

Uso de leite reconstituído na fabricação de queijo mussarela¹

Leila Maria SPADOTI² e Antonio Joaquim OLIVEIRA^{3,*}

RESUMO

Atualmente, o queijo Mussarela é o queijo de maior produção nacional. Entretanto, devido ao problema de sazonalidade da produção leiteira, durante certo período do ano ocorre uma queda na oferta e uma elevação no preço desse queijo. Assim, o uso de leite reconstituído, misturado ao leite *in natura*, poderia ser uma alternativa para a estabilização da oferta do produto no mercado. Neste experimento foram elaborados queijos Mussarela com leite *in natura* e com leite *in natura* adicionado de 10% e 20% de leite reconstituído (obtido a partir de leite em pó "média temperatura"). As características físico-químicas e a propriedade de fatiamento, dos queijos fabricados com o uso de leite reconstituído, foram comparadas com as dos queijos fabricados apenas com leite *in natura*.

Através da análise estatística dos dados obtidos concluiu-se que queijo Mussarela pode ser elaborado com a adição de 10% de leite reconstituído ao leite *in natura*, sem que ocorram diferenças marcantes nos parâmetros avaliados e que o uso de 20% de leite reconstituído prejudica a qualidade da Mussarela, uma vez que resulta em queijos de difícil fatiamento.

Palavras-chave: queijo Mussarela, leite reconstituído, fabricação de queijos, propriedades físico-químicas.

SUMMARY

USAGE OF RECONSTITUTED MILK FOR MOZZARELLA CHEESEMAKING.

Nowadays the Mozzarella cheese is the most produced in Brazil. However, due to the problem of the seasonal production of milk, in a certain period of the year, there is a shortage of the milk offer and then the cheese price rises. For this reason, the usage of reconstituted dry milk blended with fresh milk could be an alternative for the stabilization of the offer of the product in the market. In this experiment, Mozzarella cheeses were produced with fresh milk and with fresh milk added of 10% and 20% of reconstituted dry milk (obtained from medium-heat dry milk). The physico-chemical and slicing properties of the cheeses made with fresh milk and with fresh milk added of

reconstituted milk (10% and 20%) were compared. The statistical analysis of data permitted withdraw the following conclusions: the Mozzarella cheese may be produced by adding 10% of reconstituted milk to the fresh milk without affecting its physico-chemical characteristics nor the property of slicing; on the other hand, that one produced by addition of 20% of reconstituted milk to the fresh milk showed a poor property of slicing.

Keywords: Mozzarella cheese, reconstituted milk, cheesemaking, physico-chemical properties.

1 – INTRODUÇÃO

A Mussarela é o queijo de massa filada mais consumido no mundo [8], sendo caracterizado como um queijo macio, não-maturado, levemente salgado, de coloração branca ou levemente amarelada, com uma superfície brilhante, podendo ser encontrado em formatos variados, pesando desde poucas gramas até vários quilos [16].

Nos Estados Unidos, de onde provêm as maiores cadeias de pizzarias no estilo "fast food", o queijo Mussarela é dividido em 4 categorias, com base no seu teor de umidade e na sua porcentagem de gordura no extrato seco-GES [16,18], como indicado no *Quadro 1*.

QUADRO 1. Categorias de Mussarela de acordo com seu teor de umidade e % GES [16, 18].

Categoria	Umidade (%)	GES (%)
Regular	$> 52 \leq 60$	≥ 45
Baixa umidade	$> 45 \leq 52$	≥ 45
Baixa umidade parcialmente desnatada	$> 45 \leq 52$	$\geq 30 < 45$
Parcialmente desnatada	$> 52 \leq 60$	$\geq 30 < 45$

Mussarela regular e Mussarela parcialmente desnatada apresentam alta umidade ($> 52\%$), sendo freqüentemente consumidas frescas, como queijos de mesa. Raramente são utilizadas como ingrediente para pizza devido ao seu mau fatiamento. Em contraste, Mussarela de baixa umidade e Mussarela de baixa umidade parcialmente desnatada têm um menor teor de umidade ($47\text{-}48\%$), corpo mais firme e um bom fatiamento, sendo consideradas Mussarelas para pizza [16, 18].

A Mussarela brasileira possui uma composição físico-química muito irregular, devido à inexistência de padrões legais e grandes variações nos métodos de elaboração. Pode-se dizer que ela apresenta, em média, cerca de 43% a 46% de umidade e entre 40% a 45% de gordura no extrato seco-GES [9], assemelhando-se, portanto, à Mussarela para pizza americana. No Brasil, a produção e o consumo de queijo Mussarela têm apresentado índices elevados de crescimento nos últimos anos. Porém, alguns problemas têm limitado esse crescimento, sendo a sazonalidade da produção leiteira o principal deles, uma vez que, durante os meses de abril a setembro (entressafra), tem-se um menor volume de leite disponível para a produção de queijos e, conseqüentemente, uma diminuição na oferta do produto no mercado [30].

A adição de leite reconstituído (leite em pó + água) ou recombinação (leite em pó desnatado + água + matéria gorda anidra), ao leite *in natura*, para a fabricação de queijos, é uma medida que vem sendo adotada com sucesso em países onde a produção de leite é baixa, ou então, em países, como é o caso do Brasil, onde a variação da produção de leite na entressafra é importante [36].

A literatura especializada tem diversos relatos a respeito da possibilidade de fabricação dos mais variados tipos de queijos a partir da mistura de leite *in natura* com leite reconstituído ou recombinação. Há estudos com queijos brancos sem maturação (Queso blanco, Cottage), queijos moles com superfície coberta por fungos (Camembert), queijos semicozidos prensados (Prato, Edam, Gouda, Cheddar), queijos duros, queijos com crescimento interno de fungos, entre outros [31]. Entretanto, a fabricação de queijos de boa qualidade só é possível através de uma adaptação do processo clássico de fabricação do queijo às características particulares da mistura [5]. Uma vez que o uso de leite recombinação ou reconstituído provoca alterações em algumas das propriedades de fabricação dos queijos, ou seja, como resultado do processo de secagem, a que é submetido parte do leite utilizado, tem-se uma taxa de coagulação mais lenta do leite, redução na firmeza da coalhada, ligeira diminuição na taxa de sinérese da coalhada e os queijos recém-fabricados tendem a apresentar um ligeiro sabor de leite em pó ou de gordura anidra [10, 17].

Durante o processo de secagem do leite, parte das suas proteínas solúveis (proteínas do soro) são desnaturadas, por ação do calor [35], e o grau de desnaturação das soroproteínas depende da duração e da intensidade do tratamento térmico sofrido pelo leite [20]. Como consequência dessa desnaturação, as soroproteínas (alfa-lactoalbumina e beta-

lactoglobulina) tendem a formar associações e agregados entre si, bem como complexos com as micelas de caseína, especialmente com a Kappa-caseína [38].

A ligação das soroproteínas desnaturadas pelo calor com a Kappa-caseína provoca uma modificação na superfície das micelas, o que resulta em uma maior resistência à ação das proteases (em particular a quimosina) e uma diminuição na propriedade de agregação das micelas, que foram hidrolisadas pela quimosina [4]. Essas alterações reduzem a coagulabilidade do leite e a taxa de sinérese da coalhada, que passa a reter mais umidade que a coalhada obtida de leite fresco [10,17].

A fim de se evitar que as alterações provocadas pelo uso do leite reconstituído ou recombinado sejam acentuadas, comprometendo a viabilidade do seu uso, o leite em pó mais indicado para a manufatura de queijos é aquele que após ser submetido a um processo de secagem, contém a menor porcentagem possível de soroproteínas desnaturadas [5].

A classificação do leite em pó, de acordo com o tipo de tratamento térmico recebido, não é uma exigência fundamental, mas é de grande importância prática na indicação da adequação de um leite em pó para uso na manufatura de queijos e de outros produtos lácteos [6, 20].

Essa classificação, quando realizada, é comumente feita com base na medição da quantidade de proteínas do soro, não-denaturadas, que sobram no pó, após o tratamento térmico.

Esse nível de soroproteínas não- denaturadas, presentes no pó, é indicado através do chamado índice de nitrogênio de soroproteínas, o qual é medido em miligrama de nitrogênio protéico solúvel não-desnaturado por grama de leite em pó desnatado [36]. Esse método tem sido divulgado pelo American Dry Milk Institute-ADMI [1] e permite a

classificação do leite em pó em 3 categorias: Pó "alta temperatura" (índice menor ou igual a 1,5mg/g), Pó "média temperatura" (índice maior que 1,5 e menor que 6,0mg/g) ou Pó "baixa temperatura" (índice maior ou igual a 6,0mg/g), sendo este último o mais adequado para uso na fabricação de queijos [5].

O objetivo desse experimento foi determinar a porcentagem ideal de leite reconstituído que possa ser adicionada, ao leite *in natura*, na fabricação do queijo Mussarela para pizza, sem que ocorram alterações na sua composição físico-química e na propriedade de fatiamento.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

Nesse experimento foram processados queijos Mussarela, a partir de leite *in natura* e a partir da mistura de leite *in natura* com 10% e 20% de leite reconstituído. Esses processamentos foram realizados no Laboratório de Laticínios do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- ESALQ/USP.

2.1 – Material

- Leite pasteurizado tipo A, fornecido pela Agropecuária Santa Cruz Ltda., Piracicaba, SP.
- Leite em pó integral "média temperatura", proveniente da Nova Zelândia, fornecido pela importadora New Zealand Milk Products, São Paulo, SP, o qual apresentava a seguinte composição química: umidade, 2,8%; gordura, 26,5%; proteína, 28,0%; lactose, 36,9% e minerais, 5,8%.

- Fermento láctico: TCC-20 (fermento concentrado de uso direto composto de *Streptococcus salivarius ssp thermophilus* (40%) e *Lactobacillus helveticus* (60%) da Chr. Hansen (Horsholm, Dinamarca).
- Cloreto de cálcio: solução a 50% (p/v).
- Coalho em pó de origem bovina fornecido pela Chr. Hansen Ind. e Com. Ltda. (Valinhos, SP).
- Cloreto de sódio: sal moído industrial da marca registrada Cisne.

2.2 – Métodos

2.2.1 - Reconstituição do leite em pó

A reconstituição do leite em pó foi feita visando a obtenção de um produto com 8,75% de sólidos não- gordurosos, sendo a técnica de reconstituição adotada a recomendada por VIEIRA e NEVES [36].

2.2.2 - Fabricação dos queijos

Em cada ensaio foram feitos 3 processamentos de queijos: um apenas com leite *in natura* (Testemunha), um com leite *in natura* adicionado de 10% de leite reconstituído (Tratamento 1) e um com leite *in natura* adicionado de 20% de leite reconstituído (Tratamento 2), sendo a fabricação desses queijos iniciada sempre em um mesmo dia. No momento da fabricação desses queijos, o leite reconstituído, que fora preparado anteriormente, foi misturado ao leite *in natura*, nas proporções previamente definidas, diretamente na cuba de fabricação dos queijos. Em seguida, a mistura composta de 8 litros de leite foi homogeneizada e sua temperatura ajustada para $35 \pm 1^\circ \text{C}$, em banho-maria com temperatura controlada. Quando o leite de cada tratamento atingia essa temperatura,

acrescentava-se o fermento láctico, na quantidade recomendada pelo fabricante. O leite era, então, submetido a uma pré-maturação, por um período de 40 minutos, a $35 \pm 1^\circ \text{C}$. Terminada a fase de pré-maturação do leite, adicionava-se a solução de CaCl_2 a 50% (0,4 ml/litro de leite) e, posteriormente, o coalho em pó em quantidade suficiente para coagular a Testemunha em 50 minutos. Como a adição de leite reconstituído ao leite *in natura* resulta em uma mistura com uma taxa de coagulação mais lenta que a do leite fresco, os tempos de coagulação adotados (com base em testes preliminares) para o leite dos tratamentos 1 e 2 foram, respectivamente, de 55 e 60 minutos. A coalhada obtida foi cortada de modo a se obter cubos com 1 centímetro de aresta. Finalizado o corte, o coágulo foi deixado em repouso por 5 minutos, ao final dos quais a coalhada era agitada lentamente por um período de 10 minutos ("primeira mexedura"). Para intensificar a dessoragem desejada para a Mussarela, a temperatura de banho-maria era elevada lentamente até 40°C , e a coalhada agitada na cuba por mais 25 minutos ("segunda mexedura"), quando, então, atingia o ponto de massa. Atingido esse ponto, todo o soro era eliminado. Após a retirada do soro, a massa era mantida na cuba à temperatura de 40°C , por um período de 1 hora, para acelerar o processo de acidificação da massa.

Devido à impossibilidade de elaborar, acidificar e filar as massas dos 3 tratamentos em um mesmo dia, as massas, após fermentarem por 1 hora, foram mantidas sob refrigeração à temperatura de $8 \pm 1^\circ \text{C}$ por 18 horas, a fim de serem filadas no dia seguinte. No dia seguinte ao do início da elaboração, as massas foram retiradas da câmara fria, colocadas nas cubas de fabricação, onde tiveram a temperatura elevada a 40°C , e aí mantidas até atingirem um pH de 5,2, quando então foram

cortadas em fatias de cerca de 0,7 centímetros de espessura e trabalhadas manualmente em água à temperatura de 78° C, por um período de cerca de 5 minutos. A proporção utilizada de água de filagem/massa foi de 2:1.

As massas filadas foram moldadas e colocadas em formas de plástico quadrangulares. As massas enformadas foram, então, deixadas em repouso por 10 minutos (com uma viragem após 5 minutos) e a seguir pesadas. Posteriormente, essas fôrmas foram imersas em água à temperatura de $8 \pm 1^\circ \text{C}$, por 1 hora, a fim de promover o resfriamento da massa e, a seguir, foram colocadas em salmoura, à temperatura de 8-10° C, por 45 minutos. A solução de salmoura utilizada tinha uma concentração de 20% (p/v) e um pH igual a 5,3, sendo utilizada na proporção de 3 litros de salmoura por quilo de queijo a ser salgado. Os queijos, quando retirados da salmoura, foram colocados para secar em câmara fria, por um período de 24 horas, acondicionados em sacos plásticos e mantidos sob refrigeração a uma temperatura de $8 \pm 1^\circ \text{C}$.

2.2.3 - Análises físico-químicas do leite e do soro

As amostras de leite de 200ml de cada tratamento foram coletadas diretamente da cuba de fabricação de queijos, após ligeira homogeneização e antes do aquecimento do leite. As amostras de soro também foram coletadas da cuba de fabricação dos queijos, após a retirada da massa e homogeneização do soro. Todas as determinações foram realizadas em duplicata.

A) Densidade

A densidade das amostras do leite e do soro foram determinadas por leitura direta a 15° C, utilizando-se o termolactodensímetro de Quevènne [22].

B) pH

O pH do leite e do soro foi determinado em potenciômetro

digital, com eletrodo de vidro da marca Digimed, modelo DMPH-2 [22].

C) Acidez titulável

A acidez do leite e do soro foi determinada através da titulação das amostras com solução de hidróxido de sódio (NaOH) N/9 (solução Dornic), tendo como indicador solução alcoólica de fenolftaleína a 1,0%. Os resultados foram expressos em graus Dornic (° D) [22].

D) Gordura

Os teores de gordura do leite e do soro foram determinados pelo método de Babcock [2,25].

E) Extrato seco total (EST)

A porcentagem de extrato seco total do leite e do soro foi determinada de acordo com a metodologia descrita pela A.O.A.C. [2] .

F) Proteínas

O teor de proteínas do leite e do soro foi determinado pelo método de Kjeldahl (técnica do micro Kjeldahl) [15].

G) Desnaturação das proteínas de soro do leite

A determinação da porcentagem de soroproteínas desnaturadas foi realizada no leite *in natura*, na mistura de leite *in natura* com 10% de leite reconstituído e na mistura de leite *in natura* com 20% de leite reconstituído, conforme técnica descrita por HARLAND & ASHWORTH [14].

2.2.4 - Análises físico-químicas do queijo

No processo de fabricação das Mussarelas (Testemunha, Tratamento 1 e Tratamento 2), da etapa de adição do fermento ao leite até a salga dos queijos, decorriam 2 dias. Como, após a obtenção desses queijos, era necessário mais 1 dia para completar a secagem e realizar o acondicionamento dos mesmos, as análises físico-químicas destes foram feitas 2 dias após o término da fabricação das Mussarelas. Essas análises

foram sempre feitas em duplicata.

As amostras dos queijos, dos diferentes tratamentos, foram retiradas e maceradas de acordo com as especificações de SILVA *et al.* [33].

A) pH

O pH dos queijos foi determinado em potenciômetro digital, com eletrodo de vidro da marca Digimed, modelo DMPH-2, previamente calibrado [22].

B) Gordura

O teor de gordura das amostras de queijo foi determinado pelo método de Babcock [2, 25].

C) Gordura no extrato seco (GES)

O teor de gordura no extrato seco (GES) dos queijos foi calculado segundo recomendações de FURTADO [8].

D) Umidade

A determinação do teor de umidade dos queijos foi realizada segundo o método da A.O.A.C. [2] .

E) Proteínas

A porcentagem de proteínas dos queijos foi calculada multiplicando-se o valor médio da porcentagem de nitrogênio total pelo fator 6,38. O teor de nitrogênio total (NT) das amostras de queijo foi determinado pelo método de Kjeldahl, segundo GRIPON *et al.* [11].

F) Teor de sal

O teor de sal nos queijos foi determinado pelo método de Volhard, modificado por PEREIRA [28].

G) Teor de sal na fase aquosa

O teor de sal na fase aquosa dos queijos foi calculado de acordo com as recomendações de MARCOS *et al.* [24].

H) Atividade de água (Aw)

A atividade de água dos queijos foi determinada a partir da molalidade do cloreto de sódio (NaCl), segundo

recomendações de MARCOS *et al.* [24].

2.2.5 - Avaliação da propriedade de fatiamento

Para essa avaliação fez-se uso de uma máquina de fatiar frios, a qual foi utilizada em 3 diferentes regulagens de corte, de modo a se obter fatias de Mussarela com 0,8; 1,0 e 2,0mm de espessura.

Os queijos foram avaliados quanto a essa propriedade após 2 semanas de armazenamento refrigerado a $8 \pm 1^\circ \text{C}$.

2.2.6 - Análise estatística

Para análise estatística dos dados foi adotado um delineamento experimental em Blocos ao Acaso, com 3 tratamentos e 4 repetições. Os dados foram calculados utilizando o programa Sanest e avaliados através do teste F da Análise da Variância e do teste Tukey [29].

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Características físico-químicas do leite

A *Tabela 1* apresenta os valores médios, dos resultados obtidos, da composição físico-química do leite *in natura* (Testemunha), do leite *in natura* adicionado de 10% de leite reconstituído (Tratamento 1) e do leite *in natura* adicionado de 20% de leite reconstituído (Tratamento 2), empregados na elaboração dos queijos.

TABELA 1. Valores médios das características físico-químicas dos leites empregados na elaboração dos queijos.

Parâmetros	Testemunha	Tratamento 1	Tratamento 2
Densidade (g/ml)	1,0311 ^a	1,0312 ^a	1,0313 ^a
pH	6,79 ^a	6,82 ^a	6,84 ^a
Acidez (°D)	16,87 ^a	17,07 ^a	17,55 ^b
Gordura (%)	3,41 ^a	3,25 ^a	3,24 ^a
Sólidos Totais (%)	11,65 ^a	11,82 ^{ab}	11,93 ^b
Proteínas (%)	3,16 ^a	3,22 ^{ab}	3,27 ^b

Médias de quatro fabricações. Médias seguidas por letras distintas ^{a b c} diferem entre si, ao nível de 1% de significância.

As médias obtidas mostraram que aumentando-se a porcentagem de leite reconstituído, adicionado ao leite *in natura*, elevou-se a porcentagem de proteínas da mistura, bem como o seu teor de sólidos totais.

As proteínas do leite são consideradas proteínas ácidas [4]. Desse modo, quanto maior o teor de proteínas de um leite, maior será a sua acidez titulável. Entretanto, esse aumento da acidez do leite, provocado pela adição de leite reconstituído ao leite *in natura*, também se deve provavelmente ao fato do leite reconstituído ser um leite mais ácido, uma vez que o leite em pó contém uma certa porcentagem de proteínas desnaturadas, as quais tendem a apresentar um maior número de grupos ionizáveis [13].

Embora, em relação a alguns parâmetros, os tratamentos tenham diferido significativamente, constata-se que os valores das características físico-químicas, dos diferentes tratamentos, estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação [3].

3.2 – Desnaturação protéica do leite

O leite *in natura*, quando é pasteurizado, sofre uma

desnaturação de parte das suas proteínas do soro, que são as suas proteínas mais termolábeis. Essa desnaturação tende a ser maior quando o leite fresco é submetido a um processo de secagem visando a sua transformação em pó [6, 39]. Desse modo, um leite pasteurizado sempre apresenta uma certa porcentagem de desnaturação das soroproteínas, sendo que essa porcentagem tende a aumentar, quanto maior for o teor de leite reconstituído adicionado a esse leite pasteurizado, como pode ser comprovado pelos resultados da *Tabela 2*.

TABELA 2. Valores médios da porcentagem de desnaturação das proteínas do soro, dos leites empregados na elaboração dos queijos.

Parâmetro	Testemunha	Tratamento 1	Tratamento 2
% de desnaturação das soroproteínas do leite	4,72 ^a	10,56 ^b	17,51 ^c
Médias de quatro fabricações. Médias seguidas por letras distintas ^{a b c} diferem entre si, ao nível de 1% de significância.			

3.3 – Composição do soro

A *Tabela 3* mostra que, com relação às características físico-químicas, os soros dos 3 tratamentos não diferiram entre si ao nível de 1% de probabilidade. Os valores obtidos são semelhantes àqueles encontrados por VALLE [34] para soros de queijos Mussarela elaborados apenas com o uso de leite *in natura*.

TABELA 3. Valores médios das características físico-químicas dos soros obtidos na elaboração de queijos com 0, 10 e 20% de leite reconstituído.

Parâmetro	Testemunha	Tratamento 1	Tratamento 2
Densidade (g/ml)	1,0270 ^a	1,0269 ^a	1,0268 ^a
Acidez (°D)	10,89 ^a	11,16 ^a	11,23 ^a
Gordura (%)	0,46 ^a	0,44 ^a	0,46 ^a
Sólidos Totais (%)	6,80 ^a	6,80 ^a	6,83 ^a
Proteínas (%)	1,07 ^a	1,04 ^a	1,04 ^a

Médias de quatro fabricações. Médias seguidas por letras distintas ^{a,b,c} diferem entre si, ao nível de 1% de significância.

3.4 – Composição físico-química dos queijos

Na *Tabela 4* são mostrados os resultados das análises físico-químicas dos queijos elaborados com leite *in natura* e com leite *in natura* adicionado de 10% e 20% de leite reconstituído, dois dias após a fabricação dos mesmos.

TABELA 4: Valores médios das características físico-químicas dos queijos obtidos, dois dias após a sua manufatura.

Parâmetro	Testemunha	Tratamento 1	Tratamento 2
pH	5,36 ^a	5,36 ^a	5,43 ^a
Gordura (%)	26,97 ^a	24,60 ^{ab}	23,35 ^b
Umidade (%)	47,21 ^a	49,18 ^b	50,82 ^c
GES (%)	51,11 ^a	48,41 ^a	47,50 ^a
Proteínas (%)	21,52 ^a	20,62 ^a	20,09 ^a
Teor de Sal (%)	1,20 ^a	1,40 ^{ab}	1,62 ^b
Teor de Sal-fase aquosa	2,46 ^a	2,75 ^{ab}	3,09 ^b
<i>Aw</i>	0,990 ^a	0,983 ^{ab}	0,980 ^b

Médias de quatro fabricações. Médias seguidas por letras distintas ^{a b c} diferem entre si, ao nível de 1% de significância.

Não foram observadas variações significativas nos valores de pH dos queijos dos diferentes tratamentos, sendo os valores encontrados semelhantes aos obtidos por KINDSTEDT *et al.* [19] e LEE *et al.* [23] em queijos Mussarela de baixa umidade parcialmente desnatados, dois dias após a sua fabricação.

A porcentagem de gordura desses queijos diminuiu, à medida em que se elevou a quantidade de leite reconstituído utilizada na elaboração dos queijos (*Tabela 4*). De acordo com GILLES & LAWRENCE [10], as perdas de gordura, durante a produção de queijos elaborados a partir da mistura de leite reconstituído e leite *in natura*, não serão maiores do que as observadas em queijos elaborados apenas a partir de leite *in natura*, desde que se realize uma eficiente homogeneização dessa mistura, permitindo a obtenção de uma emulsão estável. Como a homogeneização das misturas de leite reconstituído e leite *in natura* utilizadas nesse experimento foi apenas manual, possivelmente ocorreram maiores perdas durante o

processamento desses queijos, o que justifica as menores porcentagens de gordura apresentadas pelos mesmos em relação à Testemunha.

Os teores de umidade dos queijos aumentaram significativamente à medida em que se elevou a porcentagem de leite reconstituído (*Tabela 4*). Esse aumento ocorreu, porque o leite reconstituído apresenta uma maior porcentagem de soroproteínas desnaturadas pelo calor, principalmente β -lactoglobulina, as quais formam complexos com a Kappa-caseína, através de ligações dissulfeto [27, 35, 38]. Esses complexos interferem com as interações micela-micela responsáveis pela sinérese da coalhada, provocando uma redução, o que resulta em queijos com um maior teor de umidade [26, 27, 37].

Em consequência do acréscimo de umidade, devido ao uso de leite reconstituído, os queijos dos tratamentos 1 e 2 não se situaram dentro da faixa de umidade ideal recomendada para Mussarela tipo pizza, a qual seria de 46%-48% [9, 19, 21, 40]. Como a diminuição no teor de gordura dos queijos elaborados com o uso de leite reconstituído foi proporcionalmente maior do que a diminuição no teor de sólidos totais, a porcentagem de GES do Tratamento 2 foi menor do que a do Tratamento 1, que por sua vez foi menor do que a da Testemunha (*Tabela 4*), embora, em termos estatísticos, os 3 tratamentos não tenham diferido significativamente.

Quanto ao teor de proteína, os tratamentos não diferiram entre si ao nível de 1% de probabilidade, sendo que os valores encontrados para os 3 tratamentos (*Tabela 4*) foram semelhantes aos obtidos por DEL PRATO [7] e VALLE [34] trabalhando com Mussarelas feitas sem o uso de leite em pó. Em relação à porcentagem de sal que uma Mussarela deve apresentar, verificou-se na literatura, que KOSIKOWSKI [21]

refere-se a queijo Mussarela para pizza com 1% de sal, KINDSTEDT *et al.* [19] com 1,25% e YUN *et al.* [40] com 1,5%. O teor de sal desses queijos, no mercado brasileiro, na década de 70, variava de 0,2 a 2,2% [32], sendo que atualmente ele tende a se encontrar na faixa de 1,4 a 1,8% [9]. No mercado americano, por sua vez, dados da literatura mostraram que em queijos Mussarela comerciais o teor de sal tem variado de 0,8 a 3,3% [18].

Assim, como os teores de sal encontrados na Mussarela apresentam ampla variação, pode-se dizer que os teores de sal obtidos para os queijos dos 3 diferentes tratamentos não se afastaram dos limites observados na literatura. Porém, os valores dos tratamentos variaram significativamente entre si, sendo que quanto mais leite reconstituído tinha o queijo, em sua composição, maior era o teor de sal apresentado por ele, fato que também foi observado por WENDORFF [37] trabalhando com queijos Mussarela elaborados com o uso de leite em pó.

A maior absorção de sal, por queijos contendo leite reconstituído, deve-se ao fato de que quanto maior for a porcentagem de leite reconstituído utilizada na elaboração de um queijo, maior será o seu teor de umidade [27, 37] e quanto maior esse teor de umidade, mais rapidamente ele absorverá o sal durante o processo de salga [8, 23]. Como os queijos dos 3 tratamentos ficaram por um mesmo período na salmoura, era esperado que os queijos mais úmidos fossem os mais salgados, como pode ser verificado pelos dados da *Tabela 4*. Esses resultados, entretanto, não se devem somente à umidade, mas também à influência desta na estrutura do queijo, sendo que quanto mais seco o queijo, mais compacta a sua estrutura, levando a uma salga mais lenta. Além disso, queijos com maior teor de GES (*Tabela 4*), como é o caso do

queijo feito sem a adição de leite reconstituído, absorvem sal mais lentamente, provavelmente devido a modificações estruturais provocadas pela gordura, como a diminuição da capacidade de difusão do sal no queijo [8].

O aumento ocorrido nos teores de sal foi proporcionalmente maior do que o aumento verificado nos teores de umidade das Mussarelas (*Tabela 4*). Conseqüentemente, as porcentagens de sal na fase aquosa dos queijos também tenderam a elevar-se, à medida que quantidades maiores de leite reconstituído eram empregadas no processo de fabricação das Mussarelas.

Na maioria dos queijos com um nível de umidade acima de 40% (caso do queijo Mussarela), a atividade de água dos mesmos pode ser determinada, com elevada precisão, a partir da molalidade do cloreto de sódio (NaCl), por meio da seguinte fórmula: $A_w = 1 - 0,033M$, onde $M = \{[(g \text{ NaCl} \times 1000) / g \text{ H}_2\text{O}] / 58,5\}$ [24]. Desse modo, quanto maior o teor de sal na fase aquosa de um queijo, menor será a sua A_w [12, 24], como pode ser comprovado pelos dados da *Tabela 4*.

3.5 – Fatiamento

A Mussarela, quando destinada ao preparo de pizzas ou para outros fins culinários, é geralmente fatiada ou moída. Na grande maioria dos países ela é moída; entretanto, no Brasil, ela ainda é muito utilizada na forma fatiada. Portanto, o fatiamento é uma das propriedades funcionais determinantes da qualidade da Mussarela para pizza [18].

Nos experimentos realizados, verificou-se que os queijos fabricados apenas com o uso de leite *in natura* eram os que melhor fatiavam, sendo possível a obtenção de fatias com espessuras inferiores a 1mm. Mussarelas elaboradas com 10% de leite reconstituído também apresentavam um bom fatiamento, desde que a máquina de fatiar fosse regulada de modo a se conseguir fatias de espessura maior ou igual a

1mm. O uso de 20% de leite reconstituído tornava difícil o fatiamento da Mussarela, só sendo possível obter cortes com no mínimo 2mm de espessura, o que é inadequado para o preparo de pizzas comerciais.

Queijos elaborados com o uso de leite reconstituído tendem a não apresentar um bom fatiamento e a "mascar" na máquina de fatiar porque contêm um maior teor de umidade (*Tabela 4*) [9, 37], sendo esse teor de umidade mais elevado resultante de uma menor sinérese da coalhada, provocada por uma maior porcentagem de soroproteínas ligadas a K-caseína [26, 27, 37].

4 – CONCLUSÕES

- A adição de 10 e 20% de leite reconstituído, ao leite *in natura*, não afetou as características físico-químicas de pH, teor de gordura no extrato seco e teor de proteínas das mussarelas obtidas. Porém, houve um aumento significativo no teor de umidade dos queijos, com o uso de leite reconstituído.
- Foi possível fabricar queijo Mussarela, a partir de leite *in natura* adicionado de 10% de leite reconstituído, e obter-se um produto com composição e fatiamento semelhantes ao fabricado apenas com leite *in natura*.
- A adição de 20% de leite reconstituído, ao leite *in natura*, na elaboração de Mussarelas, resultou em queijos de difícil fatiamento, prejudicando seu uso no preparo de pizzas comerciais.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMERICAN DRY MILK INSTITUTE. Standards for grades of dry milk including methods of analysis. Chicago: American Dry Milk Institute, 1971. v. 1.
- [2] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington, 1995. 109p.
- [3] BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**. Brasília, 1976. 166p.
- [4] CHEFTEL, J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias: bioquímica-propriedades funcionales-valor nutritivo-modificaciones químicas**. Zaragoza: Acribia, 1989. Cap.6, p. 179-217: Las proteínas de la leche.
- [5] CHERREY, G. Os leites reconstituídos para fabricação de queijos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 33, n. 199, p. 39-45, 1978.
- [6] COVARRUBIAS, M.P.; ISRAEL, L.E.; VALDENEGRO, V. Desnaturação de proteínas do soro do leite por processos térmicos-UHT. Densitometria de géis de poliacrilamida. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 43, n. 258, p. 15-20, 1988.
- [7] DEL PRATO, S. Italian Mozzarella. **Dairy Industries International**, v. 58, n. 4, p. 26-29, 1993.
- [8] FURTADO, M.M. **A Arte e a Ciência do Queijo**. São Paulo: Globo, 1991. 297p.
- [9] FURTADO, M.M. **Manual Prático da Mussarella (Pizza Cheese)**. Campinas: Master Graf, 1997. 70p.
- [10] GILLES, J.; LAWRENCE, R.C. Manufacture of cheese and others fermented products from recombined milk. **New Zealand Journal of Dairy Science and Technology**, v. 16, n.

1, p. 1-12, 1981.

[11] GRIPON, J.C.; DESMAZEAUD, M.J.; LE BARS, D.; BERGERE, J.L. Étude du rôle des micro-organismes et des enzymes au cours de la maturation des fromages. II Influence de la pression commerciale. **Le Lait**, v. 55, n. 548, p. 502-515, 1975.

[12] GUINEE, T.P.; FOX, P.F. Salt in cheese: physical, chemical and biological aspects. In: FOX, P.F.(Ed.) **Cheese: chemistry, physics and microbiology**. New York: Elsevier Applied Science Publ., 1987. Cap.7, p. 251-298.

[13] GUTIERREZ, L.E. **Aminoácidos e Proteínas**. Piracicaba: ESALQ-Departamento de Química, 1991. 66p.

[14] HARLAND, H.A.; ASHWORTH, U.S. A rapid method for estimation of whey proteins as an indication of baking quality of non fat dry-milk solids. **Food Research**, v. 12, p. 247-251, 1947.

[15] INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. Determination of the total nitrogen content of milk by Kjeldahl method. **Bulletin.IDF**, n. 20, p. 1-3, 1962.

[16] [16] JANA, A.H. Mozzarella Cheese: A Review. **Indian Journal of Dairy Science**, v. 44, n. 2, p. 167-175, 1991.

[17] JANA, A.H.; THAKAR, P.N. Recombined Milk Cheese-a review. **The Australian Journal of Dairy Technology**, v. 51, p. 33-43, 1996.

[18] KINDSTEDT, P.S. **Mozzarella and Pizza Cheese**. In: FOX, P.F. (Ed.) **Cheese: chemistry, physics and microbiology**. New York: Elsevier Applied Science Publ., 1993. Cap. 12, p. 337-362.

[19] KINDSTEDT, P.S.; KIELY, L.J.; GILMORE, J.A. Variation in Composition and Functional Properties within Brine-Salted Mozzarella Cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 11, p. 2913-2921, 1992.

- [20] KNIPSCHILDT, M.E. Production of milk powder suitable for cheese. Manufacture and other specific purposes. **Danish Dairy Industry**, n. 1, p. 47-48, 1976.
- [21] KOSIKOWSKI, F. **Cheese and Fermented Milk Foods**. New York: Cornell University, 1970. Cap.10, p. 153-167: Soft, Uncured Italian Cheese.
- [22] LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA ANIMAL. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes**. Brasília, 1981. v.1.
- [23] 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.
- [24] MARCOS, A.; ALCALA, M.; LEON, F.; FERNANDEZ-SALGUEIRO, J.; ESTEBAN, M.A Water activity and chemical composition of cheese. **Indian Journal of Dairy Science**, v. 64, n. 4, p. 622-626, 1981.
- [25] NEWLANDER, J.A.; ATHERTON, H.V. Babcock, Gerber, Monjonier tests for fat. In: **The chemistry and testing of dairy products**. Milwaukee: Olsen Publ., 1964. Cap.4, p. 67-114.
- [26] PEARSE, M.J.; MACKINLAY, A.G. Biochemical aspects of syneresis: A review. **Journal of Dairy Science**, v. 72, n. 6, p. 1401-1407, 1989.
- [27] PEARSE, M.J.; LINKLATER, P.M.; HALL, R.J. ; MACKINLAY, A. G. Effect of heat induced interaction between b -lactoglobulin and K-casein on syneresis. **Journal of Dairy Research**, v. 52, n. 1, p. 159-165, 1985.
- [28] PEREIRA, J.F. **Análises bromatológicas**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 1975. 97p.
- [29] PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 1985. 466p.

- [30] PRIMO, W.M. Entressafrá no Brasil: Meio século de drama. **Indústria de Laticínios**, v. 1, n. 2, p. 12-14, 1996.
- [31] SABOYA, L.V. Adição de leite reconstituído na fabricação de queijo Minas Frescal. Piracicaba, 1997. 83p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- [32] SCHIFTAN, T.Z.; KOMATSU, I. Estudo sobre a composição de queijo Mussarela consumido na cidade de São Paulo. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 34, n. 205, p. 29-34, 1979.
- [33] SILVA, P.H.F.; PEREIRA, D.B.C.; OLIVEIRA, L.L.; COSTA JR, L.C.G.C. **Físico-Química de Leite e Derivados**- Métodos Analíticos. Juiz de Fora: Oficina de Impressão Gráfica e Editora Ltda, 1997, 190p.
- [34] VALLE, J.L E.do. Influência de parâmetros físico-químicos na fermentação e filagem do queijo tipo Mussarela. São Paulo, 1991. 88p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo.
- [33] VIEIRA, S.D.A. Fabricação de queijo a partir de leite em pó e gordura anidra através de ultrafiltração. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 14, n. 201, p. 31-41, 1979.
- [34] VIEIRA, S.D.A.; NEVES, B.S. Adição de leite reconstituído na fabricação de queijo tipo Prato. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 35, n. 212, p. 19-25, 1980.
- [35] WENDORFF, B. Effect of standardization on characteristics of Mozzarella cheese. In: THE CHEESE SHOW 1996. **Maximizing Cheese Yield**. Wisconsin: Wisconsin Cheese Makers Association, 1996. p. 39-45.
- [36] WOLFSCHOON-POMBO, A.F. Considerações a respeito da fervura doméstica do leite. **Informe**

Agropecuário, v. 10, n. 115, p. 48-52, 1984.

[37] WOLFSCHOON-POMBO, A.F.; FERNANDES, R.M.; GRANZINOLLI, G.G.M. Efeitos da pasteurização-HTST e da fervura doméstica sobre a proteína do leite. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 37, n. 223, p. 3-7, 1982.

[38] YUN, J.J.; BARBANO, D.M.; LARASE, K.L.; KINSTEDT, P.S. Mozzarella cheese: 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.

[39] WOLFSCHOON-POMBO, A.F.; FERNANDES, R.M.; GRANZINOLLI, G.G.M. Efeitos da pasteurização-HTST e da fervura doméstica sobre a proteína do leite. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 37, n. 223, p. 3-7, 1982.

[40] YUN, J.J.; BARBANO, D.M.; LARASE, K.L.; KINSTEDT, P.S. Mozzarella cheese: 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.

¹ Recebido para publicação em 21/09/98. Aprovado para publicação em 25/02/99.

² Eng. Agrônoma, aluna de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da ESALQ/USP.

³ Professor da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Cx.Postal 9, CEP:13418-900, Piracicaba-SP.

** A quem a correspondência deve ser enviada.*