

AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DO QUEIJO TIPO PRATO OBTIDO POR MODIFICAÇÕES NO PROCESSO TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO¹

Leila M. SPADOTI², José Raimundo F. DORNELLAS², Ademir J. PETENATE³, Salvador M. ROIG^{2,*}

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar os efeitos das seguintes modificações no processo com o 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 a recuperação de gordura-(RG_g) e de proteína-(RP_g) no queijo. Foram realizados 3 processamentos, com 5 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. Os resultados de composição, rendimento e recuperação de componentes dos 5 tratamentos foram avaliados estatisticamente. Os tratamentos T2, T3, T4 e T5 apresentaram menores valores de R, RAJ e RG_g e maiores valores de RP_g, porém, a pré-fermentação com cozimento indireto apresentou a tendência de melhores RG_g e RAJ. Menores rendimentos e RGs possivelmente resultaram da estrutura fibrosa apresentada por esses coágulos, bem como pela 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 VCF=4:1; partial LCUF pre-fermentation; indirect curd cooking; on yield-(R), adjusted yield (RAJ) and fat (RG_g) and protein (RP_g) recovery on cheese, and comparison of the results with a standard cheese. Three processings with five treatments each were realized, respectively: treatment 1-(T1), without ultrafiltration; 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. It was realized composition, yield, and component recovery for all five treatments, and the results statistically evaluated. Treatments T2, T3, T4, and T5 presented lower values for R, RAJ and RG_g, however, the pre-fermentation with indirect curd cooking presented a tendency of better values for RG_g and RAJ. Lower yields and RGs possibly resulted from the fibrous structure presented by these curds as well as due to 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 fluido, 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) [5, 10, 33].

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 [16].

¹ Recebido para publicação em 24/09/2002. Aceito para publicação em 17/02/2003 (000972).

² Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. CEP: 13083-970-Campinas-SP, Brasil. E-mail: salvador@fea.unicamp.br

Instituto de Matemática e Estatística, UNICAMP. CEP 13083-970 Campinas-SP, Brasil

* A quem a correspondência deve ser enviada.

O uso da ultrafiltração do leite para fabricação de queijos foi proposto por MAUBOIS *et al.* [28], 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 [19, 21, 22, 27, 30].

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 [19]. Assim, alguns pesquisadores [18, 19] testaram a produção de queijos semiduros e duros a partir de leites concentrados a fatores de concentração volumétrica (FCV) (peso de leite/peso 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 [19].

JAMESON [18] 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 [29], 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) [7].

Como mencionado anteriormente, uma das 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 lático e pH mais elevado. Além disso, a lixiviação da massa promove uma perda dos compostos solúveis, que são retirados juntamente com o soro [14]. Portanto, qualquer processo que permita evitar tal perda deverá, sem dúvida, melhorar o balanço econômico da fabricação deste queijo [40].

VAN DENDER *et al.* [40], pesquisaram a fabricação de queijo tipo Prato pelo processo MMV, visando principalmente aumentar o rendimento de fabricação do mesmo. 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 mesmo.

RIBEIRO [36] testou o efeito do FCV do concentrado, obtido por ultrafiltração, no rendimento dos queijos tipo Prato obtidos a partir desses concentrados e observou que para valores de FCV de 1,5:1; 2,5:1 e 3,5:1, à medida que se aumentava 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 láctica e depois misturada com o restante. Concluiu que o uso da pré-fermentação possibilitava que tais queijos apresentassem características semelhantes as 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 (250Kg), proveniente da Cooperativa dos Produtores de Leite da Região de Campinas, foi tratado termicamente a 68°C/2 min. Uma parte do leite (50Kg) foi resfriada a 35°C e colocada em cubas de fabricação de queijos (capacidade para 25Kg) para elaboração de um lote de queijo Prato padrão (T1) e a outra parte (200Kg) 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 1,5Kgf/cm², até FCV=4:1. Após o processo de concentração, o leite ultrafiltrado (LCUF) obtido foi pasteurizado a 62°C por 30min, resfriado a 7°C e dividido em 4 porções iguais, sendo cada uma delas colocada em uma cuba para fabricação de queijos (T2, T3, T4 e T5).

A massa de permeado a ser removida no processo de ultrafiltração foi calculada a partir da Equação: $4,0 = (\text{massa de leite}) / (\text{massa de leite} - \text{massa de permeado})$. O valor real de FCV foi calculado com base no fator de concentração da gordura, dado pela Equação: $\text{FCV} = (\text{teor de gordura no retentado}) / (\text{teor de gordura no leite})$, uma vez que a gordura é o único componente do leite totalmente retido pela membrana [35].

2.2 – Fabricação dos queijos

Neste experimento foram realizados 3 processamentos, em datas diferentes. Em cada processamento 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-VISBYVACâ-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, as mesmas foram misturadas aos respectivos LCUFs, e procedeu-se, então, ao aquecimento do retentado até 35°C para dar início ao processamento dos queijos.

Tanto o queijo padrão como os ultrafiltrados foram fabricados seguindo as etapas básicas do processamen-

to tradicional de queijo Prato. No queijo padrão (T1), o leite aquecido a 35°C recebeu a adição de cloreto de cálcio 50% (0,4mL/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 40min. a temperatura de 35°C.

A fabricação dos queijos a partir de LCUF foi realizada de maneira similar, utilizando-se cultura láctica, 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 0,4cm X 0,5cm 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 0,5kg 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 ± 1°C, para no dia seguinte serem colocados em salmoura (20% sal) por um período de 8 horas a 4 ± 1°C. Por fim foram secos 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 físico-químicas

2.3.1 – Leite concentrado, permeado e soros

Para a determinação do pH usou-se um potenciômetro previamente calibrado. A determinação da acidez titulável (AT) foi realizada segundo a metodologia 947.05 da Association of Analytical Chemists – AOAC [2]. Para a análise dos teores de extrato seco total (EST), de cinzas e de gordura foram adotadas as metodologias AOAC 925.23 [2]; AOAC 935.42 [2] e AOAC 989.05 [2], respectivamente. A determinação do teor de nitrogênio

total (NT) foi feita pelo método micro-Kjeldahl AOAC 991.20 [2], usando fator de conversão 6,38 para obtenção do teor de proteína total (PT) do leite. A porcentagem de lactose foi calculada por diferença.

2.3.2 – Queijos

Os valores de pH foram determinados pelo método potenciométrico. Para a determinação da acidez titulável (AT), do teor de extrato seco total (EST) e do teor de cinzas foram adotadas as metodologias AOAC 920.124 [2], AOAC 925.23 [2]; AOAC 935.42 [2], respectivamente. A determinação da porcentagem de gordura foi feita pelo método de Gerber ([8]. A determinação do teor de nitrogênio total (NT) foi feita pelo método micro-Kjeldahl AOAC 991.20 [2], usando fator de conversão 6,38 para obtenção do teor de proteína total (PT). O teor de umidade foi determinado subtraindo-se o teor de EST do valor 100.

A porcentagem de gordura no extrato seco (GES) do queijo foi obtida segundo a Equação 1.

$$\%GES = \frac{\% \text{ de Gordura}}{\% \text{ EST}} \times 100 \quad (1)$$

O teor de sal foi obtido pelo método de Volhard [37], e o teor de sal na umidade (S/U) foi calculado de acordo com a Equação 2.

$$\% \text{ de S/U} = \frac{\% \text{ de sal}}{\% \text{ de sal} + \% \text{ de umidade}} \times 100 \quad (2)$$

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 3:

$$\text{Rendimento (Kg queijo/100 Kg de leite)} = \frac{\text{massa de queijo obtida}}{\text{massa de leite utilizada}} \quad (3)$$

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/100Kg de leite, foi calculado para efeito de comparação (Equação 4). Foi considerado um conteúdo desejado de sal de 1,7% e uma umidade de 43%.

$$\text{RAJ} = \frac{(\text{rendimento}) \times (100 - (\% \text{ umidade real} + \% \text{ sal real}))}{100 - (\% \text{ umidade desejada} + \% \text{ sal desejada})} \quad (4)$$

O cálculo da porcentagem de recuperação de gordura e de proteína total do leite no soro e no queijo foi realizado segundo a Equação 5. Nesta equação a amostra correspondia ao soro ou ao queijo e o componente, a gordura ou proteína.

$$RG \text{ ou } RP = \frac{\text{massa da amostra} \times \% \text{ do componente na amostra}}{\text{massa leite ou retentado} \times \% \text{ componente leite ou retentado}} \times 100 \quad (5)$$

A recuperação total (RT) de gordura ou proteína foi calculada de acordo com a Equação 6:

$$RT = \% R \text{ soro} + \% R \text{ queijo} \quad (6)$$

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 respectivos cinco tratamentos: Tratamento 1 (T1): sem ultrafiltração; Tratamento 2 (T2): ultrafiltração a FCV 4:1 sem pré-fermentação de parte do retentado; Tratamento 3 (T3): ultrafiltração a FCV 4:1 com pré-fermentação de 10% do retentado; Tratamento 4 (T4): ultrafiltração a FCV 4:1 com pré-fermentação de 20% do retentado e Tratamento 5 (T5): ultrafiltração a FCV 4:1 com pré-fermentação de 20% do retentado e único com aquecimento indireto da massa.

Os resultados de composição físico-química, de rendimento e de recuperação de componentes do leite no soro e no queijo dos 5 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 [38].

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Análises físico-químicas

3.1.1 – Composição físico-química média do leite e do LCUF

Como o queijo Prato é considerado um queijo gordo, leites com teores de gordura na faixa de 3,4 a 3,6, como os utilizados neste experimento (*Tabela 1*), são considerados ótimos para a sua fabricação [13].

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

Os demais dados apresentados na *Tabela 1* mostram que a composição média do leite utilizado nos processamentos não apresentou irregularidades do ponto de vista físico-químico [7, 11, 31] apesar de possuir um teor de EST um pouco abaixo da média [11, 31].

Cerca de 63% do extrato seco total do leite ficou retido no concentrado, valor este próximo do citado por Renner & El-Salam [35] (retenção de 61%) em concentrados de FCV=4,2:1.

3.1.2 – Composição físico-química média dos soros

TABELA 2. Composição média (n=3) dos soros obtidos no processamento dos queijos dos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5.

Parâmetros avaliados	Soro T1	Soro T2	Soro T3	Soro T4	Soro 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 ^{ab}	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).

Os teores de gordura, proteína e EST no soro foram mais elevados para os queijos UF (*Tabela 2*), em relação ao padrão, principalmente devido à redução de volume de soro produzido. Em experimento realizado por JAMESON [18], 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.

A composição média do soro do queijo padrão (T1) apresentou teores de EST e de gordura inferiores, de cinzas similar e de proteína superior aos teores citados por WOLFSCHOON-POMBO & FURTADO [41] (%EST = 6,77, %Gordura = 0,70, %Cinzas = 0,49, e %PT = 0,73), em estudo sobre a composição média dos soros de queijo Prato.

A quantidade de soro perdida no processo de fabricação de queijo utilizando leite concentrado por UF, bem como a sua composição foram diferentes das verificadas no processo convencional, fato este também observado por BIRD [6] e JAMESON [18] em seus experimentos com queijo Cheddar elaborado a partir de LCUF.

A fabricação de queijo a partir de leite concentrado sem pré-fermentação não interferiu no pH e na AT do soro (*Tabela 2*). 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 [11], 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 sofreu diluição pela adição de água quente.

3.1.3 – Composição físico-química média dos queijos

TABELA 3. Composição média (n=3) dos queijos obtidos a partir dos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5.

Parâmetros avaliados	Queijo T1	Queijo T2	Queijo T3	Queijo T4	Queijo 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 elaborados neste experimento (*Tabela 3*) foi similar ao observado para os soros dos respectivos tratamentos (*Tabela 2*), 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 [13, 31] e ao redor de 0,86% de ácido láctico [39], 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 3*).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos [7], 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 o regulamento, em termos de porcentagem de GES apenas o queijo padrão atende as normas da legislação e em termos de umidade apenas os queijos dos tratamentos T4 e T5.

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% [13], o

que explica que tais queijos não tenham atingido valores adequados de GES.

Os dados anteriormente citados a respeito da composição média que um queijo Prato deve ter, mostram que, embora estatisticamente não haja diferença significativa entre os diferentes tratamentos (*Tabela 3*), em relação as porcentagens 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 à desnaturação das soroproteínas [25, 26].

Os queijos T1 e T2 apresentaram quantidade de sal dentro da média esperada que é de 1,6 a 1,9% [13, 39]. Os demais queijos apresentaram menor teor de sal possivelmente devido ao menor teor de umidade dos mesmos, o que retarda o processo de salga [12, 24].

3.1.4 – Rendimento, rendimento ajustado e recuperação de componentes no soro e no queijo.

TABELA 4. Rendimento e rendimento ajustado dos queijos obtidos dos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5.

Parâmetro avaliado	Queijo T1	Queijo T2	Queijo T3	Queijo T4	Queijo T5
Rendimento (Kg queijo/100Kg leite)	11,62 ^a	10,80 ^a	10,01 ^a	9,95 ^a	9,94 ^a
Rendimento Ajustado (Kg queijo/100Kg 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).

Os valores de rendimento e rendimento ajustado para os diferentes tratamentos não diferiram estatisticamente entre si (*Tabela 4*). Porém pelo teste F o valor de p para tais parâmetros avaliados ficou ao redor de 0,05 (R-p = 0,044 e RAJ-p = 0,063), o que permite levar em conta as diferenças observadas. Com base no conhecimento de que 1kg a mais de queijo produzido por 100Kg de leite (*Tabela 4*) faz diferença na produção de queijo tipo Prato, que é uma produção tipo “commodity”, na qual o rendimento é um fator chave para garantir a sobrevivência de uma indústria no mercado, considerouse que os tratamentos diferiram entre si.

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 4*), devido a uma melhor retenção de gordura no queijo (*Figura 1*).

Os resultados observados para rendimento diferiram dos encontrados por JAMESON [18], 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 rendimen-

to quando se elabora queijos mais secos com retentados de valores de FCV intermediários [19], as estimativas de ganhos tendem a ser maiores do que realmente ocorre na realidade, como observado por ZOON [42], 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.* [1] que avaliando o rendimento médio obtido em 15 fabricações de queijos tipo Prato, 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 relação Kg queijo/100Kg 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 [4], embora tal fato dependa do tratamento mecânico durante o processo de fabricação de queijos. Segundo PHELAN [34] a recuperação de gordura pode variar entre 85 e 93%. Neste experimento o queijo Prato padrão obteve valor dentro da faixa citada (*Figura 1*).

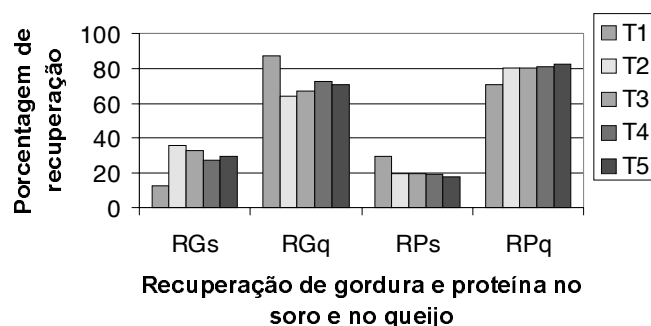


FIGURA 1. Recuperação dos componentes do leite nos soros e nos queijos obtidos: sem ultrafiltração (T1) e com ultrafiltração (FCV 4:1): sem pré-fermentação (T2), com 10% de pré-fermentação (T3), com 20% de pré-fermentação (T4) e com 20% de pré-fermentação e único com aquecimento indireto (T5). RGs e RGq correspondem respectivamente a recuperação de gordura nos soros e nos queijos. RPs e RPq correspondem respectivamente a recuperação de proteína nos soros e nos queijos.

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.* [32] 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.

A recuperação de gordura nos queijos elaborados por ultrafiltração foi menor em decorrência das maiores perdas deste componente no soro. De acordo com LELIEVRE & LAWRENCE [25], as perdas maiores de gordura no soro

poderiam ser justificadas devido a uma maior dificuldade de manipulação da massa coagulada no tanque, bem como em função da estrutura fibrosa da mesma.

O tratamento mecânico do coágulo é um dos fatores que mais influencia na recuperação de gordura no queijo [26]. 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 [18] associada a um coágulo mais firme [17, 35, 36] acaba provocando lesões nessa massa, com perda de fragmentos que diminuem a recuperação de componentes do leite no queijo e conseqüentemente prejudicam o seu rendimento [3, 36].

Cálculos feitos por DEJMEK [9] 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 necessários no queijo 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.* [17] e RENNER EL-SALAM [35] também observaram que quanto maior o FCV do concentrado, mais firme e mais difícil de cortar se torna o coágulo. Assim, muitas vezes, ao cortá-lo ele se arreventa, 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.* [15] observaram, por microscopia eletrônica, que a estrutura de um coágulo, obtido de LCUF, era mais fibrosa, após o corte, que a de um coágulo de leite normal. 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.* [20] e LAGOUEYTE *et al.* [23], 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, aumentando a permeabilidade e facilitando as perdas de gordura no soro.

LELIEVRE & LAWRENCE [25] também relataram que géis preparados de retentados tornam-se progressivamente mais grosseiros à medida que a FCV do concentrado aumenta e essa estrutura menos desenvolvida do coalho tende a torná-lo mais frágil para o corte, facilitando perdas.

A estrutura do coágulo interfere fortemente nas perdas de componentes do soro, como pode ser comprovado com base nos relatos anteriormente citados. Assim, o uso da técnica de ultrafiltração, ao alterar adversamente a estrutura pode prejudicar o rendimento do queijo. Porém, os dados da *Tabela 4* e da *Figura 1* também mostram que a pré-fermentação do retentado diminui essas perdas, elevando o rendimento. Possivelmente tal diminuição também é resultante de alterações, dessa vez fa-

voráveis, provocadas na estrutura da coalhada pelo maior tempo de ação da cultura lática.

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 4 e Figura 1*), aumento este justificado por uma menor perda de proteínas solúveis no soro [14].

4 – CONCLUSÕES

- O uso de leite concentrado por ultrafiltração, a um fator de concentração volumétrica de 4:1, na elaboração de queijo tipo Prato, utilizando o método tradicional de fabricação, resultou em queijos de composição físico-química similar a de um queijo elaborado com leite não ultrafiltrado. Os valores de rendimento, rendimento ajustado e de recuperação de gordura nos queijos foram menores e os de recuperação de proteína nos queijos foram maiores.
- A pré-fermentação de parte do retentado aumentou a acidez dos queijos.
- Nos queijos fabricados com leite concentrado por ultrafiltração quanto maior foi a proporção de retentado pré-fermentado melhor foi a recuperação de gordura nos queijos e consequentemente o valor de rendimento ajustado.
- O cozimento indireto da massa tendeu a aumentar a recuperação de proteína nos queijos.
- Foi comprovada a possibilidade de se fabricar queijo prato a partir de leite concentrado por ultrafiltração a um fator de concentração volumétrica de 4:1. Embora tendo-se obtido 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 BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALVES, G.; ANTUNES, L.A.F.; Furtado M.M. Parâmetros físico-químicos envolvidos com a padronização e a determinação de rendimento de queijo Prato. **Anais do Congresso Nacional de Laticínios** n. 13, p. 265-271, 1995.
- [2] AOAC- Association of Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC international. Washington: AOAC, 109p., 1995.
- [3] 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, p. 387-401, 1993.
- [4] BANKS, J.M.; TAMIME, A.Y. Seasonal trends in the efficiency of recovery of milk fat and casein in cheese manufacture. **Journal of the Society of Dairy Technology** v. 40, p. 64-66, 1987.
- [5] 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, 1980.
- [6] BIRD, J. The application of membrane systems in the dairy industry. **Journal of the Society of Dairy Technology** v. 49, n.1, p. 16-23, 1996.
- [7] BRASIL. Leis e Decretos. Nova legislação de produtos lácteos e de alimentos para fins especiais, diet, light e enriquecidos. São Paulo: Fonte Comunicações e Editora, 212p. 1998.
- [8] BRITISH STANDARDS INSTITUTION. Determination of fat content of milk and milk products (Gerber method). Methods. London:British Standards Institution, 12p. 1989.
- [9] DEJMEK, P. Milk souring in cheesemaking by ultrafiltration. **Milchwissenschaft** n. 41, p. 686-688, 1986.
- [10] DZIEZAK, J.D. Membrane separation technology offers processors unlimited potential. **Food Technology** v. 44, n. 9, p. 108-113, 1990.
- [11] FOX, P.F.; Mcsweney, P.L.H. **Dairy chemistry and biochemistry**. London: Blackie Academic & Professional, 478p., 1998.
- [12] FURTADO, M.M. A arte e a ciência do queijo. São Paulo: Globo, 297p., 1991.
- [13] FURTADO, M.M.; LOURENÇO NETO, J.P.M. Tecnologia de queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos. São Paulo: Dipemar Ltda, 118p., 1994.
- [14] 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. **La Technique Laitière** n. 950, p. 7-13, 1981.
- [15] 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, 1981.
- [16] 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, 1984.
- [17] 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, n. 1, p. 117-131, 1994.
- [18] 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, 1987.
- [19] 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, p. 88-105. (International Dairy Federation Special Issue, n. 9301), 1993.
- [20] JOHNSON, M.E.; CHEN, C.M.; JAEGGI, J.J. Effect of rennet coagulation time on composition, yield, and quality of reduced-fat Cheddar cheese. **Journal of Dairy Science** v. 84, n. 5, p. 1027-1033, 2001.
- [21] KOSIKOWSKI, F. The manufacture of Mozzarella and related cheese by ultrafiltration. **Cultured Dairy Products Journal** v. 10, n. 4, p. 15-16, 1976.
- [22] KOSIKOWSKI, F. New cheese making procedures utilizing ultrafiltration. **Food Technology** v. 40, n. 6, p. 71-77, 1986.
- [23] 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.

- [24] LEE, H.J.; OLSON, F.; LUND, D.B. Diffusion of salt, fatty acids and esterases in Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science** v. 63, n. 4, p. 513-522, 1980.
- [25] LELIEVRE, J.; LAWRENCE, R.C. Manufacture of cheese from milk concentrated by ultrafiltration. **Journal of Dairy Research** v. 55, n. 3, p. 465-478, 1988.
- [26] LUCEY, J.; KELLY, J. Cheese yield. **Journal of the Society of Dairy Technology** v. 47, n. 1, p.1-14, 1994.
- [27] 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, 1975.
- [28] 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.
- [29] MELLO, F.; FURTADO, M.M. Queijo Prato-obtendo melhor qualidade e maior rendimento Indústria de Laticínios v. 6, n. 35, p. 28-32, 2001.
- [30] MORRIS, C.E. Is this the cheese plant of the future? **Food Engineering** v. 56, n. 10, p. 99-100, 1984.
- [31] OLIVEIRA, J.S. Queijo: fundamentos tecnológicos. São Paulo: Ícone Editora LTDA, 146p., 1986
- [32] PAHKALA, E.; TURUNEN, M.; ANTILA, V. Ultrafiltration in the manufacture of Edam cheese. **Meijeritieteellinen Aikakauskirja** v. 43, n. 1, p. 47-61, 1985.
- [33] PAULSON, D.J; WILSON, R.L.; SPATZ, D.D. Crossflow membrane technology and its applications. **Food Technology** v. 38, n. 12, p. 77-91, 1984.
- [34] PHELAN, J.A. Standardisation of milk for cheesemaking as factory level. **Journal of the Society of Dairy Technology** n. 34, p. 152-156, 1981.
- [35] RENNERT, E.; EL-SALAM, M.H.A.B.D. Application of ultrafiltration in the dairy industry. London: Elsevier Applied Science, 371p., 1991.
- [36] RIBEIRO, E.P. 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., 1996.
- [37] RICHARDSON, G. H. Standard Methods for Examination of Dairy Products. American Publ. Health Assoc, Washington. 412p., 1985.
- [38] SAS INSTITUTE. Inc. Statistical Analysis Systems, Ver. 8.1, Cary, NC. 2001.
- [39] 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, 1980.
- [40] VAN DENDER, A.G.F.; DUCRUET, P; MAUBOIS JL. Estudo da fabricação de queijo tipo Prato utilizando ultrafiltração. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes** v. 42, n. 249, p. 7-14, 1987.
- [41] WOLFSCHOON, 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.
- [42] ZOON, P. Incorporation of whey proteins into Dutch-type cheese. In: International Dairy Federation. Cheese yield and factors affecting its control. Cork, p. 403-408, 1993.

6 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP (Auxílio Pesquisa).e ao CNPq (bolsas de doutorado).