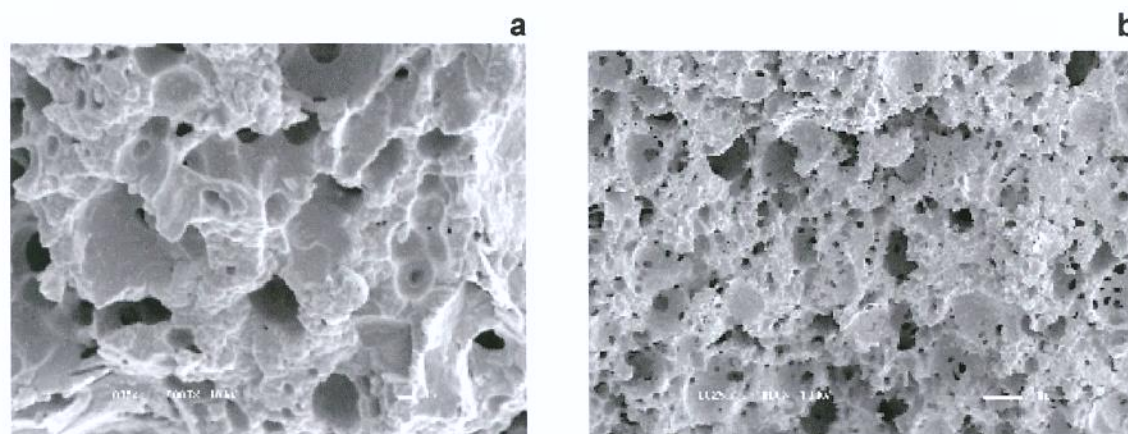


Fig. 4 – Tratamento 4 – Microestrutura do queijo Prato obtido de LCUF (4:1) com pré-fermentação de 20% do retentado. **a** - 5000X ; **b** - 1000X

Nas Figuras 5a e 5b, referentes aos queijos do Tratamento 5, a matriz protéica é bastante similar a do tratamento anterior, apresentando como única diferença sinais muito leves de formação de linhas na sua superfície.

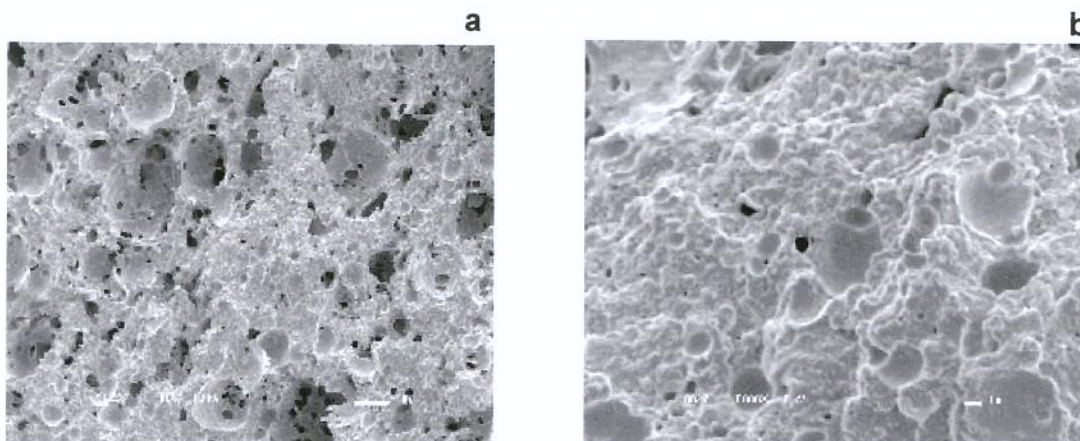


Fig. 5 – Tratamento 5 – Microestrutura do queijo Prato obtido de LCUF (4:1) com pré-fermentação de 20% do retentado e aquecimento indireto. **a** - 5000X ; **b** - 1000X

5. Conclusões

O uso da ultrafiltração apresentou a tendência de elevar o teor de proteína total dos queijos. O uso da pré-fermentação apresentou a tendência de reduzir o teor de umidade e o pH e elevar o teor de gordura. De modo geral, verificou-se que a estrutura dos queijos produzidos foi formada pela coesão de massas protéicas globosas e intensamente perfuradas por espaços esféricos. Nos queijos padrão foi observado a formação de cordões de proteína sem orientação definida, similar as descritas por KÁLAB (8) para queijos Edam e Gouda. Os queijos feitos com LCUF e sem pré-fermentação parcial mostraram espaços de pequeno e médio porte com distribuição similar a dos queijos padrão, apresentando cordões mais espessos e superfícies das formações côncavas mais grosseiras e menos nítidas. Nos queijos preparados com LCUF pré-fermentado (10%) observou-se um aumento no número de espaços com maior diâmetro. Nos queijos preparados com pré-fermentação de 20% de LCUF observou-se paredes mais estiradas e lisas para os queijos preparados com aquecimento direto, bastante similar ao apresentado pelos queijos preparados com aquecimento indireto, porém estes últimos apresentaram como única diferença formação de linhas muito leves na superfície da matriz protéica.

5. Referências

- (1) AOAC: Official methods of analysis of AOAC international, Washington, 109 (1995).
- (2) BRASIL: Nova legislação de produtos lácteos e de alimentos para fins especiais, diet, light e enriquecidos, Fonte Comunicações e Editora, São Paulo, 212 (1998).
- (3) BRITISH STANDARDS INSTITUTION: Determination of fat content of milk and milk products (Gerber method). Methods, London, 12 (1989)
- (4) FURTADO, M.M.: A arte e a ciência do queijo, Globo, São Paulo, 297 (1991).
- (5) FURTADO, M.M., LOURENÇO NETO, J.P.M.: Tecnologia de queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos Dipemar Ltda, São Paulo, 118 (1994).
- (6) GREEN, M.L., TURVEY, A., HOBBS, D.G.: J. Dairy Res. **48**(2) 343-355 (1981)
- (7) JENSEN, G.K., STAPELFELDT, H.: In IDF Bulletin Special Issue n.9301 (1993).
- (8) KÁLAB, M.: Milchwissenschaft **32**(8) 449-512 (1977).
- (9) KÁLAB, M.: Food Structure **12** (1) 95-114 (1993).
- (10) KOSIKOWSKI, F.: Food Tech. **40**(6) 71-77 (1986).
- (11) LELIEVRE, J., LAWRENCE, R.C.: J. Dairy Res. **55**(3) 465-478 (1988).
- (12) MAUBOIS, J.L., MOCQUOT, G.: J. Dairy Sci. **58**(7) 1001-1007 (1975).
- (13) NIELSEN, P.S.: Scandinavian Dairy Industry (1) 34-35 (1987).
- (14) RIBEIRO E.P.: Aplicação da ultrafiltração de leite no processo de fabricação de queijo tipo prato, PhD thesis Unicamp, Campinas, SP, Brasil (1996).
- (15) SOUZA, E.A.: Tecnologia da fabricação de queijos, Editora Lar Católico, Juiz de Fora, 116 (1960).

CAPÍTULO V

AVALIAÇÃO DA TEXTURA DO QUEIJO TIPO PRATO OBTIDO POR MODIFICAÇÕES NO PROCESSO TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO

Artigo redigido segundo as normas de publicação da revista Brazilian Journal of Food Technology, para a qual foi submetido para publicação.

AVALIAÇÃO DA TEXTURA DO QUEIJO TIPO PRATO OBTIDO POR MODIFICAÇÕES NO PROCESSO TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO

RESUMO

Foram avaliados os efeitos de cinco diferentes metodologias para processamento de queijo Prato envolvendo uso de leite concentrado por ultrafiltração (LCUF), pré-fermentação de parte deste LCUF e dois métodos diferentes de cozimento da massa, na composição e textura dos mesmos. Foram realizados três processamentos com cinco tratamentos (T) cada, respectivamente sem ultrafiltração (queijo padrão) - T1 e com ultrafiltração: sem pré-fermentação de parte do LCUF – T2; com pré-fermentação de 10% do LCUF – T3; com pré-fermentação de 20% do LCUF e aquecimento direto da massa – T4 e com pré-fermentação de 20% do LCUF e único com aquecimento indireto da massa – T5. O uso de LCUF no queijo T2 não afetou a sua composição centesimal em relação ao queijo padrão, porém a pré-fermentação de parte do LCUF diminuiu o pH e apresentou a tendência de aumentar o teor de gordura nos queijos ultrafiltrados. O tipo de cozimento adotado não interferiu na composição. A textura foi avaliada durante 45 dias de estocagem, sendo analisadas amostras das regiões central e periférica dos queijos. Todos os parâmetros texturais avaliados: dureza-TPA; adesividade-TPA; elasticidade-TPA; coesividade-TPA; gomosidade-TPA e mastigabilidade-TPA, tanto na região periférica como na região central dos queijos, foram influenciados significativamente pelo tempo de estocagem. Apenas os parâmetros adesividade-TPA e mastigabilidade-TPA na região central e

elasticidade-TPA na região periférica dos queijos foram influenciados significativamente pelo tipo de tratamento avaliado, sendo que nestes três parâmetros sempre o queijo T4 diferiu do padrão, possivelmente devido a uma maior degradação da caseína e a um menor pH.

Palavras-chave: Queijo Prato, ultrafiltração, pré-fermentação, composição, textura.

SUMMARY

STUDY OF MODIFICATION EFFECTS ON THE TRADITIONAL MANUFACTURING PROCESS OF PRATO CHEESE ON COMPOSITION AND TEXTURE. Five different Prato cheese processing methodologies involving ultrafiltration concentrated milk (**UFCM**), partial UFCM pre-fermentation and two different methods of curd cooking were employed and their effect on composition and texture were evaluated. Three processings with five treatments (T) each were realized, respectively without ultrafiltration (standard cheese) - **T1** and with ultrafiltration: without UFCM pre-fermentation – **T2**; 10% UFCM pre-fermentation – **T3**; 20% UFCM pre-fermentation and direct curd heating – **T4** and 20% UFCM pre-fermentation and the only one indirect curd heating – **T5**. UFCM use on cheese T2 did not affect its centesimal composition with respect to standard cheese (T1), however partial UFCM pre-fermentation lowered the pHs and presented the tendency to increase the fat content on the UFCM cheeses. Curd cooking system adopted do not interfered on composition. Texture was evaluated during 45 days of storage, and central and peripheral cheese samples were analyzed. All textural parameters evaluated: TPA hardness, TPA adhesiveness,

TPA springiness, TPA cohesiveness, TPA gumminess and TPA chewiness, either at the cheeses periferic as at the central part were significantly influenced by the storage time factor. Only TPA adhesiveness and TPA chewiness in the cheeses central part and TPA springiness in the cheeses periferical part were significantly influenced by the evaluated treatments and in this three parameters always cheese T4 differed from the standard possibly due to a greater casein degradation and to a lower pH.

Key words: Prato Cheese, ultrafiltration, pre-fermentation, composition, texture.

1-INTRODUÇÃO

O queijo Prato é um queijo de massa semi-cozida típico do Brasil, similar ao Gouda holandês e ao Danbo dinamarquês (FURTADO & LOURENÇO NETO, 1994), cujo semi-cozimento da massa pode ser direto, pela remoção de parte do soro e adição de água quente ou indireto pelas paredes do tanque (SOUZA, 1960). Este tipo de queijo, juntamente com o Mussarela, o Minas e o Requeijão, é um dos mais consumidos no país, com uma produção média de cerca de 70 mil toneladas métricas (CICHOSCKI et al., 2002).

Entre as características sensorias apresentadas por um queijo, a textura é uma das mais importantes, tendo um efeito significativo na determinação da sua identidade e qualidade (CREAMER & OLSON, 1982). A textura pode ser medida diretamente pelo uso do sentido do tato (técnica subjetiva) ou por métodos físicos (técnica objetiva), sendo que as técnicas objetivas têm as vantagens de não

estarem sujeitas a variações ou a fadiga do degustador e podem ser calibradas mais precisamente do que os sentidos humanos (MIYA, 1972).

Na manufatura do queijo Prato, assim como dos demais tipos de queijos, as micelas de caseína se unem formando uma rede protéica tridimensional, entremeada com glóbulos de gordura e água, a qual é a base da estrutura do queijo, sendo os atributos texturais apresentados pelo mesmo uma manifestação das propriedades reológicas da sua estrutura física (HORT & GRYS, 2001). Dos parâmetros texturais normalmente avaliados os principais são: a dureza, a elasticidade e a adesividade, sendo a dureza a característica mais importante com relação às preferências dos consumidores (CHERL-HO, 1978).

LAWRENCE et al. (1987) identificaram duas fases distintas no desenvolvimento da textura de um queijo. Inicialmente, durante os primeiros 7 a 14 dias de estocagem, o coalho residual é responsável por uma hidrólise relativamente rápida da α s1-caseína à fração α s1-1 caseína, o que diminui a textura borrachenta do queijo, promovendo um amaciamento do mesmo. A segunda fase compreende o restante do período de maturação e envolve uma proteólise contínua e distintamente mais lenta da fração α s1-1 caseína e de outras caseínas, via enzimas do coalho, proteases nativas do leite e enzimas do fermento láctico e da microflora secundária. Os principais fatores que afetam a taxa de proteólise são: nível de coagulante residual e tipo de coagulante utilizado, teor de sal na umidade, temperatura de maturação e mudanças no pH durante a maturação (LAWRENCE et al., 1987).

A aplicação da tecnologia de ultrafiltração do leite para fabricação de queijos apresenta inúmeras vantagens (JENSEN & STAPELFELDT, 1993; KOSIKOWSKI, 1976; KOSIKOWSKI, 1986; MORRIS, 1984 E NIELSEN, 1987) e, apesar de estar bem estabelecida para diversos tipos de queijos, encontra-se ainda em fase de expansão (HYDAMATA et al., 2001).

VAN DENDER et al. (1987) pesquisaram o desenvolvimento de uma tecnologia de fabricação de queijo tipo Prato pelo processo MMV (MAUBOIS, MOCQUOT & VASSAL, 1969), baseado na concentração total do leite até obtenção de um pré-queijo líquido de composição similar a um queijo tradicional. Os resultados obtidos mostraram a possibilidade de se obter, pelo método MMV, um queijo próximo ao queijo tipo Prato, do ponto de vista de composição físico-química, porém não foi avaliado o efeito do uso do método MMV sobre a sua textura.

RIBEIRO (1996) produziu queijo Prato utilizando LCUF com vários fatores de concentração volumétrica (1,5:1; 2,5:1, 3,5:1 e 5,0:1) e analisou o efeito dos mesmos sobre a composição e textura (avaliada sensorialmente) dos queijos produzidos. Concluiu que o uso de tais retentados possibilitava a obtenção de queijos com características de textura típicas de um queijo Prato, sendo que para o queijo elaborado com retentado 5:1, uma textura adequada só foi possível com uma pré-fermentação de parte (10%) deste retentado com cultura láctica.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito das seguintes modificações no processo tradicional de fabricação de queijo Prato: uso de leite concentrado por ultrafiltração até um fator de concentração volumétrica (FCV) de 4:1; pré-fermentação de parte deste LCUF e variação no tipo de cozimento da massa

sobre a composição físico-química e na textura dos queijos, comparando os resultados com os de um queijo padrão.

2-MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Ultrafiltração do leite

Leite cru tipo B (250 Kg), proveniente da Cooperativa dos Produtores de Leite da Região de Campinas, foi tratado termicamente a 68°C/2 min. Uma parte do leite (50 Kg) foi resfriada a 35°C e transferida para cubas de fabricação de queijos (capacidade para 25 Kg) para elaboração de um lote de queijo Prato padrão (T1) e a outra parte (200 Kg) foi resfriada a 55°C e submetida a um processo de concentração por ultrafiltração (UF). O leite foi concentrado por UF com membranas minerais com peso molecular de corte de 20.000 Daltons, TECH - SP, modelo S 37, com pressão de entrada e de saída de 2,5 e 1,5 Kgf/cm², respectivamente, até FCV=4:1. Após o processo de concentração, o leite ultrafiltrado obtido foi pasteurizado a 63°C por 30 min, resfriado a 7°C e dividido em 4 porções iguais, sendo cada uma delas transferida para cubas de fabricação de queijos (T2, T3, T4 e T5).

2.2 Fabricação dos queijos

Foram realizados três processamentos, em datas diferentes. Em cada processamento foram fabricados cinco lotes de queijos tipo Prato (T1, T2, T3, T4 e T5). O lote T1 foi elaborado pelo método convencional a partir de leite não

concentrado, no mesmo dia da chegada do leite na planta piloto e os outros quatro lotes foram elaborados a partir de LCUF no dia subsequente. No caso dos queijos elaborados a partir de LCUF (T2, T3, T4 e T5), após o resfriamento de cada uma das 4 porções, retirou-se uma porcentagem das mesmas (0% de T2 ; 10% de T3 e 20% de T4 e T5) as quais foram submetidas a uma pré-fermentação com cultura lática mesófila (G3 MIX 6-VISBYVAC®- B50, composto por múltiplas cepas mistas de *Lactococcus lactis ssp. lactis* e *Lactococcus lactis ssp. cremoris*) a 32°C. O restante do LCUF foi armazenado a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ até o dia seguinte. Após as porções separadas de LCUF terem atingido pH igual a 5,0 , as mesmas foram misturadas aos respectivos LCUFs, e procedeu-se, então, ao aquecimento dos retentados até 35°C para dar início ao processamento dos queijos. Tanto o queijo padrão como os ultrafiltrados foram fabricados seguindo as etapas básicas do processamento tradicional de queijo Prato. No queijo padrão (T1), o leite aquecido a 35°C recebeu a adição de cloreto de cálcio 50% (0,4 ml/Kg de leite), fermento liofilizado concentrado de utilização direta no tanque, na quantidade de 10% da recomendada pelo fabricante, corante de urucum (*Bixa orellana*) e coalho (coalho de vitelo - Bela Vista - 90% de quimosina), em quantidade suficiente para coagular o leite em 40 min. a temperatura de 35° C. Na fabricação dos queijos a partir de LCUF procedeu-se de maneira similar, utilizando-se cultura lática, corante e agente coagulante numa quantidade equivalente a que seria utilizada convertendo o LCUF em leite, porém sem o uso de cloreto de cálcio. Após a coagulação (40 minutos para todos os tratamentos), a massa foi cortada em cubos de 0,4 cm X 0,5 cm de aresta e deixada em repouso por 5 min. Iniciou-se,

então, uma agitação lenta e contínua dessa massa por cerca de 20 minutos (1ª mexedura), seguida pela remoção de parte do soro e aquecimento da coalhada (2ª mexedura), com adição de água quente (80°C), até 41°C, de modo a se obter o ponto de massa do queijo Prato. No caso dos queijos obtidos a partir de LCUF, não foi realizada a primeira mexedura nem a remoção de parte do soro, assim, logo após o repouso foi realizado o aquecimento da massa, o que resultou numa redução do tempo de processamento de cerca de 30 minutos. Para os queijos dos tratamentos T2, T3 e T4 adotou-se o aquecimento direto da massa por adição de água quente (80°C), porém, para o queijo T5 adotou-se o aquecimento indireto. Após o término do aquecimento, as massas foram pré-prensadas em dreno-prensa por 20 minutos, com o dobro do peso da massa, e depois colocadas em formas plásticas de queijo Prato de 0,5 kg e prensadas por 6 horas em prensa vertical, com pesos de aço inox. Os queijos foram virados após 20 minutos de prensagem e a cada hora subsequente até o momento de sair da prensa. Os pesos de prensagem foram aumentados gradativamente de 10 até 20 vezes o peso da massa. Atingido o tempo de prensagem, os queijos foram armazenados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, para no dia seguinte serem colocados em salmoura (20% sal) por um período de 8 horas a $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Por fim foram secos a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, pesados, embalados a vácuo em sacos plásticos termoencolhíveis e estocados a $7\pm 1^{\circ}\text{C}$ por um período de 45 dias.

2.3 Análises de composição dos queijos

Na determinação do teor de extrato seco total (**EST**) foi empregada a metodologia AOAC 925.23 (1995) e na do teor de cinzas a metodologia AOAC 935.42 (1995). O teor de umidade foi determinado subtraindo-se a porcentagem de EST do valor 100. O teor de gordura foi determinado pelo método de Gerber (BRITISH STANDARD INSTITUTION, 1989) e o teor de gordura no extrato seco (**GES**) foi calculado da seguinte forma: $\%GES = (\%Gordura \times 100) / \%EST$. O teor de nitrogênio total (**NT**) foi obtido pelo método de Kjeldahl AOAC 920.123 (1995), usando o fator de conversão 6,38 para o cálculo de proteína total e a determinação da porcentagem de nitrogênio não caséico (**NNC**) foi feita segundo BARBANO et al. (1991).

Os valores de pH foram determinados pelo método potenciométrico e os de acidez titulável (**AT**) e de sal (%) foram obtidos a partir da metodologia AOAC 920.124 (1995) e pelo método de Volhard (RICHARDSON, 1985), respectivamente. O teor de sal na umidade (**S/U**) foi calculado da seguinte forma: $S/U = (\%sal \times 100 / (\%sal + \%umidade))$.

Todas as determinações acima foram feitas em triplicata, nos queijos com 10 dias de armazenamento refrigerado, com exceção das determinações de pH e da porcentagem de nitrogênio não caséico que foram realizadas com 10 (**D10**), 25 (**D25**) e 45 (**D45**) dias de estocagem.

2.4 Análise de textura

A textura do queijo Prato foi avaliada através da Análise do Perfil de Textura ("Texture Profile Analysis" – TPA) utilizando-se o texturômetro TAXT₂ marca Stable Micro Systems (SMS). O equipamento foi operado pelo programa Texture Expert®. O texturômetro TAXT₂ fornece medidas de compressão, tanto de distância como de força. Os resultados foram apresentados de forma gráfica e a integração foi feita pelo software Texture expert®. As condições utilizadas no programa do texturômetro TAXT₂, para o teste de compressão: força x tempo foram: força tempo threshold = 20 seg, velocidade pré teste = 2,0 mm/seg, velocidade do teste = 1,0mm/seg., velocidade do pós teste = 2,0mm/seg., distância que o dispositivo comprime a amostra=10mm, equivalente a 50% de compressão, força de contato=5,0 g e a geometria utilizada foi o cilindro metálico com 55 mm de diâmetro (SMS P/55).

As amostras para análise do perfil de textura de cada tratamento foram preparadas separando-se, ao acaso, uma peça de queijo Prato. Esta peça foi dividida ao meio e a partir da face recém cortada de uma das metades foram cortadas duas fatias de 3 cm de espessura, as quais foram perfuradas com uma sonda cilíndrica. De cada fatia foram retirados 10 cilindros, sendo 6 deles da região periférica e os demais da região central. O teste foi realizado com no mínimo 10 cilindros, sendo cinco de cada região. As amostras para leitura tinham um formato cilíndrico com diâmetro e altura de 20mm. As amostras foram acondicionadas em caixas plásticas, devidamente fechadas, para evitar a perda de umidade. Para evitar a influência da temperatura na textura, durante a

realização do teste, as amostras foram mantidas sob temperatura controlada (aproximadamente 10°C), dentro de um recipiente isotérmico com barras de gelo reciclável. Durante o teste foi verificada a homogeneidade e a uniformidade das amostras; quando ocorreu desintegração durante a medida, o resultado foi desconsiderado e o teste repetido.

Os queijos foram avaliados com 10 (**D10**), 25 (**D25**) e 45 (**D45**) dias de estocagem.

Os parâmetros de perfil de textura avaliados foram: dureza-TPA (**D**); adesividade-TPA (**A**); elasticidade-TPA (**E**); coesividade-TPA (**C**); gomosidade-TPA (**G**) e mastigabilidade-TPA (**M**) da região periférica (**RP**) e da região central (**RC**) dos queijos.

2.5 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento estatístico adotado para o experimento foi Split-plot em blocos, sendo os tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5) aplicados às parcelas e o tempo às sub-parcelas. As bateladas de leite a serem processadas constituíram os blocos. Foram realizadas 3 bateladas, uma para cada réplica completa, formando 3 blocos.

A composição dos queijos dos cinco tratamentos foi avaliada estatisticamente através da análise da variância, utilizando-se o procedimento de comparação múltipla entre pares de médias (Método de Tukey) no décimo dia após a fabricação dos queijos. Os dados das análises de textura dos queijos foram avaliados da mesma forma que os de composição, no décimo, vigésimo quinto e quadragésimo quinto dia de estocagem. Todos os cálculos foram

realizados com o auxílio do programa estatístico SAS (SAS System for Windows, Release 8.02- SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição média dos queijos

Os queijos elaborados a partir de leite não ultrafiltrado e a partir de leite concentrado sem pré-fermentação não diferiram em termos de pH e AT (Tabela 1). Porém, elevando-se a porcentagem de concentrado pré-fermentado utilizada na fabricação dos queijos, os valores de AT aumentaram e os de pH diminuíram, em decorrência de uma maior incorporação de ácido lático e de uma maior ação da cultura láctica.

Os dados apresentados na Tabela 1 mostraram que embora estatisticamente não haja diferença significativa entre os diferentes tratamentos em relação às porcentagens de gordura e de proteína nos queijos, em termos práticos há diferença. Assim, o uso da pré-fermentação apresentou a tendência de aumentar o teor de gordura no queijo ultrafiltrado, o que fez com que os queijos T4 e T5 se aproximassem da porcentagem de GES mínima exigida pela legislação em vigor (GES= 45,0%). Da mesma forma a ultrafiltração tendeu a aumentar a concentração de proteína no queijo, possivelmente devido à incorporação das soroproteínas (LELIEVRE & LAWRENCE, 1988 E LUCEY & KELLY, 1994).

Tabela 1: Composição média (n=3) dos queijos obtidos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

Parâmetros avaliados	T1	T2	T3	T4	T5
EST (%)	51,77 ^{ab}	48,77 ^b	52,89 ^{ab}	54,95 ^a	55,47 ^a
Umidade (%)	48,23 ^{ab}	51,23 ^a	47,11 ^{ab}	45,05 ^b	44,53 ^b
Gordura (%)	25,21 ^a	20,84 ^a	23,06 ^a	24,66 ^a	24,61 ^a
GES (%)	48,78 ^a	42,58 ^a	43,38 ^a	44,92 ^a	44,30 ^a
Proteína Total (%)	18,42 ^a	21,38 ^a	22,51 ^a	21,86 ^a	22,24 ^a
Cinzas (%)	3,74 ^{ab}	4,03 ^a	3,64 ^{ab}	3,42 ^b	3,60 ^{ab}
Sal (%)	1,60 ^a	1,67 ^a	1,48 ^a	1,36 ^a	1,44 ^a
Sal/umidade (%)	3,22 ^a	3,17 ^a	3,07 ^a	2,93 ^a	3,14 ^a
Acidez titulável (% ácido láctico)	0,64 ^b	0,71 ^b	0,86 ^{ab}	1,28 ^a	1,12 ^{ab}
pH	5,37 ^a	5,37 ^a	5,28 ^{ab}	5,00 ^b	5,09 ^{ab}

Obs.: Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p>0,05$) (Método de Tukey para comparações múltiplas - MONTGOMERY, 2001).

3.2 Análise do perfil de textura dos queijos

A análise estatística dos dados, dos cinco tratamentos, referentes a: dureza-TPA na região periférica dos queijos (**D-RP**); dureza-TPA na região central (**D-RC**); adesividade-TPA na região periférica (**A-RP**); adesividade-TPA na região central (**A-RC**); elasticidade-TPA na região periférica (**E-RP**); coesividade-TPA na região periférica (**C-RP**); coesividade-TPA na região central (**C-RC**); gomosidade-TPA na região periférica (**G-RP**); gomosidade-TPA na região central (**G-RC**); mastigabilidade-TPA na região periférica (**M-RP**) e mastigabilidade-TPA na região central (**M-RC**) revelou que não houve interação

tratamento X tempo ($p=0,76$; $p=0,35$; $p=0,29$; $p=0,61$; $p=0,36$; $p=0,95$; $p=0,60$; $p=0,51$; $p=0,21$; $p=0,35$ e $p=0,12$, respectivamente), entretanto houve efeito do fator tempo de estocagem ($p < 0,01$; $p=0,02$; $p < 0,01$; $p=0,02$; $p < 0,01$; $p < 0,01$, $p=0,03$; $p < 0,01$; $p < 0,01$; $p < 0,01$ e $p < 0,01$, respectivamente) sobre estes parâmetros de textura.

Os valores de D-RP, D-RC, A-RP, C-RP, C-RC, G-RP, G-RC e M-RP não variaram significativamente com o tipo de tratamento adotado ($p=0,48$; $p=0,91$; $p=0,10$; $p=0,22$; $p=0,59$; $p=0,22$; $p=0,17$ e $p=0,15$, respectivamente). Porém, os parâmetros texturais A-RC, E-RP e M-RC foram afetados significativamente pelo tipo de tratamento ($p=0,02$; $p=0,04$ e $p=0,02$).

Dureza-TPA - Segundo o Teste de Tukey, a D-RP diminuiu significativamente entre as datas D10 e D25, porém não houve diferenças significativas entre os dias D25 e D45 (Figura 1a). Com relação a D-RC, $D10=D25$, $D10 \neq D45$ e $D25=D45$ (Figura 1b).

Neste experimento os queijos elaborados sofreram degradação da caseína (proteólise) por ação da quimosina (Tabela 2), o que causou redução na dureza durante a estocagem, fato este também observado em queijos Cheddar por CRAMER & OLSON (1982). A análise estatística dos dados de NNC (Tabela 2) revelou que não houve interação tratamento X tempo ($p=0,77$) e que o fator tempo influenciou significativamente ($p < 0,01$) estes dados, sendo que segundo o Teste de Tukey $NNC-D10 < NNC-D25 < NNC-D45$.

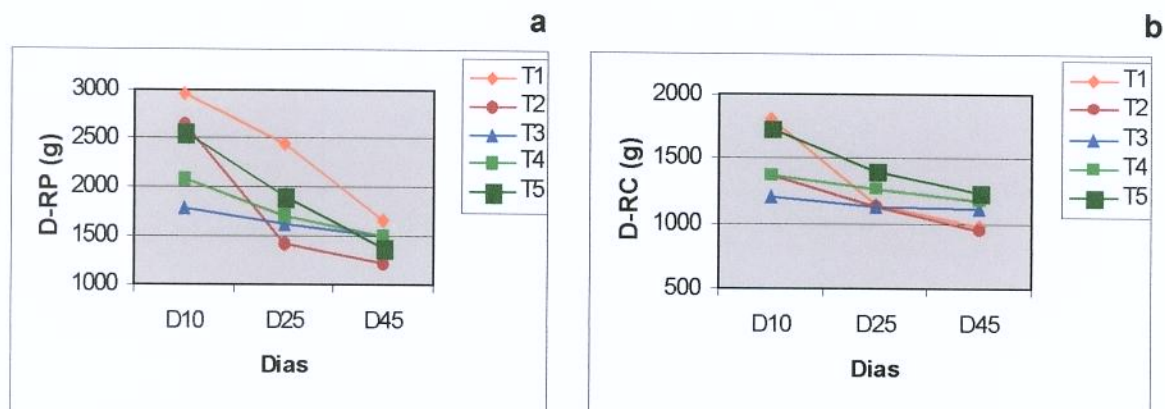


Figura 1: Dureza-TPA média (n=3) dos queijos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5). **a**- Dureza-TPA na região periférica dos queijos e **b**- Dureza-TPA na região central.

Tabela 2: Porcentagem média (n=3) de nitrogênio não caséico nos queijos obtidos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

Parâmetros avaliados	T1	T2	T3	T4	T5
Nitrogênio não caséico ¹ -NNC (%)	0,28	0,43	0,47	0,62	0,55
Nitrogênio não caséico ² -NNC (%)	0,40	0,57	0,63	0,74	0,69
Nitrogênio não caséico ³ -NNC (%)	0,48	0,66	0,76	0,95	0,85

¹ Parâmetro avaliado com 10 dias de estocagem (D10).

² Parâmetro avaliado com 25 dias de estocagem (D25).

³ Parâmetro avaliado com 45 dias de estocagem (D45).

Durante a maturação, a hidrólise enzimática das caseínas, especialmente da α s1-caseína, resulta em peptídeos e parte destes é solúvel em água, não

podendo contribuir com a matriz protéica que é responsável pela rigidez do queijo (LANE et al., 1997). Por esta razão, a dureza de um queijo pode diminuir durante a maturação (BERTOLA et al., 1992).

LAWRENCE et al. (1987) relataram que queijos tipo Gouda maturados sem embalagem tendiam a tornar-se mais duros durante a estocagem, devido à perda de umidade, o que aumentava a relação caseína/umidade, fato este que se sobrepunha à diminuição ocorrida na firmeza devido à hidrólise da matriz protéica. Neste experimento como os queijos foram embalados a vácuo com filme plástico, tal fato não ocorreu.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos com relação ao atributo dureza-TPA, neste experimento, resultado este que difere do encontrado por HYDAMAKA et al. (2001). HYDAMAKA et al.(2001) avaliaram o efeito do uso de LCUF (FCV 4:1) na textura de queijos tipo Chhana, fabricados por acidificação direta, e verificaram que a dureza-TPA foi significativamente maior para queijos manufaturados com este LCUF. Porém, no experimento realizado por estes pesquisadores houve uma diminuição no conteúdo de umidade do queijo tradicional para o ultrafiltrado (58,4% para 50,1%, respectivamente), a qual contribuiu para o aumento da dureza-TPA deste último. Como nos queijos Prato elaborados neste experimento houve uma diferença de umidade bem menor (Tabela 1) e como eram queijos de coagulação enzimática, nos quais a proteólise tende a minimizar o efeito da diferença de umidade, essa diferença entre queijos tradicionais e ultrafiltrados não foi observada.

Os valores de dureza-TPA das amostras retiradas do centro foram sempre inferiores aos das amostras retiradas das extremidades pelo fato da salga dos queijos ter sido feita em salmoura, o que resulta em queijos com uma menor relação sal/umidade e uma maior proteólise na região central dos mesmos durante as primeiras semanas de estocagem, o que reduziu a dureza dos queijos. À medida que o tempo de estocagem foi aumentando e a distribuição do sal foi se tornando mais uniforme nos queijos, essa diferença diminuiu como pode ser observado nas Figuras 1a e 1b. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por CHAVES (1997), analisando a dureza-TPA de amostras das regiões central e periférica de queijos Mussarela.

Adesividade-TPA – A A-RP assim como a A-RC mostraram o seguinte comportamento com relação ao tempo de estocagem: $D_{10}=D_{25}$, $D_{10} \neq D_{45}$ e $D_{25}=D_{45}$ (Figura 2a e 2b). De acordo com o teste de Tukey, a A-RC, entre os tratamentos, diferiu da seguinte forma: $T_1=T_2=T_3=T_5$, T_1 e T_2 são diferentes de T_4 , e, T_3 e T_5 são iguais a T_4 (Figura 2b).

Os tratamentos T_1 e T_2 não diferiram significativamente entre si, neste experimento, o que mostra que o uso de leite ultrafiltrado (FCV=4:1) não afetou a A-RP nem a A-RC. Estes resultados discordam dos obtidos por GREEN et al. (1981), que observaram uma redução na adesividade de queijos cheddar fabricados a partir de LCUF (FCV=4:1) em relação ao queijo padrão. Porém, nos experimentos realizados por GREEN et al. (1981) foi utilizada uma menor quantidade de coalho na fabricação dos queijos com LCUF, os quais apresentaram menor proteólise e conseqüentemente menor adesividade. No

caso dos queijos Prato elaborados neste experimento a quantidade de coalho utilizada para coagular o LCUF foi calculada com base no seu volume equivalente de leite não ultrafiltrado, portanto, provavelmente não houve diminuição e até possa ter havido aumento da quantidade de coagulante residual no queijo. Portanto a proteólise não foi prejudicada.

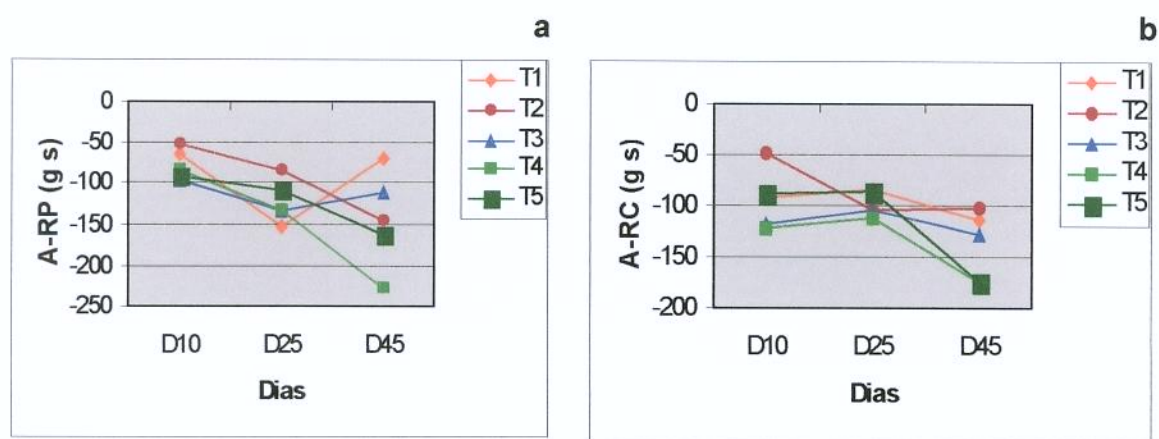


Figura 2: Adesividade-TPA média (n=3) dos queijos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5). **a-** Adesividade-TPA na região periférica dos queijos e **b-** Adesividade-TPA na região central.

O Tratamento 4 diferiu significativamente dos tratamentos 1 e 2, embora não tenha diferido dos tratamentos T3 e T5. Este comportamento apresentado pelos tratamentos com relação a A-RC deve-se a variações no pH dos queijos (Tabela 3). WATKINSON et al. (2001), estudaram o efeito do pH (5,2 a 6,2) e do tempo de maturação (87 dias) sobre as propriedades texturais de um queijo semi-duro modelo e verificaram que a medida que o valor de pH tornava-se inferior a

5,6 a adesividade aumentava, ligeiramente em queijos com 7 e 14 dias de estocagem e acentuadamente após 28 dias de maturação

Elasticidade-TPA – De acordo com o teste de Tukey, E-RP apresentou o seguinte comportamento com relação ao tempo de estocagem: $D10 \neq D25 \neq D45$ e quanto ao tipo de tratamento verificou-se que: $T1=T2=T3=T5$, $T1 \neq T4$, e, $T2$, $T3$ e $T5$ são iguais a $T4$ (Figura 3a).

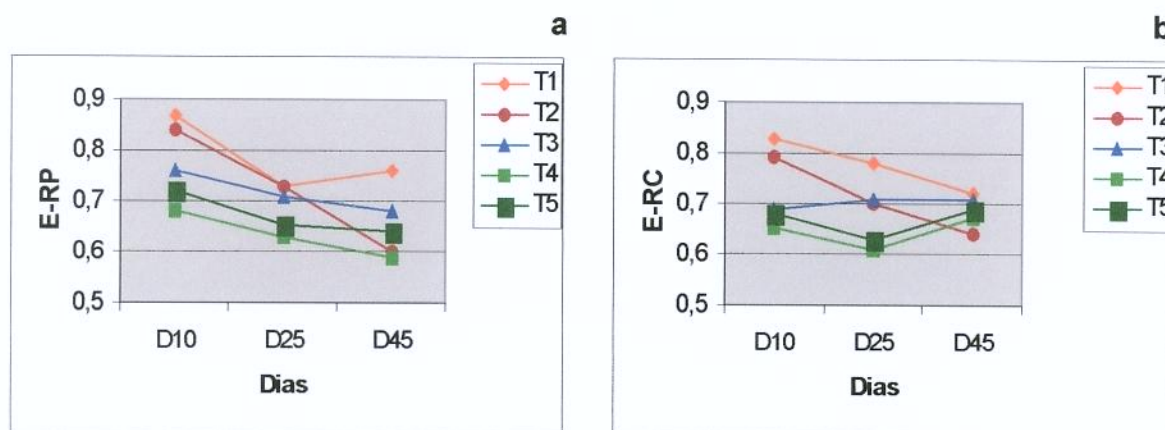


Figura 3: Elasticidade-TPA média (n=3) na região periférica dos queijos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5). a- Elasticidade-TPA na região periférica dos queijos e b- Elasticidade-TPA na região central.

A E-RP diminuiu durante a estocagem (Figura 3a) em função das mudanças químicas que ocorreram nos queijos. Nos queijos deste experimento não houve mudanças significativas no pH durante a estocagem (Tabela 3), mas ocorreu um aumento na porcentagem de nitrogênio não caséico (Tabelas 2). Segundo EVERETT & JAMESON (1993), tanto uma diminuição de pH como um

aumento no nível de proteína solúvel, causado pela proteólise, aumentam a fluidez da estrutura protéica reduzindo a elasticidade. Quanto a E-RP, o queijo Prato padrão só diferiu significativamente do queijo T4. Possivelmente isso ocorreu em função da maior proteólise e menor pH (Tabelas 2 e 3) apresentado pelo queijo T4.

A análise dos dados de pH (Tabela 3) revelou que não houve interação tratamento X tempo ($p=0,75$) e o fator tempo não influenciou significativamente ($p=0,45$) os valores de pH. Porém, estes valores foram significativamente ($p=0,03$) influenciados pelo tipo de tratamento sendo T1= T2, T3 e T5 porém diferente de T4 e T4=T2, T3 e T5 .

Tabela 3: pH médio ($n=3$) dos queijos obtidos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

Parâmetros avaliados	T1	T2	T3	T4	T5
pH ¹	5,37	5,37	5,28	5,00	5,09
pH ²	5,47	5,27	5,29	4,99	5,12
pH ³	5,32	5,15	5,27	5,03	5,09

¹ Parâmetro avaliado com 10 dias de estocagem (D10).

² Parâmetro avaliado com 25 dias de estocagem (D25).

³ Parâmetro avaliado com 45 dias de estocagem (D45).

HYDAMAKA et al.(2001) avaliaram o efeito do uso de LCUF (FCR 4:1) na textura de queijos tipo Chhana, fabricados por acidificação direta, e também verificaram que a elasticidade-TPA não se alterava com o uso de LCUF.

Os dados de elasticidade-TPA na região central (**E-RC**) (Figura 3b) foram os únicos que apresentaram interação tratamento X tempo ($p=0,02$), ou seja, foram os únicos em que os tratamentos apresentaram tendências de comportamento divergentes durante a estocagem, com os valores de E-RC de T1 e T2 diminuindo, T3 aumentando ligeiramente e T4 e T5 diminuindo e posteriormente aumentando.

Os dados de E-RC foram sempre menores do que os de E-RP, com 10 e 25 dias de estocagem, resultados estes também verificados por CHAVES (1997).

Coesividade-TPA - A C-RP assim como a C-RC apresentaram o seguinte comportamento com relação ao tempo de estocagem: $D10=D25$, $D10 \neq D45$ e $D25=D45$ (Figuras 4a e 4b).

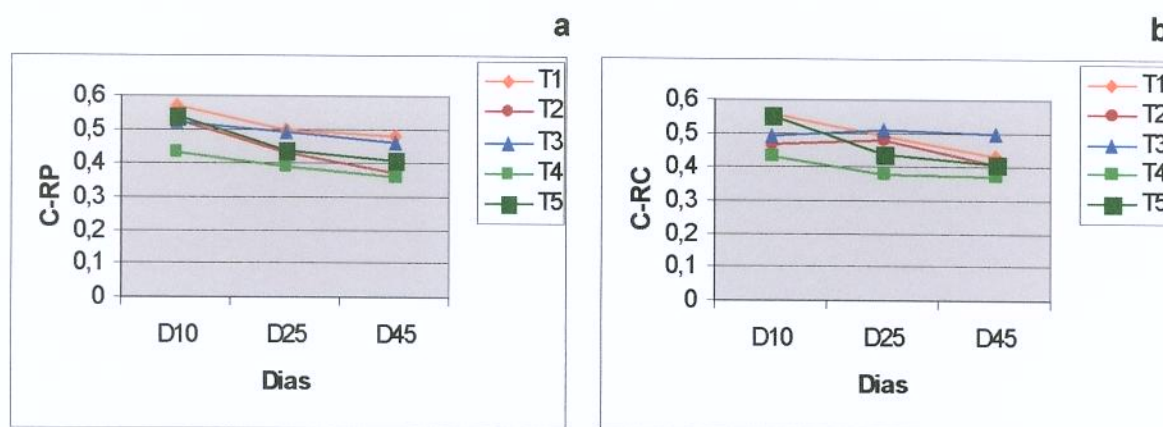


Figura 4: Coesividade-TPA média ($n=3$) dos queijos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2); com 10% de pré-fermentação (T3); com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5). **a**- Coesividade-TPA na região periférica dos queijos e **b**- Coesividade-TPA na região central.

A coesividade-TPA foi diminuindo durante a maturação provavelmente em decorrência de um aumento na degradação da caseína (proteólise) (Tabela 2). LANE et al. (1997) E CREAMER & OLSON (1982) também observaram que queijos mais maturados tinham menor coesividade refletindo a maior facilidade de fragmentação sob pressão.

Os queijos padrão e ultrafiltrados não diferiram significativamente entre si nas condições deste experimento, resultado este similar ao obtido por HYDAMAKA et al.(2001), que pesquisaram a textura de queijos tipo Chhana fabricados por acidificação direta a partir de LCUF (FCV=4:1), e diferente do relatado por GREEN et al. (1981). GREEN et al. (1981) estudaram o efeito do uso de LCUF na textura de queijo tipo Cheddar e verificaram que a coesividade aumentava em queijos elaborados com LCUF (FCV=4:1) em relação a um queijo padrão. Porém, deve-se levar em consideração que tais pesquisadores utilizaram doses menores de coagulante nos queijos de LCUF, o que explica a menor proteólise e maior coesividade apresentada pelos mesmos.

Gomosidade-TPA - Segundo o Teste de Tukey, a G-RP diminuiu significativamente entre as datas D10 e D25, porém não houve diferenças significativas entre os dias D25 e D45 (Figura 5a). Com relação a G-RC, D10=D25, D10 $\neq$ D45 e D25=D45 (Figura 5b).

Considerando-se que gomosidade-TPA é o produto dureza X coesividade (FRIEDMAN et al., 1963), os resultados da análise estatística dos dados de D-

RP, C-RP, D-RC e C-RC, anteriormente relatados e discutidos, justificam o comportamento deste atributo de textura durante a estocagem.

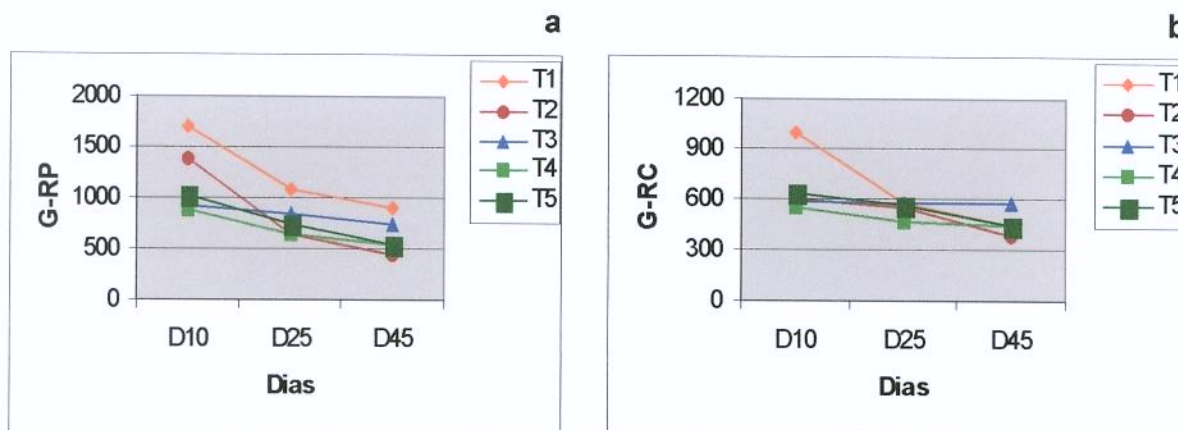


Figura 5: Gomosidade-TPA média (n=3) dos queijos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2); com 10% de pré-fermentação (T3); com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5). **a-** Gomosidade-TPA na região periférica dos queijos e **b-** Gomosidade-TPA na região central.

Mastigabilidade-TPA – De acordo com o Teste de Tukey, tanto a M-RP quanto a M-RG diminuíram entre D10 e D25, porém não se alteraram significativamente entre D25 e D45 (Figuras 6a e 6b). A M-RC apresentou o seguinte comportamento com relação ao tipo de tratamento realizado: T2=T3=T4=T5, T2 e T4 são diferentes de T1, e, T3 e T5 são iguais a T1.

De acordo com FRIEDMAN et al. (1963), matigabilidade-TPA consiste no produto dureza X coesividade X elasticidade. Os resultados da análise estatística dos dados de dureza, elasticidade e coesividade, anteriormente relatados e discutidos, explicam o comportamento do parâmetro textural mastigabilidade-TPA durante o período de maturação dos queijos.

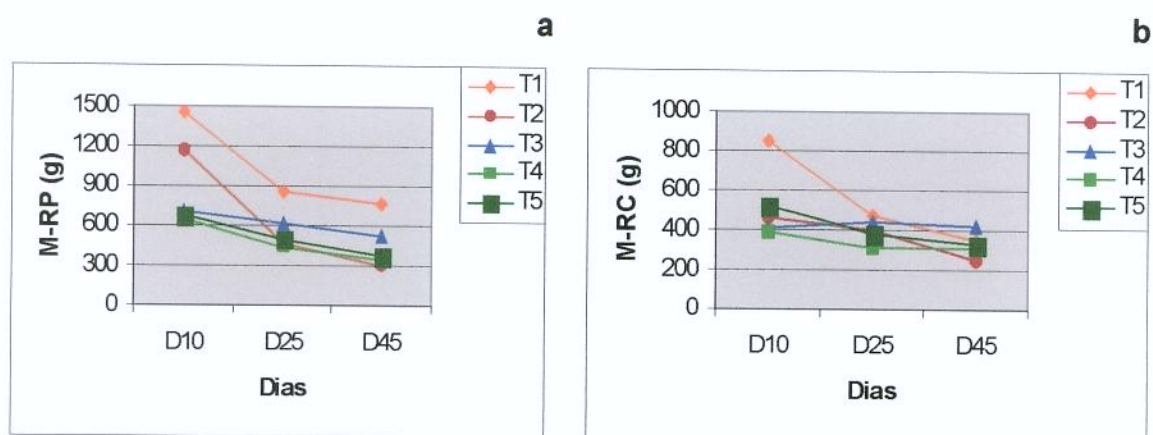


Figura 6: Mastigabilidade-TPA média (n=3) dos queijos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2); com 10% de pré-fermentação (T3); com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5). a- Mastigabilidade-TPA na região periférica dos queijos e b- Mastigabilidade-TPA na região central.

Os valores de mastigabilidade-TPA das amostras do centro do queijo foram inferiores aos das amostras das extremidades do mesmo, durante a estocagem e este fato pode ser explicado em função dos parâmetros de dureza-TPA e elasticidade-TPA terem apresentado este mesmo comportamento. Estes resultados também foram obtidos por Chaves (1997), analisando a mastigabilidade-TPA de amostras das regiões central e periférica de queijos Mussarela durante o período de armazenamento do produto.

4-CONCLUSÕES

O uso de LCUF não afetou a composição centesimal do queijo padrão, porém a pré-fermentação de parte do LCUF diminuiu o pH e apresentou a

tendência de aumentar o teor de gordura nos queijo ultrafiltrados. O tipo de cozimento adotado não interferiu na composição.

Todos os parâmetros texturais avaliados: dureza-TPA; adesividade-TPA; elasticidade-TPA; coesividade-TPA; gomosidade-TPA e mastigabilidade-TPA, tanto na região periférica como na região central dos queijos, foram influenciados significativamente pelo tempo de estocagem. Com exceção da adesividade-TPA, que aumentou durante a estocagem, e da elasticidade-TPA na região central dos queijos, que apresentou comportamento bastante divergente para seus tratamentos durante o armazenamento, todos os demais parâmetros diminuíram, principalmente em função do aumento da degradação da caseína (proteólise).

Apenas os parâmetros adesividade-TPA e mastigabilidade-TPA na região central e elasticidade-TPA na região periférica dos queijos foram afetados significativamente pelo tipo de tratamento avaliado. O queijo elaborado a partir de LCUF (FCV=4:1) apresentou adesividade-TPA na região central similar a apresentada pelo queijo padrão, porém ambos foram diferentes em relação ao queijo do tratamento 4. O queijo T4, embora não tenha diferido significativamente dos queijos T3 e T5, diferiu dos queijos T1 e T2 por apresentar menor valor de pH, o que aumentou a sua adesividade-TPA. Os queijos elaborados com LCUF não diferiram entre si com relação a mastigabilidade-TPA na região central, porém, os queijos T2 e T4 diferiram do queijo padrão. Com relação a elasticidade-TPA na região periférica, apenas o queijo T4 diferiu do queijo padrão, apresentando uma menor elasticidade-TPA, sendo este comportamento provavelmente decorrente da maior proteólise e menor pH apresentados pelo mesmo.

5-REFERÊNCIAS

- AOAC- ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. Washington: AOAC, 1995. 109p.
- BARBANO, D.M., LYNCH, J.M., FLEMING, J.R. Direct and indirect determination of true protein content of milk by Kjeldahl analysis :collaborative study. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, **74**: 281, 1991.
- BERTOLA, N.C., BEVILACQUA, A.E., ZARITZKY, N.E. Proteolytic and rheological evaluation of maturation of Tybo Argentino cheese. **Journal of Dairy Science**, **75** (12):3273-3281, 1992.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Determination of fat content of milk and milk products (Gerber method). Methods**. London:British Standards Institution, 1989. 12p.
- CHAVES, A.C.S.D. **Estudo do efeito do congelamento e do tempo de armazenagem sob refrigeração após o descongelamento nas propriedades funcionais, textura e proteólise do queijo Mussarela**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1997, 93p.
- CHER-HO, L., IMOTO, E.M., RHA, C. 1978. Evaluation of cheese texture. **Journal of Food Science**, **43**(5):1600-1605, 1978.
- CICHOSCKI, A.J., VALDUGA, E., VALDUGA, A.T., TORNADIJO, M.E., FRESNO, J.M. 2002. Characterization of Prato cheese, a Brazilian semi-

- 574 hard cow variety: evolution of physico-chemical parameters and mineral
575 composition during ripening. **Food Control**, **13**:329-336, 2002.
- 576 CREAMER, L.K., OLSON, N.F. Rheological evaluation of maturing cheddar
577 cheese. **Journal of Food Science**, **47** (2):631-646, 1982.
- 578 EVERETT, D.W., JAMESON, G.W. Physicochemical aspects of cheddar
579 cheese made from ultrafiltered milk. **The Australian Journal of Dairy**
580 **Technology**, **48**:20-29, 1993.
- 581 FRIEDMAN, H.H., WHITNEY, J.E., SZCZESNIAK, A.S. The texturometer- a
582 new instrument for objective texture measurement. **Journal Food Science**,
583 **28**:385-389, 1963.
- 584 FURTADO MM, LOURENÇO NETO JPM. **Tecnologia de queijos: manual**
585 **técnico para a produção industrial de queijos**. São Paulo: Dipemar Ltda,
586 1994. 118p.
- 587 GREEN ML, TURVEY A, HOBBS DG. Development of structure and texture in
588 Cheddar cheese. **Journal of Dairy Research**, **48**(2): 343-355, 1981.
- 589 HORT J., GRYS, G.L. Developments in the textural and rheological properties
590 of UK Cheddar cheese during ripening. **International Dairy Journal**,
591 **11**:475-481, 2001.
- 592 HYDAMAKA, A.W., WILBEY, R.A., LEWIS, M.J., KUO, A.W. Manufacture of
593 heat and acid coagulated cheese from ultrafiltered milk retentates. **Food**
594 **Research International**, **34**: 197-205, 2001.
- 595 JENSEN, G.K., STAPELFELDT, H. Incorporation of whey proteins in cheese
596 including the use of ultrafiltration. In: **INTERNATIONAL DAIRY**

FEDERATION. **Factors affecting the yield of cheese**. Brussels:IDF, 1993.
p.88-105. (International Dairy Federation Special Issue, n.9301).

KOSIKOWSKI, F. The manufacture of Mozzarella and related cheese by
ultrafiltration. **Cultured Dairy Products Journal**, **10**(4): 15-16, 1976a.

KOSIKOWSKI, F. New cheese making procedures utilizing ultrafiltration. **Food
Technology**, **40**(6): 71-77, 1976b.

LANE, C.N., FOX, P.F., JOHNSTON, D.E., MCSWEENEY, P.L.H. Contribution
of coagulant to proteolysis and textural changes in cheddar cheese during
ripening. **International Dairy Journal**, **7**:453-464, 1997.

LAWRENCE, R.C., CREAMER, L.K., GILLES, J. Texture development during
cheese ripening. **Journal of Dairy Science**, **70**:1748-1760, 1997.

LELIEVRE J., LAWRENCE, R.C. Manufacture of cheese from milk
concentrated by ultrafiltration. **Journal of Dairy Research**, **55**(3): 465-478,
1988.

LUCEY J, KELLY J. Cheese yield. **Journal of the Society of Dairy
Technology**, **47**(1):1-14, 1994.

MAUBOIS, J.L., MOCQUOT, G., VASSAL, L. “ **Procédé de traitement du lait
et de sous-produits laitiers**” Patent Française 2.052.121, Paris, França,
1969.

MIYA, E.E. Textura: sua definição, medida e relação a outros atributos de
qualidade. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, (32):71-83,
1987.

MONTGOMERY, D.C. **Design and analysis of experiments**. New York: John
Wiley and Sons, 2001. 704p.

- MORRIS, C.E. Is this the cheese plant of the future? **Food Engineering**,
56(10): 99-100, 1984.
- NIELSEN, P.S. Cheese production by ultrafiltration. **Scandinavian Dairy
Industry**, (1) 34-35, 1987.
- RIBEIRO, E.P. **Aplicação da ultrafiltração de leite no processo de
fabricação de queijo tipo prato**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de
Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 1996, 144p.
- RICHARDSON, G.H. **Standard Methods for Examination of Dairy Products**.
Washington: American Publ. Health Assoc, 1985. 412p.
- SOUZA, E.A. **Tecnologia da fabricação de queijos**. Juiz de Fora: Editora Lar
Católico, 1960. 116p.
- VAN DENDER, A.G.F., DUCRUET, P., MAUBOIS, J.L. Estudo da fabricação
de queijo tipo Prato utilizando ultrafiltração. **Revista do Instituto de
Laticínios Cândido Tostes**, 42(249): 7-14, 1987.
- WATKINSON, P., COKER, C., CRAWFORD, R., DOODS, K.J., MCKENNA A.,
WHITE, N. Effect of cheese pH and ripening time on model cheese textural
properties and proteolysis. **International Dairy Journal**, 11: 455-464, 2001.

CAPÍTULO VI

AVALIAÇÃO SENSORIAL DO QUEIJO TIPO PRATO OBTIDO POR MODIFICAÇÕES NO PROCESSO TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO

Artigo redigido segundo as normas de publicação da revista Journal of Sensory Studies,
para a qual o artigo será enviado.

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE QUEIJO PRATO OBTIDO POR MODIFICAÇÕES DO PROCESSO TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO

(ANÁLISE SENSORIAL DE QUEIJO PRATO POR UF)

RESUMO

Os efeitos de cinco metodologias para processamento de queijo Prato foram avaliados sensorialmente. Foram avaliados os seguintes tratamentos (T) de elaboração de queijos: T1 – sem o uso de ultrafiltração (padrão); T2 – uso de leite concentrado por ultrafiltração (LCUF), sem pré-fermentação de parte do LCUF; T3 – uso de LCUF pré-fermentado (10%); T4 – uso de LCUF pré-fermentado (20%) e T5 – uso de LCUF pré-fermentado (20%) e único com aquecimento indireto da massa. Segundo o teste de Análise Descritiva Quantitativa os tratamentos diferiram significativamente entre si com relação a aparência, sabor e textura. Os queijos T3, T4 e T5 apresentaram cor amarelada mais forte e maior uniformidade na aparência e foram considerados os queijos mais duros. O queijo T1 foi considerado o mais ácido e salgado. Os queijos T4 e T5 tiveram menor derretimento. No teste de aceitação os queijos apresentaram a seguinte ordem de preferência: T3=T4=T5 > T1 > T2.

INTRODUÇÃO

O queijo Prato é um queijo de massa semi-cozida que começou a ser fabricado no Brasil na década de 20, por imigrantes dinamarqueses, que procuraram produzir um queijo similar aos queijos Danbo dinamarquês e Gouda holandês (FURTADO & LOURENÇO NETO, 1994). O processo de semi-cozimento da sua massa pode ser direto, pela remoção de parte do soro e adição de água quente ou indireto pelas paredes e fundo do tanque (SOUZA, 1960).

Ao longo dos últimos 80 anos, o queijo Prato vem passando por inúmeras modificações, seja em sua tecnologia ou na maneira como é consumido. Por ter se tornado um dos queijos mais fabricados no Brasil, foi inevitável o uso de equipamentos modernos e diferentes métodos de fabricação e maturação, o que fez com que se distanciasse das características típicas de textura e sabor dos queijos elaborados pelos pioneiros dinamarqueses (FURTADO & AMORIM, 2000).

Uma das modificações que foi estudada por RIBEIRO (1996) e VAN DENDER et al. (1987) na tecnologia de fabricação do queijo Prato foi o uso de leite concentrado por ultrafiltração. Segundo JAMESON (1987); JENSEN & STAPELFELDT (1993), HICKEY (1993), RENNER & EL-SALAM (1991) e ZOON (1993), o uso da ultrafiltração pode apresentar inúmeras vantagens como: aumento no rendimento, redução de gastos com transporte de leite, redução no tempo de fabricação dos queijos, diminuição do consumo de água e aumento da produtividade da planta.

VAN DENDER et al. (1987), pesquisaram o desenvolvimento de uma tecnologia de fabricação de queijo tipo Prato pelo processo MMV (processo este

que consiste na concentração do leite até obtenção de um pré-queijo líquido de composição similar ao queijo tradicional) visando principalmente aumentar o rendimento de fabricação deste queijo. Os resultados obtidos mostraram a possibilidade de se obter, pelo método MMV, um queijo próximo ao queijo tipo Prato, do ponto de vista de composição físico-química.

Apesar das vantagens apresentadas pelo uso da técnica de ultrafiltração do leite na fabricação de queijos, vários pesquisadores (JAMESON, 1987; PAHKALA et al., 1985 e ZOON, 1993) observaram que a textura e o sabor dos queijos elaborados a partir de LCUF eram diferentes e usualmente desfavoráveis em relação ao queijo tradicional. Assim, para se obter queijos com características sensoriais similares a de um queijo tradicional novas modificações no processo de fabricação dos queijos começaram a ser pesquisadas.

RIBEIRO (1996) fabricou queijos tipo Prato a partir de LCUF com um fator de concentração volumétrica de 5:1, acrescentando ao fluxograma de processamento as etapas de diafiltração e pré-fermentação de uma parte (10%) do LCUF com cultura lática. Concluiu que tais modificações possibilitaram a obtenção de queijos com características de textura, sabor, aroma e aparência semelhantes às de um queijo Prato tradicional.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito das seguintes modificações no processo tradicional de fabricação de queijo Prato: uso de leite concentrado por ultrafiltração até um fator de concentração volumétrica (FCV) de 4:1; pré-fermentação de parte (0, 10 e 20%) deste LCUF e variação no tipo de cozimento da massa (direto ou indireto) na avaliação sensorial dos queijos, comparando os resultados com os de um queijo padrão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Ultrafiltração do leite

Leite cru tipo B (250 Kg), proveniente da Cooperativa dos Produtores de Leite da Região de Campinas, foi tratado termicamente a 68°C/2 min. Uma parte do leite (50 Kg) foi resfriada a 35°C e transferida para cuba de fabricação de queijos para elaboração de um lote de queijo Prato padrão (T1) e a outra parte (200 Kg) foi resfriada a 55°C e submetida a um processo de concentração por ultrafiltração (UF). O leite foi concentrado em um sistema de UF dotado de membranas minerais com peso molecular de corte de 20.000 Daltons, TECH - SP, modelo S 37, com pressão de entrada e de saída de, respectivamente, 2,5 e 1,5 Kg/cm², até FCV=4:1. Após o processo de concentração, o leite ultrafiltrado obtido foi pasteurizado a 63°C por 30 min, resfriado a 7°C e dividido em 4 porções iguais, sendo cada uma delas transferida para cubas de fabricação de queijos (T2, T3, T4 e T5).

Fabricação dos queijos

Neste experimento foram fabricados cinco lotes de queijos tipo Prato (T1, T2, T3, T4 e T5). O lote T1 foi elaborado pelo método convencional a partir de leite não concentrado, no mesmo dia da chegada do leite na planta piloto e os outros quatro lotes foram elaborados a partir de LCUF no dia subsequente. No caso dos queijos elaborados a partir de LCUF (T2, T3, T4 e T5), após o resfriamento de

cada uma das 4 porções, retirou-se uma porcentagem das mesmas (0% de T2 ; 10% de T3 e 20% de T4 e T5) as quais foram submetidas a uma pré-fermentação com cultura lática mesófila (G3 MIX 6-VISBYVAC®- B50 , composto por múltiplas cepas mistas de *Lactococcus lactis ssp. lactis* e *Lactococcus lactis ssp. cremoris*) a 32°C. O restante do LCUF foi armazenado a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ até o dia seguinte. Após as porções separadas de LCUF terem atingido pH igual a 5,0, as mesmas foram misturadas aos respectivos LCUFs, e procedeu-se, então, ao aquecimento dos retentados até 35°C para dar início ao processamento dos queijos. Tanto o queijo padrão como os ultrafiltrados foram fabricados seguindo as etapas básicas do processamento tradicional de queijo Prato. No queijo padrão (T1), o leite aquecido a 35°C recebeu a adição de cloreto de cálcio 50% (0,4 ml/Kg de leite), fermento liofilizado concentrado de utilização direta no tanque, na quantidade de 10% da recomendada pelo fabricante, corante de urucum (*Bixa orellana*) e coalho (coalho de vitelo - Bela Vista - 90% de quimosina), em quantidade suficiente para coagular o leite em 40 min. a temperatura de 35°C. Na fabricação dos queijos a partir de LCUF procedeu-se de maneira similar, utilizando-se cultura lática, corante e agente coagulante numa quantidade equivalente a que seria utilizada convertendo o LCUF em leite, porém sem o uso de cloreto de cálcio. Após a coagulação (40 minutos para todos os tratamentos), a massa foi cortada em cubos de 0,4 cm X 0,5 cm de aresta e deixada em repouso por 5 min. Iniciou-se, então, uma agitação lenta e contínua dessa massa por cerca de 20 minutos, seguida pela remoção de parte do soro e aquecimento da coalhada sob agitação, com adição de água quente (80°C), até 41°C, de modo a se obter o ponto de massa do queijo Prato.

No caso dos queijos obtidos a partir de LCUF, não foi realizada a primeira fase de agitação nem a remoção de parte do soro, assim, logo após o repouso foi realizado o aquecimento da massa, o que resultou numa redução de cerca de 30 minutos no tempo de processamento. Para os queijos dos tratamentos T2, T3 e T4 adotou-se o aquecimento direto da massa por adição de água quente (80°C), porém, para o queijo T5 adotou-se o aquecimento indireto. Após o término do aquecimento, as massas foram pré-prensadas em dreno-prensa por 20 minutos, com o dobro do peso da massa, e depois colocadas em formas plásticas de queijo Prato de 0,5 Kg e prensadas por 6 horas em prensa vertical, com pesos de aço inox. Os queijos foram virados após 20 minutos de prensagem e a cada hora subsequente até o momento de sair da prensa. Os pesos de prensagem foram aumentados gradativamente de 10 até 20 vezes o peso da massa. Atingido o tempo de prensagem, os queijos foram armazenados a $7\pm1^{\circ}\text{C}$, para no dia seguinte serem colocados em salmoura (20% sal) por um período de 8 horas a $4\pm1^{\circ}\text{C}$. Por fim foram secos a $7\pm1^{\circ}\text{C}$, pesados, embalados a vácuo em sacos plásticos termoencolhíveis e estocados a $7\pm1^{\circ}\text{C}$ por um período de 45 dias.

Análises de composição dos queijos

Na determinação do teor de extrato seco total (EST) foi empregada a metodologia AOAC 925.23 (1995). O teor de umidade foi determinado subtraindo-se a porcentagem de EST do valor 100. O teor de gordura foi determinado pelo método de Gerber (BRITISH STANDARD INSTITUTION, 1989). O teor de

nitrogênio total (NT) foi obtido pelo método de Kjeldahl AOAC 920.123 (1995), usando o fator de conversão 6,38 para o cálculo de proteína total.

Os valores de pH foram determinados pelo método potenciométrico e os de acidez titulável (AT) e de sal (%) foram obtidos a partir da metodologia AOAC 920.124 (1995) e pelo método de Volhard (RICHARDSON, 1985), respectivamente.

Todas as determinações acima foram feitas em triplicata, nos queijos com 10 dias de armazenamento refrigerado.

Análise Descritiva Quantitativa

O perfil de cada amostra foi avaliado pelo método de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) adaptado de metodologia descrita em STONE et al. (1974). A aplicação da ADQ envolveu 4 etapas.

Inicialmente 35 consumidores de queijo Prato, da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, foram submetidos a 3 testes triangulares, realizados utilizando-se 3 marcas de queijo Prato disponíveis no mercado. Os indivíduos que demonstraram habilidade para discriminar as amostras em 100% dos testes foram selecionados para participarem da etapa seguinte, de desenvolvimento de terminologia descritiva das amostras de queijo Prato. Dos 35 consumidores iniciais apenas 12 provadores foram selecionados para essa segunda etapa.

Nesta segunda etapa da ADQ, sob a supervisão de um líder, foram definidos os termos verbais (descritores) que descreveriam as características de aparência, sabor e textura a serem avaliadas no queijo Prato (TABELA 1). Iniciou-se então a terceira etapa, de treinamento e seleção final dos provadores.

Durante o treinamento, os provadores foram solicitados a avaliar a intensidade de cada descritor sensorial previamente gerado, em várias amostras de queijo Prato. Para cada avaliação, os provadores utilizaram uma ficha de avaliação contendo os termos descritivos e uma escala linear não estruturada de 9 cm, ancorada à esquerda e à direita, com termos pouco (ou nenhum ou fraco ou curta) e muito (ou forte ou longa), respectivamente. Tanto a lista de definições dos termos descritivos (TABELA 1) como os materiais de referência, foram rotineiramente revistos pelos provadores em cada sessão de treinamento, antes da avaliação das amostras. Os resultados individuais destas avaliações foram discutidos pelo grupo, sob a supervisão do líder da equipe, com o objetivo de se otimizar o processo de avaliação.

As condições em que as amostras foram fornecidas aos provadores para avaliação são descritas abaixo.

A aparência dos queijos foi avaliada com relação aos atributos: cor amarelada, uniformidade da cor da massa e derretimento. Para os dois primeiros atributos foram utilizadas fatias de queijo de 2 x 2 x 0,5cm, à temperatura de refrigeração, servidas em pratos plásticos de cor branca codificados com números de três dígitos em etiqueta branca de papel. O derretimento foi avaliado submetendo-se fatias de queijo de 2 x 2 x 0,5 cm colocadas sobre biscoito água e sal, à temperatura de 250°C por 20 segundos. A avaliação da aparência foi conduzida em cabines individuais, sob luz branca.

TABELA 1.
DEFINIÇÃO DOS DESCRITORES E REFERÊNCIAS DE EXTREMOS DE
ESCALA ADOTADOS NA ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA

Atributos Sensoriais	Definição	Referências de extremos de escala
Aparência		
1 – Cor amarela	Sensação produzida pela estimulação da retina pelos raios luminosos do comprimento e onda da cor amarela	Fraca = queijo prato maturado por um ano Forte = queijo do Reino
2 – Uniforme	Propriedade visível de uma substância, que se refere à distribuição de cor, forma e característica de superfície.	Pouco = queijo com muitas manchas Muito = queijo sem presença de manchas
3 – Derretimento	Capacidade de fusão do alimento quando submetido à temperatura de 250°C por 20 s em forno elétrico sobre biscoito água e sal.	Pouco = nenhuma alteração Muito = Fatia de 2 x 2 x 0,5 derrete ao longo da superfície do biscoito
Sabor		
4 – Ácido	Descreve o gosto primário produzido por soluções aquosas de substâncias ácidas, semelhante à solução de ácido láctico.	Nenhum = água destilada Forte = iogurte natural
5 – Salgado	Descreve o gosto primário produzido por soluções aquosas de substâncias salgadas, semelhante à solução de cloreto de sódio.	Fraco = 0,4 g de NaCl em 500 ml de água destilada Forte = 3 g de NaCl em 500 ml de água destilada
6 – Amargo	Descreve o gosto primário produzido por soluções aquosas de substâncias amargas, semelhante à soluções de sais de quinino e cafeína.	Fraco = queijo prato novo Forte = queijo prato amargo
Textura		
7 – Dureza	Definida como a força necessária para se obter uma deformação em um cilindro de 2cm x 2 cm diâmetro	Pouca = queijo prato c/ 1 ano de conservação Muita = queijo parmesão
8 – Coesividade	Forças das ligações internas que dão resistência à quebra, a uma fatia de 15cm x 0,5 x 0,5.	Curta = ao unir extremidades a fatia se rompe ao 1º movimento Longa = ao unir as extremidades a fatia não se rompe

O sabor dos queijos foi avaliado com relação aos atributos gosto ácido, gosto salgado e gosto amargo. Para avaliação destes atributos foram servidas amostras de 2 x 2 x 0,5 cm, monadicamente, à temperatura de refrigeração.

A textura foi avaliada com relação aos atributos dureza e coesividade a partir de metodologias táteis. Para o teste de dureza cada provador recebeu uma amostra cilíndrica (2cm de altura x 2cm de diâmetro) de queijo, a temperatura de refrigeração, de cada tratamento, para ser pressionada com o dedo indicador. Os provadores também receberam amostras de queijo de 15cm de comprimento x 0,5 cm de largura x 0,5cm de altura, que foram submetidas ao teste de união das extremidades a fim de verificar a coesividade da amostra de cada tratamento.

Após o período de treinamento, foi realizada uma seleção final dos provadores, com base no poder discriminativo dos indivíduos, na reprodutibilidade dos resultados apresentados por eles e na concordância destes resultados com os demais membros da equipe, para compor a equipe descritiva treinada de queijo Prato. Com este objetivo, três amostras de Queijo Prato de diferentes marcas comerciais, representativas da variabilidade sensorial existente no mercado, foram avaliadas por cada indivíduo, em três repetições. Uma análise de variância univariada (ANOVA) foi calculada para cada provador, em cada atributo julgado, e o nível de significância (p) para os valores $F_{amostra}$ e $F_{repetição}$ foram computados. Indivíduos mostrando valores de $p_{amostra}$, $p_{repetição}$, médias e desvios padrões inconsistentes com a equipe sensorial não foram recrutados. Dos 12 provadores submetidos ao treinamento e seleção final, 11 passaram para a quarta etapa da ADQ que correspondeu ao teste sensorial envolvendo a avaliação das amostras de queijos dos cinco tratamentos estudados neste experimento. Os queijos foram

avaliados com 45 dias de estocagem, nos mesmos moldes utilizados anteriormente para queijos de marcas comerciais (TABELA 1).

Teste de Aceitação

Para os testes de aceitação, dos queijos deste experimento, foi utilizada uma escala hedônica estruturada de 9 pontos para os atributos aparência, cor, sabor e textura. Para avaliar a intenção de compra foi adotada uma escala hedônica estruturada de 5 pontos. Os queijos foram avaliados com 10 (D10), 25 (D25) e 45 (D45) dias de estocagem. Foi utilizado o modelo experimental de blocos completos casualizados, aplicados a sessenta e cinco provadores não treinados. Os testes foram realizados em cabines individuais, sob luz branca. As amostras de 3 x 3 x 0,5 cm foram servidas em pratos plásticos codificados à temperatura de refrigeração. Cada provador recebeu as amostras monadicamente e marcou suas apreciações e comentários em ficha única.

Análise estatística

Na avaliação sensorial pelo método ADQ os queijos dos cinco tratamentos foram avaliados com 45 dias de estocagem, em 3 repetições. No teste de aceitação os queijos foram avaliados uma única vez com 10, 25 e 45 dias de estocagem. Os resultados da ADQ e do teste de aceitação foram analisados por Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey (5% de significância) através do programa estatístico SAS®, versão 6.11 (SAS Institute, Inc., Cary, NC.).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição dos queijos

A composição dos queijos avaliados sensorialmente é apresentada na TABELA 2.

TABELA 2.

COMPOSIÇÃO DOS QUEIJOS OBTIDOS SEM ULTRAFILTRAÇÃO (T1) E COM ULTRAFILTRAÇÃO (FCV 4:1): SEM PRÉ-FERMENTAÇÃO (T2), COM 10% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T3), COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T4) E COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO E ÚNICO COM AQUECIMENTO INDIRETO (T5).

Parâmetros avaliados	T1	T2	T3	T4	T5
Umidade ¹ (%)	45,11	48,22	41,97	41,84	40,93
Gordura ¹ (%)	25,30	24,67	25,67	25,33	26,00
Proteína Total ¹ (%)	18,02	20,13	22,13	21,83	22,72
Sal ¹ (%)	1,85	1,76	1,47	1,29	1,38
Acidez titulável ¹ (%de ácido láctico)	0,53	0,65	0,74	0,97	0,87
Acidez titulável ² (%de ácido láctico)	0,84	0,86	0,80	1,07	0,95
pH ¹	5,38	5,34	5,24	5,12	5,19
pH ²	5,72	5,27	5,38	5,20	5,31

¹ Valores com 10 dias de estocagem.

² Valores com 45 dias de estocagem, data de realização da ADQ.

Análise Descritiva Quantitativa

O gráfico aranha (FIG. 1) mostra o perfil sensorial dos queijos analisados e a TABELA 3 os resultados da análise estatística dos dados referentes aos atributos sensoriais avaliados neste experimento.

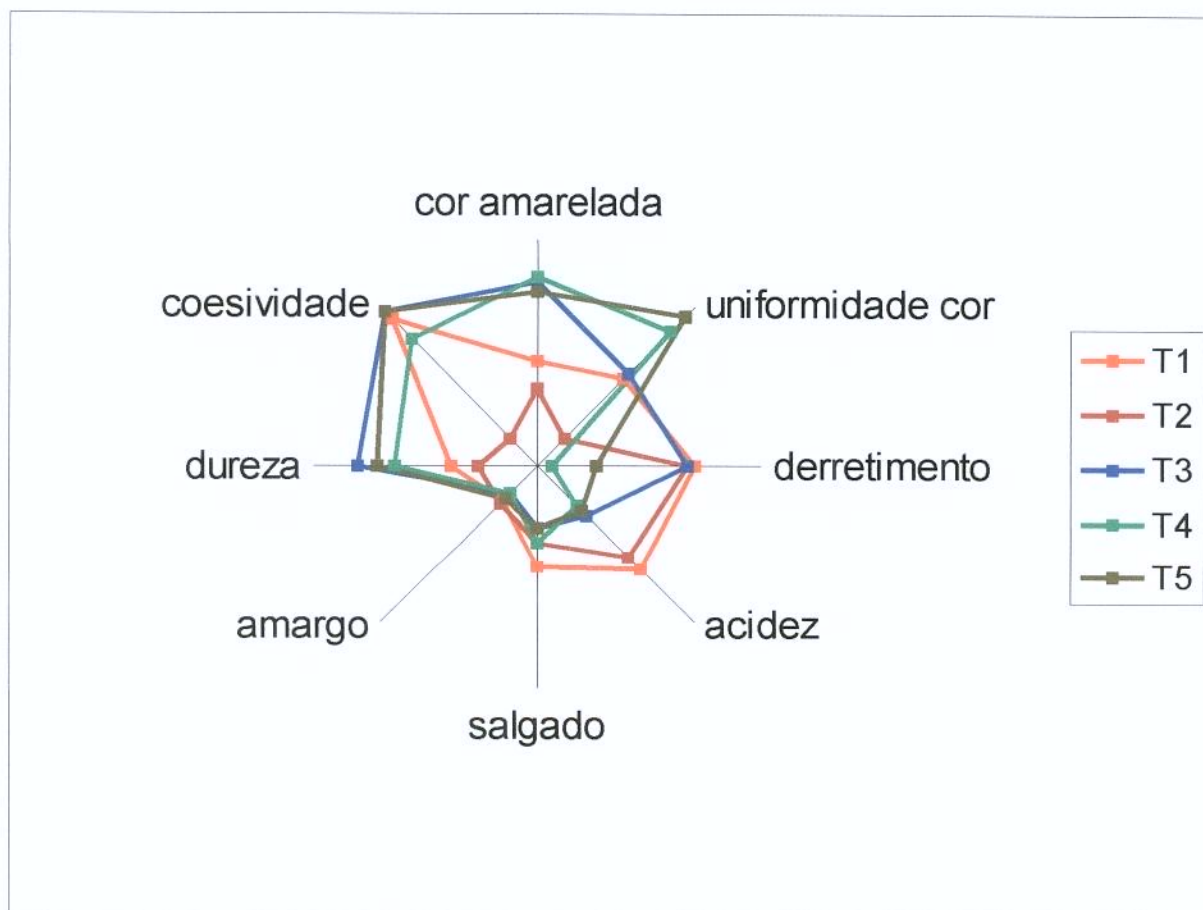


FIG. 1. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS DA ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA DOS QUEIJOS OBTIDOS SEM ULTRAFILTRAÇÃO (T1) E COM ULTRAFILTRAÇÃO (FCV 4:1): SEM PRÉ-FERMENTAÇÃO (T2), COM 10% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T3), COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T4) E COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO E ÚNICO COM AQUECIMENTO INDIRETO (T5).

TABELA 3.

PONTUAÇÃO MÉDIA RECEBIDA, NA ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA, PARA AS PROPRIEDADES SENSORIAS APARÊNCIA, GOSTO E TEXTURA, PELOS QUEIJOS OBTIDOS SEM ULTRAFILTRAÇÃO (T1) E COM ULTRAFILTRAÇÃO (FCV 4:1): SEM PRÉ-FERMENTAÇÃO (T2), COM 10% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T3), COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T4) E COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO E ÚNICO COM AQUECIMENTO INDIRETO (T5).

	T1	T2	T3	T4	T5
Aparência					
Cor amarelada	4,11 ^d	3,02 ^e	7,32 ^b	7,52 ^a	6,96 ^c
Uniformidade da cor	4,98 ^d	1,47 ^e	5,12 ^c	7,52 ^b	8,43 ^a
Derretimento	6,32 ^a	6,00 ^c	6,08 ^b	0,62 ^e	2,42 ^d
Gosto					
Acidez	5,79 ^a	5,22 ^b	2,76 ^c	2,32 ^e	2,55 ^d
Salgado	4,03 ^a	3,11 ^b	2,46 ^c	3,07 ^b	2,50 ^c
Amargo	1,93 ^b	2,05 ^a	1,51 ^d	1,60 ^d	1,78 ^c
Textura					
Dureza	3,42 ^d	2,40 ^e	7,25 ^a	5,72 ^c	6,46 ^b
Coesividade	8,33 ^c	1,54 ^e	8,57 ^b	7,15 ^d	8,65 ^a

Obs.1: Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p>0,05$).

A análise do perfil dos queijos deste experimento mostra que, com relação à aparência, os queijos avaliados tiveram o seguinte comportamento: os queijos T3, T4 e T5 apresentaram cor amarelada mais forte, sendo que os queijos T4 e T5 foram os que mostraram uma coloração mais uniforme da massa e o queijo T2 foi o que apresentou uma coloração amarelada mais fraca e menos uniformidade. Com relação ao derretimento, os queijos T1, T2 e T3 foram os que apresentaram maior derretimento.

Os queijos T1, T2 e T3 possivelmente apresentaram um derretimento maior do que os queijos T4 e T5 em função das relações gramas de água/ gramas de proteína e dos valores de pH apresentados pelos mesmos (T1= 2,50 e 5,72; T2=2,40 e 5,27; T3=1,90 e 5,38; T4=1,92 e 5,20; T5=1,80 e 5,31). MCMAHON et al. (1999) observaram que uma matriz protéica mais hidratada permite que as proteínas fluam mais facilmente quando aquecidas, aumentando a capacidade de derretimento dos queijos. Além disso, de acordo com Kindstedt et al. (2001), o pH afeta fortemente as interações proteína – umidade e consequentemente o derretimento do queijo, sendo que queijos Mussarela perdiam a habilidade de derreter a valores de pH menores que 5,0.

O derretimento dos queijos dos diferentes tratamentos também foi avaliado pelos autores através de um teste físico (método objetivo) e os resultados deste teste físico concordaram com os obtidos pelo teste sensorial (método subjetivo) realizado neste experimento.

Com relação ao sabor, os queijos T1 e T2 foram os que apresentaram gosto mais ácido. O queijo T1 foi o que mostrou ter gosto salgado mais forte, seguido pelos queijos T2 e T4. Os queijos T3 e T5 foram os que apresentaram

gosto salgado mais fraco. Com relação ao gosto amargo, embora os queijos tenham obtido pontuações médias próximas, eles diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$), tendo o queijo T2 apresentado a maior pontuação, possivelmente pelo fato de ter sido o queijo que apresentou o menor teor de gordura (TABELA 2). Segundo estudos realizados por MADSEN & ARDO (2001), com queijos Danbo com diferentes porcentagens de gordura, os consumidores tendem a perceber o amargor mais facilmente em queijos menos gordurosos, uma vez que a gordura mascara o amargor.

Com relação à textura, os queijos elaborados com LCUF pré-fermentado foram os mais duros e o fabricado com LCUF sem pré-fermentação (T2) o menos duro. Possivelmente os queijos T1 e T2 foram considerados menos duros que os queijos T3, T4 e T5 por apresentarem maiores teores de umidade (TABELA 2). HYDAMAKA et al. (2001) também verificaram que queijos com uma umidade relativamente mais alta eram considerados mais macios, segundo análise de um júri formado por 6 provadores experientes.

Os queijos T1, T3 e T5 apresentaram valores de coesividade muito próximos, sendo que o queijo T2 foi o que apresentou coesividade mais curta.

Teste de Aceitação

Avaliação dos atributos Aparência e Cor

Os queijos avaliados com 10 dias de estocagem apresentaram o mesmo comportamento para os atributos aparência e cor, sendo que para ambos as

maiores pontuações foram dadas para os queijos T4 e T5 e as menores para o queijo T2 (TABELAS 4 e 5).

Segundo a avaliação dos provadores, o queijo T2 recebeu as menores pontuações para os atributos aparência e cor por apresentar manchas e pontos avermelhados (concentração de corante), o que conferiu ao produto uma aparência não uniforme. Além disso a cor amarelada da massa foi considerada muito clara para um queijo tipo Prato.

TABELA 4.

PONTUAÇÃO MÉDIA RECEBIDA PARA O ATRIBUTO APARÊNCIA (TESTE DE ACEITAÇÃO) PELOS QUEIJOS OBTIDOS SEM ULTRAFILTRAÇÃO (T1) E COM ULTRAFILTRAÇÃO (FCV 4:1): SEM PRÉ-FERMENTAÇÃO (T2), COM 10% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T3), COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T4) E COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO E ÚNICO COM AQUECIMENTO INDIRETO (T5).

Dias	T1	T2	T3	T4	T5
10	5,08 ^b	3,17 ^c	5,03 ^b	6,17 ^a	6,00 ^a
25	5,09 ^c	3,08 ^d	5,74 ^{bc}	6,69 ^a	6,21 ^{ab}
45	5,28 ^c	3,75 ^d	6,17 ^b	6,85 ^a	6,63 ^{ab}

Obs.1: Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p>0,05$).

Com relação ao queijo T3, os provadores também notaram a presença de manchas e pontos avermelhados e de uma aparência não uniforme, porém em uma intensidade menor do que a observada no queijo T2. No queijo padrão, a crítica foi com relação a coloração amarelada (considerada um pouco mais clara

que o ideal) e com relação a presença na amostra de duas regiões com características de cor distintas: uma região periférica mais clara e uma região interna mais amarelada.

Segundo FURTADO (1991), este defeito no queijo Prato padrão é denominado de bicoloração e surge nas primeiras semanas de estocagem, tendendo a desaparecer ao longo da maturação, tendo como uma das possíveis causas um pH não suficientemente baixo no momento da salga (5,1 a 5,2 para queijos de massa semi cozida). Considerando-se que o queijo padrão apresentava um valor superior a 5,2, possivelmente esta foi a causa da bicoloração. O queijo T2 embora também apresentasse pH maior que 5,2 era mais úmido, e de acordo com FURTADO (1991), em queijos mais úmidos esse defeito é minimizado.

De modo geral os queijos T4 e T5 foram considerados os mais uniformes e com uma coloração mais adequada, o que conferiu aos mesmos maiores pontuações para os atributos aparência e cor.

Observou-se que durante a estocagem, os valores das pontuações, com raras exceções, tenderam a aumentar (TABELAS 4 e 5), indicando uma melhora na apreciação da cor e da aparência do produto. Porém, os queijos T4 e T5 continuaram a ter as maiores pontuações para os atributos cor e aparência e o queijo T2 as menores (TABELAS 4 e 5), em função de manter sua falta de uniformidade e coloração mais clara que a ideal para queijo Prato. As opiniões dos provadores com relação a coloração e uniformidade dos queijos estão de acordo com a avaliação feita pelo painel treinado para a ADQ (TABELA 3).

TABELA 5.

PONTUAÇÃO MÉDIA RECEBIDA PARA O ATRIBUTO COR (TESTE DE ACEITAÇÃO) PELOS QUEIJOS OBTIDOS SEM ULTRAFILTRAÇÃO (T1) E COM ULTRAFILTRAÇÃO (FCV 4:1): SEM PRÉ-FERMENTAÇÃO (T2), COM 10% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T3), COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T4) E COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO E ÚNICO COM AQUECIMENTO INDIRETO (T5).

Dias	T1	T2	T3	T4	T5
10	5,52 ^b	3,37 ^c	5,38 ^b	6,66 ^a	6,34 ^a
25	5,29 ^c	3,32 ^d	6,22 ^b	7,02 ^a	6,63 ^{ab}
45	5,45 ^b	4,14 ^c	6,54 ^a	6,95 ^a	6,92 ^a

Obs.1: Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p>0,05$).

Avaliação do atributo Sabor

Com 10 dias de estocagem, apenas o queijo T2 diferiu dos demais, com relação ao sabor (TABELA 6). Porém, para todos os tratamentos houve uma parcela de provadores que julgou os queijos um pouco ácidos e amargos. Os queijos T3 e T5 foram considerados com pouco sal, fato este também observado na ADQ (TABELA 3).

Com 25 dias de estocagem, o queijo T4 passou a não diferir significativamente do queijo T2. Segundo a avaliação de 30% dos provadores, o queijo T4 foi considerado levemente amargo, o que prejudicou o seu sabor.

Os queijos T1, T3, T4 e T5 continuaram a não diferir significativamente entre si com 45 dias de estocagem, porém, com exceção do queijo T3, os demais apresentaram uma redução de pontuação (TABELA 6). O queijo T2 apesar de ter apresentado melhora no sabor continuou tendo a menor pontuação para este atributo.

Com 45 dias de estocagem, a queda na apreciação dos consumidores dos queijos T4 e T5 também foi motivada pela presença de um leve amargor, o que fez com que os mesmos não diferissem significativamente de T2. Embora os queijos T4 e T5 não tenham diferido significativamente de T1 e T3, com 45 dias de estocagem, os queijos T1 e T3 foram citados como os de melhor sabor por um número maior de provadores.

TABELA 6.

PONTUAÇÃO MÉDIA RECEBIDA PARA O ATRIBUTO SABOR (TESTE DE ACEITAÇÃO) PELOS QUEIJOS OBTIDOS SEM ULTRAFILTRAÇÃO (T1) E COM ULTRAFILTRAÇÃO (FCV 4:1): SEM PRÉ-FERMENTAÇÃO (T2), COM 10% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T3), COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T4) E COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO E ÚNICO COM AQUECIMENTO INDIRETO (T5).

Dias	T1	T2	T3	T4	T5
10	6,40 ^a	4,80 ^b	6,29 ^a	6,29 ^a	6,72 ^a
25	6,28 ^a	4,85 ^b	6,05 ^a	5,55 ^{ab}	6,20 ^a
45	6,22 ^a	5,26 ^b	6,29 ^a	5,58 ^{ab}	5,78 ^{ab}

Obs.1: Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p>0,05$).

As informações obtidas através do teste de aceitação, para os queijos com 45 dias de estocagem, diferem das obtidas na ADQ com relação ao sabor amargo nos queijos. De acordo com o teste de aceitação: 0% (T1); 7,7% (T2); 15,4% (T3); 26,2% (T4) e 23,1% (T5) dos provadores identificaram um leve amargor nas amostras de queijos, enquanto que na ADQ (TABELA 3), as amostras T5, T4 e T3 foram as que tiveram menor pontuação para gosto amargo.

Avaliação do atributo Textura

Os queijos dos tratamentos que utilizaram LCUF pré-fermentado foram os que receberam maiores pontuações para textura com 10 dias de estocagem, não diferindo significativamente entre si ($p > 0,05$) (TABELA 7). O queijo elaborado apenas com LCUF (T2) foi o mais criticado pelos provadores com relação a textura.

O queijo T1 recebeu pontuações menores que os queijos T3, T4 e T5 por apresentar o defeito da bicoloração. Este defeito além de resultar em queijos com duas camadas de coloração distintas, como relatado anteriormente, também gera 2 camadas com características de textura diferenciadas, sendo a região periférica(mais clara) mais borrachenta e a região central (mais amarelada) mais mole.

Durante a estocagem (45 dias) os queijos T3, T4 e T5 continuaram a ser os preferidos em termos de textura e o queijo T2 o menos apreciado (TABELA 7). Considerando os resultados da ADQ (TABELA 3), a textura do queijo T2 possivelmente foi menos apreciada em função da sua baixa dureza.

TABELA 7.

PONTUAÇÃO MÉDIA RECEBIDA PARA O ATRIBUTO TEXTURA (TESTE DE ACEITAÇÃO) PELOS QUEIJOS OBTIDOS SEM ULTRAFILTRAÇÃO (T1) E COM ULTRAFILTRAÇÃO (FCV 4:1): SEM PRÉ-FERMENTAÇÃO (T2), COM 10% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T3), COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T4) E COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO E ÚNICO COM AQUECIMENTO INDIRETO (T5).

Dias	T1	T2	T3	T4	T5
10	5,83 ^b	4,54 ^c	6,69 ^a	6,61 ^a	6,71 ^a
25	5,91 ^b	4,46 ^c	6,83 ^a	6,29 ^{ab}	6,75 ^a
45	4,94 ^b	4,83 ^c	7,15 ^a	6,26 ^{ab}	6,82 ^a

Obs.1: Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p>0,05$).

Avaliação da Intenção de Compra

Os queijos T5 e T4 foram os que apresentaram, com 10 dias de estocagem, maiores intenções de compra, seguidos pelos queijos T3 e T1 e por último o queijo T2. (TABELA 8). Os queijos T1, T2 e T3 receberam pontuações menores, segundo os provadores, por apresentarem aparência e coloração pouco atrativas.

Com 25 dias de estocagem, embora os queijos T4 e T5 continuassem entre os queijos com maiores possibilidades de compra eles receberam pontuações inferiores as recebidas com 10 dias de estocagem (TABELA 8). A possível causa foi o aumento no número de provadores que passaram a detectar um leve amargor nestes queijos. O queijo T3 aumentou sua intenção de compra e, com

base nas observações dos provadores, esse fato ocorreu principalmente em função de uma melhoria na sua textura. Os queijos T1 e T2 mantiveram menores intenções de compra em função de sua coloração, aparência e textura.

TABELA 8.

PONTUAÇÃO MÉDIA RECEBIDA PARA INTENÇÃO DE COMPRA (TESTE DE ACEITAÇÃO) PELOS QUEIJOS OBTIDOS SEM ULTRAFILTRAÇÃO (T1) E COM ULTRAFILTRAÇÃO (FCV 4:1): SEM PRÉ-FERMENTAÇÃO (T2), COM 10% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T3), COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO (T4) E COM 20% DE PRÉ-FERMENTAÇÃO E ÚNICO COM AQUECIMENTO INDIRETO (T5).

Dias	T1	T2	T3	T4	T5
10	3,23 ^b	1,98 ^c	3,23 ^b	3,48 ^{ab}	3,77 ^a
25	2,92 ^b	1,85 ^c	3,35 ^{ab}	3,32 ^{ab}	3,48 ^a
45	3,03 ^a	2,32 ^b	3,41 ^a	3,35 ^{ab}	3,38 ^a

Obs.1: Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$).

Com 45 dias de estocagem apenas o queijo T2 possivelmente não seria comprado pela maioria dos provadores, por continuar a apresentar características de sabor, cor e textura não atrativas.

CONCLUSÕES

Segundo os resultados da Análise Descritiva Quantitativa o uso de LCUF, de pré-fermentação de parte deste LCUF e de variações no tipo de cozimento da massa afetaram a aparência, o gosto e a textura do queijo Prato padrão.

Os queijos elaborados a partir de LCUF pré-fermentado (10 e 20%) apresentaram cor amarelada mais forte e maior uniformidade na aparência.

A avaliação do derretimento por parte do painel sensorial caracterizou os queijos elaborados com LCUF pré-fermentado (20%) como tendo pouco derretimento.

O queijo padrão foi considerado mais ácido e mais salgado que os queijos dos demais tratamentos e apresentou gosto amargo mais fraco que o queijo elaborado com LCUF sem pré-fermentação e mais forte que os queijos elaborados com LCUF pré-fermentado.

Os queijos elaborados com LCUF pré-fermentado foram considerados mais duros que o padrão, que por sua vez também foi mais duro que o queijo elaborado com LCUF sem pré-fermentação.

Segundo os resultados do Teste de Aceitação o queijo elaborado a partir de LCUF sem pré-fermentação foi o único que possivelmente não seria comprado por apresentar baixas pontuações para os atributos aparência, cor e textura em todas as datas de avaliação. Os queijos T4 e T5 foram considerados como os de melhor aparência e cor. Os queijos T1, T3, T4 e T5 não diferiram significativamente entre si com relação ao sabor, porém os queijos T1 e T3 foram considerados os mais saborosos pelos provadores, no final do período de estocagem, por não

apresentarem (T1) ou apresentarem (T3) um gosto amargo fraco. Com relação à textura os queijos elaborados a partir de LCUF pré-fermentado receberam as maiores pontuações.

REFERÊNCIAS

- AOAC- ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS. 1995. *Official methods of analysis of AOAC international*, pp.1-70, AOAC, Washington.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. 1989. *Determination of fat content of milk and milk products (Gerber method). Methods*, pp.8-9, British Standards Institution, London.
- FURTADO, M.M. 1991. *A arte e a ciência do queijo*, pp.149-190, Globo, São Paulo.
- FURTADO, M.M. and AMORIM, A.C.B. 2000. Os pioneiros laticinistas dinamarqueses e a história do queijoPrato. *Indústria de Laticínios* 4, 18-22.
- FURTADO, M.M. and LOURENÇO NETO, J.P.M. 1994. *Tecnologia de queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos*, pp. 90-92 ,Dipemar Ltda, São Paulo.
- HICKEY, M.W. 1993. Ultrafiltration specialty cheese workshop. *Austr. J. Dairy Technol.* 48, 40-48.
- HYDAMAKA, A.W., WILBEY, R.A., LEWIS, M.J. and KUO, A.W. 2001. Manufacture of heat and acid coagulated cheese from ultrafiltered milk retentates. *Food Res. Intern.* 34, 197-205.

- JAMESON, G.W. 1987. Manufacture of Cheddar cheese from milk concentrated by ultrafiltration: the development and evaluation of a process. *Food Technol. Austr.* 39, 560-564.
- JENSEN, G.K. and STAPELFELDT, H. 1993. Incorporation of whey proteins in cheese including the use of ultrafiltration. In *Factors affecting the yield of cheese*, p.88-105, IDF, Brussels (International Dairy Federation Special Issue, n.9301).
- KINDSTEDT, P.S., ZIELINSKI, A., ALMENA-ALISTE, M. 2001. A post-manufacture method to evaluate the effect of pH on Mozzarella cheese characteristics. *Austr. J. Dairy Technol.* 56, 14-19.
- MADSEN, J.S. and ARDO, Y. 2001. Exploratory study of proteolysis, rheology and sensory properties of Danbo cheese with different fat contents. *Intern. Dairy J.* 11, 423-431.
- MCMAHON, D.J., FIFE, R.L. and OBERG, C.J. 1999. Water partitioning in Mozzarella cheese and its relationship to cheese meltability. *J. Dairy Sci.* 82, 1361-1369.
- PAHKALA, E., TURUNEN, M. and ANTILA, V. 1985. Ultrafiltration in the manufacture of Edam cheese. *Meijeritieteellinen Aikakauskirja* 43, 47-61.
- RIBEIRO, E.P. 1996. *Aplicação da ultrafiltração de leite no processo de fabricação de queijo tipo prato*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, 144p.
- RENNER, E. and EL-SALAM, M.H.ABD. 1991. *Application of ultrafiltration in the dairy industry*, pp.153-216, Elsevier Applied Science, London.

- RICHARDSON, G.H. 1985. *Standard Methods for Examination of Dairy Products*,. pp.339-344, American Publ. Health Assoc, Washington.
- SOUZA, E.A. 1960. *Tecnologia da fabricação de queijos*, pp.33-36, Editora Lar Católico, Juiz de Fora.
- STONE, H., SIDEL, J., OLIVER, R.S., WOOLSEY,A. and SINGLETON, RC. 1974. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technol.* 28, 24-34.
- VAN DENDER, A.G.F., DUCRUET, P. and MAUBOIS, J.L. 1987. Estudo da fabricação de queijo tipo Prato utilizando ultrafiltração. *Rev. Inst. Lat. Cândido Tostes* 42, 7-14.
- ZOON, P. 1993. Incorporation of whey proteins into Dutch-type cheese. In *Cheese yield and factors affecting its control*, p.403-408, IDF, Cork.

CAPÍTULO VII

AVALIAÇÃO DO DERRETIMENTO DO QUEIJO TIPO PRATO OBTIDO POR MODIFICAÇÕES NO PROCESSO TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO

Artigo redigido segundo as normas de publicação da revista Le Lait, para a qual foi submetido para publicação.

AVALIAÇÃO DO DERRETIMENTO DE QUEIJO PRATO OBTIDO POR MODIFICAÇÕES DO PROCESSO TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO

(Capacidade de derretimento do queijo Prato)

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito das seguintes modificações no processo tradicional de fabricação de queijo Prato: uso de leite concentrado por ultrafiltração (LCUF) até um fator de concentração volumétrica (FCV) de 4:1; pré-fermentação de parte deste LCUF e aquecimento indireto da massa sobre a composição centesimal, pH, acidez titulável (AT) e capacidade de derretimento (CD) dos queijos, comparando os resultados com os de um queijo padrão. Foram realizados três processamentos, com cinco tratamentos cada, respectivamente: Tratamento 1 (T1), sem ultrafiltração; Tratamento 2 (T2), ultrafiltração sem pré-fermentação do LCUF; Tratamento 3 (T3), ultrafiltração com pré-fermentação de 10% do LCUF; Tratamento 4 (T4), ultrafiltração com pré-fermentação de 20% do LCUF e com aquecimento direto da massa e Tratamento 5 (T5): ultrafiltração com pré-fermentação de 20% do LCUF e único com aquecimento indireto. A análise estatística dos dados mostrou que os queijos apresentaram composições similares; a pré-fermentação de 20% do retentado aumentou a acidez e diminuiu o pH dos mesmos e o tempo não influenciou os valores de pH, mas elevou a AT e a CD. Estatisticamente não há diferença entre

os tratamentos com relação a CD, porém, há uma tendência de maior CD para os queijos com maior relação quantidade de água/proteína total e maior valor de pH.

queijo / ultrafiltração / pré-fermentação / cozimento / derretimento

Résumé – Evaluation de la capacité de fusion du fromage « Prato » obtenu par modifications du procédé de fabrication traditionnel. L'objectif de cette recherche était d'étudier l'effet de modifications du procédé de fabrication traditionnel du fromage « Prato » sur la composition, le pH, l'acidité titrable (TA) et la capacité de fusion (MC) du fromage, comparé au standard traditionnel. Les modifications ont été les suivantes : utilisation de lait concentré par ultrafiltration (UFCM) jusqu'à un facteur de concentration volumétrique (VCF) de 4:1 ; pré-fermentation partielle du UFCM et cuisson indirecte du caillé. Trois répétitions ont été réalisées pour chacun des cinq traitements suivants : traitement 1 (T1), sans ultrafiltration ; traitement 2 (T2), ultrafiltration sans pré-fermentation du UFCM ; traitement 3 (T3), pré-fermentation de 100 g.kg⁻¹ du UFCM, traitement (T4), pré-fermentation de 200 g.kg⁻¹ du UFCM ; traitement 5 (T5), pré-fermentation de 200 g.kg⁻¹ du UFCM. Une cuisson indirecte du caillé a été utilisée seulement dans le cas du traitement 5. L'analyse des données statistiques a montré que les fromages avaient une composition similaire ; la pré-fermentation de 200 g.kg⁻¹ du rétentat a augmenté l'acidité et réduit le pH ; le temps n'a pas eu d'influence sur le pH, mais la TA et la MC ont eu tendance à augmenter. Il n'y a pas eu de

différence de MC entre les traitements mais les MC des fromages ayant un ratio eau/protéines totales et un pH plus élevés, ont eu tendance à augmenter.

fromage / ultrafiltration / pré-fermentation / cuisson / fusion

1. INTRODUÇÃO

O queijo Prato é um dos queijos de maior produção no Brasil (Mello & Furtado, 2001), sendo considerado um queijo de massa semi-cozida e lavada, cujo aquecimento dos grãos da coalhada é feito pela adição de água quente ao soro (Andersen, 1941; Furtado & Lourenço Neto, 1994; Oliveira, 1986; Souza, 1960 e Van Dender et al., 1987), operação esta indispensável para a obtenção das propriedades organolépticas do produto final (Souza, 1960 e Van Dender et al., 1987). Porém, a lavagem da massa promove uma perda maior de nutrientes, que são retirados juntamente com o soro (Goudedranche et al., 1981), o que tende a diminuir o rendimento.

O queijo é popularmente usado como ingrediente no preparo de vários pratos, sendo que, em muitos deles, o queijo sofre um derretimento (Kuo et al., 2001). O uso dos queijos Mussarela, Cheddar e Prato em pizzas, sanduíches quentes e alimentos congelados é um exemplo disso. Para esses queijos, um bom derretimento torna-se uma das principais características na determinação da qualidade dos mesmos (Lefevere et al., 2000).

Assim, inúmeras pesquisas têm sido feitas com o objetivo de esclarecer a influência da forma de produção, da composição e da microestrutura do queijo na

CD dos mesmos (Bogenrief & Olson, 1995; Kindstedt, 1991; Kindstedt, 1993a; Kindstedt et al., 1995; Kuo et al., 2001; Lefevre et al., 2000; MacMahon et al., 1999; Metzger et al., 2001 e Rudan et al., 1999).

No Brasil, o queijo Prato, assim como a maioria dos queijos aqui produzidos, é obtido a partir de um leite que não sofreu concentração. Entretanto, a prática de concentração do leite, pela técnica de ultrafiltração, para uso na fabricação de queijos é relatada com frequência em países como a Austrália, França e Estados Unidos, entre outros (El-Gazzar & Marth, 1991; Hickey, 1993; Jameson, 1987; Jensen et al., 1987; Kosikowski, 1986; Lelievre & Lawrence, 1988 e Maubois & Mocquot, 1975).

O uso desta técnica foi proposto por Maubois et al. (1969), com o nome de processo MMV, o qual baseia-se na concentração do leite até obtenção de um pré-queijo líquido com um nível de sólidos totais idêntico ou similar ao encontrado em um queijo pronto. O processo tem como vantagens eliminar a etapa de dessoragem, permitindo uma retenção maior da gordura do leite e das proteínas solúveis do soro, principalmente da alfa-lactoalbumina e beta-lactoglobulina, as quais são normalmente perdidas durante esta etapa do processamento tradicional de queijos. Tal fato, além de gerar um permeado com uma menor demanda bioquímica de oxigênio (DBO), resulta em um aumento nas médias de rendimento de queijo da ordem de 8 a 20% (Jensen & Stapelfeldt, 1993; Kosikowski, 1976; Kosikowski, 1986; Maubois & Mocquot, 1975 e Morris, 1984).

Apesar das vantagens oferecidas pelo método MMV, é difícil concentrar o leite por UF até os níveis necessários para fabricar queijos duros e semi-duros

(Jensen & Stapelfeldt, 1993) e quando se consegue atingir estes níveis, os queijos obtidos tendem a apresentar uma qualidade inferior a de um queijo obtido pelo processo tradicional (Lelievre & Lawrence, 1988). Segundo Renner & El-Salam (1991), queijos semi-duros obtidos por UF não derretem ou derretem em menor extensão quando comparados com um queijo elaborado pelo método tradicional.

Em decorrência dos motivos anteriormente citados, alguns pesquisadores (Jameson, 1987 e Jensen & Stapelfeldt, 1993) testaram a produção de queijos semiduros e duros a partir de leites concentrados a FCV (p/p) intermediários (4:1 a 6:1), seguindo posteriormente as etapas de um processamento tradicional. O uso de FCV intermediários, apesar de não resultar em ganhos de rendimento elevados, possibilita a obtenção de rendimentos maiores do que os observados no processo tradicional de fabricação de queijos (Jameson, 1987; Jensen & Stapelfeldt, 1993 e Zoon, 1993). Além disso, proporciona redução de gastos com transporte de leite, diminuição do consumo de água, aumento da produtividade da planta e a obtenção de queijos com características funcionais e organolépticas mais próximas das de um queijo tradicional (Hickey, 1993; Renner & El-Salam, 1991 e Zoon, 1993).

Na Austrália, para a manufatura de queijo Cheddar, a partir de leite parcialmente concentrado por UF, tem-se realizado a pré-fermentação de parte do retentado, normalmente cerca de 10%, de modo a se obter coágulos com uma firmeza adequada, o que pode ser conseguido pelo fato do fermentado servir como uma significativa fonte de cálcio ionizado, que auxilia na formação do

coágulo (Jameson, 1987). Tal técnica é necessária considerando-se que o processo de fabricação de queijo por ultrafiltração é um pouco mais rápido que o processo tradicional e o uso desta técnica proporciona adequado número de bactérias láticas no queijo pronto (Jameson, 1987).

Ribeiro (1996) produziu queijo Prato utilizando LCUF com vários FCV (1,5:1; 2,5:1, 3,5:1 e 5,0:1) e concluiu que o uso de tais retentados possibilitava a obtenção de queijos com características organolépticas e de textura típicas de um queijo Prato e com um rendimento maior que no processo tradicional. No caso do queijo elaborado com retentado de FCV igual a 5:1, uma textura adequada só foi possível com uma pré-fermentação de parte (10%) deste retentado com cultura lática. A autora, porém, não estudou o efeito do uso de LCUF e LCUF parcialmente pré-fermentado sobre a capacidade de derretimento do queijo Prato.

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito das seguintes modificações no processo tradicional de fabricação de queijo Prato: uso de leite concentrado por ultrafiltração até um FCV=4:1; pré-fermentação de parte (10 e 20%) deste LCUF e aquecimento indireto da massa, sobre a composição, pH, AT e CD dos queijos, comparando os resultados com os de um queijo padrão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Ultrafiltração do leite

Leite cru tipo B (250 Kg), proveniente da Cooperativa dos Produtores de Leite da Região de Campinas, foi tratado termicamente a 68°C/2 min. Uma parte

do leite (50 Kg) foi resfriada a 35°C e transferida para cubas de fabricação de queijos (capacidade para 25 Kg) para elaboração de um lote de queijo Prato padrão (T1) e a outra parte (200 Kg) foi resfriada a 55°C e submetida a um processo de concentração por ultrafiltração (UF). O leite foi concentrado em um sistema de UF dotado de membranas minerais com peso molecular de corte de 20.000 Daltons, TECH - SP, modelo S 37, com pressão de entrada e de saída de, respectivamente, 2,5 e 1,5 Kgf/cm², até FCV=4:1. Após o processo de concentração, o leite ultrafiltrado obtido foi pasteurizado a 63°C por 30 min, resfriado a 7°C e dividido em 4 porções iguais, sendo cada uma delas transferida para cubas de fabricação de queijos (T2, T3, T4 e T5).

2.2 Fabricação dos queijos

Neste experimento foram realizados três processamentos, em datas diferentes. Em cada processamento foram fabricados cinco lotes de queijos tipo Prato (T1, T2, T3, T4 e T5). O lote T1 foi elaborado pelo método convencional a partir de leite não concentrado, no mesmo dia da chegada do leite na planta piloto e os outros quatro lotes foram elaborados a partir de LCUF no dia subsequente. No caso dos queijos elaborados a partir de LCUF (T2, T3, T4 e T5), após o resfriamento de cada uma das 4 porções, retirou-se uma porcentagem das mesmas (0% de T2 ; 10% de T3 e 20% de T4 e T5) as quais foram submetidas a uma pré-fermentação com cultura láctica mesófila (G3 MIX 6-VISBYVAC® - B50, composto por múltiplas cepas mistas de *Lactococcus lactis ssp. lactis* e *Lactococcus lactis ssp. cremoris*) a 32°C. O restante do LCUF foi armazenado a

5± 1°C até o dia seguinte. Após as porções separadas de LCUF terem atingido pH igual a 5,0 , as mesmas foram misturadas aos respectivos LCUFs, e procedeu-se, então, ao aquecimento dos retentados até 35°C para dar início ao processamento dos queijos. Tanto o queijo padrão como os ultrafiltrados foram fabricados seguindo as etapas básicas do processamento tradicional de queijo Prato (Oliveira, 1986). No queijo padrão (T1), o leite aquecido a 35°C recebeu a adição de cloreto de cálcio 50% (0,4 ml/Kg de leite), fermento liofilizado concentrado de utilização direta no tanque, na quantidade de 10% da recomendada pelo fabricante, corante de urucum (*Bixa orellana*) e coalho (coalho de vitelo - Bela Vista - 90% de quimosina), em quantidade suficiente para coagular o leite em 40 min. a temperatura de 35° C. Na fabricação dos queijos a partir de LCUF procedeu-se de maneira similar, utilizando-se cultura lática, corante e agente coagulante numa quantidade equivalente a que seria utilizada convertendo o LCUF em leite, porém sem o uso de cloreto de cálcio. Após a coagulação (40 minutos para todos os tratamentos), a massa foi cortada em cubos de 0,4 cm X 0,5 cm de aresta e deixada em repouso por 5 min. Iniciou-se, então, uma agitação lenta e contínua dessa massa por cerca de 20 minutos (1ª mexedura), seguida pela remoção de parte do soro e aquecimento da coalhada (2ª mexedura), com adição de água quente (80°C), até 41°C, de modo a se obter o ponto de massa do queijo Prato. No caso dos queijos obtidos a partir de LCUF, não foi realizada a primeira mexedura nem a remoção de parte do soro, assim, logo após o repouso foi realizado o aquecimento da massa, o que resultou numa redução do tempo de processamento de cerca de 30 minutos. Para os queijos dos tratamentos T2, T3 e

T4 adotou-se o aquecimento direto da massa por adição de água quente (80°C), porém, para o queijo T5 adotou-se o aquecimento indireto. Após o término do aquecimento, as massas foram pré-prensadas em dreno-prensa por 20 minutos, com o dobro do peso da massa, e depois colocadas em formas plásticas de queijo Prato de 0,5 kg e prensadas por 6 horas em prensa vertical, com pesos de aço inox. Os queijos foram virados após 20 minutos de prensagem e a cada hora subsequente até o momento de sair da prensa. Os pesos de prensagem foram aumentados gradativamente de 10 até 20 vezes o peso da massa. Atingido o tempo de prensagem, os queijos foram armazenados a $7 \pm 1^\circ\text{C}$, para no dia seguinte serem colocados em salmoura (20% sal) por um período de 8 horas a $4 \pm 1^\circ\text{C}$. Por fim foram secos a $7 \pm 1^\circ\text{C}$, pesados, embalados a vácuo em sacos plásticos termoencolhíveis e estocados a $7 \pm 1^\circ\text{C}$ por um período de 45 dias.

2.3. Análises

2.3.1. Composição dos queijos

Foram empregadas as metodologias AOAC (1995) 920.124 para acidez titulável (AT), 925.23 para o teor de extrato seco total (EST), 920.123 para o teor de nitrogênio total (NT) e fator de conversão 6,38 para proteína total. A determinação de nitrogênio solúvel em pH 4,6 (nitrogênio não caséico – NNC) foi feita segundo Barbano et al. (1991). Os teores de gordura e de sal foram determinado pelos métodos de Gerber (British Standard Institution, 1989) e Volhard (Richardson, 1985) respectivamente. Os valores de pH foram

determinados pelo método potenciométrico. O teor de umidade foi determinado subtraindo-se a porcentagem de EST do valor 100 e o teor de gordura no extrato seco (GES) foi calculado da seguinte forma: $\%GES = (\%Gordura \times 100) / \%EST$. O teor de sal na umidade (S/U) foi calculado da seguinte forma: $S/U = (\%sal \times 100 / (\%sal + \%umidade))$.

Todas as determinações acima foram feitas em triplicata, nos queijos com 10 dias de armazenamento refrigerado.

2.3.2. Avaliação do pH e da acidez titulável dos queijos

Os queijos foram monitorados para pH e AT durante 45 dias. As análises, em triplicata, foram feitas com 10, 25 e 45 dias de armazenamento refrigerado (D10, D25 e D45).

2.3.3 Avaliação da capacidade de derretimento dos queijos

A capacidade de derretimento (CD) do queijo Prato foi determinada pelo método modificado de Schreiber's conforme descrito por Kosikowski (1982). O teste foi realizado em quadruplicata nos queijos com 10, 25 e 45 dias de estocagem (D10, D25 e D45).

Neste teste, uma peça de queijo, de cerca de 0,5 Kg, de cada tratamento, foi cortada ao meio e do centro de uma das metades foi retirada uma amostra cilíndrica, com o auxílio de uma sonda de 36 mm de diâmetro. Com um cortador de ovo modificado, esse cilindro foi cortado em fatias de 7 mm de espessura. De cada amostra foram separadas 4 fatias (uma da superfície, uma do centro e 2 da

região intermediária), que foram colocadas individualmente no centro de placas de Petri, as quais estavam marcadas com quatro linhas dispostas em ângulos de 45°C (Fig. 1). Essas placas foram tampadas e deixadas à temperatura ambiente por 30 minutos. Após esse intervalo de tempo, o diâmetro médio inicial de cada uma das 4 fatias foi calculado como a média dos diâmetros, nas quatro direções. O aquecimento para a avaliação do derretimento foi realizado por 7 minutos em estufa a 107°C. Após o mesmo, o diâmetro médio final de cada fatia foi obtido da mesma forma que o diâmetro médio inicial. A partir desses diâmetros médios, calculou-se a área inicial (Ai) e final (Af) de cada fatia e a partir destes valores determinou-se a capacidade de derretimento das mesmas, segundo a Equação 1:

$$\text{Capacidade de derretimento (\%)} = \frac{A_f - A_i}{A_i} \times 100 \quad (1)$$

Tendo-se os valores da CD das 4 fatias de cada amostra, a média aritmética desses valores forneceu a capacidade de derretimento média do queijo.

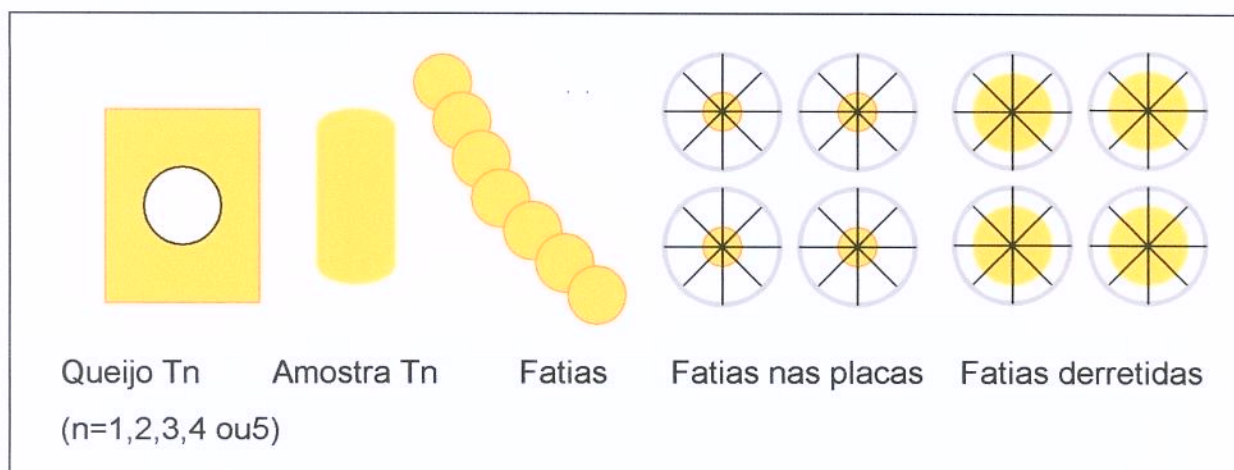


Figura 1. Representação esquemática do teste para determinação da CD dos queijos.

2.3.4. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento estatístico adotado para o experimento foi Split-plot em blocos, onde as parcelas foram os tratamentos, a sub-parcela o tempo e o bloco a batelada de leite a ser processada. Foram realizadas 3 bateladas, uma para cada réplica completa, formando 3 blocos. A composição dos queijos dos cinco tratamentos foi avaliada estatisticamente através da análise da variância, utilizando-se o procedimento de comparação múltipla entre pares de médias (Método de Tukey) no décimo dia após a fabricação dos queijos. Os dados das análises de pH, acidez titulável e capacidade de derretimento dos queijos foram avaliados da mesma forma que os de composição, no décimo, vigésimo quinto e quadragésimo quinto dia de estocagem. Todos os cálculos foram realizados com o auxílio do programa estatístico SAS (SAS System for Windows, Release 8.02- SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição química

3.1.1. Composição média dos queijos

Os queijos elaborados a partir de leite não ultrafiltrado e a partir LCUF sem pré-fermentação não diferiram em termos de pH e AT (Tab. I). Porém, elevando-se a porcentagem de concentrado pré-fermentado utilizada na fabricação do

queijo, os valores de AT aumentaram e os de pH diminuíram, em decorrência de uma maior incorporação de ácido láctico e de uma maior ação da cultura láctica.

A maior acidez dos queijos dos tratamentos T4 e T5 fez com que os mesmos ficassem fora dos valores de pH e AT normalmente encontrados para queijo tipo Prato, que são: pH de 5,2 a 5,5 (Furtado & Lourenço Neto, 1994 e Oliveira, 1986) e cerca de 0,86% de ácido láctico (Schifftan & Komatsu, 1980), respectivamente.

Tabela I. Composição média (n=3) dos queijos obtidos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

Parâmetros avaliados	T1	T2	T3	T4	T5
pH	5,37 ^a	5,37 ^a	5,28 ^{ab}	5,00 ^b	5,09 ^{ab}
Acidez titulável (% ácido láctico)	0,64 ^b	0,71 ^b	0,86 ^{ab}	1,28 ^a	1,12 ^{ab}
EST (%)	51,77 ^{ab}	48,77 ^b	52,89 ^{ab}	54,95 ^a	55,47 ^a
Umidade (%)	48,23 ^{ab}	51,23 ^a	47,11 ^{ab}	45,05 ^b	44,53 ^b
Gordura (%)	25,21 ^a	20,84 ^a	23,06 ^a	24,66 ^a	24,61 ^a
GES (%)	48,78 ^a	42,58 ^a	43,38 ^a	44,92 ^a	44,30 ^a
Proteína Total (%)	18,42 ^a	21,38 ^a	22,51 ^a	21,86 ^a	22,24 ^a
Sal (%)	1,60 ^a	1,67 ^a	1,48 ^a	1,36 ^a	1,44 ^a
Sal/Umidade (%)	3,22 ^a	3,17 ^a	3,07 ^a	2,93 ^a	3,14 ^a

Obs.: Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$) (Método de Tukey para comparações múltiplas - Montgomery, 2001).

A composição centesimal dos queijos elaborados a partir de leite normal e a partir de LCUF não diferiu significativamente com respeito às porcentagens de gordura e de proteína, além de apresentar pouca variação de EST (Tab. I).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos (Nova legislação..., 1998), o queijo Prato é classificado como um queijo gordo (conteúdo de GES entre 45,0 e 59,9%) e de média umidade (entre 36,0 e 45,9%), assim apenas o queijo padrão atende as normas legais para GES e apenas os queijos dos tratamentos T4 e T5 para umidade (Tab. I).

Os queijos elaborados a partir de leite ultrafiltrado apresentaram teores de gordura inferiores à média normalmente encontrada para queijos Prato, que é de 26 a 29% (Furtado & Lourenço Neto, 1994), o que explica que tais queijos não tenham atingido valores adequados de GES.

Os dados apresentados na Tabela I mostram que, embora estatisticamente não haja diferença significativa entre os diferentes tratamentos em relação às porcentagens de gordura e de proteína nos queijos, em termos práticos há diferença. Assim, o uso da pré-fermentação apresentou a tendência de aumentar o teor de gordura no queijo ultrafiltrado, o que fez com que os queijos T4 e T5 se aproximassem da porcentagem de GES mínima exigida pela legislação em vigor. Da mesma forma a ultrafiltração tendeu a aumentar a concentração de proteína no queijo, possivelmente devido à incorporação das soroproteínas (Lelievre & Lawrence, 1988 e Lucey & Kelly, 1994).

3.1.2. Evolução do pH e Acidez Titulável dos queijos

As Figuras 2 e 3 mostram, respectivamente, a evolução da AT e do pH dos queijos, dos cinco tratamentos, durante os 45 dias de armazenamento refrigerado.

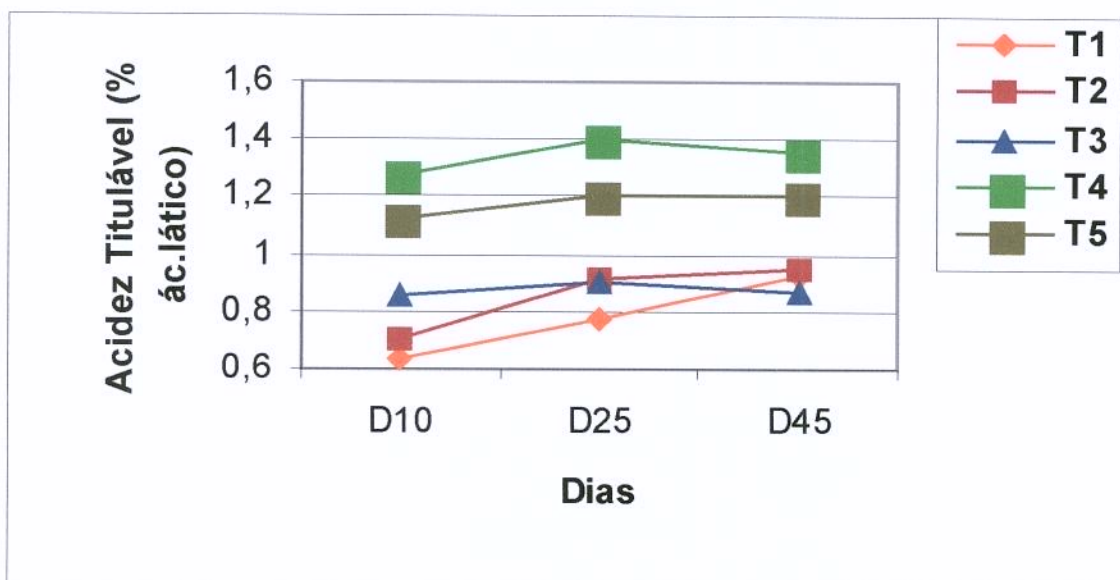


Figura 2. Evolução da AT durante 45 dias de estocagem dos queijos: padrão (T1), Ultrafiltrado sem pré-fermentação (T2), Ultrafiltrado com 10% de pré-fermentação (T3), Ultrafiltrado com 20% de pré-fermentação (T4), Ultrafiltrado com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

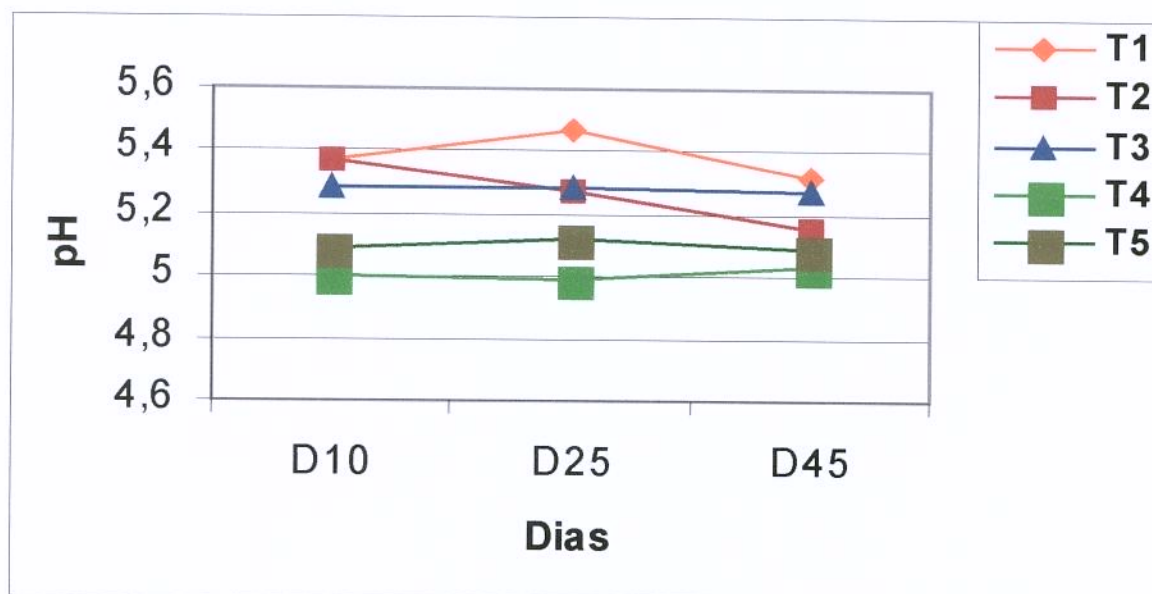


Figura 3. Evolução do pH durante 45 dias de estocagem dos queijos: padrão (T1), Ultrafiltrado sem pré-fermentação (T2), Ultrafiltrado com 10% de pré-fermentação (T3), Ultrafiltrado com 20% de pré-fermentação (T4), Ultrafiltrado com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

A análise estatística dos dados de AT forneceu as seguintes informações: não houve interação tratamento X tempo ($p=0,24$) e os valores de AT dos queijos sofreram variações estatisticamente significativas com o tempo ($p < 0,01$) e com o tipo de tratamento ($p=0,02$) adotado. A AT dos tratamentos aumentou significativamente entre as datas D10 e D25, porém não houve diferenças significativas entre os dias D25 e D45. Quanto aos tratamentos, de acordo com o teste de Tukey, o T1 não diferiu estatisticamente dos tratamentos T2, T3 e T5, porém diferiu do T4. O T4, por sua vez, diferiu do T1, mas não dos demais tratamentos.

A análise dos dados de pH revelou que não houve interação tratamento X tempo ($p=0,75$) e o fator tempo não influenciou significativamente ($p=0,45$) os valores de pH dos diferentes queijos. Porém, estes valores foram significativamente ($p=0,03$) influenciados pelo tipo de tratamento adotado para fabricação dos queijos. Com base no teste de Tukey verificou-se que os dados de pH do T1 não diferiram estatisticamente dos obtidos nos tratamentos T2, T3 e T5, mas diferiram dos valores do T4. Os valores de T4, por sua vez, diferiram dos observados para T1, mas não dos obtidos nos demais tratamentos.

O uso tanto de LCUF como de LCUF com pré-fermentação de 10% do retentado não alterou significativamente a acidez e o pH dos queijos. Porém, a pré-fermentação de 20% do LCUF aumentou a AT dos queijos (Fig. 2) e diminuiu o pH dos mesmos (Fig. 3). O tipo de aquecimento adotado não interferiu na AT e no pH desses queijos (Fig. 2 e 3), resultado este que discorda de informações encontradas na literatura (Souza, 1960 e Van Dender et al., 1987) que atribuem a queijos elaborados com o uso de aquecimento direto uma menor acidez devido a delactosagem da massa com água quente.

A AT dos cinco tratamentos aumentou entre o décimo e o vigésimo quinto dia de estocagem (Fig. 2) provavelmente, conforme Fox et al. (1990), devido a fermentação da lactose residual pela cultura lática. Embora a AT dos queijos tenha aumentado nesse período, o pH dos mesmos não diminuiu, devido a capacidade tamponante apresentada pelos queijos com 10 dias de estocagem. Segundo Fox et al. (1990), a capacidade tamponante dos queijos aumenta acentuadamente a medida que o seu pH apresenta valores inferiores a 5,5 e

todos os queijos fabricados neste experimento apresentaram valores menores que 5,5 no D10 (Fig. 3).

Pesquisas realizadas com queijos elaborados com uso de LCUF têm mostrado que tais queijos tendem a apresentar um maior poder tamponante (El-Gazzar & Marth, 1991; Green et al., 1981; Lelievre & Lawrence, 1988) o que pode comprometer a qualidade do queijo devido à dificuldade de abaixamento do pH na estocagem (Lelievre & Lawrence, 1988 e Renner & ABD El-Salam, 1991). De acordo com Renner & ABD El-Salam (1991), a pré-maturação do retentado poderia corrigir esse problema, devido a uma maior desmineralização das micelas de caseína.

Neste experimento, os queijos elaborados com LCUF sem pré-fermentação realmente não sofreram alterações significativas no pH, com o decorrer do período de estocagem, porém os queijos elaborados com leite não concentrado e com LCUF pré-fermentado também não. Portanto, dependendo das características do processo de produção adotado para fabricação de queijos, o uso de LCUF pode ou não interferir no poder tamponante do mesmo e consequentemente no seu pH.

Os queijos elaborados a partir de LCUFs, que foram parcialmente (10 e 20%) pré-fermentados, apresentaram um comportamento de pH similar ao encontrado por Metzger et al. (2001). Estes pesquisadores estudaram o comportamento de queijos Mussarela, elaborados a partir de leite pré-acidificado quimicamente, a diferentes valores de pH, por 90 dias de estocagem e verificaram

que os valores de pH dos queijos permaneciam estáveis ou diminuía ao longo do tempo.

3.1.5. Evolução da Capacidade de Derretimento dos queijos

A capacidade de derretimento dos queijos pode ser visualizada na Figura 4

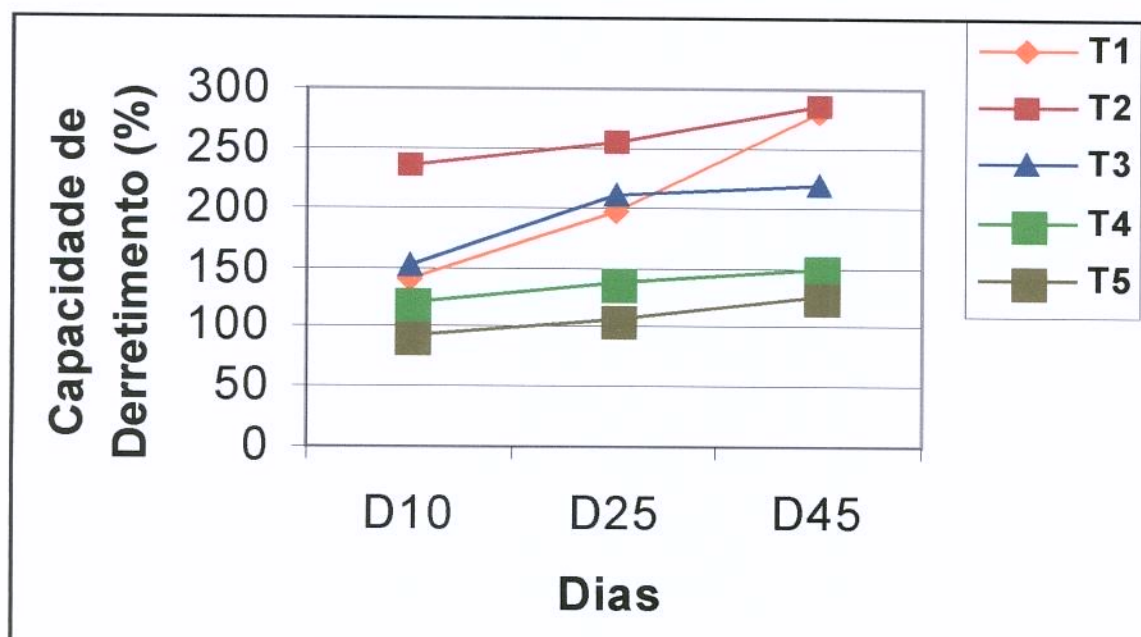


Figura 4. Evolução da Capacidade de Derretimento (%) durante 45 dias de estocagem dos queijos: padrão (T1), Ultrafiltrado sem pré-fermentação (T2), Ultrafiltrado com 10% de pré-fermentação (T3), Ultrafiltrado com 20% de pré-fermentação (T4), Ultrafiltrado com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

A análise estatística dos dados de CD forneceu as seguintes informações: não houve interação tratamento X tempo ($p=0,49$), o tipo de tratamento não influenciou significativamente ($p=0,25$) essa propriedade funcional, porém a mesma sofreu alterações significativas ($p<0,01$) com o tempo. De acordo com o teste de Tukey, $CD_{D10} < CD_{D25} = CD_{D45}$.

A CD dos queijos dos cinco tratamentos aumentou ao longo da estocagem provavelmente devido a proteólise dos queijos e/ou aumento da água retida fisicamente na matriz protéica (Lefevere et al, 2000 e McMahon et al., 1999).

Os queijos elaborados neste experimento apresentaram proteólise primária (PP), no decorrer do período de estocagem, (Tab. II) (PP-D10 < PP-D25 < PP-D45), o que justifica em parte este aumento observado na CD, uma vez que, segundo Lefevere et al (2000), McMahon et al.(1999), Rudan et al. (1999) e Tunick et al. (1993), a degradação da matriz protéica faz com que o queijo perca sua habilidade de manter sua estrutura durante o aquecimento, elevando a CD dos queijos.

Tabela II. Porcentagem média de nitrogênio não caséico (n=3) dos queijos obtidos sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5).

Parâmetros Avaliados					
Nitrogênio não Caséico ¹ NNC(%)	0,28	0,43	0,47	0,62	0,55
Nitrogênio não Caséico ² NNC(%)	0,40	0,57	0,63	0,74	0,69
Nitrogênio não Caséico ³ NNC(%)	0,48	0,66	0,76	0,95	0,85

¹ Parâmetro avaliado após 10 dias de estocagem

² Parâmetro avaliado após 25 dias de estocagem

³ Parâmetro avaliado após 45 dias de estocagem

Embora o aumento da CD dos queijos, observado no decorrer do armazenamento, geralmente seja associado com a proteólise que ocorre nos mesmos, McMahon et al.(1999) têm observado, através de dados experimentais, que a proteólise pode não ser o único motivo para essas mudanças verificadas no derretimento. Estes pesquisadores sugerem que outras mudanças que ocorrem concomitantemente durante a estocagem, como as variações nas relações proteína-proteína e proteína-umidade, deveriam ser investigadas.

Guo & Kindstedt (1995) estudaram a redistribuição de água dentro do queijo durante a estocagem, a qual pode ser observada em função da diminuição da água exprimível.

No decorrer da estocagem, geralmente ocorre uma diminuição da “água exprimível” no queijo (água cuja mobilidade não é impedida pela macroestrutura da matriz protéica e que pode ser exprimível por centrifugação), a qual fica localizada junto com a gordura e com as bactérias lácticas em vacúolos e bolsões alongados (MacMahon et al., 1999; Ramkumar et al., 1997). De acordo com McMahon et al. (1999), após a salga do queijo, possivelmente ocorre uma reorganização da matriz protéica e subsequente absorção de água desses vacúolos/bolsões durante o armazenamento refrigerado. Portanto, a água exprimível diminui porque ela torna-se “água presa fisicamente” (água retida fisicamente nos espaços entre os subagregados de proteína que compõem a estrutura básica da matriz protéica) e à medida que esse fenômeno ocorre, a rede protéica torna-se mais hidratada e algumas interações entre proteínas são

substituídas por interações proteína-água retida, fatores estes que permitem que o queijo derreta mais facilmente (McMahon et al., 1999).

Segundo Guo & Kindstedt (1995) e McMahon et al (1999) pode-se obter água exprimível dos queijos por um período de no máximo 20 dias.

Os queijos deste experimento apresentaram um aumento de CD durante a estocagem (Fig. 4), porém, esse aumento foi significativo apenas entre o décimo e vigésimo quinto dia de armazenamento, portanto, nesses queijos a CD aumentou neste período em função da proteólise ocorrida nos mesmos e das mudanças nas interações proteína-proteína e proteína-umidade, sendo que a partir deste período a CD continuou a aumentar, mas não significativamente, porque passou a sofrer apenas um efeito adicional da proteólise, que continuou a ocorrer.

Como a propriedade de derretimento é influenciada por inúmeros fatores físico-químicos, até mesmo queijos pertencentes a uma mesma categoria podem responder diferentemente a um mesmo binômio tempo x temperatura de aquecimento (Kindstedt, 1993b). Portanto, torna-se difícil comparar os resultados da Fig. 4 com os obtidos por outros autores usando diferentes condições de processo, só sendo possível verificar que nesse experimento, assim como nos realizados por Metzger et al. (2001); Rudan et al. (1999); Oberg et al. (1991); Yun et al. (1993) e Yun et al. (1995), a CD dos queijos aumenta com o aumento do período de estocagem, principalmente durante os 25 primeiros dias.

Metzger et al. (2001), trabalhando com queijos Mussarela elaborados a partir de leite pré-acidificado quimicamente, a diferentes valores de pH, e

comparando os resultados com os de Mussarelas fabricadas com leite normal, também encontraram que a CD dos queijos não foi afetada pela pré-acidificação ($p > 0,05$), mas foi afetada pelo tempo ($p < 0,05$).

Com relação aos tratamentos, embora os mesmos não tenham apresentado diferenças significativas entre si, em termos de CD, a análise da Fig. 4 mostra que houve uma tendência dos queijos apresentarem o seguinte comportamento: $CDT4 = CDT5 < CDT1 = CDT3 < CDT2$, principalmente no período entre D10 e D25.

Os tratamentos T1, T2 e T3 possivelmente apresentaram maior tendência ao derretimento em função de terem uma maior relação gramas de água/gramas de proteína (2,62; 2,4 e 2,10, respectivamente), resultando em uma matriz protéica mais hidratada, o que, segundo McMahon et al. (1999), permite que as proteínas fluam mais facilmente quando aquecidas, aumentando a capacidade de derretimento do queijo. Porém, considerando-se que estes queijos foram expostos a um mesmo binômio tempo X temperatura de aquecimento, os queijos menos úmidos e com maiores teores de gordura (T1 e T3) tendem a transferir calor mais rapidamente para a matriz protéica, que acaba recebendo uma quantidade maior de energia (Fife et al., 1996).

Lefevre et al. (2000) observaram que, durante o aquecimento do queijo, parte do calor é usado para rearranjo das interações proteína-proteína. Assim, quando o queijo é aquecido, a matriz protéica adsorve parte da energia, a qual influi nas interações que mantêm a estrutura protéica, sendo que, na faixa de 60 a 80°C, começa a ocorrer um desdobramento de proteínas, com exposição de sítios hidrofóbicos, levando a uma maior agregação entre as moléculas de proteína

(Kuo et al., 2001) e segundo Lefevre et al. (2000), uma maior interação proteína-proteína resulta em uma menor CD. Portanto, o queijo do T2 pode ter apresentado uma CD mais elevada em função de uma menor agregação proteína-proteína.

Os tratamentos T4 e T5 além de terem uma menor relação gramas de água/gramas de proteína no queijo também apresentaram valores de pH mais baixos, o que justifica os seus menores valores de CD (Fig. 4). Ramkumar et al. (1997) observaram que o nível de soro que poderia ser centrifugado de um queijo cheddar modelo diminuía com o aumento do pH do coágulo, sugerindo que a capacidade do coágulo de reter fisicamente moléculas de água, bem como as interações caseína-umidade no queijo são pH-sensíveis. Kindstedt et al. (2001) também relataram que o pH afeta fortemente as interações proteína – umidade e consequentemente o derretimento do queijo, sendo que queijos Mussarela perdiam sua habilidade para derreter a valores de pH menores que 5,0.

4. CONCLUSÕES

É possível fabricar queijo tipo Prato a partir de LCUF (FCV=4:1) com uma composição centesimal estatisticamente similar a de um queijo produzido com leite não concentrado.

A pré-fermentação de 20% do retentado aumenta a acidez e diminui o pH dos queijos. O tipo de cozimento não interfere nestes dois parâmetros

O fator tempo não influencia os valores de pH, mas eleva a AT e a CD dos queijos.

Estatisticamente não há diferença entre os queijos dos diferentes tratamentos testados com relação a CD, porém, há uma tendência para que os queijos com maior quantidade de água retida fisicamente, em função de uma maior relação gramas de água/gramas de proteína e valores de pH mais elevados, derretam em maiores proporções.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Andersen A.B., Fabricação do queijo Prato e Gouda, Rev. Ceres 3 (1941) 187-189.
- [2] Association of Analytical Chemists-AOAC, Official methods of analysis of AOAC international, AOAC, Washington, 1995.
- [3] Barbano D.M, Lynch J.M., Fleming J.R., Direct and indirect determination of true protein content of milk by Kjeldahl analysis: collaborative study, J. Assoc. Off. Anal. Chem. 74 (1991) 281.
- [4] Bogenrief D.D., Olson N.F., Hydrolysis of beta-casein increases Cheddar cheese meltability, Milchwissenschaft 50 (1995) 678-682.
- [5] British Standards Institution, Determination of fat content of milk and milk products Gerber method - Methods, British Standards Institution, London, 1989.

- [6] El-Gazzar F.E., Marth E.H., Ultrafiltration and reverse osmosis in dairy technology: a review, *J. Food Prot.*, 54 (1991) 801-809.
- [7] Fife R.L., McMahon D.J., Oberg C.J., Functionality of low fat Mozzarella cheese, *J. Dairy Sci.* 79 (1996) 1903-1910.
- [8] Fox P.F., Lucey J.A., Cogan T.M., Glycolysis and related reactions during cheese manufacture and ripening, *Food Sci. and Nutr.* 29 (1990) 237-253.
- [9] Furtado M.M., Lourenço Neto J.P.M., *Tecnologia de queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos*, Dipemar Ltda, São Paulo, Brasil, 1994.
- [10] Goudédranche H, Maubois J.L., Ducruet P., Mahaut M., Utilisation de nouvelles membranes minérales d' ultrafiltration pour la fabrication de fromages du type Saint-Paulin, *Tech. Lait.* 950 (1981) 7-13.
- [11] Green M.L., Glover F.A., Scurlock, E.M.W., Marshall R.J., Hatfield D.S., Effect of use of milk concentrated by ultrafiltration on the manufacture and ripening of Cheddar cheese, *J. Dairy Res.* 48 (1981) 333-341.
- [12] Guo M.R., Kindstedt P.S., Age-related changes in the water phase of Mozzarella cheese, *J. Dairy Sci.* 78 (1995) 2099-2107.
- [13] Hickey M.W., Ultrafiltration specialty cheese workshop, *Aust. J. Dairy Technol.* 48 (1993) 40-48.
- [14] Jameson G.W., Manufacture of Cheddar cheese from milk concentrated by ultrafiltration: the development and evaluation of a process, *Food Technol. Aust.* 39 (1987) 560-564.

- [15] Jensen G.K., Stapelfeldt H., Incorporation of whey proteins in cheese including the use of ultrafiltration, in: International Dairy Federation, Factors affecting the yield of cheese, IDF, Brussels, 1993, pp.88-105 1993.
- [16] Jensen L.A., Johnson M.E., Olson N.F., Composition and properties of cheeses from milk concentrated by ultrafiltration and reverse osmosis- a review of literature, *Cult. Dairy Prod. J.* 22 (1987) 6-10.
- [17] Kindstedt P.S., Functional properties of Mozzarella cheese on pizza: a review, *Cult. Dairy Prod. J.* 26 (1991) 27-31.
- [18] Kindstedt P.S., Effect of manufacturing factors, composition, and proteolysis on the functional characteristics of Mozzarella cheese, *Crit. Rev. Food Sci. And Nutr.* 33 (1993a) 167-187.
- [19] Kindstedt P.S., Mozzarella and pizza cheese, in: Fox P.F. (Ed.), *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, Chapman & Hall, London, UK, 1993b, pp.337-362.
- [20] Kindstedt P.S., Yun J.J., Barbano D.M., Larose K.L., Mozzarella cheese: impact of coagulant concentration on chemical composition, proteolysis, and functional properties, *J. Dairy Sci.* 78 (1995) 2591-2597.
- [21] Kindstedt P.S., Zielinski A., Almena-Aliste M., Ge C., A post-manufacture method to evaluate the effect of pH on Mozzarella cheese characteristics, *Aust. J. Dairy Technol.* 56 (2001) 14-19.
- [22] Kosikowski F., The manufacture of Mozzarella and related cheese by ultrafiltration, *Cult. Dairy Prod. J.* 10 (1976) 15-16.

- [23] Kosikowski F., Cheese and fermented milk foods, Edwards Brothers, Ann Arbor, Michigan, 1982.
- [24] Kosikowski F., New cheese making procedures utilizing ultrafiltration, Food Technol. 40 (1986) 71-77.
- [25] Kuo M.I., Wang Y.C., Gunasekaran S., Olson N.F., Effect of heat treatments on the meltability of cheeses, J. Dairy Sci. 84 (2001) 1937-1943.
- [26] Lefevre I., Dewettinck K. Huyghebaert A., Cheese fat as driving force in cheese flow upon melting, Milchwissenschaft 55 (2000) 563-566.
- [27] Lelievre J.; Lawrence R.C., Manufacture of cheese from milk concentrated by ultrafiltration, J. Dairy Res. 55 (1988) 465-478.
- [28] Lucey J.; Kelly J., Cheese yield., J. Soc. Dairy Technol. 47 (1994) 1-14.
- [29] Maubois J.L, Mocquot G., Application of membrane ultrafiltration to preparation of various types of cheese, J. Dairy Sci. 58 (1975) 1001-1007.
- [30] Maubois J.L., Mocquot G., Vassal L., Procédé de traitement du lait et de sous-produits laitiers, French Patent, FR 2.052.121, 1969.
- [31] McMahon D.J., Fife R.L., Oberg C.J., Water partitioning in Mozzarella cheese and its relationship to cheese meltability, J. Dairy Sci. 82 (1999) 1361-1369.
- [32] Mello F., Furtado M.M., Queijo Prato-obtendo melhor qualidade e maior rendimento, Indústria de Laticínios 6 (2001) 28-32.
- [33] Metzger L.E., Barbano D.M., Kindstedt P.S., Guo M.R., J. Dairy Sci. 84 (2001) 1348-1356.
- [34] Morris C.E., Is this the cheese plant of the future?, Food Eng., 56 (1984) 99-100.

- [35] Nova legislação de produtos lácteos e de alimentos para fins especiais, diet, light e enriquecidos, Fonte Comunicações e Editora, São Paulo, Brasil, 1998.
- [36] 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, J. Dairy Sci. 74 (1991) 389-397.
- [37] Oliveira J.S., Queijo: fundamentos tecnológicos, Ícone Editora Ltda, São Paulo, Brasil, 1986.
- [38] Ramkumar C., Creamer L.K., Johnston K.A., Bennett R.J., Effect of pH and time on the quantity of readily available water within fresh cheese curd, J. Dairy Res. 64 (1997) 123-134.
- [39] Renner E., El-Salam M.H.A.B.D., Application of ultrafiltration in the dairy industry, Elsevier Applied Science, London, 1991.
- [40] Ribeiro E.P., Aplicação da ultrafiltração de leite no processo de fabricação de queijo tipo prato, tese, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 1996.
- [41] Richardson G.H., Standard Methods for Examination of Dairy Products, American Publ. Health Assoc, Washington, 1985.
- [42] Rudan M.A., Barbano D.M., Yun J.J., Kindstedt P.S., Effect of fat reduction on chemical composition, proteolysis, functionality and yield of Mozzarella cheese, J. Dairy Sci. 82 (1999) 661-672.
- [43] SAS Institute, Inc. 2001, Statistical Analysis Systems, Ver. 8.02, Cary, NC.

- [44] Schifftan T.Z., Komatsu I., Estudos sobre a composição de queijo prato consumido na cidade de São Paulo, Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes 35 (1980) 33-38.
- [45] Souza E.A., Tecnologia da fabricação de queijos, Editora Lar Católico, Juiz de Fora, Brasil, 1960.
- [46] Tunick M.H, Mackey K.L., Shieh J.J., Smith P.W., Cooke P., Malin E.L., Rheology and microstructure of low-fat Mozzarella cheese, Int. Dairy J. 3 (1993) 649-662.
- [47] Van Dender A.G.F., Ducruet P., Maubois J.L., Estudo da fabricação de queijo tipo Prato utilizando ultrafiltração, Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes 42 (1987) 7-14.
- [48] Yun J.J, Barbano D.M., Kiely L.J, Kindstedt P.S., Mozzarella cheese: impact of cooking temperature on chemical composition, proteolysis and functional properties, J. Dairy Sci. 76 (1993) 3664-3673.
- [49] Yun J.J., Barbano D.M., Larase K.L., Kindstedt P.S., Impact of whey pH at deaining on chemical composition, proteolysis and functional properties, J. Dairy Sci. 78 (1995) 1-7.
- [50] Zoon P., Incorporation of whey proteins into dutch-type cheese, in: International Dairy Federation, Cheese yield and factors affecting its control, IDF, Cork, 1993, pp.403-408.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE