

JOSÉ MANOEL MARTINS

**MUSSARELA SEMI-FUNDIDA:
UMA NOVA ALTERNATIVA DE PRODUÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos para obtenção do Título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS
2001

JOSÉ MANOEL MARTINS

**MUSSARELA SEMI-FUNDIDA:
UMA NOVA ALTERNATIVA DE PRODUÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos para obtenção do Título de “Magister Scientiae”.

Aprovada: 30 de outubro de 2001.

Paulo Roberto Cecon Célia Lúcia de Luces Fortes Ferreira
(Conselheiro) (Conselheira)

Nélio José de Andrade Cláudio Furtado Soares

Mauro Mansur Furtado

(Orientador)

Aos meus pais, José Martins Filho e Adelina da Silva
Cintra Martins, que proporcionam aos filhos
a oportunidade que poucos têm de estudar.

Às minhas irmãs Juliana Magna Martins e Joselaine
Maria Martins, pela amizade e companheirismo
que nos acompanha desde a infância.

À minha namorada, Lídia Nara Ricardo,
que ilumina minha vida com sua
beleza e simpatia.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre está comigo e me dá forças necessárias para conquistar todos os meus objetivos.

Aos meus familiares, especialmente aos meus pais e irmãs, que me ensinam dia-a-dia a amá-los ainda mais e que jamais deixaram de acreditar em mim, incentivando-me sempre a seguir a carreira acadêmica.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade de continuar o aperfeiçoamento de meus estudos.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida a mim.

Ao professor Mauro Mansur Furtado, pela orientação e por todos os momentos dispensados a mim durante a execução do projeto, pela amizade e compreensão.

Aos Professores conselheiros Paulo Roberto Cecon e Célia Lúcia de Luces Fortes Ferreira, que não mediram esforços no auxílio à tese.

Aos professores Cláudio Furtado Soares e Nélio José de Andrade, pela participação na banca de defesa da tese.

Ao Professor Múcio Mansur Furtado, que teve participação fundamental no desenvolvimento deste projeto, com idéias importantes e sempre disposto a colaborar.

A todos os Professores e Funcionários da Universidade Federal de Viçosa, pelo conhecimento e experiências de vida repassadas a mim.

Ao amigo Marco Antônio Sloboda Cortez, que desde a época da graduação, quando trabalhamos juntos, me incentivou a continuar os estudos e também pelo fornecimento de parte das referências bibliográficas, que me ajudaram a escrever esta tese.

À amiga Luciana Leal de Oliveira, pelos valiosos conselhos ofertados a mim durante todo o projeto e pela doação da nova edição de seu livro que já havia me auxiliado nas análises físico-químicas.

Aos amigos Wellington e Augusto, que mostraram o verdadeiro valor da amizade, após tanto tempo estudando e crescendo juntos com a Universidade.

Aos amigos Sandi e Patrícia, pelas idéias de trabalho com escurecimento não-enzimático.

A todos os funcionários e pesquisadores do laboratório de corantes, especialmente Dona Lígia, Valério e Paulo César (PC), pela atenção prestada a mim durante as análises de escurecimento.

Aos funcionários: Divino, Antônio Tito, Carlinhos e Dimas, pelo empréstimo de materiais e equipamentos para as análises físico-químicas.

Ao amigo Oswaldo, funcionário da FUNARBE, pela convivência e dedicação no auxílio a todas as fabricações dos queijos.

A todos os funcionários do laticínios FUNARBE, em especial ao funcionário Helvécio, que muito me ajudou durante as fabricações.

Aos estudantes do curso de Tecnologia de Laticínios, Sérgio, André e Érick, principalmente ao estudante Giuliano Amaral, que não mediu esforços para ajudar-me durante as fabricações e análises dos queijos.

À estudante Petula, pelo auxílio prestado durante toda fase preliminar do projeto.

A todos colegas de curso, que contribuíram para o melhoramento da tese.

À Lídia, pela importante ajuda prestada durante o experimento e acima de tudo pela compreensão de todos estes anos de convívio e amizade juntos, mostrando que o verdadeiro amor é paciente e compreensivo.

BIOGRAFIA

José Manoel Martins, filho de José Martins Filho e Adelina da Silva Cintra Martins, nasceu na cidade de Guiricema, estado de Minas Gerais, em 16 de maio de 1974.

Concluiu o curso de Bacharel em Tecnologia de Laticínios, pela Universidade Federal de Viçosa, em março de 1999.

Em abril do mesmo ano ingressou no curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, para titular-se em “Magister Scientiae”, em 30 de outubro de 2001.

ÍNDICE

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Produção de queijos no Brasil	4
2.2. Histórico do queijo Mussarela	6
2.3. Tipos de queijo Mussarela	8
2.4. Queijo Doble Crema	11
2.5. O processo de filagem	12
2.6. Culturas lácticas empregadas na fabricação do queijo Mussarela	14
2.6.1. Bactérias lácticas mesofílicas	15
2.6.2. Bactérias lácticas termofílicas	18
2.6.3. Soro-fermento	20
2.6.4. Acidificação direta com uso de ácidos orgânicos	20
2.7. Propriedades funcionais	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1. Fabricação do queijo Mussarela	24
3.2. Delineamento experimental	26

3.3. Avaliações físico-químicas	27
3.3.1. Leite pasteurizado	27
3.3.2. Soro	27
3.3.3. Massa durante a fermentação	27
3.3.4. Queijo Mussarela após 5 dias de estabilização	27
3.3.5. Queijo Mussarela após 5, 15, 25 e 35 dias de estabilização	28
3.3.5.1. Análises de rotina	28
3.3.5.2. Propriedades funcionais	28
3.4. Análises microbiológicas	32
3.4.1. Leite pasteurizado	32
3.4.2. Queijo Mussarela após 5 e 35 dias de fabricação	32
3.5. Análise sensorial	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1. Análises do leite pasteurizado utilizado na fabricação dos queijos	34
4.2. Análises físico-químicas durante a fabricação dos queijos	36
4.2.1. Soro	36
4.2.2. Massa	37
4.3. Rendimento do queijo Mussarela	39
4.4. Análises físico-químicas dos queijos Mussarela	40
4.4.1. Umidade	41
4.4.2. Gordura	42
4.4.3. Gordura no extrato seco (GES)	42
4.4.4. Sal	43
4.4.5. Proteína total	44
4.5. Avaliação físico-química durante o período de estabilização	45
4.5.1. Ácido láctico	45
4.5.2. pH	46

4.5.4. Nitrogênio solúvel a pH 4,6 (índice de maturação)	48
4.5.5. Nitrogênio solúvel em TCA 12% (profundidade de roteólise)	49
4.6. Estudo das propriedades funcionais	51
4.6.1. Separação de gordura (“Oiling-off”)	51
4.6.2. Derretimento por diâmetro(%)	53
4.6.3. Elasticidade	54
4.6.4 Fatiabilidade	55
4.6.5. Escurecimento não-enzimático (“Browning”)	55
4.6.5.1. Estudo do escurecimento para a Mussarela tradicional antes e após o aquecimento	56
4.6.5.2. Estudo do escurecimento para a Mussarela semi-fundida antes e após o aquecimento	58
4.6.5.3. Estudo do escurecimento para a Mussarela semi-fundida e Mussarela tradicional antes do aquecimento	61
4.6.5.4. Estudo do escurecimento para a Mussarela semi-fundida e Mussarela tradicional após o aquecimento	63
4.7. Estudo da análise sensorial	65
4.8. Estudo da análise microbiológica (Coliformes totais)	66
5. CONCLUSÕES	68
6. BIBLIOGRAFIA	70
APÊNDICES	74
APÊNDICE A	75
APÊNDICE B	79

RESUMO

MARTINS, José Manoel, M. S. Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2001. **Mussarela semi-fundida: uma nova alternativa de produção.** Orientador: Mauro Mansur Furtado. Conselheiros: Célia Lúcia de Luces Fortes Ferreira e Paulo Roberto Cecon.

A tecnologia de produção da Mussarela semi-fundida, adaptada da metodologia de fabricação do queijo “Doble Crema”, foi usada com o principal objetivo de produzir um queijo que atingisse características semelhantes à Mussarela tradicional. Foram realizados dois tratamentos, um tradicional (T1) – fermentação na massa e um modificado (T2) – fermentação no leite, com cinco repetições para cada tratamento, sendo os queijos embalados e armazenados em câmara fria a 10⁰C, para posterior análise. Utilizou-se cultura láctica mesofílica

tipo “O” para os dois tratamentos. No tratamento modificado, cerca de 20% do total do leite pasteurizado foi fermentado até atingir acidez titulável de 0,75% (expressa em ácido láctico). Este leite foi padronizado com leite fresco pasteurizado, para uma acidez de 0,26%, antes de se iniciar o processamento. Os queijos foram avaliados após 5, 15, 25 e 35 dias de fabricação, para determinação de acidez, pH, nitrogênio solúvel a pH 4,6 e nitrogênio solúvel em TCA 12%, propriedades funcionais de “oiling-off”, derretimento por diâmetro, elasticidade e escurecimento não-enzimático, análise sensorial e análise microbiológica de Coliformes totais. A nova tecnologia diferiu do processamento tradicional em alguns pontos importantes do processamento como: temperaturas mais elevadas durante a fase de mexedura e filagem. A filagem foi realizada em tacho de vapor indireto e a salga foi feita diretamente na massa, logo após a dessoragem. Observou-se que a Mussarela semi-fundida apresentou composição físico-química semelhante à Mussarela tradicional, com exceção do teor de sal e proteína total que foram mais elevados. Houve um ligeiro decréscimo da % de ácido láctico em função dos dias analisados para os dois tratamentos. No entanto, não houve variação do pH em nenhum dos tratamentos aplicados durante os dias de estabilização. O índice de maturação aumentou com o decorrer do tempo, para os dois tratamentos, porém, com menos expressão para o tratamento modificado. A profundidade de proteólise também aumentou durante o período de estabilização e não indicou diferença ($P > 0,05$) entre os dois tratamentos. Dentre as propriedades funcionais analisadas, não houve diferença ($P > 0,05$) entre os dois tratamentos para “oiling-off” e derretimento por diâmetro. A elasticidade da massa dos queijos atingiu as determinações impostas pelo teste, porém, a Mussarela semi-fundida apresentou estiramento mais frágil, com fios se rompendo mais facilmente que a Mussarela tradicional. O índice L^* demonstrou não haver diferença ($P > 0,05$) entre as médias dos dois tratamentos. A análise sensorial indicou não haver diferença ($P > 0,05$) entre os dois tratamentos, a partir do 15^o dia de estabilização. A ausência de Coliformes totais após 35 de fabricação indicou que a Mussarela semi-fundida possui ótima capacidade de conservação.

ABSTRACT

MARTINS, José Manoel, M. S. Universidade Federal de Viçosa, october 2001.
Semi-melted Mozzarella: a new production alternative. Adviser: Mauro Mansur Furtado. Committee Members: Célia Lúcia de Luces Fortes Ferreira and Paulo Roberto Cecon.

The technology of production of semi-melted Mozzarella, adapted from methodology of “Doble Crema” cheese production, was used with the main objective to produce a cheese similar to traditional Mozzarella cheese. Two treatments were accomplished, a traditional (T1) - fermentation in the mass and a modified (T2) - fermentation in the milk, with five repetitions for each treatment. Cheeses were wrapped and stored at 10⁰C in cold room for subsequent analysis. Type “O” mesofilic lactic culture was used in both treatments. In the modified

treatment, about 20% of the pasteurized milk was fermented until titratable acidity of 0,75% (expressed as lactic acid) was achieved. The acidity of cheese milk was standardized to 0,26% with pasteurized fresh milk, before the beginning of the process. Cheeses were evaluated for titratable acidity, pH measurements, pH 4,6 soluble nitrogen and TCA 12% soluble nitrogen at 5, 15, 25 and 35 days of production. Cheeses were also evaluated for functional properties such as “oiling-off”, melting and elasticity properties, non-enzymatic browning and microbiological analysis (coliforms). A sensory panel was used to evaluate the product acceptance by consumers. Semi-melted Mozzarella cheese required higher temperature during mixing and stretching as compared to traditional manufacture. The semi-melted Mozzarella presented physical-chemical characteristics very similar to traditional Mozzarella, except for salt and protein content, which were greater in the former. There was a decrease in the lactic acid content along with the storage period for both treatments. However, pH measurements remained the same for both treatments during the days of stabilization. The maturation index increased with elapsing of time for both treatments, however with less expression for the modified treatment. The proteolysis depth also increased during the period of stabilization and presented no difference ($P > 0,05$) between treatments. Among the functional properties, no difference ($P > 0,05$) was found between treatments for “oiling-off” and melting properties. Cheese elasticity reached the determinations imposed by the test, however semi-melted Mozzarella presented more fragile stretching, with threads breaking up more easily than traditional Mozzarella. The index L^* presented no difference ($P > 0,05$) between the averages of the two treatments. Sensory analysis indicated no difference ($P > 0,05$) between the two treatments, after 15 days of stabilization. Absence of coliforms after 35 days of productions indicated that semi-melted Mozzarella presented better conservation capacity.

1. INTRODUÇÃO

Nestes últimos anos, a estabilidade econômica, a abertura de mercados e a implementação de novos blocos econômicos, fizeram com que o setor produtivo e mercados brasileiros passassem por mudanças significativas. Para enfrentar a concorrência externa e atender a um mercado consumidor cada vez mais exigente, as indústrias de um modo geral, têm sido obrigadas a trabalhar de forma a melhorar sua produtividade, diminuir seus custos, padronizar e garantir a qualidade higiênica de seus produtos. Evidentemente inserida neste contexto, a indústria de laticínios não se constitui uma exceção à regra e tem sido também afetada por esta nova conjuntura (FURTADO et al., 1996).

As mudanças mais rápidas na indústria queijeira, têm sido no importante segmento produtor de Mussarela, que está passando por uma forte mudança de conceito mercadológico, cujo nível de exigência vai muito além da simples característica de um bom fatiamento. Embora estes novos conceitos ainda não tenham atingido o mercado consumidor como um todo, boa parte dos fabricantes de Mussarela tem apostado firme nesta iminente realidade, no Mercosul e no

Codecon (código de defesa do consumidor), e estão promovendo uma revisão do conceito tecnológico de fabricação da Mussarela visando a melhoria de sua qualidade e a diminuição do seu custo de fabricação (FURTADO et al., 1996).

O importante crescimento do “pizza cheese” tem estimulado o surgimento de novas atividades de pesquisa em Mussarela, particularmente nos Estados Unidos, Nova Zelândia e Europa. A maioria das pesquisas tem focalizado as características funcionais e as relacionando com a composição e fatores de fabricação. Um grande número de revisões e pesquisas em Mussarela e “pizza cheese”, têm sido publicados nos recentes anos. Estas pesquisas serão importantes para o desenvolvimento da ciência e tecnologia do queijo Mussarela, com o objetivo de desenvolver um maior entendimento no seu comportamento funcional. Áreas de interesse particular incluem mudanças proteolíticas e físico-químicas que ocorrem durante a maturação e o papel do processo de filagem nas propriedades funcionais (KINDSTEDT e GUO, 1997).

Em 1998, nos estabelecimentos inspecionados pelo SIF (Serviço de Inspeção Federal), foram produzidas mais de 112.000 toneladas de Mussarela, sendo este, o queijo mais produzido e consumido no Brasil (LEITE BRASIL, 2000), com crescente elevação para o “pizza cheese”, devido ao grande aumento de seu consumo em restaurantes, pizzarias e redes de alimentação do tipo *fast-food* (CORTEZ, 1998). Uma grande parte da produção de Mussarela também é destinada à venda em supermercados, lanchonetes e padarias, onde o queijo é comercializado em fatias finas (FURTADO, 1997).

Sabe-se que a produção real deste queijo é bem superior aos números oficiais já que é elaborado largamente em pequenas fábricas do interior do país, onde não existe inspeção Federal ou Estadual (MINUSSI e FURTADO, 1994).

No entanto, a Mussarela ainda é fabricada de maneira tradicional, muitas vezes com leite cru e/ou ácido, com soro-fermento ou sem o emprego de fermentos lácteos adequados, mesmo quando é fabricada com leite pasteurizado (ADDEO, 1996). Devido a estas imprudências, alguns defeitos podem aparecer no queijo Mussarela relacionados às suas propriedades funcionais, como escurecimento não-enzimático, liberação de gordura (“oiling-off”), pouca

elasticidade e derretimento, formação de bolhas (“blistering”) e deficiência na fatiabilidade.

Sabendo-se da necessidade de aprimorar a tecnologia de fabricação do queijo Mussarela, o presente trabalho buscou desenvolver uma nova alternativa de produção deste queijo, baseada na fabricação do queijo “Doble Crema”, por ser um queijo de massa filada e de tecnologia bastante simples.

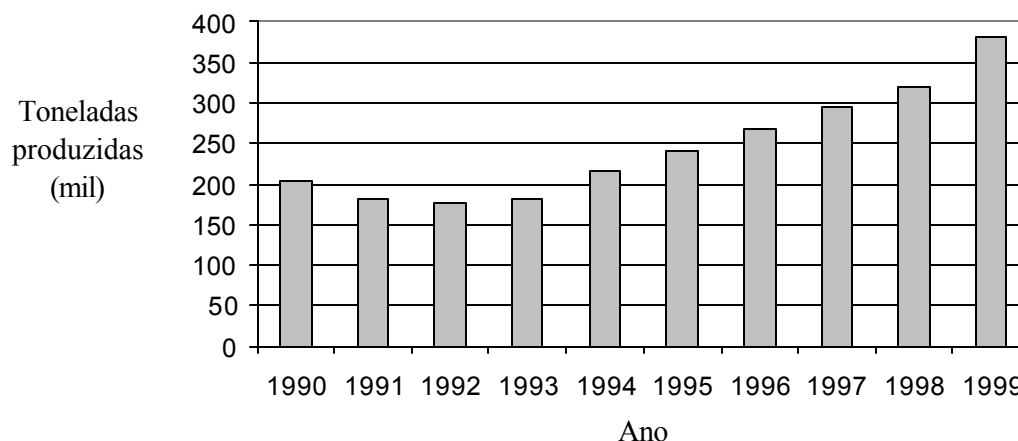
Assim, o principal objetivo do presente trabalho, é o desenvolvimento de um produto (Mussarela semi-fundida), que possa imitar ou superar as propriedades físico-químicas, sensoriais e funcionais do queijo Mussarela tradicional, com base na tecnologia de fabricação do queijo “Doble Crema”. Os outros objetivos foram: atingir as propriedades físico-químicas e funcionais que atendessem às exigências do mercado consumidor, para seus diversos usos, em especial para a fabricação de pizzas; reduzir os custos de fabricação e tempo de filagem; e simplificar e padronizar as técnicas de processamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção de queijos no Brasil

A produção mundial de queijos cresceu em todo o mundo nos últimos 20 anos. No Brasil a produção total em 2000 foi de 471 mil toneladas, aumento de 3% em relação ao ano anterior, contra um consumo de 487 mil toneladas, déficit de 16 mil toneladas que tiveram que ser importadas. O maior produtor nacional de queijo é o Estado de Minas Gerais, com 148.365 toneladas por ano (TERRA VIVA, 2001).

De acordo com a ABIQ (Associação Brasileira das Indústrias de Queijo) (1997), as maiores altas na produção de queijos no Brasil ocorreram nos anos em que a população esteve com maior poder aquisitivo, principalmente a partir de 1994 com a implementação do plano real. A evolução no volume de queijo produzido vem respondendo ao crescimento da população e, conseqüentemente do consumo, que tem sido impulsionado por campanhas institucionais. Deve-se levar em consideração que a produção nacional é comprometida pelo baixo nível tecnológico em que a pecuária brasileira se encontra, fornecendo uma quantidade de leite insuficiente para suprir a demanda interna de queijos.



Fonte: SIPA/ABIQ/DESK RESEARCH (1999).

Elaboração: Leite Brasil (2000).

Figura 01 – Produção de queijos no Brasil sob inspeção federal.

As estatísticas apontam que o brasileiro é um dos menores consumidores de queijo do mundo, com apenas 3 kg/ano/habitante, contra um consumo dos gregos, por exemplo, que é de 24 kg/ano/habitante. O consumo do brasileiro é baixo inclusive em relação a outros países da América Latina, como por exemplo o Paraguai que consome 6 kg/ano/habitante (TERRA VIVA, 2001).

A demanda, com percentual de crescimento acima da produção nacional, foi em grande parte suprida pelos queijos importados. Em 1995, houve uma grande entrada no Brasil de queijos estrangeiros (ABIQ, 1997). Mas a partir de 1996, de acordo com os dados da Secretaria da Receita Federal / MF, elaborados pela LEITE BRASIL (2000), as importações brasileiras de queijos estão diminuindo a cada ano, não tendo ultrapassado as 20.000 toneladas no ano de 1999.

No Brasil, o aumento da demanda de queijo Mussarela está relacionado com a introdução e desenvolvimento de redes de alimentação do tipo *fast-food* e, principalmente, com o aumento da popularidade das grandes redes de pizzarias, que são responsáveis por grande parte do mercado consumidor deste tipo de queijo (CORTEZ, 1998).

2.2. Histórico do queijo Mussarela

A Mussarela tem uma longa história, desde a época Medieval, sendo originária da planície de Nápoles, na Itália. O leite obtido dos rebanhos de búfalos, devido às condições primitivas de produção e transporte, se tornava muito ácido, dando um coágulo com qualidades maleáveis. O nome Mozzarella é derivado do verbo “mozzare”, o qual significa “fatiar”, da ação desempenhada pelo queijeiro para cortar pedaços da massa para filagem da mesma. A típica Mozzarella italiana é comercializada sob a forma circular, variando entre 100 a 300 gramas. É um queijo macio com um delicado flavor de leite ou creme não ácido, com um ligeiro aroma de manteiga (DEL PRATO, 1993).

O queijo Mussarela é produzido e consumido em quase todo mundo e em especial no Brasil. É fabricado com leite de vaca, embora, originalmente e em menor volume, com leite de búfala. É conhecido por esta denominação, mas, regionalmente, apresenta-se com outros nomes, como, por exemplo, queijo “cabacinha”, “palito”, “nozinho”, “pizza”, entre outros. É um queijo não maturado, consumido puro ou fazendo parte de inúmeros pratos quentes, sanduíches e pizzas (VALLE e LEITÃO, 1995).

A Mussarela é comercializada sob a forma retangular de diversos tamanhos e pesos. O rendimento médio da Mussarela varia entre 9,5-10,5 litros de leite para cada quilograma de queijo produzido. No Brasil, sua composição média varia entre estes valores: umidade: 43-46%, gordura: 22-24%, pH: 5,1-5,3 e sal: 1,6-1,8% (FURTADO e LOURENÇO NETO, 1994).

FURTADO (1997), caracteriza a Mussarela como sendo um queijo tipicamente de massa cozida, fermentada e filada, sendo obtida por coagulação enzimática. É consumida fresca, após passar por um período de estabilização, caracterizado principalmente por melhoria das propriedades funcionais, mediante proteólise, e equilíbrio da concentração de sal entre a superfície e o centro do queijo. Atualmente, além da acidificação por fermentação láctica, são utilizados métodos químicos de acidificação, por meio de ácido láctico ou ácido cítrico.

Segundo KINDSTEDT (1996), queijos de pasta filada são distinguidos por uma plasticidade única e de amassamento do coágulo fresco em água quente,

o qual garante ao queijo características de estrutura fibrosa e propriedades de fusão e elasticidade.

Rossi (1977), citado por VALLE e LEITÃO (1995), classifica a Mussarela como pertencente ao grupo bastante numeroso dos queijos de massa filada, com variações de sabor e forma, e de considerável produção e consumo. Neste grupo, os tipos mais conhecidos e apreciados no Brasil, além da Mussarela, são o Provolone e o Caccio-Cavallo. Possuem em comum, a propriedade de formar fios, de serem filados, em determinadas condições de pH e acidez, quando parte do cálcio é eliminada do complexo fosfocaseinato, caracterizando o processo de desmineralização da coalhada.

Mesmo sendo a Mussarela originária da Itália, os Estados Unidos tornou-se seu principal produtor. A tecnologia de fabricação da Mussarela foi levada para os Estados Unidos por imigrantes italianos. O queijo tornou-se um produto com um mercado limitado por volta da II Guerra Mundial, quando a culinária italiana em geral, a pizza em particular, começou sua elevação meteórica em popularidade, que continua até hoje. A popularidade da pizza está crescendo rapidamente no Reino Unido e Norte da Europa, e com ela a fabricação do queijo Mussarela, notavelmente no Reino Unido e Dinamarca (KINDSTEDT, 1996).

No Brasil, somente no estado de Minas Gerais, o queijo Mussarela é isoladamente o queijo mais produzido pelo maior número de laticínios particulares; 67% dos laticínios com SIF e 58% dos laticínios sem SIF destinam pelo menos uma parcela de leite para a industrialização de queijo tipo Mussarela (SEBRAE, 1997).

Segundo Oberg et al. (1991), McMahon et al. (1993), Mukherjee e Hutkins (1994), citados por ROSA (1998), o consumo de queijo Mussarela aumentou significativamente nos últimos 15 anos estimulado pela contínua popularidade da pizza e outras especialidades italianas. Aproximadamente um milhão de toneladas de Mussarela são agora produzidos anualmente nos Estados Unidos, e a expectativa é de que essa demanda aumente ainda mais. Mais de 70% dessa produção são usados para fabricação de pizzas. Grandes instituições compradoras de Mussarela, querem um produto uniforme e estabelecem padrões

rígidos para as propriedades funcionais. Conseqüentemente, os fabricantes são pressionados a produzir queijos com características funcionais consistentes.

2.3. Tipos de queijo Mussarela

De acordo com DEL PRATO (1993), há duas variedades de queijo Mussarela: a variedade italiana macia (tradicional) e a variedade para pizza.

A variedade tradicional, é produzida na Itália, usando leite pasteurizado integral (proporção proteína/gordura de 0,88–0,92), coagulação a uma temperatura de 35–38⁰C, sem ainda aquecer, com freqüente uso de acidificação química, um rápido processo de coagulação, prensagem limitada (menos tempo), mínima ou nenhuma salga (DEL PRATO, 1993).

A variedade para pizza, é obtida usando leite pasteurizado, o qual é parcialmente desnatado, de acordo com a quantidade de gordura requerida no produto final (15–20 % do total, porque elevada gordura, libera óleo na pizza). Ele contém um teor de gordura de 1,7–2,3% (proporção proteína/gordura de 1,4 - 1,6), com coagulação a temperatura mais baixa (30–35⁰C) e aquecimento parcial da massa. A massa é prensada por um tempo maior que a tradicional e após viragem o queijo é salgado (DEL PRATO, 1993).

Segundo ADDEO (1996), atualmente se fabricam na Itália, desde há aproximadamente vinte anos, duas variedades de Mussarela: a tradicional e outra ao nível de produção industrial.

Na Mussarela tipo tradicional, a maturação da coalhada se procede pelo ácido láctico das bactérias lácticas agregadas ao leite antes da coagulação. A acidez da fermentação gera uma desmineralização progressiva da coalhada até obter melhores condições para a filagem da massa. Esta se realiza através do clássico procedimento de fundição e modelagem a máquina (ADDEO, 1996).

Na segunda variedade de Mussarela, ao nível de produção industrial, a coagulação está precedida pela acidificação do leite mediante a adição de ácidos orgânicos. O ácido provoca uma desmineralização parcial das micelas de caseína, deixando, imediatamente após a coagulação, condições ótimas para a filagem da

coalhada. Dessa maneira se elimina a espera, mais ou menos prolongada, para a maturação da massa (ADDEO, 1996).

Uma Mussarela para pizza pode ser produzida com qualquer dos sistemas de elaboração mencionados, é só reduzir o conteúdo de umidade no produto final (ADDEO 1996).

É importante destacar que ainda existe uma terceira variedade de queijo italiano, denominada na linguagem comum, “Queijo para Pizza”, que é uma imitação da Mussarela tradicional, utilizada na preparação de pizzas e sanduíches. Nos últimos anos, tem havido grande difusão no mercado apesar de o consumidor não tem tomado consciência disso. O “Queijo para Pizza” pertence à classe dos queijos fundidos, o qual difere substancialmente dos outros dois tipos anteriores de Mussarela italiana. Estes produtos de preços mais baixos, ganharam uma notável difusão no mercado, por seu grande uso em pizzarias e lanchonetes (ADDEO, 1996).

Os ingredientes de elaboração do “Queijo para Pizza” são constituídos por caseína de coalho magra, manteiga ou creme, água, sal e sais fundentes. A temperatura da massa se eleva a um intervalo entre 70 a 95⁰ C, segundo a natureza de seus componentes, por um período variável entre 3 e 15 minutos. Numa massa tipo: 14 Kg de caseína de coalho, 11 Kg de manteiga (80% de gordura) se adicionam 250 gramas de ácido cítrico, 70 gramas de citrato trissódico e 150 gramas de polifosfato, e finalmente 7 Kg de coalhada. Adiciona-se água e funde-se a uma temperatura de 85⁰C aproximadamente por 3 minutos. Coloca-se em um tanque, adiciona-se 20 Kg de coalhada e mistura-se até endurecer, por cerca de 20 minutos. A temperatura final é de 68–70⁰ C aproximadamente. A filagem é feita por pressão e o empacotamento em embalagens plásticas com cliques. Desta quantidade de material se obtém cerca de 100 Kg de queijo para pizza. O pH na filagem do queijo é 5,9 aproximadamente. A vida útil destes produtos é de pelo menos de 6 meses (ADDEO, 1996).

De acordo com KINDSTEDT (1996), nos Estados Unidos, o queijo Mussarela é dividido em quatro categorias, que estão classificadas de acordo com as variações na maneira de consumo, definidas pelo padrão de identidade com base no conteúdo de umidade e gordura no extrato seco:

1) Mussarela para consumo direto: caracteriza-se por seu teor de umidade mais elevado ($> 52\%$), corpo macio, menor teor de gordura no extrato seco e freqüentemente são consumidas ainda frescas. Elas são raramente usadas em serviços de alimentação como ingredientes para pizza, devido a sua pobre característica de fatiamento e vida de prateleira limitada. Apresenta-se sob duas variedades:

a) Típica:

- Umidade (%)..... $> 52, < 60$;
- Gordura Extrato Seco (%)..... ≥ 45 ;
- pH.....5,2.

b) Parcialmente desnatada

- Umidade (%)..... $> 52, \leq 60$;
- Gordura Extrato Seco (%)..... $\geq 30, < 45$;
- pH.....5,2.

2) Mussarela para pizza (pizza cheese): caracteriza-se por seu baixo teor de umidade (47–48%) e teor de gordura mais elevado. Tem melhor capacidade de conservação do que a Mussarela para consumo direto e é fácil de fatiar para confecção de pizzas, por ter corpo mais seco e mais firme, apresentando-se sob duas variedades:

a) “Low - moisture” ou “baixa umidade”:

- Umidade (%)..... $> 45, \leq 52$;
- Gordura no Extrato Seco (%)..... ≥ 45 ;
- pH.....5,2.

b) “Low – moisture part – skim” ou “baixa umidade parcialmente desnatada”:

- Umidade (%)..... $> 45, \leq 52$;
- Gordura no Extrato Seco (%)..... $\geq 30, < 45$;
- pH.....5,2.

O termo “pizza cheese” se refere à Mussarela que é preparada especialmente para utilização como ingrediente na preparação de pizzas (KINDSTEDT, 1996). Tornou-se de uso corrente nos EUA a partir da década de 60, quando houve uma expansão muito grande no consumo de Mussarela para pizzas naquele país. O termo implica também numa diferenciação em relação à

palavra Mussarela (ou Mozzarella) tradicionalmente empregada para definir o queijo original italiano (feito com leite de búfala em tempos primordiais), que é bem mais macio devido ao seu alto teor de umidade (FURTADO, 1997).

A Mussarela no Brasil é muito diferente daquela elaborada na Itália (que é bem mais mole), já que é feita para fatiar e, portanto, tem teor de umidade mais baixo. A Mussarela brasileira se assemelha mais ao “pizza cheese” americano, que é firme e de baixo teor de gordura. Na verdade, a Mussarela brasileira possui ainda composição físico-química muito irregular, devido à inexistência de padrões legais, uso de leite cru e grandes variações nos métodos de elaboração. Pode-se dizer que apresenta cerca de 43 a 45% de umidade e entre 22 e 24% de gordura (cerca de 40 a 45% GES – Gordura no Extrato Seco). Comparada ao “pizza cheese” americano parcialmente desnatado, que apresenta entre 30 e 45% de GES, a Mussarela brasileira é geralmente mais firme e de coloração um pouco mais amarelada (FURTADO, 1997).

2.4. Queijo “Doble Crema”

Trata-se de um queijo diferente do queijo Mussarela, mas que tem em comum uma fase particular na tecnologia, a filagem, baseado na propriedade da caseína de separar-se devido a determinadas condições de temperatura e acidez. Pertence aos queijos de massa filada, como o Provolone, Mussarela e Caccio-Cavalo (JARAMILO et al., 1999).

O queijo “Doble Crema” é fabricado na Colômbia, seguindo a tecnologia desenvolvida nos vales de Ubaté e Chiquinquirá, o qual se tem difundido a outras regiões para dar saída aos excedentes de leite, obtendo um produto com melhores características e facilidade de mercado (JARAMILO et al., 1999). É um queijo fresco, ácido, não maturado, de massa semi-cozida e filada, é semi-macio, elaborado com leite de vaca. Sua forma tradicional é cilíndrica e em alguns casos retangular. A aparência externa se caracteriza por apresentar uma cor creme clara, sem casca ou revestimento. Internamente tem uma consistência semi-macia, que não se desfaz facilmente quando se toca com os dedos; de textura

fechada, sem olhos ou com alguns poucos causados possivelmente pela incorporação de ar durante a filagem e moldagem (JARAMILO et al., 1999).

O “Doble Crema” caracteriza-se por ser moderadamente ácido e salgado. Varia entre 0,25 kg a 4,5 kg. Conservado em refrigeração, pode ter uma duração de 20 dias, com aroma moderadamente lácteo e ácido. Sua composição química é a seguinte: 50,00% de umidade, 22,00% de gordura, 21,00% de proteína, 1,28% de sal, 45,00% de gordura no extrato seco (GES), pH = 5,2 e 0,63% de acidez expressa em % de ácido láctico (JARAMILO et al., 1999).

2.5. O processo de filagem

Pelo termo “filata”, entende-se os queijos cuja massa fermentada é submetida a um tratamento térmico que lhe confere uma plasticidade singular. O queijo passa então a apresentar uma estrutura fibrosa característica, com fibras orientadas na mesma direção em resultado do processo de filagem. Estas fibras podem ser alongadas consideravelmente, sem se romper. Esta elasticidade está relacionada a dois fatores fundamentais: à presença predominante de caseína intacta (isto é, pouco proteolisada) e à concentração típica de cálcio na massa (FURTADO, 1997).

Segundo Vitagliano (1980), citado por VALLE et al. (1996), durante a filagem em água quente, ocorre uma perda de constituintes do extrato seco da ordem de 4%, principalmente gordura e proteína, os quais passam para a água de filagem; esta assume um aspecto leitoso e também é conhecida com o nome de “água branca”. A filagem da massa modifica substancialmente sua composição, incorporando água e perdendo componentes responsáveis pelo extrato seco como proteínas e gordura, as quais saem da coalhada e passam para a água de filagem.

Além da perda de sólidos totais, que diminui sensivelmente o rendimento, a qualidade do queijo poderá ser afetada por fatores ligados à tecnologia de processamento vigente, particularmente durante a filagem, destacando-se entre eles o manuseio incorreto da massa, proporção inadequada entre água quente e massa, temperatura incorreta da água e da massa e desenvolvimento excessivo da acidez (VALLE et al., 1996).

A característica que permite a Mussarela ser esticada ou filada é dada pela remoção de cálcio da massa durante a fermentação e essa capacidade da massa de sofrer esticamento é um fenômeno químico. Quando o coalho (renina) é adicionado ao leite no pH=6,2, é formado o paracaseinato dicálcio que é insolúvel e sofre precipitação, originando uma rede tridimensional, a massa do queijo. Com a subsequente atuação do ácido láctico (produzido pela fermentação bacteriana ou adicionado ao leite), o paracaseinato dicálcio é convertido a paracaseinato monocálcio, que apresenta as características de esticamento (Hansen, 1988, citado por CORTEZ, 1998).

É comum verificar que quando a coalhada é submetida à filagem, ela já se encontra bastante acidificada, sendo que o excesso de acidez pode resultar numa massa friável, quebradiça e de fios curtos, originando assim um queijo de textura fibrosa, áspero, com pouca untuosidade e que, ao ser consumido, principalmente quando aquecido, derrete com muita dificuldade e apresenta tendência para queimar ou torrar (VALLE et al., 1996).

Segundo VALLE et al. (1996), a massa e água quente, utilizadas na proporção de 1:2 com 5 minutos de trabalho, são as condições que devem prevalecer durante a filagem do queijo. Atualmente, a indústria tem substituído este processo manual e em batelada pelo uso de filadoras mecânicas contínuas acopladas de um sistema de injeção de vapor. Uma grande faixa de condições de filagem, é normalmente utilizada pela indústria que são determinadas por parâmetros tais como temperatura da água de filagem, a velocidade de trabalho da rosca sem fim e a configuração específica da filadora (VIOTTO, 1996).

As condições de filagem influenciam no mínimo três aspectos importantes do queijo: a) a composição do queijo (particularmente os teores de gordura e umidade) e o rendimento; b) a microestrutura do queijo, especialmente a dispersão da gordura na matriz protéica; c) o tratamento térmico (tempo e temperatura) que o queijo recebe durante a filagem determinam se o fermento láctico e o coagulante serão parcial ou completamente inativados pelo calor. Tanto o coagulante quanto o fermento láctico têm um papel importante no desenvolvimento das propriedades funcionais desejáveis durante a cura da Mussarela para pizza (VIOTTO et al., 1996).

De acordo com DEL PRATO (1993), a tecnologia usada em queijos de pasta filada, em especial o queijo Mussarela, está baseada em certas características principais:

- acidez suficiente do leite no tanque de queijo, usando fermentação ou métodos químicos;
- dessoramento e acidificação do coágulo a um pH entre 4,9-5,3;
- esticamento, i.e., tração mecânica com aquecimento na massa para se obter fibras elásticas e consistentes;
- aquecimento da pasta filada para que ela possa ser enformada, durante o processo de esticamento, dentro da forma requerida.

Os métodos usados para avaliar a acidificação da coalhada (massa), segundo DEL PRATO (1993), variam de acordo com a técnica usada:

- acidez desenvolvida pela microflora natural do leite cru;
- acidez desenvolvida pelas culturas lácticas starters adicionadas ao leite pela inoculação direta;
- acidificação química devido à adição de ácido cítrico ao leite;
- combinação dos métodos químicos e biológicos.

2.6. Culturas lácticas empregadas na fabricação do queijo Mussarela.

Na fabricação do queijo Mussarela geralmente são empregadas bactérias produtoras de ácido láctico, já que o principal objetivo é o abaixamento do pH para se atingir características de filagem e a obtenção de um produto fresco para imediata comercialização.

Bactérias do ácido láctico podem ser divididas em: mesófilas e termófilas. A primeira tem uma temperatura ótima de crescimento de 30-33⁰C e consiste de espécies de *Lactococcus* e *Leuconostoc*. Elas são utilizadas na tecnologia de fermentação de produtos lácteos, onde temperaturas de 20-40⁰C são predominantes. Bactérias do ácido láctico termofílicas têm um ótimo crescimento em temperaturas de 40-45⁰C e são usadas em tecnologias onde a temperatura varia de 30-50⁰C. As mais importantes bactérias lácticas termofílicas são *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (referido como *S. thermophilus*) e

as espécies de lactobacilos *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (referido como *Lb. bulgaricus*), *Lb. helveticus* e *Lb. delbrueckii* subespécie *lactis* (referido como *Lb. lactis*). Esta divisão de aplicação não é rígida e há muitos exemplos de culturas termofílicas sendo utilizadas em tecnologias onde geralmente se empregam culturas mesofílicas (em geral, *S. thermophilus* na produção de Brie e Cheddar). Há outras bactérias do ácido láctico associadas a produtos lácteos fermentados, estas incluem os lactobacilos mesofílicos (*Lb. casei*, *Lb. plantarum*) e *Pediococcus* ssp. encontrados na maturação de queijos duros e semi-duros e são referidas como bactérias do ácido láctico não starters, e bactérias do ácido láctico que podem contribuir em benefícios na saúde como *Lb. acidophilus*, *Lb. reuteri* e *Bifidobacterium* ssp. (STANLEY, 1998).

2.6.1. Bactérias lácticas mesofílicas.

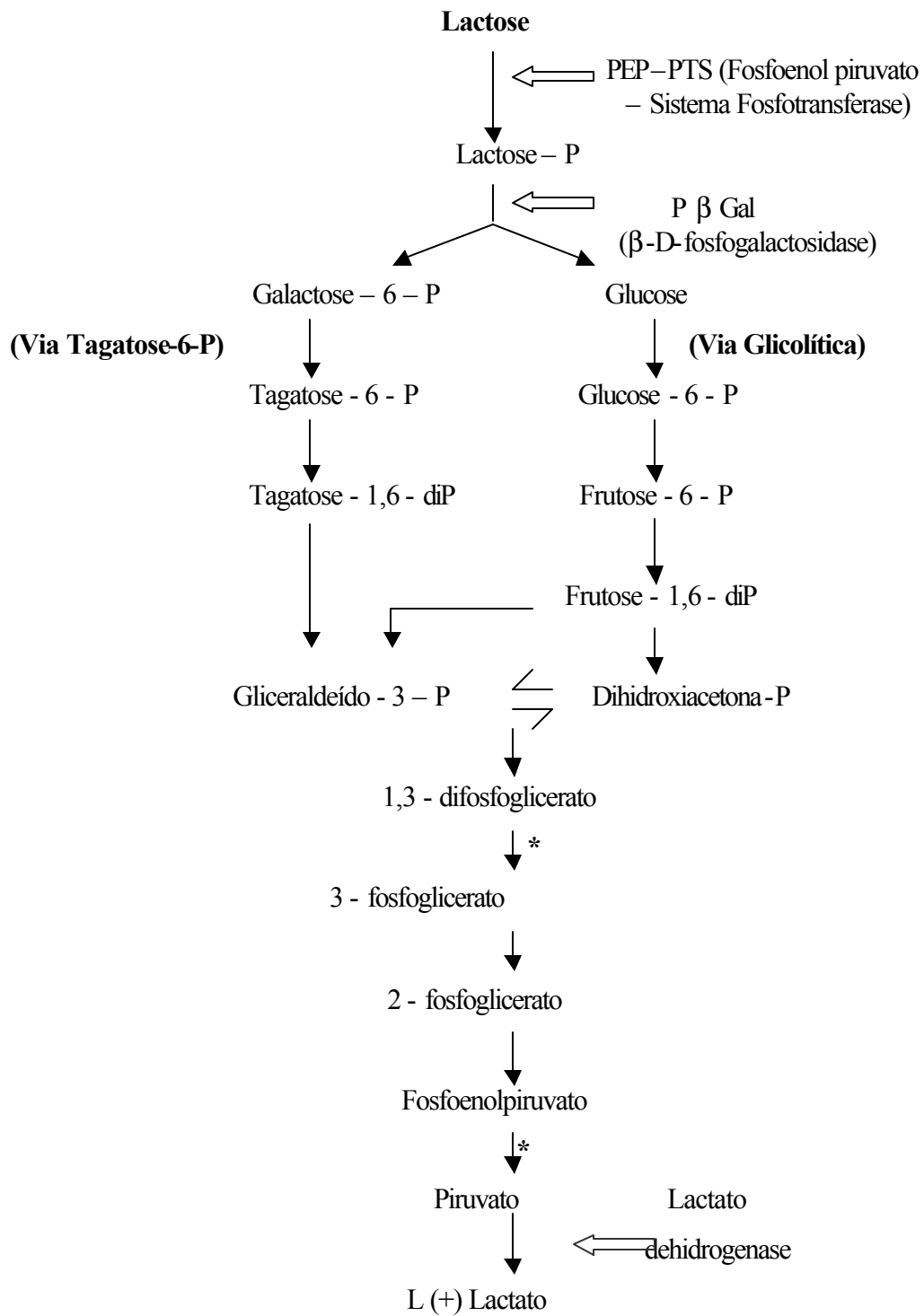
As culturas lácticas mesofílicas são utilizadas largamente na fabricação de queijos frescos, de massa crua e de massa semicozida. Os queijos podem ter olhaduras ou massa compacta, sem aberturas. Para obter o efeito desejado no queijo, o fermento poderá ter poder acidificante, aromatizante ou uma combinação dos dois. No Brasil, culturas tipo “O”, à base de *Lactococcus lactis* ssp *lactis* e *Lactococcus lactis* ssp *cremoris* têm sido comumente empregadas na fabricação de queijos Prato, Minas, Mussarela e Saint-Paulin. (FURTADO, 1990).

Para aplicações em laticínios, os taxonomistas reconhecem somente uma espécie de *Lactococcus*: *Lc. lactis*. Esta pode ser dividida em duas subespécies: *lactis* e *cremoris*, e estas se relacionam com a prévia classificação de *Streptococcus lactis* e *Streptococcus cremoris*. Algumas cepas de *Lc. lactis* metabolizam citrato, presente no leite, a diacetil, componente de sabor importante e liberam dióxido de carbono (CO₂) em algumas reações. Elas são consideradas citrato positivas (Cit +) ou biovariantes *diacetylactis* de *Lc. lactis*. O *Lc. lactis* é homofermentativo e metaboliza lactose produzindo (L+) lactato pela via glicolítica (STANLEY, 1998).

Lc. lactis ssp. *cremoris* foi tradicionalmente considerada a mais importante cultura starter para queijos, *Lc. lactis* ssp. *lactis* foi menos preferida devido a sua associação com produção de sabor indesejável (Law e Sharpe, 1978, citados por STANLEY, 1998). Na década passada, *Lc. lactis* ssp. *lactis* foi usado em maior extensão, em parte devido a sua habilidade em resistir condições adversas encontradas durante a produção industrial de células concentradas; melhorado a seleção de cepas produzidas tem-se geralmente eliminado problemas de sabor indesejável (STANLEY, 1998).

De acordo com FURTADO (1990) o uso de mesofílicos é comum na fabricação de queijos para consumo direto, já que na elaboração a coalhada não é aquecida, de maneira geral, a temperaturas superiores a 40⁰C. Mantém-se assim um teor de umidade mais alto na coalhada. A presença de *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* deve ser controlada, considerando a sua forte tendência acidificante. Neste tipo de processamento, é comum que a filagem só se faça no dia seguinte à elaboração; assim, a massa, após a dessoragem, fica em uma câmara fria (8-10⁰C) ou em imersão em água gelada; no dia seguinte, deixa-se a temperatura ambiente até que se atinja a acidez ideal para a filagem.

Eventualmente uma outra cultura, à base de *Enterococcus faecalis* e *Enterococcus durans*, pode ser usada na elaboração da Mussarela. Esta cultura produz mais ácido do que *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* e *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, mas inibe-se mais a temperaturas baixas (começa a ser inibida abaixo de 27⁰C), facilitando o controle da fermentação antes da filagem (FURTADO, 1990). A figura 02 mostra o metabolismo homofermentativo da lactose pelo *Lactococcus lactis*, segundo STANLEY (1998).



Nota: - 4 mols de lactato formados por 1 mol de lactose

- * Passo de geração de energia (ATP)

Figura 02 - Metabolismo homofermentativo da lactose pelo *Lc. lactis*, segundo STANLEY (1998).

2.6.2. Bactérias lácticas termofílicas.

Trata-se de cultura à base de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, que são fortes produtores de ácido (*S. thermophilus* inicia rapidamente a produção de ácido durante a elaboração, por ser menos sensível do que *L. bulgaricus* à temperatura de cozimento); é geralmente empregado no processo de elaboração da Mussarela para pizza, que requer um queijo com menor teor de umidade e de corpo mais firme. Empregando-se cultura termofílica, a massa pode ser filada no mesmo dia de fabricação – geralmente em torno de quatro a seis horas após a adição do fermento (FURTADO, 1990).

Segundo STANLEY (1998), elas geralmente são usadas em uma gama de iogurtes e outros produtos lácteos. As bactérias do ácido láctico termofílicas são mais ácido tolerantes que as espécies mesofílicas, reduzindo o pH do leite fermentado geralmente para baixo de 4,0, com o *Lb. helveticus* sendo o mais acidificante. Outra importante diferença taxonômica e econômica das bactérias do ácido láctico termofílicas relaciona suas habilidades para metabolizar a galactose: somente *Lb. helveticus* (e possivelmente poucas cepas de *Lb. lactis*) pode fazer isto, os outros excretam galactose para o meio.

De acordo com Johnson e Olson (1985), citados por STANLEY (1998), a galactose acumulada no meio pode causar problemas em certos produtos lácteos, por exemplo, ela pode agir como uma fonte de energia para bactérias do ácido láctico não iniciantes em variedades de queijos suíços aumentando o desenvolvimento de sabor indesejável, e em Mussarela para pizza, a galactose pode causar “browning” (reação de Maillard) durante o cozimento da pizza.

A figura 03 mostra a degradação da lactose por microrganismos termófilos através da via glicolítica (Embden-Meyerhof-Parnas) e da via Leloir (conversão da lactose em glucose-6-P), até a formação de lactato (ADDEO, 1996).

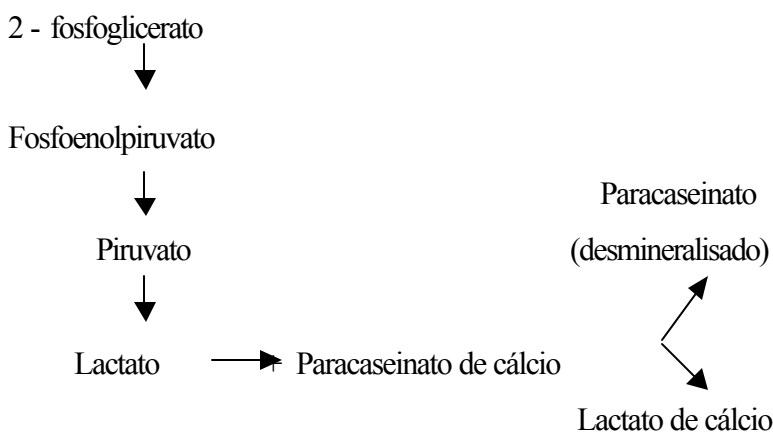


Figura 03 - Degradação da lactose por microrganismos termofílicos (ADDEO,1996).

2.6.3. Soro-fermento

EMALDI (1989), cita o uso de soro-fermento no preparo de queijo Provolone, proveniente da fabricação precedente, sendo ainda muito utilizado na fabricação de queijo Mussarela. A preparação é feita em uma fermenteira e é aquecido a 55^o C se for proveniente de uma fabricação cuja temperatura final de aquecimento da massa for inferior a 55^o C; com a finalidade de se obter uma melhor seleção de bactérias lácticas termofílicas.

Para a incubação, soro-fermento é resfriado a 45^o C. O tempo de incubação é de aproximadamente 15 horas, período após o qual a acidez deverá subir de 13-14^oD até 90-100^oD. Obtida a acidez, procede-se o resfriamento à temperaturas inferiores a 20^o C. O tempo útil de utilização é de até 12 horas após a fermentação. Nestas condições de preparo, este soro-fermento natural vai conter aproximadamente 30-40% de *Streptococcus thermophilus*, 30-40% de *Lactobacillus helveticus*, 10-20% de *Lactobacillus bulgaricus* e 10-20% de *Lactobacillus lactis*. É um equilíbrio difícil de ser mantido, mas deve ser procurado. O soro-fermento não deve conter bactérias heterofermentativas, como por exemplo, *Lactobacillus fermentum*. Nestas condições ocorre sempre uma modificação das cepas que compõem o fermento em função do leite e da tecnologia utilizados. Quando se encontra dificuldades a nível de equilíbrio entre

as espécies, pode-se adicionar ao soro cepas selecionadas de fermento láctico (EMALDI, 1989).

2.6.4. Acidificação direta com uso de ácidos orgânicos

O método de fabricação do queijo Mussarela com acidificação direta envolve o abaixamento do pH por diferentes ácidos. Esta técnica ajuda a eliminar a variabilidade na produção de ácidos pelas bactérias, a evitar problemas criados por bacteriófagos e outros contaminantes a ter melhor controle nas variações de pH e a reduzir o tempo de fabricação (SABIKHI, 1992).

Segundo MICKETTS e OLSON (1974), uma vez que a concentração de íons cálcio do leite é aumentada pela acidificação, possivelmente podem ser usadas baixas concentrações de enzimas para a coagulação do leite, sem adicionar CaCl_2 e sem tempo de produção aumentado significativamente.

A acidificação direta tem sido empregada para a manufatura de diversos tipos de queijos, principalmente a Mussarela, substituindo, desta forma, total ou parcialmente a acidificação proveniente da atividade das bactérias lácticas. Além de diminuir o tempo de fabricação, diminui também o tempo de coagulação e a quantidade de coalho a ser utilizado. Portanto, pela acidificação direta, pode-se controlar a acidez da coalhada evitando-se a variabilidade na produção de ácidos pelas bactérias, permanecendo constantes o pH do leite e da coalhada, até a filagem da massa (VALLE et al., 1996).

Segundo Keller (1978) e Wood (1987), citados por JHA (1996), o ácido clorídrico, ácido fosfórico, ácido láctico, ácido acético e ácido málico ou cítrico são usados nesta técnica. De acordo com Kim e Ya (1988), citados por JHA (1996), o ácido láctico ou acético são os ácidos que resultam em queijos de melhores escores sensoriais em comparação com outros ácidos.

O leite utilizado para se fazer o queijo é acidificado em um nível apropriado de pH, típico de 5,6. Muitos pesquisadores têm acidificado o leite em baixas temperaturas (4 a 10⁰C), presumindo prevenir a coagulação da caseína e para prevenir perda de gordura durante a coagulação (KINDSTEDT, 1998).

2.7. Propriedades funcionais

Segundo McManhon et al. (1993), citados por CORTEZ (1998), propriedades funcionais são aquelas relacionadas com o comportamento do queijo Mussarela em seus diferentes usos. São as propriedades que definem se o queijo deve ser cortado, fatiado ou moído e como ele se comporta diante do aquecimento, se derrete bem, se apresenta boa elasticidade ou se escurece muito quando cozido.

De acordo com (KINDSTEDT,1991), as propriedades físicas do queijo Mussarela derretido são altamente complexas e dão origem a pelo menos cinco diferentes e importantes atributos funcionais:

a) Derretimento: refere-se à capacidade da massa de queijo em derreter-se com relativa facilidade sobre a pizza, de se unir em uma camada uniforme e homogênea e sem formação exagerada (de tamanho muito grande) de “blisters” (bolhas), sendo que fatores como a firmeza (resistência ao derretimento) estão envolvidos na avaliação (FURTADO, 1996).

Segundo CORTEZ (1998), o derretimento depende da atividade proteolítica da cultura, do conteúdo de gordura e do teor de umidade no queijo. Assim, altos teores de gordura e umidade irão ocasionar melhor derretimento. A Mussarela fresca apresenta-se mais firme, elástica e com fraco derretimento, enquanto que uma Mussarela mais envelhecida, apresenta melhor derretimento, graças à atividade proteolítica da cultura utilizada;

b) Elasticidade: segundo ADDEO (1996), a elasticidade seria a capacidade da massa, derretida sobre a pizza, de esticar-se, soltando-se da pizza quando puxada por um garfo. Esta avaliação leva em conta fatores como a resistência, ausência de ruptura do fio e a aderência à própria pizza, o que irá depender principalmente dos níveis de cálcio e fosfato e do grau de proteólise do queijo. A tendência é de exigir um queijo com boa elasticidade e que ao esticar-se, não se corte e mantenha certa aderência à superfície da pizza;

c) Formação de óleo livre (“oiling-off”): de acordo com TUNICK (1994), este fenômeno também é conhecido como “oiling-off” ou gordura de vazamento. O queijo Mussarela tende a formar óleo livre quando é derretido, mas excessiva

quantidade de óleo livre dão ao queijo uma aparência indesejável. Segundo FURTADO (1996), o “oiling-off” é determinado principalmente pelo teor de gordura do queijo e pela integridade da estrutura da matriz protéica. Altos teores de gordura irão aumentar a quantidade de gordura livre, assim como uma quebra da matriz protéica, pela ação proteolítica da cultura láctica e principalmente pelo coalho, irá resultar em níveis maiores de “oiling-off”. Porém, o baixo pH e o alto teor de sal reduzem o nível de cálcio, gerando maior emulsificação da gordura e aumentando sua retenção, diminuindo os níveis de “oiling-off”.

d) Escurecimento: é também conhecido como “browning” não enzimático, refere-se à formação localizada de manchas escuras ou amarronzadas, sobre o queijo derretido na pizza (FURTADO, 1996).

O escurecimento depende principalmente dos níveis de lactose e galactose presentes no queijo e do grau de atividade proteolítica da cultura utilizada, pela liberação de aminoácidos que participam da reação de escurecimento (CORTEZ, 1998).

De acordo com ADDEO (1996), o escurecimento não era encarado como um defeito e sim como uma consequência normal do processo de elaboração da Mussarela. Por considerar a demanda crescente da utilização de massas que se derretem mantendo-se amarelas (ligeiramente douradas), o “browning” é considerado um problema a ser evitado;

Segundo Furtado (1998), citado por CORTEZ (1998), de uma forma geral, o escurecimento do queijo é causado pela presença de grupamentos aminos livres dos aminoácidos e grupos carbonila do açúcar redutor, que é influenciada por uma série de fatores, tais como: cultura láctica utilizada, os microrganismos galactose negativos não são capazes de metabolizar a galactose, que se acumula no meio; utilização de coalhos muito proteolíticos, levando a formação de muitos grupamentos aminos livres com potencial para participar da reação de Maillard; uso de altas temperaturas de filagem, que causariam injúria celular, com perda da capacidade de ação da cultura em metabolizar os carboidratos, originando um alto teor residual de lactose e galactose no queijo; período de armazenamento muito grande, levando à extensa proteólise e formação de grupos amino; excesso de umidade do queijo, favorecendo a proteólise, além de estar relacionado com

uma grande quantidade de soro que contém alto teor de lactose; e alto teor de sal do queijo, inibindo ação bacteriana; entre outros;

e) Formação de bolhas: é a formação de uma camada na superfície do queijo, estando mais susceptível ao escurecimento, devido ao ressecamento e contato da parte superior com a temperatura dos fornos utilizados para fabricação de pizzas (ADDEO, 1996). Este problema está relacionado com a intensa descarboxilação dos aminoácidos em queijos que sofreram proteólise, considerando-se que o dióxido de carbono produzido se acumularia na massa sob a forma de ácido carbônico, expandindo-se como uma bolha, quando a Mussarela é aquecida em temperaturas elevadas (FURTADO, 1996).

3. MATERIAL E MÉTODOS

As fabricações e análises dos queijos Mussarela foram realizadas na Usina Piloto de Laticínios e nos laboratórios do Departamento de Tecnologia de Alimentos, respectivamente, situados no Campus da Universidade Federal de Viçosa. O leite utilizado no presente trabalho foi fornecido pela Fundação Arthur Bernardes (FUNARBE).

3.1. Fabricação do queijo Mussarela

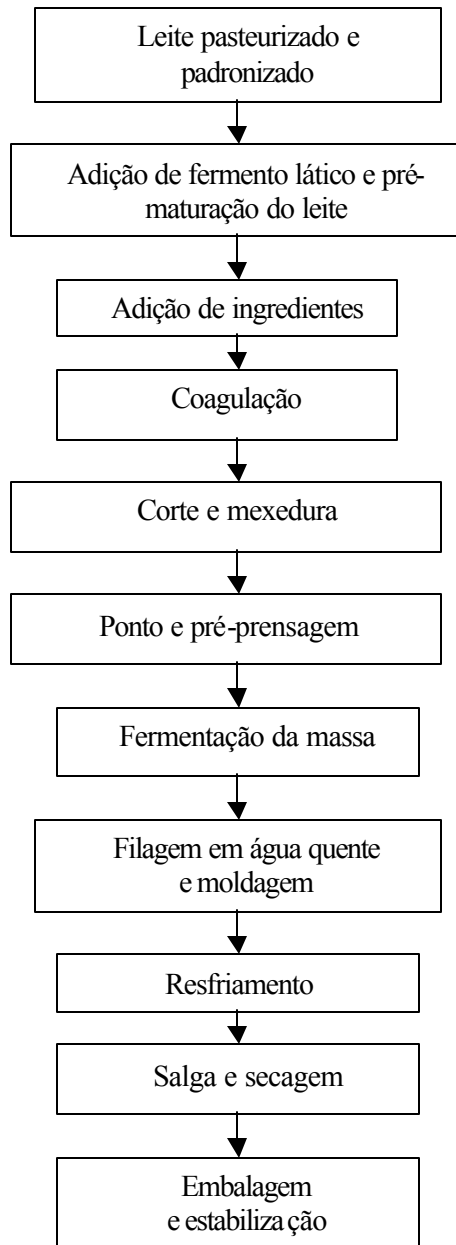
A fabricação do queijo Mussarela tradicional foi baseada na metodologia utilizada por FURTADO (1997) e a Mussarela semi-fundida foi baseada na tecnologia de fabricação do queijo “Doble Crema”, utilizada por JARAMILO et al. (1999), de acordo com os objetivos do trabalho. Os fluxogramas de fabricação dos dois tipos de queijo Mussarela encontram-se na figura 04.

Foram utilizados 150 litros de leite em cada repetição, para cada um dos tratamentos, em tanques de camisa dupla de capacidade de 200 litros.

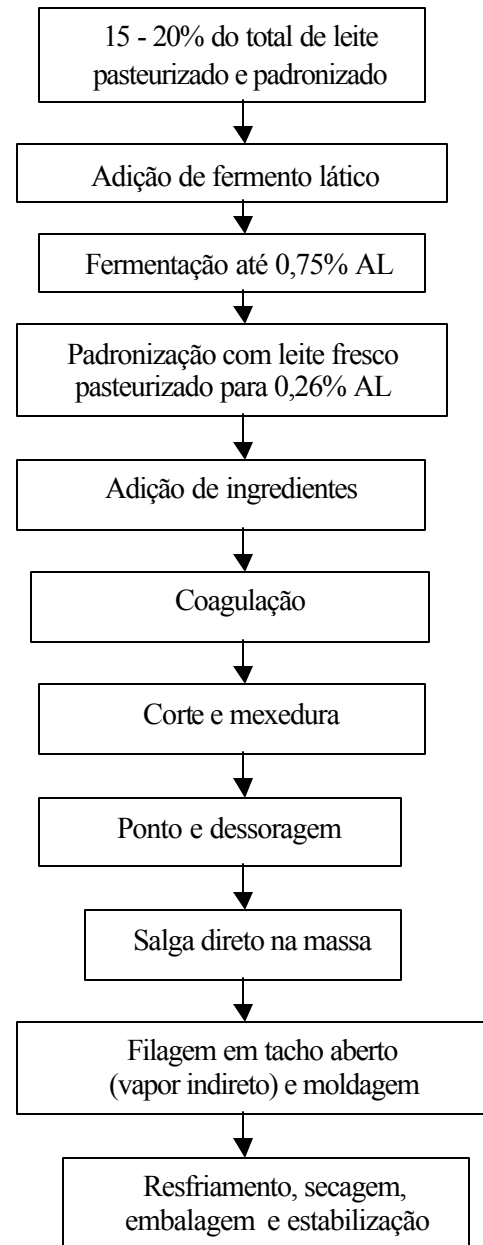
Para os dois tratamentos, utilizou-se fermento láctico do tipo DVS, denominado R - 704, composto por bactérias mesofílicas (*Lactococcus lactis* ssp

lactis e *Lactococcus lactis* ssp *cremoris*), da Chr. Hansen Ind. e Com. Ltda., em dosagem recomendada pelo fabricante.

Processamento tradicional



Processamento modificado



Fonte: FURTADO (1997) e JARAMILO et al. (1999).

Nota: AL – ácido láctico

Figura 04 – Fluxograma de fabricação dos queijos Mussarela.

O uso da cultura láctica mesofílica se deu devido à intenção de se avaliar quais seriam as conseqüências da fermentação prolongada na massa e no leite, durante a fabricação dos queijos, em relação às características físico-químicas, propriedades funcionais e sensoriais.

Os outros ingredientes utilizados durante a fabricação foram coalho animal e cloreto de cálcio, em doses recomendadas pelo fabricante, com exceção do coalho para a fabricação da Mussarela semi-fundida, onde se usou 20% a menos que a dose recomendada, pois a mistura do leite se encontrava com pH baixo, facilitando assim a atuação do coalho (ROSA, 1998).

Após a fabricação, os queijos foram acondicionados em embalagem *cryo-vac* e levados à câmara fria a uma temperatura de 10°C, para análises posteriores.

3.2. Delineamento experimental

O experimento foi realizado segundo o esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas dois tratamentos (tratamento tradicional (T1) - fermentação na massa e o tratamento modificado (T2) – fermentação no leite) e na subparcela dias de avaliação do queijo, 5, 15, 25 e 35 dias após a fabricação, no delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. Cada unidade experimental foi representada por um tanque de fabricação de queijo, sendo todas as análises realizadas em duplicatas.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e regressão. Para as variáveis ácido láctico, pH, nitrogênio solúvel em pH 4,6, nitrogênio solúvel em TCA 12%, derretimento, “oiling-off”, escurecimento não-enzimático e análise sensorial, independente da interação Tratamento x Tempo ser ou não significativo, optou-se pelo desdobramento da mesma devido ao interesse. Para o fator quantitativo, o modelo foi escolhido baseado na significância dos coeficientes da regressão e no coeficiente de determinação (r^2) em estudo. Para o fator qualitativo, foi utilizado o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3.3. Avaliações físico-químicas

3.3.1. Leite pasteurizado

O leite pasteurizado empregado na fabricação dos queijos Mussarela foi analisado quanto a:

- Ácido láctico (RICHARDSON, 1985);
- pH - pelo método potenciométrico (KOSIKOWSKI, 1977);
- Gordura (RICHARDSON, 1985);
- Crioscopia (PEREIRA, et al., 1993);
- Densidade (BRASIL, 1981);
- Extrato seco total (EST) (PINHEIRO e MOSQUIM, 1991).

3.3.2. Soro

O soro proveniente das fabricações foi analisado quanto a:

- Ácido láctico (no corte e antes da dessoragem) (RICHARDSON, 1985);
- pH (no corte e antes da dessoragem) - pelo método potenciométrico (KOSIKOWSKI, 1977);
- Gordura (RICHARDSON, 1985).

3.3.3. Massa durante a fabricação

A massa foi analisada quanto a:

- Ácido láctico (SILVA et al., 1997);
- pH - pelo método potenciométrico (KOSIKOWSKI, 1977);

3.3.4. Queijo Mussarela após 5 dias de estabilização

O queijo Mussarela foi submetido às seguintes análises após 5 dias de fabricação:

- Rendimento (L/Kg e coeficiente GL) (FURTADO, 1999);
- Umidade (SILVA et al., 1997);
- Gordura (SILVA et al., 1997);
- Sal (SILVA et al., 1997);
- Nitrogênio total (SILVA et al., 1997);

3.3.5. Queijo Mussarela após 5, 15, 25 e 35 dias de estabilização

3.3.5.1. Análises de rotina

O queijo Mussarela foi submetido às seguintes análises de rotina:

- Ácido láctico (SILVA et al., 1997);
- pH - pelo método potenciométrico (KOSIKOWSKI, 1977);
- Relações NS pH 4,6/NT (índice de maturação) e NS TCA 12%/NT (profundidade de proteólise) (SILVA et al., 1997);

3.3.5.2. Propriedades funcionais

O queijo Mussarela foi submetido às seguintes análises para avaliação das propriedades funcionais:

- Elasticidade

Para a determinação da elasticidade do queijo Mussarela, utilizou-se o método preconizado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), segundo McManhon (1993) citado por CORTEZ (1998). Neste procedimento, deve-se inserir a ponta de um garfo no queijo Mussarela derretido sobre a pizza assada, elevando-se em pelo menos 7,5 cm de sua superfície. A fibra ou fio formado deverá ser firme e não se romper com facilidade da superfície da pizza;

- Fatiabilidade

A fatiabilidade do queijo Mussarela raramente é mencionada em trabalhos realizados com este tipo de queijo, apesar de ser uma das características fundamentais para a sua comercialização. Quantificar esta propriedade é de fato muito difícil, pois cada pessoa pode determiná-la de sua maneira e chegar a resultados bastante diferentes, já que não existe um medidor específico para esta análise.

Mesmo assim, no trabalho proposto, a fatiabilidade dos queijos Mussarela foi determinada pela facilidade do queijo ser cortado quando submetido à lâmina de uma máquina fatiadora automática. Os resultados foram expressos em números, numa escala de 1 a 5, em ordem crescente de fatiabilidade;

- Separação de gordura (“oiling off”)

Para a determinação da formação de “oiling-off” foi realizada uma modificação do método descrito por Kindstedt e Fox (1991), citado por CORTEZ (1998).

As amostras de queijo Mussarela foram raladas até obtenção de partículas menores que 5 mm de diâmetro. As amostras raladas foram então resfriadas a 4^oC por aproximadamente duas horas. Seguiu-se a pesagem de 6 gramas de amostra em tubos Pirex de 200 x 17 mm, com tampa de rosca, utilizando-se uma balança semi-analítica.

Os tubos foram colocados em água fervente por quatro minutos, e, em seguida, foram adicionados 10 ml de água acidificada com HCl (pH = 2,2), à temperatura de 60^oC. Centrifugaram-se os tubos por cinco minutos a aproximadamente 1200 rpm em centrífuga Gerber, e adicionaram-se mais 10 ml de uma solução de água e metanol na relação de 1:1 (v/v.). Seguiram-se um minuto de banho-maria à temperatura de 60^oC, outra centrifugação a 1200 rpm por dois minutos e novamente um banho-maria a 60^oC por um minuto.

Após estes procedimentos formou-se uma camada de gordura na superfície da solução de água/metanol, que, com o auxílio de uma pipeta de

Pasteur acoplada a uma pêra de sucção, foi quantitativamente transferida para o butirômetro de Gerber para leite.

A gordura residual que ficou aderida à pipeta foi recuperada por repetidas lavagens com a solução de água/metanol. Em alguns casos foi necessário completar o butirômetro com essa solução, a fim de certificar o completo enchimento da haste calibrada do butirômetro pela coluna de gordura.

Os butirômetros foram agitados e seguiu-se um banho-maria a 60^oC por um minuto, centrifugação por dois minutos e, finalmente, mais um banho-maria a 60^oC por um minuto, sendo então realizada a leitura da porcentagem de “oiling-off” no queijo.

De acordo com estudos descritos por Kindstedt e Rippe (1990), citados por CORTEZ (1998), este procedimento não extrai a gordura retida na forma emulsificada pela caseína no queijo, ou seja, a gordura intrínseca do queijo, extraindo-se apenas aquela que pode ser realmente considerada gordura livre;

- Derretimento por diâmetro

De acordo com CORTEZ (1998), para a determinação da porcentagem de derretimento foi utilizada uma modificação do método de Schreiber, descrito por Kosikowski (1977) e empregado por Yun (1993a)

As amostras foram preparadas com o auxílio de um aparelho composto de um cilindro de tamanho padronizado, onde era colocado o queijo. A partir de uma ranhura na parte inferior do cilindro as amostras eram cortadas em dimensões constantes (CORTEZ, 1998).

O corte da amostra foi feito perpendicularmente às fibras do queijo e de forma aleatória em toda sua extensão, para que todas as suas partes fossem analisadas. As amostras cilíndricas foram preparadas em dimensões controladas (41 x 4,8 mm) e estocadas a 4^oC. A seguir foram colocadas em placas de Petri, em cujo fundo se marcava o diâmetro original, sendo então levadas à estufa com temperatura constante de 105^oC por sete minutos. Após este tempo, as placas eram resfriadas em temperatura ambiente por 30 minutos (CORTEZ, 1998).

O percentual de derretimento obtido pela variação do diâmetro, seguindo o método descrito por Yun (1993a), foi realizado a partir de medições em quatro

diferentes pontos, definidos por quatro diâmetros traçados nas placas, calculando-se a porcentagem de derretimento a partir da diferença do diâmetro antes e depois do aquecimento (CORTEZ, 1998).

- Escurecimento não-enzimático (“browning”)

O escurecimento não-enzimático dos queijos Mussarela foi avaliado utilizando-se a colorimetria de Hunter. Este método detecta a cor produzida por pigmentos escurecidos ou melanoidinas em alimentos que sofreram a reação de escurecimento não-enzimático (Johnson e Olson, 1985; Piergiovanni, 1989; Mukherjee e Hutkins, 1994; Matzdorf et al., 1994, citados por OLIVEIRA, 1998).

Segundo Nakai, 1991; Setser 1983; Twigg e Kramer, 1962; descritos por Fontes (1999), citado por MOURA, (1999), a colorimetria de Hunter, utiliza entre outras escalas, a escala Hunter Lab, que é composta por 3 índices colorimétricos. Nessa escala, o índice L mede a luminosidade que varia de 0 (preto puro) a 100 (branco puro), sendo plotado no eixo vertical. Nos eixos horizontais têm-se os valores de a e b, que representam os níveis de tonalidade e saturação, com + a (indica vermelho) e - a (indica verde), + b (indica amarelo) e - b (indica azul).

De acordo com Francis e Clydesdale (1975), descritos por Fontes (1999), citado por MOURA (1999), a escala Hunter Lab é uma das mais empregadas na indústria de alimentos.

O aparelho utilizado para determinação dos índices colorimétricos foi o colorímetro de Hanter, modelo Colorquest II Sphere, da marca Hanter Lab. O colorímetro foi calibrado para determinação de reflectância, observador 2^o e iluminante d65, de acordo com os trabalhos realizados por CORTEZ (1998).

OBS.: As análises de separação de gordura (“oiling-off”) e derretimento, ocorreram no 5^o, 15^o, 25^o e 35^o dias após a fabricação dos queijos. Para estas análises foram realizados estudos estatísticos, como análise de regressão e teste de média ao nível de 5% de probabilidade. Para as outras propriedades funcionais não foram realizados estes testes estatísticos.

3.4. Análises microbiológicas

3.4.1. Leite pasteurizado

O leite pasteurizado utilizado na fabricação dos queijos Mussarela foi analisado quanto a:

- Coliformes totais – Número Mais Provável (MARSHALL, 1992);

3.4.2. Queijo Mussarela após 5 e 35 dias de estabilização

Os queijos Mussarela foram analisados quanto a:

- Coliformes totais – Contagem em placas (MARSHALL, 1992);

3.5. Análise sensorial

A análise sensorial consistiu da submissão simultânea de duas amostras, sendo uma da Mussarela tradicional e outra da Mussarela semi-fundida, a um painel de 50 provadores não treinados, com o uso da escala hedônica (CHAVES e SPROESSER, 1996), cujo objetivo foi medir atitudes subjetivas de aceitação ou preferência dos produtos.

Em duas repetições, no 5^o, 15^o, 25^o e 35^o dias de fabricação, os queijos foram submetidos ao teste de aceitação, no laboratório de análise sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos.

Apresentou-se aos provadores, em cabines individuais, uma série de amostras individuais e devidamente codificadas. Pediu-se aos provadores que marcassem em folha apropriada a resposta que melhor refletia seu julgamento em relação à aceitação do produto. As folhas de respostas foram organizadas e a classificação dos julgadores transformada em valores numéricos, para análises dos resultados (CHAVES e SPROESSER, 1996).

Exemplo de ficha de respostas utilizando- se escala hedônica:

Nome:.....Data:.....

Por favor, avalie a amostra utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou do produto. Marque a posição da escala que melhor reflita seu julgamento.

Código da amostra:.....

- Gostei extremamente
- Gostei muito
- Gostei moderadamente
- Gostei ligeiramente
- Indiferente
- Desgostei ligeiramente
- Desgostei moderadamente
- Desgostei muito
- Desgostei extremamente

Comentários:.....
.....

Figura 05 – Ficha de resposta do teste de aceitação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises do leite pasteurizado utilizado na fabricação dos queijos.

O leite pasteurizado utilizado na fabricação dos queijos Mussarela apresentou composição físico-química dentro da faixa considerada normal, de acordo com PINHEIRO e MOSQUIM (1991), não apresentando grandes variações entre as produções e análise microbiológica.

Quadro 01 – Valores médios e desvio-padrão da composição físico-química e qualidade microbiológica do leite pasteurizado, empregado na

Análises	T1	T2
Ácido láctico (%)	0,1523 (0,0019)	0,2581 (0,0106)
pH	6,58 (0,0867)	5,91 (0,0527)
Densidade (g/L)	1,0314 (0,0001)	1,0313 (0,0005)
Gordura (%)	3,21 (0,0223)	3,21 (0,0612)
EST (%)	11,9653 (0,0349)	11,9232 (0,0871)
Crioscopia (°H)	- 0,526 (0,0036)	–
Coliformes totais (MPN/mL)	< 3	< 3

fabricação do queijo Mussarela.
Dados de cinco repetições.

Na fabricação da Mussarela tradicional utilizou-se leite com acidez média de 0,15 % de ácido láctico, o que indica ser um bom leite para fabricação de queijos.

Na fabricação da Mussarela semi-fundida foi utilizada uma mistura de leites, para se atingir a acidez desejada no leite final, como vimos na figura 04. Essa mistura apresentou acidez abaixo daquela recomendada para a fabricação do queijo “Doble Crema”, de acordo com JARAMILO et al., (1999), mas de acordo com testes preliminares foi onde se obteve melhores resultados.

O pH do leite para a fabricação da Mussarela semi-fundida situou-se um pouco acima daquele recomendado para fabricação de Mussarela com ácidos orgânicos. Porém, durante toda a fabricação da Mussarela com ácidos orgânicos, o pH permanece constante, ao contrário da Mussarela semi-fundida que é feita com uso de culturas lácticas, o que favorece o abaixamento do pH da massa, durante a fabricação, a valores que se encontram dentro da faixa de filagem (4,9–5,4), de acordo com FURTADO (1997).

A densidade do leite utilizado na fabricação da Mussarela semi-fundida praticamente não foi alterada nem mesmo com a acidez elevada. De acordo com PINHEIRO e MOSQUIM (1991), a densidade do leite aumenta com o aumento do teor de gordura, que eleva o teor de extrato seco desengordurado. Como o teor de gordura do leite foi o mesmo para os dois tratamentos, a variação da densidade entre os leites foi praticamente desprezível.

De acordo com PINHEIRO e MOSQUIM (1991), o extrato seco total do leite é composto por lactose, gordura, proteínas e sais. Estes compostos dependem da individualidade do animal, da raça e do meio ambiente. Os dados obtidos, mostraram que o extrato seco total do leite está um pouco acima da média encontrada por CORTEZ (1998), em trabalhos com queijo Mussarela.

A média de crioscopia encontrada no leite pasteurizado, apresentou-se um pouco baixa, mas segundo PINHEIRO e MOSQUIM (1991), é considerada normal em relação à média crioscópica dos leites da região de Viçosa, que apresenta valores entre - 0,516 e - 0,552⁰ Hortvet (H).

A análise de crioscopia não foi realizada na mistura do leite para fabricação da Mussarela semi-fundida devido a sua acidez apresentar-se mais

alta, o que levaria a resultados fora dos padrões normais de crioscopia. De acordo com PINHEIRO e MOSQUIM (1991), o ácido láctico por ser ionizável, concorre para uma maior depressão do ponto de congelamento. Considerando-se a elevação da acidez em 0,01% de ácido láctico, observa-se aumento na depressão do ponto de congelamento do leite, correspondente a $0,00356^{\circ}\text{H}$.

De acordo com a portaria nº 451 de 19 de setembro de 1997, a contagem de coliformes totais para o leite pasteurizado encontrou-se dentro do limite estabelecido para leite pasteurizado tipo C, que é de 10 MPN/ml.

4.2. Análises físico-químicas durante a fabricação dos queijos.

Durante a fabricação dos queijos Mussarela foram realizadas algumas análises físico-químicas do soro e da massa para avaliação do pH, ácido láctico e gordura.

4.2.1. Soro

Foram realizadas análises de pH, ácido láctico e gordura do soro para os dois tratamentos em duas etapas distintas da fabricação: corte da coalhada e dessoragem final. Os valores estão representados no Quadro 02.

Quadro 02 – Valores médios e desvio-padrão de pH, ácido láctico (AL) e gordura do soro, realizadas em duas etapas distintas durante a fabricação dos queijos Mussarela.

Tratamentos	Etapas	pH	AL (%)	Gordura (%)
T1	corte	6,41 (0,0696)	0,0953 (0,0067)	0,50 (0,0707)
	dessoragem	6,31 (0,0291)	0,1104 (0,0058)	0,52 (0,0447)
T2	corte	5,72 (0,1528)	0,2262 (0,0707)	0,38 (0,1095)
	dessoragem	5,08 (0,1167)	0,3376 (0,0390)	0,64 (0,2190)

Dados de cinco repetições.

O pH do soro para a Mussarela tradicional, no momento do corte, encontrou-se numa faixa um pouco acima daquela recomendada por

KINDSTEDT (1997) para fabricação do “pizza cheese”, mas dentro da faixa encontrada por CORTEZ (1998), levando-se em consideração que os dois autores relatam a fabricação do queijo Mussarela com uso de culturas termofílicas.

Para a Mussarela tradicional, o soro, no corte e na dessoragem, apresentou resultados similares àqueles encontrados em Mussarela feita a partir de fermentos termofílicos. As variações iniciais e finais de pH e ácido láctico para os queijos feitos a partir de fermentos termofílicos devem estar em torno de 0,2 e 0,02 respectivamente, o que garante uma perfeita acidificação durante a obtenção do ponto, segundo Furtado e Lourenço Neto (1994) e Valle e Leitão (1995), citados por CORTEZ (1998). Para a Mussarela semi-fundida, o pH variou a níveis acima de 0,2, mostrando que houve uma maior produção de ácido láctico, talvez devido a presença de um maior número de microrganismos no soro, causando mais fermentação, pelo maior tempo de ação das bactérias lácticas no leite.

O teor de gordura do soro para a Mussarela semi-fundida variou acentuadamente entre o corte e a dessoragem. Durante a fase de mexedura, a massa se encontrava muito ácida, portanto mais frágil, facilitando a perda de constituintes sólidos como gordura e proteína. VALLE et al. (1996), encontraram em queijos Mussarela, feitos a partir de fermento termofílico, maiores perdas de gordura e proteína conforme a massa se apresentasse mais fermentada por ocasião da filagem.

4.2.2. Massa

A massa dos queijos Mussarela foi avaliada no corte e na dessoragem, em relação ao pH e ácido láctico. O Quadro 03 mostra os valores encontrados nos dois processamentos.

Quadro 03 – Valores médios e desvio-padrão de pH e ácido lático (AL) da massa dos queijos Mussarela, obtidos em duas etapas distintas da fabricação.

Tratamentos	Etapas	pH	AL (%)
T1	corte	6,45 (0,0360)	0,0679 (0,0103)
	dessoragem	6,23 (0,0775)	0,0932 (0,0157)
T2	corte	5,77 (0,0940)	0,1781 (0,0355)
	dessoragem	5,38 (0,1036)	0,4262 (0,0031)

Dados de cinco repetições.

A massa da Mussarela semi-fundida apresentou no corte e dessoragem, pH mais baixo e acidez bem mais elevada que a massa da Mussarela tradicional. A diferença entre esses valores se deve ao fato de a acidez do leite ser maior no tratamento modificado, já que se trata de uma mistura de leite com acidez bem mais elevada que a acidez do leite fresco; devido a um maior tempo de ação das bactérias lácticas no leite, na fase inicial do processamento. Conseqüentemente este leite possui um maior número de microrganismos, fazendo com que haja uma maior produção de ácido lático, ocorrendo maior variação entre as fases de corte e dessoragem.

Dentro do mesmo tratamento, a acidez titulável variou muito mais que o pH. De acordo com FURTADO (1990), qualquer componente da massa que tenha capacidade tamponante, (caseínas, proteínas do soro, CO₂, citratos e fosfatos) contribui para sua acidez titulável.

A massa da Mussarela tradicional apresentou pH médio de 5,3, durante a filagem, valor este que está dentro dos valores esperados para queijos de massa filada, de acordo com KINDSTEDT (1997).

O pH da massa na dessoragem e o pH de filagem, da Mussarela semi-fundida, mantiveram praticamente os mesmos valores, indicando que não há necessidade de espera para filagem da massa logo após a dessoragem.

4.3. Rendimento do queijo Mussarela

O rendimento do queijo é influenciado principalmente pela composição do leite, composição do queijo e perdas no corte. Outros fatores como a pasteurização do leite, tipo de coalho e contagem de psicotróficos, também podem afetar o rendimento do queijo. Segundo FURTADO (1997), o processo de filagem também tem influência, já que a submissão da massa a um trabalho muito acentua o aumento das perdas de gordura.

Após um dia de fabricação, quando os queijos foram embalados, realizou-se a pesagem e o cálculo de rendimento. No referente trabalho, o rendimento do queijo Mussarela foi determinado pelo fator L/Kg e coeficiente GL. O Quadro 04 mostra os valores de rendimento dos queijos Mussarela.

O rendimento L/Kg é também chamado de rendimento econômico e é calculado dividindo-se a quantidade total de leite utilizada na fabricação do queijo pela quantidade de queijo obtida, em quilos, após a fabricação e embalagem. Através dele calcula-se o custo final da produção do queijo, tomando-se em consideração o preço pago por 1 litro

de leite e o volume necessário para produzir 1 kg de queijo. Quanto menor a quantidade de litros de leite utilizada para produzir 1 Kg de queijo, maior será o rendimento.

O coeficiente GL, segundo FURTADO (1999), refere-se ao aproveitamento final de sólidos no queijo em relação a cada litro de leite trabalhado (g ST/L), desconsiderando assim o teor de umidade do produto. Dessa forma, um queijo poderá apresentar maior rendimento L/Kg e menor coeficiente GL, quando esse rendimento for conferido pelo maior teor de umidade. O coeficiente GL é calculado pela seguinte fórmula: $GL = ST \times P \times 10 / V$, onde: ST = sólidos totais do queijo; P = produção de queijo (Kg); V = Volume de leite (litros).

Quadro 04 - Valores médios e desvio-padrão das análises de rendimento L/Kg e coeficiente GL dos queijos Mussarela.

Rendimento	T1	T2
L / kg	10,05 (0,1852)	10,27 (0,5517)
Coefficiente GL	53,45 (1,3138)	52,92 (1,8416)

Dados de cinco repetições.

Apesar do queijo Mussarela semi-fundida apresentar rendimento L/Kg um pouco acima da Mussarela tradicional, este se encontra dentro dos valores estabelecidos por FURTADO (1997), considerado normal, admitindo-se pequenas variações em função de diferenças regionais.

Se comparado ao queijo “Doble Crema” que possui rendimento de 10,5-11,0 L/Kg (JARAMILLO, 1999), a Mussarela semi-fundida obteve um melhor rendimento, devido a uma menor acidez da coalhada no momento do corte, fazendo com que a Mussarela semi-fundida tivesse menos perdas de sólidos nesta etapa da fabricação. Outros fatores como a qualidade do leite, o tipo de cultura utilizada e o tempo de fermentação do leite também podem influenciar o rendimento final do queijo Mussarela semi-fundida.

A filagem da Mussarela semi-fundida em tacho de vapor indireto, não causou variações bruscas em seu rendimento. A liberação de gordura no tacho durante a filagem apesar de não ter sido mensurada, foi visivelmente baixa, evitando grandes perdas se comparado à filagem em água quente que pode perder até 4% de extrato seco, principalmente gordura e proteína (Vitagliano, 1980, citado por VALLE et al., 1996).

Simultaneamente às perdas de componentes do extrato seco na água de filagem, com ênfase especial para gordura e proteína, ocorre incorporação desta água na massa, com maior ou menor retenção destes componentes no queijo, afetando conseqüentemente o rendimento de fabricação (VALLE et al., 1996).

4.4. Análises físico-químicas dos queijos Mussarela

As análises de umidade, gordura, gordura no extrato seco (GES), sal e proteína total (PT), foram realizadas em duplicata, uma única vez para cada repetição, pois tratam-se de características que supostamente não devem variar durante o período de estabilização. Para estas análises, não foram feitos estudos

Análises	T1	T2
Umidade (%)	46,28 (1,4243)	46,08 (1,5975)
Gordura (%)	25,55 (1,1511)	25,15 (1,1124)
GES (%)	47,56 (1,9694)	46,65 (1,8834)
Sal (%)	1,40 (0,2121)	1,83 (0,2335)
PT (%)	22,01(1,5432)	24,75 (1,4106)

estatísticos baseados em análise de variância, regressão e teste de média.

Quadro 05 – Valores médios e desvio-padrão das análises de umidade, gordura, gordura no extrato seco (GES), sal e proteína total (PT) dos queijos Mussarela.

Dados de cinco repetições.

4.4.1. Umidade

O teor de umidade da Mussarela semi-fundida, em média, é bastante similar àquele encontrado na Mussarela tradicional, indicando que mesmo com o aumento da temperatura, durante a fase de mexedura, a Mussarela semi-fundida não apresentou-se seca. Desta forma ela se encontra dentro da classificação de queijo Mussarela para pizza (KINDSTEDT, 1996) e dentro dos padrões encontrados no mercado brasileiro (FURTADO, 1997). Comparado ao “Doble Crema” (JARAMILO et al., 1999), a Mussarela semi-fundida, apresenta um conteúdo de umidade mais baixo, o que facilita o seu fatiamento.

Segundo VALLE et al. (1996), devido a condições não controladas da fermentação da coalhada, durante a filagem, pode haver perdas de sólidos totais, que diminui sensivelmente o rendimento e a qualidade do queijo.

O conteúdo de umidade do queijo não é, em grande parte, afetado pelo pH durante a dessoragem, mas é determinado principalmente pela quantidade de

sinérese ocorrida durante a fabricação. Quanto maior o tempo total de fabricação, maior a oportunidade de sinérese e menor o conteúdo de umidade no queijo final. Reciprocamente, quanto menor tempo total de fabricação, maior o conteúdo de umidade no queijo final. Então, a rápida taxa de produção de ácido num tempo curto de fabricação favorecerá uma alta umidade no queijo (KINDSTEDT 1997).

De acordo com FURTADO (1990), o aumento da acidificação durante a elaboração do queijo facilita a expulsão do soro dos grãos e o queijo tende a ter menor teor de umidade. Quanto mais ácida é a coalhada, menor o teor de cálcio coloidal e maior sua porosidade: assim a expulsão do soro é mais fácil e espontânea. O aumento da concentração dos íons H^+ neutraliza gradualmente as cargas negativas da caseína, diminuindo sua afinidade pela água.

4.4.2. Gordura

O teor de gordura da Mussarela semi-fundida também se encontra muito próximo da Mussarela tradicional, já que foram fabricados a partir de leite com o mesmo teor de gordura. Porém, estão um pouco acima daquele encontrado na Mussarela produzida no Brasil, de acordo com FURTADO (1997). Isto se deve ao fato de se usar leite com teor de gordura um pouco acima daquele recomendado para o “pizza cheese”, mas tentando buscar uma maior semelhança em relação ao queijo “Doble Crema”, que é feito com leite cru integral. Isto faz com que o queijo seja melhor manipulado na fase de filagem, durante a sua fabricação, pois um teor maior de gordura melhora o seu derretimento, embora um maior teor de gordura aumente a liberação de óleo livre (FURTADO, 1997).

4.4.3. Gordura no extrato seco (GES)

Houve uma pequena variação no teor de gordura no extrato seco entre os dois tratamentos. A Mussarela semi-fundida apresentou valor um pouco menor que a Mussarela tradicional, porém acima dos valores encontrados na Mussarela produzida no Brasil e dentro dos padrões americanos para Mussarela para pizza (FURTADO, 1997). Em relação ao queijo “Doble Crema”, a Mussarela semi-

fundida apresentou valor de gordura no extrato seco um pouco mais elevado, apesar de ser feita com leite tendo um teor de gordura mais baixo.

Durante a fase de mexedura, a massa da Mussarela semi-fundida se encontrava mais acidificada, portanto mais frágil, com maior possibilidade de perdas de gordura (VALLE et al., 1996).

Quanto maior o teor de gordura do queijo, maior o teor de gordura no extrato seco, aumentando o derretimento do queijo, e da mesma forma que a gordura, aumenta também a liberação de óleo livre (“oiling-off”). Segundo KINDSTED (1997), teores de gordura no extrato seco acima de 41% podem levar a um aumento excessivo na liberação de óleo.

4.4.4. Sal

Os teores de sal encontrados foram bastante diferentes para os queijos Mussarela, devido as diferentes metodologias adotadas em cada tratamento.

A Mussarela tradicional foi salgada utilizando-se salmoura a 20% de sal, numa temperatura de 10⁰ C por um período de 12 horas para queijos com pesos entre 2,5 e 3 kg, obtendo-se valores um pouco abaixo daqueles recomendados para o queijo Mussarela para pizza, segundo (FURTADO, 1997).

De acordo com FURTADO (1997), estudos feitos na Universidade de Cornell, viabilizam a salga da Mussarela sem o uso de salmouras. Um destes estudos sugere a fabricação normal da Mussarela seguida da fermentação da massa, em pequenos pedaços, até atingir pH de 5,50, quando então 2,2% (p/p) de sal são adicionados à massa, em 3 aplicações, com intervalos de 5 minutos, sempre a 38⁰ C. Quando a massa atinge o pH de 5,3, é filada normalmente. Os resultados foram considerados bons, permitindo-se a obtenção de uma Mussarela com composição físico-química e propriedades funcionais similares a de um queijo salgado em salmoura tradicional. A experiência prática mostra que a adição de sal à massa tende a firmá-la um pouco mais, exigindo assim, temperaturas de filagem ligeiramente mais altas, o que de fato ocorreu para a Mussarela semi-fundida.

A Mussarela semi-fundida, foi salgada diretamente na massa, logo após a dessoragem, com 2% de sal em relação ao peso da massa obtida. Após pesagem da massa, a quantidade de sal a ser adicionada, foi calculada e fez-se a mistura do sal, manualmente, até sua incorporação parcial na massa. Durante a fase de filagem do queijo e sua secagem em câmara fria, o sal se distribuiu mais uniformemente por toda parte do queijo, deixando-o apto ao consumo.

O teor de sal encontrado na Mussarela semi-fundida, apresentou-se um pouco acima daqueles estabelecidos em Mussarela para pizza, mas pré-estabelecidos para este trabalho. Entretanto, este teor elevado de sal, não descaracterizou o produto, deixando-o a um nível bastante apreciável sensorialmente, como será visto posteriormente na análise sensorial.

Segundo FURTADO (1990), uma importante função do sal no queijo é conferir-lhe gosto característico, ao mesmo tempo realça ou mascara o sabor de outras substâncias presentes. O sal exerce ainda outros papéis importantes, tais como complementação da dessoragem no queijo, favorecendo a liberação de água livre da massa; formação de casca do queijo; seleção da flora microbiana do queijo; regulação dos fenômenos físico-químicos e bioquímicos que caracterizam o processo de maturação.

Além de regular a rapidez da proteólise o sal pode agir como agente emulsificante. Durante a salga ocorre uma troca iônica entre o cálcio e o sódio, que possui maior poder emulsificante. Assim ocorre maior retenção de gordura durante o derretimento da Mussarela na pizza, reduzindo o “oiling-off” (FURTADO, 1997).

O teor de sal mais elevado na Mussarela semi-fundida pode explicar uma série de fenômenos ocorridos durante a sua estabilização, como baixa proteólise e menor derretimento.

4.4.5. Proteína total

Os teores de proteína total para os dois tratamentos estão dentro dos valores encontrados nos queijos Mussarela de baixa umidade e de baixa umidade parcialmente desnatada, encontrados nos Estados Unidos (KINDSTEDT, 1996).

A Mussarela semi-fundida apresentou um maior teor de proteína total que a Mussarela tradicional, indicando um melhor aproveitamento deste constituinte durante a fase de elaboração do queijo, o que melhorou a sua textura e estrutura favorecendo a sua fatiabilidade.

Segundo VALLE e LEITÃO (1995), o manuseio do leite e o da massa em condições ácidas mais próximas ao ponto isoeletrico da caseína tornam-se ainda mais difíceis, ocorrendo perdas de rendimento e floculação de proteínas.

4.5. Avaliação físico-química durante o período de estabilização

No Quadro 06 encontram-se as médias das variáveis das análises físico-químicas realizadas durante o período de estabilização.

Tempo	Análises							
	AL (%)		pH		NS pH 4,6		NS TCA 12%	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
5	0,5006a	0,4043b	5,31a	5,39a	6,99a	5,47b	2,61a	2,06a
15	0,4723a	0,3811b	5,31a	5,40a	8,70a	5,93b	3,78a	3,17a
25	0,4561a	0,3545b	5,34a	5,39a	10,26a	6,39b	4,11a	3,45a
35	0,4417a	0,3562b	5,37a	5,44a	10,96a	7,12b	4,94a	4,38a

Quadro 06 – Valores médios das análises de ácido láctico (AL), pH, nitrogênio solúvel em pH 4,6 (NS pH 4,6) e nitrogênio solúvel em TCA 12% (NS TCA 12%) dos queijos Mussarela e dos tempos de avaliação.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na linha, para cada variável, não difere entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.5.1. Ácido láctico (%)

De acordo com o Quadro 06, houve diferença ($P < 0,05$) entre as médias dos dois tratamentos durante todo período de estabilização, tendo a Mussarela

tradicional acidez um pouco maior que aquela encontrada na Mussarela semi-fundida.

A acidez média da Mussarela semi-fundida está muito abaixo dos valores encontrados para o queijo “Doble Crema” (JARAMILLO, 1999). Isto se deve, à mistura de leite utilizada na fabricação do queijo “Doble Crema”, estar com uma acidez mais elevada que a mistura de leite utilizada na

produto final com acidez mais alta.

As culturas utilizadas para os dois processamentos foram à base de *Lactococcus lactis* ssp *lactis* e *Lactococcus lactis* ssp *cremoris*, com poder acidificante mais lento que as bactérias termofílicas (FURTADO, 1997).

A figura 06 mostra que o tratamento tradicional, comparado ao tratamento modificado, diminui mais a sua acidez com o passar dos dias de estabilização devido à proteólise ocorrida durante este período.

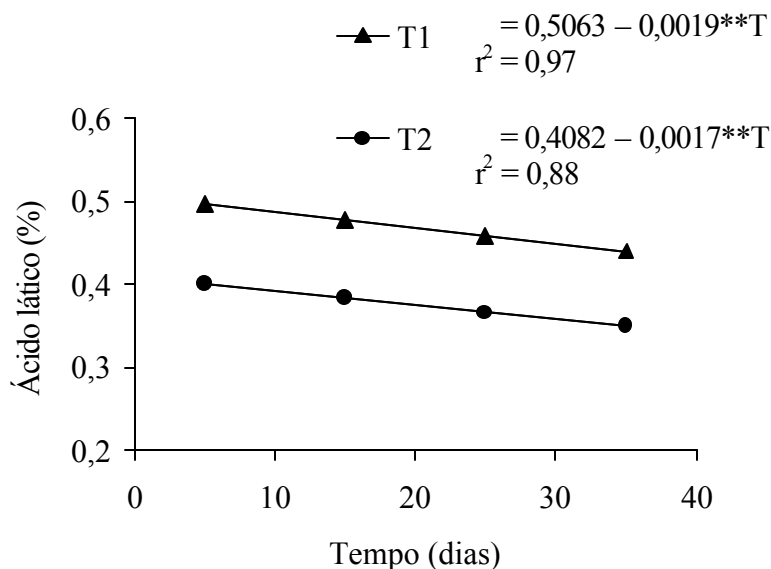


Figura 06 - Estimativa do ácido láctico (%) em função do tempo de estabilização (dias) para os respectivos tratamentos.

4.5.2. pH

Verifica-se no Quadro 06 que não houve diferença ($P > 0,05$) entre as médias dos tratamentos durante todo o período de estabilização. Porém, os valores de pH estão um pouco acima daqueles encontrados na Mussarela

comercializada no Brasil e nos Estados Unidos, que é de 5,2, mas encontram-se dentro dos valores considerados normais para filagem deste queijo, 4,9-5,4 (FURTADO, 1997).

De acordo com CORTEZ (1998), o pH final do produto está intimamente ligado ao pH no momento da filagem e, portanto, relacionado com o grau de acidificação durante o processo de fermentação, com tipo de cultura lática empregada e com a proteólise.

A figura 07 indica que a Mussarela semi-fundida e a Mussarela tradicional não sofreram modificações no pH durante toda etapa de estabilização, o que contraria os resultados encontrados por CORTEZ (1998) em trabalhos com queijo Mussarela. Talvez pela baixa proteólise desenvolvida durante a estabilização a atividade da cultura lática e das enzimas do coalho podem ter sido inibidas pela temperatura mais elevada (45⁰C) durante o processamento dos queijos, na fase de mexedura e durante o processo de filagem, onde a temperatura no tacho de vapor indireto chegou a atingir 63⁰ C.

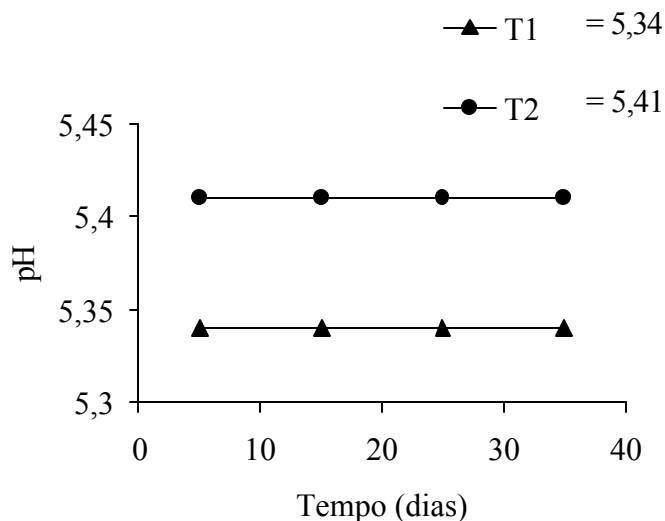


Figura 07 - Estimativa do pH em função do tempo de estabilização (dias) para os respectivos tratamentos.

Experimentos realizados por VALLE e LEITÃO (1995), com Mussarela feita a partir de fermentos termofílicos, encontraram no produto final acidez de 0,40% de ácido láctico quando o pH se encontrava a 5,4, semelhante à Mussarela

semi-fundida e acidez de 0,50% de ácido láctico quando o pH era de 5,3, valor semelhante à Mussarela tradicional.

Segundo Farkye e Fox (1990), citados por CORTEZ (1998), o pH do queijo Mussarela aumenta com o decorrer do tempo de estabilização e está relacionado com a proteólise que ocorre neste período, com a hidrólise das proteínas e com a formação de compostos nitrogenados alcalinos.

4.5.3. Nitrogênio solúvel a pH 4,6 (índice de maturação)

Através do Quadro 06, verifica-se que há diferença ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos em todo o período de estabilização. O menor índice de maturação apresentado pela Mussarela semi-fundida mostra que durante a estabilização, agentes proteolíticos como enzimas do coalho e de bactérias lácticas tiveram menor atuação.

O índice de maturação é também conhecido como extensão da proteólise e se caracteriza pela quantidade de substâncias nitrogenadas solúveis acumuladas durante o processo e expressas como porcentagens do nitrogênio total (WOLFSCHOON-POMBO, 1983): Índice de maturação = (Nitrogênio solúvel em pH 4,6 / Nitrogênio total) x 100.

De acordo com a figura 08, nota-se que o tratamento tradicional apresentou maior índice de maturação que o tratamento modificado, indicando que a atividade enzimática do coalho e das bactérias lácticas, apesar de baixa, aumentou gradativamente com o decorrer dos dias de estabilização dos queijos, chegando a um aumento de 57% para a Mussarela tradicional e de 30% para a Mussarela semi-fundida.

Durante a fabricação da Mussarela semi-fundida a temperatura de mexedura (45°C) e de filagem (63°C) foi um pouco acima daquela recomendada para fabricação da Mussarela tradicional (FURTADO, 1997), conseqüentemente houve uma maior inibição das enzimas do coalho e da cultura láctica empregada, que neste caso foram mesofílicas, gerando assim uma baixa proteólise. Embora a temperatura ótima para atividade da renina estar em torno de 45°C , o cozimento do queijo a esta temperatura resulta numa insignificante degradação da α_1 -

caseína durante a estocagem, quando comparada àquela de queijos fabricados a 32,4° C (TUNICK et al., 1993).

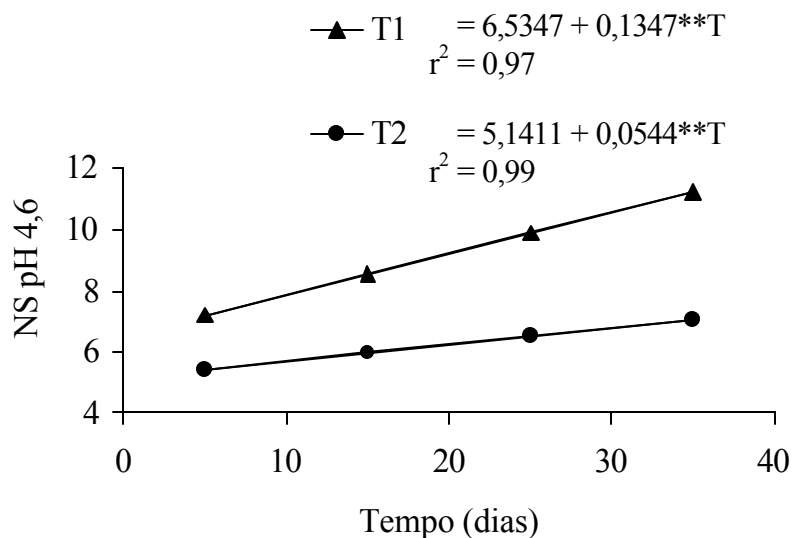


Figura 08 – Estimativa do índice de maturação em função do tempo de estabilização (dias) para os respectivos tratamentos.

KINDSTEDT e GUO (1997), citam que na maioria dos queijos coagulados pela renina, como o queijo Mussarela, a quebra inicial da caseína em grandes peptídeos, isto é, proteólise primária, ocorre primariamente por ação do coagulante e que a cultura starter pode também causar uma significativa, mas em comparação menor, contribuição para hidrólise inicial da caseína intacta, particularmente a β - caseína.

Experimentos realizados por TUNICK et al. (1993), com queijo Mussarela preparada a partir de leite homogeneizado, mostraram que quantidades significantes de proteólise de α_{s1} -caseína ocorreram durante a estocagem do queijo em baixas temperaturas. A degradação inicial da α_{s1} -caseína pela renina resulta na formação de α_{s1} -I-caseína, o maior peptídeo que permanece após a perda de resíduos 1 a 23.

4.5.4. Nitrogênio solúvel em TCA 12% (profundidade da proteólise)

Não houve diferença ($P > 0,05$) entre as médias dos dois tratamentos empregados durante todo período de estabilização.

As análises demonstraram um aumento de 89% na profundidade de proteólise para a Mussarela tradicional, em relação ao primeiro dia de análise, e 112% para a Mussarela semi-fundida, indicando maior capacidade peptidolítica na Mussarela semi-fundida em função dos agentes que se encontravam no queijo, como as enzimas produzidas pelas bactérias lácticas.

A profundidade da proteólise pode ser quantificada pelo teor de nitrogênio não protéico, solúvel em ácido tricloroacético (TCA) 12%, ou pela determinação direta dos aminoácidos produzidos e expressos como percentual da proteína solúvel total (WOLFSCHOON-POMBO, 1983): Profundidade de proteólise = (Nitrogênio solúvel em TCA 12% / Nitrogênio total) x 100.

A figura 09 demonstrou que com o passar dos dias de estabilização, os valores da profundidade de proteólise aumentaram gradativamente para os dois tratamentos, com um ligeiro aumento para o tratamento tradicional.

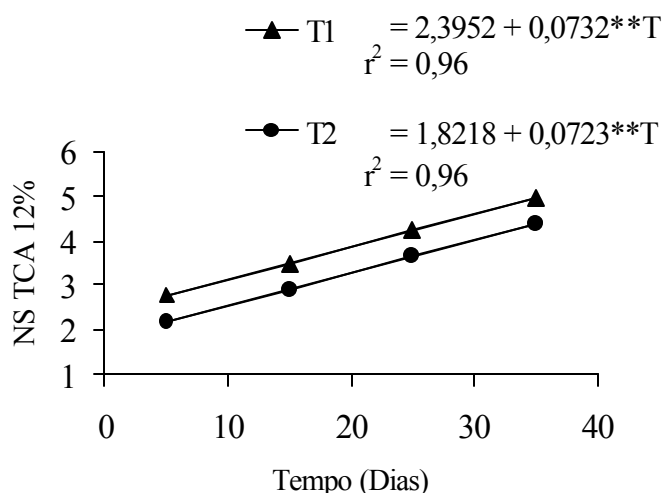


Figura 09 - Estimativa da profundidade de proteólise em função do tempo de estabilização (dias) para os respectivos tratamentos.

KINDSTEDT e GUO (1997), afirmam que a maior contribuição da cultura starter para a proteólise, ocorre na forma de proteólise secundária, isto é, subsequente hidrólise de peptídeos primários em peptídeos menores e

aminoácidos livres, o que contribui para o aumento da profundidade da proteólise.

Um trabalho realizado por OBERG et al. (1991), mostrou que culturas starters mesofílicas proteinases deficientes, usadas na produção de queijo Cheddar, queijo Cottage e caseína ácida, tiveram maiores vantagens que culturas proteinases positivas. Estas vantagens incluem melhores produções, diminuição do sabor amargo e aumento na resistência à bacteriófagos e antibióticos. Em outro trabalho realizado por Oberg (1986), observou-se que culturas starters mesofílicas proteinases deficientes favorecem alterações de corpo e textura do queijo Cheddar comparada com culturas proteinases positivas.

4.6. Estudo das propriedades funcionais

Os resultados das características funcionais estão representados no Quadro 07.

Tempo	Análises			
	OF		DD	
	T1	T2	T1	T2
5	4,90a	5,16a	21,86a	21,27a
15	4,68a	4,20a	25,10a	26,36a
25	5,16a	4,76a	34,67a	26,52a
35	5,36a	5,20a	36,55a	33,69a

Quadro 07 – Valores médios das análises de “oiling-off” (OF) e derretimento por diâmetro (DD) dos queijos Mussarela para os respectivos tempos de avaliação.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na linha, para cada variável, não difere entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.6.1. Separação de gordura (“Oiling-off”)

Pelo Quadro 07 observa-se que as médias dos dois tratamentos não se diferem ($P > 0,05$) quanto à separação de gordura para todos os tempos.

O queijo Mussarela tende a formar “oiling-off” após derretimento, mas quantidades excessivas de óleo livre dão ao queijo uma aparência indesejável. Este fenômeno ocorre principalmente quando a matriz da caseína sofre uma desestruturação durante o aquecimento, permitindo que os glóbulos de gordura escapem e subam para a superfície. Também a estocagem refrigerada da Mussarela aumenta a quantidade de óleo livre. Este efeito é possivelmente devido à proteólise, embora estudos mais detalhados não têm sido relatados (TUNICK, 1994).

De acordo com a figura 10, verifica-se que com o passar do período de estabilização a Mussarela tradicional apresentou um aumento gradativo no “oiling-off”, mas para a Mussarela semi-fundida houve uma ligeira diminuição no “oiling-off” nos primeiros dias de estabilização chegando a um mínimo de 4,18 % em 22,16 dias de estabilização. Isto pode ser explicado pelo maior teor de sal presente na Mussarela semi-fundida. Segundo Kindstedt et al. (1992), citado por CORTEZ (1998), o sódio do NaCl entra no lugar do cálcio da molécula de caseína, aumentando a capacidade de caseína de se interagir com os glóbulos de gordura e agir como emulsificante. Essa gordura mais emulsificada terá uma tendência menor de se separar, originando uma baixa ocorrência de “oiling-off”.

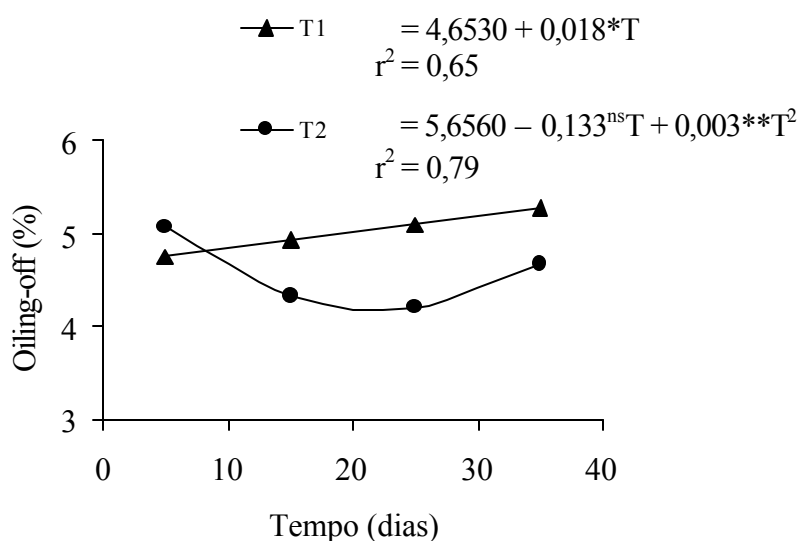


Figura 10 - Estimativa da separação de gordura (“oiling-off”) em função do tempo de estabilização (dias) para os respectivos tratamentos.

Segundo FURTADO (1996), o “oiling-off” será favorecido em queijos com teores de gordura mais elevados. O teor de gordura no extrato seco do queijo deveria ser próximo de 40 - 45%, o que permitiria menor separação de gordura. Como o teor de gordura do leite utilizado na fabricação dos queijos foi relativamente alto para a produção de Mussarela, o queijo também apresentou teor de gordura no extrato seco acima daqueles valores citados por FURTADO (1996), resultando num queijo com maior liberação de gordura.

Em experimentos com queijo Mussarela, CORTEZ (1998) encontrou valores mais baixos de “oiling-off” que os valores apresentados neste experimento, porém, utilizou leite com teor de gordura de 3,1% e suas análises se referiram até o 21^o dia de estabilização.

4.6.2. Derretimento por diâmetro (%)

Segundo KINDSTEDT (1991), as medidas dos atributos funcionais de derretimento da Mussarela são bastante complexas. Vários métodos foram pesquisados para se atingir uma medida mais precisa de derretimento, porém, tratam-se de métodos limitados com a avaliação baseada no subjetivo.

Verifica-se no Quadro 07 que não há diferença ($P > 0,05$) entre as médias dos dois tratamentos durante o período de estabilização. A Mussarela tradicional apresentou aumento de 67,20% entre o 5^o e 35^o dia de estabilização, enquanto a Mussarela semi-fundida apresentou um aumento de 58,34%, neste mesmo período. Estes valores estão acima daqueles encontrados por CORTEZ (1998), em queijo Mussarela com 21 dias de estabilização.

De acordo com FURTADO (1996), quanto maior o tempo de estabilização da Mussarela, melhor será seu derretimento, pois haverá maior proteólise. Porém, quanto mais alto o valor de pH, maior será o teor de cálcio da massa, que se apresentará mais firme e com menor tendência ao derretimento.

Verifica-se pela figura 11 que com o passar dos dias de estabilização, os valores de derretimento aumentaram gradativamente para os dois tratamentos, com um ligeiro aumento para o tratamento tradicional.

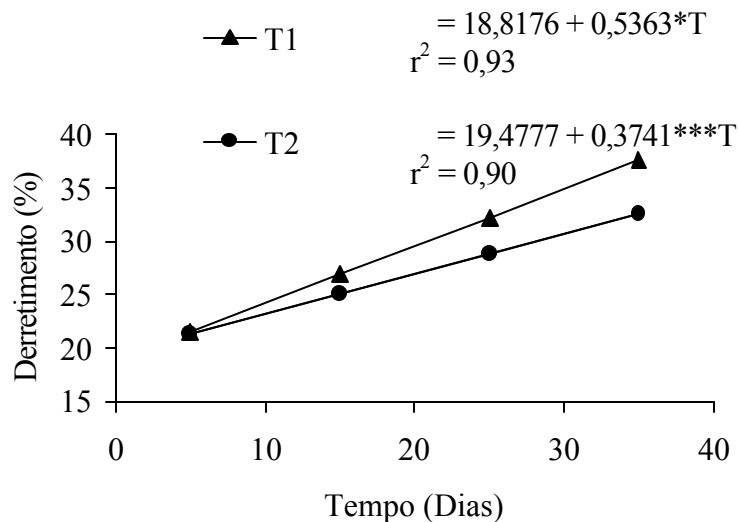


Figura 11 – Estimativa da % do derretimento em função do tempo de estabilização (dias) para os respectivos tratamentos.

4.6.3. Elasticidade

Segundo McManhon et al. (1993), citado por CORTEZ (1998), para verificar a funcionalidade do queijo Mussarela quanto à elasticidade, de forma prática e rápida, deve-se inserir a ponta de um garfo no queijo derretido na superfície de uma pizza assada, elevando-o pelo menos 7,5 cm da superfície da pizza. A fibra formada deverá ser firme e não romper, sem se soltar da superfície da pizza.

Os queijos dos dois tratamentos avaliados quanto a esta propriedade funcional, apresentaram elasticidade acima de 7,5 cm, o que é exigido pelas indústrias americanas. No entanto, houve diferença entre os dois tratamentos quando relacionados à forma em que o fio se estendia. A Mussarela semi-fundida apresentou fios com estiramento um pouco mais frágeis que a Mussarela tradicional, rompendo-se mais facilmente, apesar de ultrapassar os limites estabelecidos de 7,5 cm.

Segundo FURTADO (1996), quanto maior o teor de sal, menor será a proteólise e, portanto, maior será a elasticidade da massa. Assim, a Mussarela semi-fundida deveria obter melhores resultados de elasticidade que a Mussarela tradicional, pois possui teor de sal mais elevado. Porém, isto não aconteceu, mas

pode ter explicação no maior valor de pH encontrado nesse queijo, 5,4, que, segundo FURTADO (1996), queijos filados na extremidade mais alta da faixa normal de pH de filagem, apresentam maior teor de cálcio e menor elasticidade.

Assim, como todos os queijos apresentaram elasticidade acima dos padrões exigidos e o teste em questão é de baixa precisão, os dados referentes a esta análise não foram avaliados estatisticamente.

4.6.4. Fatiabilidade

As médias dos resultados de fatiabilidade para os dois tratamentos estão representadas no Quadro 08.

Quadro 08 – Valores médios e desvio-padrão das notas de fatiabilidade dos queijos Mussarela.

Análise	T1	T2
Fatiabilidade	3,96 (0,1516)	4,62 (0,0836)

Dados de cinco repetições.

A Mussarela semi-fundida apresentou melhores características de fatiabilidade quando comparada à Mussarela tradicional. Alguns fatores contribuíram para que isto acontecesse, tais como: maior teor de extrato seco total, principalmente proteínas, e maior teor de sal presentes no queijo, o que lhe garante melhores características de estrutura e textura, tendo um corpo mais firme.

4.6.5. Escurecimento não-enzimático (“Browning”)

O objetivo das avaliações colorimétricas foi detectar as possíveis diferenças de cor existentes entre as amostras dos queijos Mussarela e, se o período de estabilização também influenciou o escurecimento em cada um dos queijos, antes e após o aquecimento. As análises foram baseadas em dois índices

colorimétricos, a^* e L^* , que foram analisados separadamente em cada caso, com a ajuda do sólido de cor da escala Hunter Lab.

Assim, as avaliações foram feitas para as seguintes amostras:

- 1) Mussarela tradicional antes e após aquecimento;
- 2) Mussarela semi-fundida antes e após aquecimento;
- 3) Mussarela tradicional e semi-fundida antes do aquecimento;
- 4) Mussarela tradicional e semi-fundida após aquecimento.

Mukherjee e Hutkins (1994), citados por OLIVEIRA (1998), descrevem que o índice L^* é o melhor índice de cor para definir o escurecimento e que trabalhos anteriores indicaram que o índice b^* não é afetado significativamente pelo fenômeno do escurecimento. Portanto, o índice b^* foi apenas ilustrado neste trabalho, mas não foi discutido.

4.6.5.1. Estudo do escurecimento para a Mussarela tradicional antes e após o aquecimento

De acordo com o Quadro 09, para o índice a^* , houve diferença entre todas as médias das amostras durante os dias de estabilização. As amostras analisadas após o aquecimento apresentaram um valor a^* mais baixo que aquelas analisadas antes do aquecimento, indicando haver uma maior tendência ao verde, observado no sólido de cor da escala Hunter Lab. Esse comportamento difere daquele encontrado por CORTEZ (1998), que observou após o aquecimento, um aumento da intensidade de cor vermelha pelo aumento do índice a^* .

Quadro 09 – Valores médios das variáveis a*, b* e L* da Mussarela tradicional analisada antes e após o aquecimento para os respectivos tempos de avaliação.

Tempo	Análises					
	a*		b*		L*	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
5	- 1,61 a	- 2,44 b	14,72 a	18,09 a	61,92 a	59,38 a
15	- 2,05 a	- 2,84 b	16,66 a	19,56 a	63,06 a	62,03 a
25	- 2,20 a	- 2,87 b	17,44 a	19,36 a	57,87 a	56,89 a
35	- 2,41 a	- 2,89 b	18,10 a	20,54 a	58,97 a	57,23 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na linha, para cada variável, não difere entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com a figura 12, a amostra analisada antes do aquecimento apresentou maior tendência ao verde com o passar dos dias.

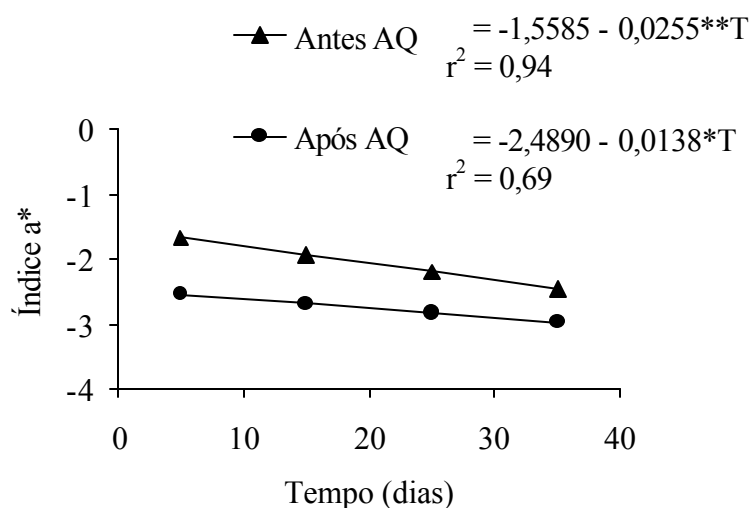


Figura 12 – Estimativa do índice a* em função do tempo de estabilização (dias) antes e após o aquecimento.

Apesar das amostras analisadas antes do aquecimento apresentarem maior tendência ao verde, como indica a figura 12, os seus valores são maiores que aqueles observados nas amostras após aquecimento, o que justifica a diferença encontrada entre as médias.

O índice L* avalia melhor o escurecimento não-enzimático, já que ele representa a variação da coloração escura ocorrida nas amostras dos queijos.

As médias das amostras da Mussarela tradicional, antes e após o aquecimento, para o índice L*, não apresentaram diferença ($P > 0,05$) para os respectivos tempos.

De acordo com a figura 13, a amostra sem aquecimento apresentou maior tendência ao escurecimento durante os dias de estabilização, já a amostra após aquecimento, apesar de se apresentar mais escura no início da estabilização, com o passar dos dias, o seu escurecimento foi um pouco menos acentuado.

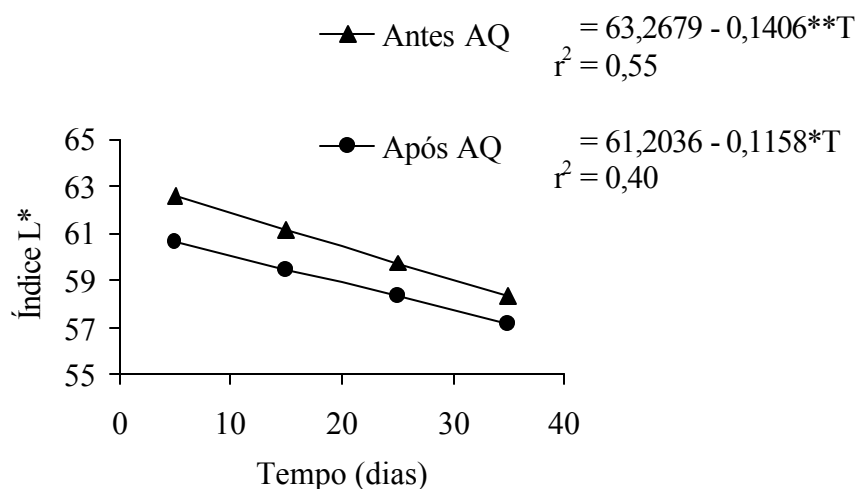


Figura 13 – Estimativa do índice L* em função do tempo de estabilização (dias) antes e após o aquecimento.

Esta diminuição no valor de L*, caracterizando o escurecimento, pode ser devido à maior proteólise desenvolvida na Mussarela tradicional durante o período de estabilização, gerando, assim, mais compostos que participam de reações de escurecimento, como os aminoácidos, por exemplo.

4.6.5.2. Estudo do escurecimento para a Mussarela semi-fundida antes e após aquecimento

No Quadro 10 encontram-se as médias dos índices a*, b* e L*, realizados para a Mussarela semi-fundida antes e após o aquecimento.

Quadro 10 – Valores médios das variáveis a*, b* e L* da Mussarela semi-fundida analisada antes e após o aquecimento para os respectivos tempos de avaliação.

Tempo	Análises					
	a*		b*		L*	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
5	- 2,38 a	- 3,23 b	16,56 a	20,28 a	58,67 a	55,64 a
15	- 2,89 a	- 3,35 a	19,38 a	21,11 a	59,44 a	59,40 a
25	- 2,81 a	- 3,43 b	18,95 a	20,36 a	59,09 a	57,83 a
35	- 3,02 a	- 3,52 a	21,00 a	22,06 a	60,20 a	57,72 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na linha, para cada variável, não difere entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para o índice a*, houve diferença ($P < 0,05$) entre as médias das duas amostras no 5^o dia e no 25^o dia de análise. As amostras analisadas após o aquecimento apresentaram um valor de a* mais baixo que aquelas analisadas antes do aquecimento, indicando haver uma maior tendência ao verde. Segundo CORTEZ (1998), amostras que se encontram na região do verde são menos escuras que aquelas encontradas na região do vermelho.

A Figura 14 demonstra que as amostras analisadas antes do aquecimento tendem ainda mais ao verde, durante o período de estabilização, enquanto que não há variação nas amostras analisadas após o aquecimento em função do tempo. Essa constante, encontrada nas amostras, após o aquecimento, pode ter explicação pelo fato da Mussarela semi-fundida ter sido filada em tacho de vapor indireto, gerando uma coloração na Mussarela semi-fundida que mesmo após o aquecimento, tornou-se invariável para este índice.

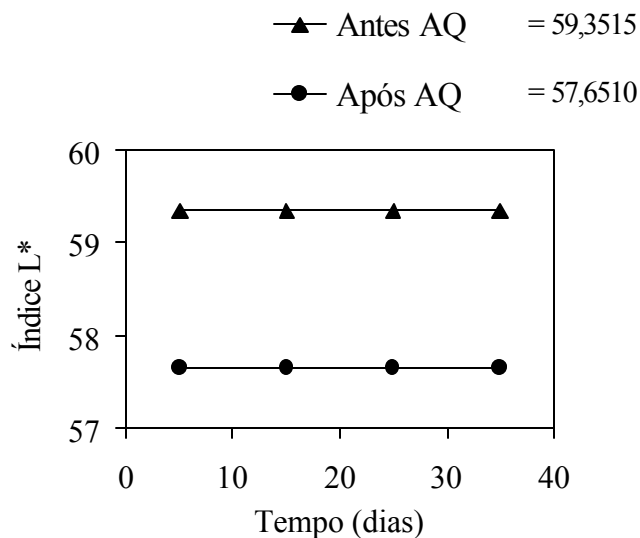


Figura 15 – Estimativa do índice L* em função do tempo de estabilização (dias) antes e após o aquecimento.

4.6.5.3. Estudo do escurecimento para a Mussarela semi-fundida e Mussarela tradicional antes do aquecimento

No Quadro 11 encontram-se as médias dos índices a*, b* e L*, das amostras das duas Mussarelas, analisadas antes do aquecimento.

Quadro 11 – Valores médios das variáveis a*, b* e L*, para o estudo da Mussarela semi-fundida e tradicional antes do aquecimento para os respectivos tempos de avaliação.

Tempo	Análises					
	a*		b*		L*	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
5	- 1,61 a	- 2,38 b	14,72 a	16,56 a	61,92 a	58,67 a
15	- 2,05 a	- 2,89 b	16,66 a	19,38 a	63,06 a	59,44 a
25	- 2,20 a	- 2,81 b	17,44 a	18,95 a	57,87 a	59,09 a
35	- 2,41 a	- 3,01 b	18,10 a	21,00 a	58,97 a	60,20 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na linha, para cada variável, não difere entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para o índice a*, o Quadro 11 indica haver diferença ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos, antes do aquecimento, em todo período de estabilização.

Pela Figura 16 verifica-se que a Mussarela tradicional apresenta maior tendência ao verde que a Mussarela semi-fundida, apesar desta última se encontrar com valores menores de índice a* no início da estabilização.

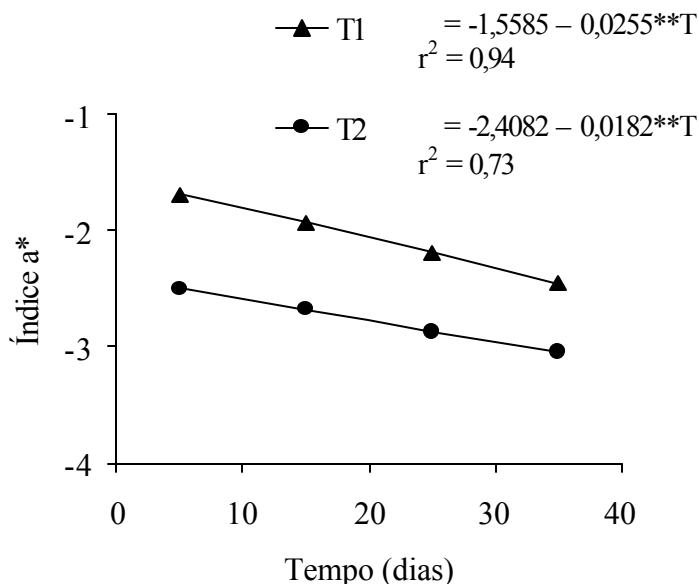


Figura 16 – Estimativa do índice a* em função do tempo de estabilização (dias) para os respectivos tratamentos antes do aquecimento.

As médias dos tratamentos, para o índice L*, não diferiram ($P > 0,05$) entre si. Este resultado indica que os dois tipos de queijos Mussarela apresentam a mesma coloração, a que se refere este índice, antes de serem levados ao aquecimento. Esta avaliação é a mais importante prova de que a filagem em tacho de vapor indireto não causou modificações significativas na coloração da Mussarela semi-fundida.

Analisando a Figura 17, para o índice L*, percebe-se que a Mussarela tradicional aumenta a coloração escura durante todo o período de estabilização, o que não ocorre com a Mussarela semi-fundida, que se mantém constante durante todo esse período. Como as amostras analisadas não foram aquecidas, o escurecimento ocorrido na Mussarela tradicional pode ser devido ao escurecimento enzimático oxidativo, que consiste na conversão de componentes fenólicos, por oxidação, em quinonas (amareladas) que posteriormente polimerizam-se para formar pigmentos (melaninas) amarronzados. As melaninas podem interagir com proteínas e formar complexos (FURTADO, 1999).

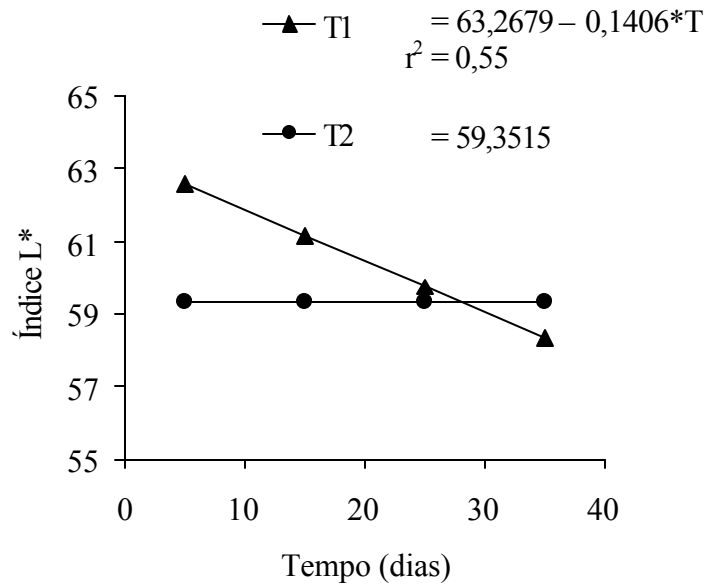


Figura 17 – Estimativa do índice a* em função do tempo de estabilização (dias) para os respectivos tratamentos antes do aquecimento.

4.6.5.4. Estudo do escurecimento para a Mussarela semi-fundida e Mussarela tradicional após o aquecimento

De acordo com o Quadro 12, para o índice a*, houve diferença ($P < 0,05$) entre as médias dos dois tratamentos durante todo período de estabilização.

Quadro 12 – Valores médios das variáveis a*, b* e L*, para o estudo da Mussarela semi-fundida e tradicional após o aquecimento para os respectivos tempos de avaliação.

Tempo	Análises					
	a*		b*		L*	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
5	- 2,44 a	- 3,23 b	18,09 a	20,28 a	59,38 a	55,64 a
15	- 2,84 a	- 3,35 b	19,56 a	21,11 a	62,03 a	59,40 a
25	- 2,87 a	- 3,43 b	19,36 a	20,36 a	56,89 a	57,83 a
35	- 2,89 a	- 3,52 b	20,54 a	22,06 a	57,23 a	57,73 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na linha, para cada variável, não difere entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A Figura 18 indica que não houve variação para os dois tratamentos, no índice a^* , durante os dias de estabilização.

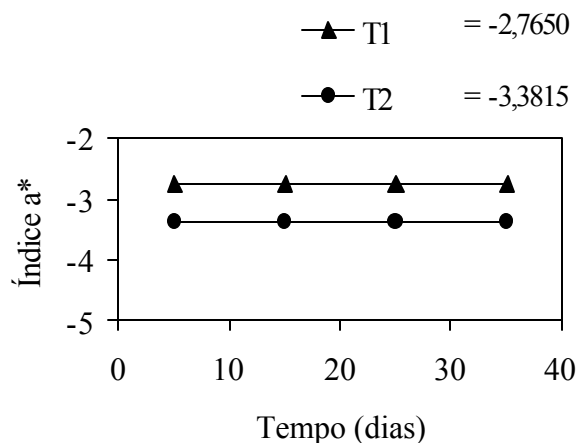


Figura 18 – Estimativa do índice a^* em função do tempo de estabilização (dias) para os respectivos tratamentos após o aquecimento.

Para o índice L^* , não houve diferença ($P > 0,05$) entre as médias dos tratamentos, demonstrando que mesmo após o aquecimento, não houve diferença de cor escura entre as duas Mussarelas.

De acordo com a Figura 19, o valor de L^* para a Mussarela semi-fundida permaneceu constante durante todo período de estabilização, enquanto que a Mussarela tradicional apresentou tendência a um maior escurecimento durante o período de estabilização.

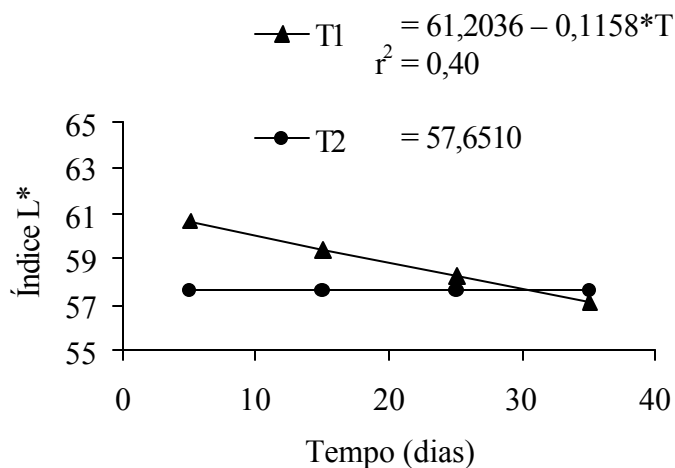


Figura 19 – Estimativa do índice L^* em função do tempo de estabilização (dias) para os respectivos tratamentos após o aquecimento.

Esse comportamento conferido à Mussarela tradicional, pode ser explicado pela proteólise secundária, causada pelas bactérias lácticas, desempenhando um papel crucial no desenvolvimento de escurecimento característico. Especificamente, mais peptídeos pequenos e aminoácidos servem como reagentes, juntos com açúcar redutor residual, para o escurecimento não-enzimático durante o aquecimento (KINDSTEDT e GUO, 1997).

CORTEZ (1998), em trabalhos realizados com queijos Mussarela encontrou diminuição no índice L* durante os dias de estabilização, ocorrendo aumento na intensidade do escurecimento com o decorrer do tempo.

4.7 – Estudo da análise sensorial

No Quadro 13 encontram-se as médias dos dois tratamentos em função dos dias de estabilização.

Quadro 13 – Valores médios para as notas obtidas durante a análise sensorial dos queijos mussarela para os tempos de avaliação.

Tratamento	Tempo			
	5	15	25	35
1	7,16 a	7,33 a	7,50 a	7,42 a
2	6,75 b	7,05 a	7,24 a	7,42 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna, para cada variável, não difere entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com os dados obtidos, tanto a Mussarela tradicional como a Mussarela semi-fundida obtiveram notas que se encontram na faixa de gostei moderadamente a gostei muito, indicando boa aceitação dos provadores.

Houve diferença ($P < 0,05$) entre as médias dos dois tratamentos somente no 5^o dia de estabilização, talvez devido à baixa proteólise desenvolvida na Mussarela semi-fundida nos primeiros dias de estabilização. É importante ressaltar que a aceitação da Mussarela semi-fundida aumentou gradativamente com o período de estabilização, o que é de suma importância para o nosso experimento, comprovando que a mesma pode ser bem assimilada pelos

consumidores. A Figura 20 mostra o resultado do teste de aceitação de acordo com as notas obtidas pelos dois tratamentos em função dos dias de estabilização.

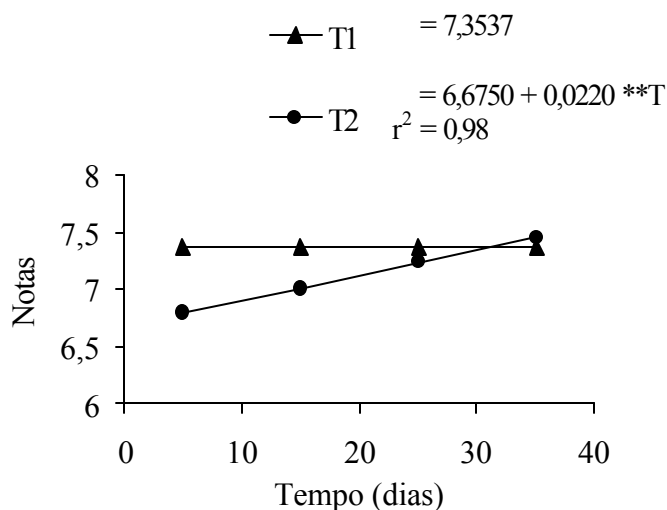


Figura 20 - Estimativa das notas do teste de aceitação dos queijos Mussarela em função do período de estabilização (dias).

4.8. Estudo da análise microbiológica (Coliformes totais)

A análise de Coliformes totais por plaqueamento, dos queijos Mussarela, foi realizada no 5^o e 35^o dias de estabilização.

A Mussarela tradicional apresentou presença de Coliformes totais na primeira e na quinta repetição, mas somente no 35^o dia de análise. Mesmo assim, de acordo com a nova legislação de produtos lácteos (1998), a Mussarela tradicional se encontrou dentro dos requisitos microbiológicos estabelecidos para o consumo, que está entre 1×10^3 a 5×10^3 UFC/g de Coliformes totais, em duas de cinco amostras analisadas.

A Mussarela semi-fundida apresentou ausência de coliformes totais em todas as cinco repetições, indicando melhor capacidade de conservação que a Mussarela tradicional, já que os queijos foram mantidos sob as mesmas condições de embalagem e temperatura durante todo período de estabilização.

É importante destacar que a temperatura de filagem para as duas Mussarelas foi diferente. Para a Mussarela tradicional, a temperatura da massa chegou a atingir 58^oC, utilizando-se água quente no processo de filagem e para a

Mussarela semi-fundida a temperatura da massa atingiu uma temperatura de 63^oC no tacho de filagem, o que pode ter contribuído para sua melhor conservação.

5. CONCLUSÕES

Os queijos foram avaliados em relação às características físico-químicas, funcionais, sensoriais e microbiológicas. Os resultados obtidos dessas avaliações indicaram que:

- na fabricação da Mussarela semi-fundida, houve uma redução de 80% no uso do fermento láctico e 20% no uso do coalho, diminuindo os custos de fabricação das indústrias de laticínios;

- após a padronização do leite para 0,2581% de ácido láctico, verificou-se que o processamento da Mussarela semi-fundida tornou-se mais rápido, com uma redução de 30% no tempo de processamento em relação à Mussarela feita a partir de fermento termofílico;

- os queijos apresentaram composição físico-química bastante similar, com exceção do teor de sal e proteína total que se apresentaram em maior quantidade na Mussarela semi-fundida. O teor de extrato seco total, principalmente devido às proteínas, possibilitou boa característica de fatiamento para a Mussarela semi-fundida. Os teores de gordura e gordura no extrato seco, apesar de estarem um pouco elevados, não causaram diferença ($P > 0,05$) no “oiling-off” entre os dois tratamentos;

- ocorreu uma pequena variação da acidez, nos dois tratamentos, durante os dias de estabilização, ao contrário do que ocorreu com o pH, que não variou em função do tempo, em nenhum dos dois tratamentos aplicados;

- o índice de maturação e a profundidade de proteólise aumentaram com os dias de estabilização, mas se apresentaram baixos para os dois tratamentos, principalmente para a Mussarela semi-fundida, o que é um bom indicio de um maior tempo de conservação;

- as propriedades funcionais não sofreram alterações significativas entre os dois tratamentos, com exceção da elasticidade que atingiu as determinações impostas pelo teste, porém, a Mussarela semi-fundida apresentou elasticidade mais frágil, com fios rompendo-se mais facilmente que a Mussarela tradicional e com tendência a encolher um pouco após o aquecimento. O escurecimento não-enzimático dos queijos Mussarela foi melhor representado pelo índice L^* , indicando não haver diferença ($P > 0,05$), entre os dois tratamentos e nem variação ao longo do período de estabilização para o tratamento alternativo;

- a análise sensorial indicou que os tratamentos apresentaram boa aceitação entre os provadores, na escala que compreende de gostei moderadamente a gostei muito, não havendo diferença ($P > 0,05$) entre os dois tratamentos a partir do 15^o dia de estabilização;

- a análise microbiológica demonstrou que a Mussarela semi-fundida tem boa capacidade de conservação;

- a técnica é simples e rápida, porém, não muito indicada para grandes indústrias devido ao espaço ocupado pelo leite durante a sua fermentação;

- a padronização da acidez do leite é ponto crítico de fabricação para se atingir a acidez desejada na massa antes da filagem;

- apesar de ser uma técnica rápida, hoje já existem no mercado, fermentos lácticos modificados capazes de fermentarem a massa da Mussarela em apenas uma hora, tornando ainda mais rápido o seu processamento.

6. BIBLIOGRAFIA

- ADDEO, F. La mozzarella – Um Queso Tradicional em Evolución. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA EM PRODUCCION DE QUESOS, 1996, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: Chr Hansen, 1996. p. 251 – 271.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE QUEIJOS – ABIQ. **Produção brasileira de produtos lácteos em estabelecimentos sob inspeção federal.** São Paulo, 1997.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Animal. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes, II. Métodos físicos e químicos.** Brasília, M. A., 1981.
- CHAVES, J. B. P., SPROESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas.** Viçosa - MG: Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 54 - 57. Apostila n^o 325.
- CORTEZ, M.A.S., **Uma alternativa tecnológica para evitar o escurecimento não-enzimático em queijo Mussarela.** Viçosa: UFV. 1998. 87 p. (Dissertação, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- DEL PRATO, S. Italian mozzarella. **Dairy Industries International**, Dartford, v. 58, n. 4, p. 26 – 29, 1993.
- EMALDI, G.C. **Sinótese do II seminário brasileiro de queijos italianos.** EPAMIG/ILCT. Juiz de Fora – MG. 1989.

- FURTADO, M. M. **Principais Problemas dos Queijos: Causas e Prevenção**. Fonte Comunicação e Editora, São Paulo, 1999.
- FURTADO, M.M. **Manual prático da Mussarela (Pizza Cheese)**. Campinas: Master Graf, 70 p. 1997.
- FURTADO, M.M., KARDEL, G., LOURENÇO NETO, J.P.M. DVS: Uma excelente opção para os novos conceitos de fabricação do queijo Mussarela. **Informativo Ha-la Biotec, Chr. Hansen**. Ano VI – nº 36, nov. 1996.
- FURTADO, M.M. A Practical approach to some cheese technology parameters and their effect on fermentation, cheese texture and flavor. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA EM PRODUCCION DE QUESOS, 1996, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: Chr Hansen, 1996. p. 165–211.
- FURTADO, M.M., LOURENÇO NETO, J.P.M. **Tecnologia de queijos – manual técnico para a produção industrial de queijos**. São Paulo: Dipemar, 118p.1994.
- FURTADO, M.M. **A arte e a ciência do queijo**. 2^o ed. São Paulo: Globo, 295p. 1990.
- JARAMILLO, M., MEJIA, L.G., SEPÚLVEDA, J.U. **Los quesos**. Universidad Nacional de Colombia – Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias – Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, 192p. 1999.
- JHA, Y.K. Mozzarella cheese technology – A review. **Journal of Dairying, Foods & Home Sciences**, Pantnagar – Índia. v. 15, n. 2. p. 71 – 80, 1996.
- KINDSTEDT, P.S. Eliminação da etapa de maturação do queijo tipo Mussarela. **Revista Engenharia de Alimentos**, São Paulo, ano 4, nº 21, p. 28 – 31, 1998.
- KINDSTEDT, P.S., FOX, P.F. Modified Gerber test for free oil in melted Mozzarella cheese. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 4, p. 1115-1116, 1991.
- KINDSTEDT, P.S., GUO, M.R. Recent developments in the science and technology of pizza cheese. **The Australian Journal of Dairy Technology**, Vermont, v. 52, p. 41 – 43, 1997.
- KINDSTEDT, P.S. In SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PIZZA CHEESE, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Instituto de Laticínios Cândido Tostes, 33p. 1997.
- KINDSTEDT, P.S. Funcional properties of mozzarella cheese on pizza: a review. **Cultured Dairy Products Journal**, Washington D. C., v. 26, n. 3, p. 27–31, 1991.

- KINDSTEDT, P.S. Mozzarella and pizza cheese. In: **Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology**. v. 2, second edition. Edited by P.F. Fox. Chapman & Hall 1996.
- KOSIKOWSKI, F. V. **Cheese and Fermented Milk Foods**. 2. ed., Ann Arbor: Edwards Brothers, 771p. 1977.
- LEITE BRASIL, 2000 (www.leitebrasil.org.br em 16/05/2000), 2000.
- MARSHALL, R.T. **For the Examination of Dairy Products**, A.P.H.A., Washington, D.C. 15 th ed., 1992.
- MICKETTS R., OLSON N.F. Manufacture of Mozzarella cheese by direct acidification with reduced amounts of rennet and pepsin. **Journal of Dairy Science**, Wisconsin, v. 57, nº 3, p. 273 – 279. 1974.
- MINUSSI, R.C., FURTADO, M.M. Avaliação da eficácia do processo de filagem na destruição de *Staphylococcus aureus* em queijo Mussarela. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. Juiz de Fora, v. 49, n. 289, p 17 – 21, 1994.
- MOURA, O.M. **Efeito de métodos de insensibilização e sangria sobre características de qualidade da carne de rã-touro e perfil das indústrias de abate**. Viçosa: UFV. 165 p. 1999. (Dissertação, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- OBERG, J.C., WANG, A., MOYES, L.V., BROWN, R.J., RICHARDSON, G. H. Effects of proteolytic activity of thermolact cultures on physical properties of Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 2, p. 389-397, 1991.
- OLIVEIRA, L.L. **O índice 5-Hidroximetilfurfural na avaliação do escurecimento não-enzimático em queijo Mussarela para pizza produzido com diferentes culturas lácticas**. Viçosa: UFV, 89p. 1998. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- PEREIRA, D.B.C., OLIVEIRA, L.L., VALIM, M.B.R., SILVA, P.H.F. **Curso sobre Crioscopia do Leite**. Juiz de Fora: EPAMIG/CEPE/ILCT, 37p. 1993.
- PINHEIRO, A.J.R., MOSQUIM, M.C.A.V. **Processamento de leite de consumo**, Viçosa: editora, 1991.
- RICHARDSON, G.H. **Standard Methods for the Examination of Dairy Products**. 15 ed. Washington: A. P. H. A., 1985.

- ROSA, C.C.B. **Avaliação dos efeitos de temperatura de filagem de agentes coagulantes sobre as características físico-químicas e funcionais do queijo Mussarela.** Viçosa: UFV. 63 p. 1998. (Dissertação, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- SABIKHI, L., KANAWJIA, S.K., SINGH, S. Research developments in Mozzarella cheese technology – a review. **Indian Journal of Dairy Science**, New Delhi, v. 45, n. 10, p. 497– 510, 1992.
- SEBRAE / MG. **Diagnóstico da indústria de laticínios do Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte, 270 p. 1997.
- SILVA, P. H. F. , PEREIRA, D. B. C. ,OLIVEIRA, L. L. , COSTA JÚNIOR, L.C.G., **Físico química do leite e derivados - Métodos analíticos**, Ed. Oficina de Impressão Gráfica e Editora Ltda, Juiz de Fora - M. G., 1997.
- STANLEY, G. Microbiology of fermented milk products. **The Technology of Dairy Products**, second edition. p. 50 – 80. Edited by Ralph Early, 1998.
- TERRA VIVA, 2001 (www.terraviva.com.br em 12/09/2001), 2001.
- TUNICK, M.H. Effect of homogenization and proteolysis on free oiling in Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 9, p. 2487– 2493, 1994.
- VALLE, J.L.E., LEITÃO, M.F.F., SOUZA G. Aspectos tecnológicos do queijo Mussarela. **Coletânea do instituto tecnológico de alimentos de Campinas**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 71 – 79, 1996.
- VALLE, J.L.E., LEITÃO, M.F.F. Desmineralização, pH e acidez durante a fermentação/acidificação do queijo Mussarela produzido pelas tecnologias tradicional e de acidificação direta. **Coletânea do Instituto Tecnológico de Alimentos de Campinas**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 59 – 66, 1995.
- VIOTTO, W.H., YUN, J.J., BARBANO, D.M., KINDSTEDT, P.S. Efeito da velocidade de filagem e tempo de residência na filadora sobre o rendimento, composição, proteólise e propriedades funcionais do queijo Mussarela. **Anais do XIV Congresso Nacional de Laticínios.** Juiz de Fora, Centro de Ensino e Pesquisa do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, p. 42 – 51, 1996.
- WOLFSCHOON-POMBO, A. F. Índices de proteólise em alguns queijos brasileiros. **Revista Boletim do Leite e seus Derivados**, Rio de Janeiro, v. 55, n.661, ano LV, p.1-8, 1983.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1A - Resumo da análise de variância para as variáveis ácido láctico (AL), pH, nitrogênio solúvel a pH 4,6 (NS pH 4,6) e nitrogênio solúvel em TCA 12% (NS TCA 12%) dos queijos Mussarela.

FV	GL	Quadrado médio			
		AL (%)	pH	NS pH 4,6	NS TCA 12%
Trat	1	0,0877**	0,0525 ^{ns}	90,0000**	3,4928 ^{ns}
Resíduo (a)	8	0,0076	0,0192	3,8512	2,4575
T	3	0,0058**	0,0074 ^{ns}	15,0351**	9,2186**
Trat x T	3	0,0001 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	3,0738**	0,0067 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,0007	0,0086	0,2880	0,1471
CV parcela (%)		20,71	2,57	25,39	43,98
CV subparcela (%)		6,28	1,73	6,94	10,76

** - F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 2A - Resumo da análise de variância para as propriedades funcionais de “oiling-off” (OF) e derretimento por diâmetro (DD).

FV	GL	Quadrado médio	
		OF	DD
Trat	1	0,3802 ^{ns}	66,7447 ^{ns}
Resíduo (a)	8	0,7090	137,2334
T	3	1,2449**	345,6814*
Trat x T	3	0,2762 ^{ns}	41,5207 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,1951	109,5911
CV parcela (%)		17,09	41,46
CV subparcela (%)		8,96	37,05

* - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

ns – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 3A - Resumo da análise de variância dos índices a*, b* e L*, para a Mussarela tradicional antes e após aquecimento.

FV	GL	Quadrado médio		
		a*	b*	L*
Trat	1	4,8511**	70,6762 ^{ns}	24,6333 ^{ns}
Resíduo (a)	8	0,1683	25,6821	32,1527
T	3	0,7419**	14,8057*	56,4418**
Trat x T	3	0,0610 ^{ns}	0,9740 ^{ns}	1,3406 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,0978	3,7141	5,6708
CV parcela (%)		16,97	28,06	9,50
CV subparcela (%)		12,94	10,67	4,00

* - F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 4A - Resumo da análise de variância dos índices a*, b* e L*, para a Mussarela semi-fundida antes e após aquecimento.

FV	GL	Quadrado médio		
		a*	b*	L*
Trat	1	3,7027**	39,1842 ^{ns}	28,9170 ^{ns}
Resíduo (a)	8	0,1865	26,9824	41,8625
T	3	0,3774 ^{ns}	16,6512 ^{ns}	9,5720 ^{ns}
Trat x T	3	0,0775 ^{ns}	3,5465 ^{ns}	4,4066 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,1382	6,6340	8,7761
CV parcela (%)		14,03	26,02	11,06
CV subparcela (%)		12,08	12,90	5,06

** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

ns – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 5A - Resumo da análise de variância dos índices a*, b* e L*, para a Mussarela tradicional e semi-fundida antes do aquecimento.

FV	GL	Quadrado médio		
		a*	b*	L*
Trat	1	4,9632**	50,2656 ^{ns}	12,1881 ^{ns}
Resíduo (a)	8	0,1065	18,5012	29,5329
T	3	0,9192**	26,4180**	13,6925 ^{ns}
Trat x T	3	0,0357 ^{ns}	1,1168 ^{ns}	18,1664 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,0727	4,3229	6,8624
CV parcela (%)		13,48	24,09	9,07
CV subparcela (%)		11,13	11,64	4,37

** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

ns – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 6A - Resumo da análise de variância dos índices a*, b* e L*, para a Mussarela tradicional e semi-fundida após o aquecimento.

FV	GL	Quadrado médio		
		a*	b*	L*
Trat	1	3,8007**	24,4297 ^{ns}	15,2521 ^{ns}
Resíduo (a)	8	0,2483	34,1633	44,4823
T	3	0,2661 ^{ns}	7,8551 ^{ns}	26,6667*
Trat x T	3	0,0367 ^{ns}	0,5875 ^{ns}	13,2356 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,1633	6,0251	7,5845
CV parcela (%)		17,64	28,97	11,44
CV subparcela (%)		14,31	12,16	4,72

** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

ns – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro 7A - Resumo da análise de variância do teste de aceitação para os queijos Mussarela.

FV	GL	Quadrado médio
		Teste de aceitação
Trat	1	0,2280 ^{ns}
Resíduo (a)	2	0,0328
T	3	0,1753 ^{ns}
Trat x T	3	0,0301 ^{ns}
Resíduo (b)	6	0,0577
CV parcela (%)		2,50
CV subparcela (%)		3,32

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE B

Quadro 1B – Resumo da análise de regressão para as variáveis ácido láctico (AL), pH, nitrogênio solúvel a pH 4,6 (NS pH 4,6) e nitrogênio solúvel em TCA 12% (NS TCA 12%), para a Mussarela tradicional.

FV	GL	Quadrado médio			
		AL (%)	pH	NS pH 4,6	NS TCA 12%
T	3	0,0031	0,0048	15,6053	4,6675
Linear	1	0,0093**	0,0134 ^{ns}	45,3871**	13,4102**
Quadrática	1	0,0002 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	1,3056*	0,1513 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,0007	0,0086	0,2880	0,1471

* - F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 2B – Resumo da análise de regressão das variáveis ácido láctico (% AL), pH, nitrogênio solúvel a pH 4,6 (NS pH 4,6) e nitrogênio solúvel em TCA 12% (NS TCA 12%), para a Mussarela semi-fundida.

FV	GL	Quadrado médio			
		% AL	pH	NS pH 4,6	NS TCA 12%
T	3	0,0027	0,0035	2,5036	4,5579
Linear	1	0,0073**	0,0065 ^{ns}	7,4038**	13,0899**
Quadrática	1	0,0007 ^{ns}	0,0018 ^{ns}	0,0911 ^{ns}	0,0423 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,0007	0,0086	0,2880	0,1471

** - F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 3B – Resumo da análise de regressão das variáveis derretimento por diâmetro (DD) e “oiling-off” (OF) para Mussarela tradicional.

FV	GL	Quadrado médio	
		DD	OF
T	3	256,8829	0,4418
Linear	1	719,0980*	0,8648*
Quadrática	1	2,2984 ^{ns}	0,2204 ^{ns}
Resíduo (b)	24	109,5911	0,1951

* - F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 4B – Resumo da análise de regressão das variáveis derretimento por diâmetro (DD) e “oiling-off” (OF) para Mussarela semi-fundida.

FV	GL	Quadrado médio	
		DD	OF
T	3	130,3192	1,0793
Linear	1	349,9518***	0,1156 ^{ns}
Quadrática	1	5,3768 ^{ns}	2,4500**
Resíduo (b)	24	109,5911	0,1951

** - F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

*** - F significativo ao nível de 10% de probabilidade.

ns - F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 5B - Resumo da análise de regressão para os índices a*, b* e L*, para a Mussarela tradicional antes do aquecimento, quando comparada com amostras após o aquecimento.

FV	GL	Quadrado médio		
		a*	b*	L*
T	3	0,5745	10,7407	29,7635
Linear	1	1,6256**	29,8880**	49,4349**
Quadrática	1	0,0708 ^{ns}	2,0544 ^{ns}	0,0018 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,0978	3,7141	5,6708

** - F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 6B - Resumo da análise de regressão para os índices a*, b* e L*, para a Mussarela tradicional após o aquecimento, quando comparada com amostras antes do aquecimento.

FV	GL	Quadrado médio		
		a*	b*	L*
T	3	0,2284	5,0390	28,0189
Linear	1	0,4761*	12,6878 ^{ns}	33,5704*
Quadrática	1	0,1767 ^{ns}	0,1065 ^{ns}	6,6355 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,0978	3,7141	5,6708

* - F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 7B - Resumo da análise de regressão para os índices a*, b* e L*, para a Mussarela semi-fundida antes do aquecimento, quando comparada com amostras após o aquecimento.

FV	GL	Quadrado médio		
		a*	b*	L*
T	3	0,3804	16,7941	2,0954
Linear	1	0,8317*	41,4864*	4,4732 ^{ns}
Quadrática	1	0,1125 ^{ns}	0,7334 ^{ns}	0,1361 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,1382	6,6340	8,7761

* - F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 8B - Resumo da análise de regressão para os índices a*, b* e L*, para a Mussarela semi-fundida após o aquecimento, quando comparada com amostras antes do aquecimento.

FV	GL	Quadrado médio		
		a*	b*	L*
T	3	0,0745	3,4036	15,9178
Linear	1	0,2218 ^{ns}	5,2532 ^{ns}	9,7344 ^{ns}
Quadrática	1	0,0014 ^{ns}	0,9417 ^{ns}	36,9376 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,1382	6,6340	8,7761

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 9B - Resumo da análise de regressão para os índices a*, b* e L*, para a Mussarela tradicional antes do aquecimento, quando comparada com a Mussarela semi-fundida antes do aquecimento.

FV	GL	Quadrado médio		
		a*	b*	L*
T	3	0,5745	10,7407	29,7635
Linear	1	1,6256**	29,8880*	49,4349*
Quadrática	1	0,0708 ^{ns}	2,0544 ^{ns}	0,0018 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,0727	4,3229	6,8624

* - F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 10B - Resumo da análise de regressão para os índices a*, b* e L*, para a Mussarela semi-fundida antes do aquecimento, quando comparada com a Mussarela tradicional antes do aquecimento.

FV	GL	Quadrado médio		
		a*	b*	L*
T	3	0,3804	16,7941	2,0954
Linear	1	0,8317**	41,4864**	4,4732 ^{ns}
Quadrática	1	0,1125 ^{ns}	0,7334 ^{ns}	0,1361 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,0727	4,3229	6,8624

** - F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 11B - Resumo da análise de regressão para os índices a*, b* e L*, para a Mussarela tradicional após o aquecimento, quando comparada com a Mussarela semi-fundida após o aquecimento.

FV	GL	Quadrado médio		
		a*	b*	L*
T	3	0,2284	5,0390	28,0189
Linear	1	0,4761 ^{ns}	12,6878 ^{ns}	33,5704*
Quadrática	1	0,1767 ^{ns}	0,1065 ^{ns}	6,6355 ^{ns}
Resíduo (b)	24	0,1633	6,0251	7,5845

* - F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 12B - Resumo da análise de regressão para os índices a*, b* e L*, para a Mussarela semi-fundida após o aquecimento, quando comparada com a Mussarela tradicional após o aquecimento.

FV	GL	Quadrado médio		
		a*	b*	L*
T	3	0,0745	3,4036	15,9178
Linear	1	0,2218 ^{ns}	5,2532 ^{ns}	9,7344 ^{ns}
Quadrática	1	0,0014 ^{ns}	0,9417 ^{ns}	36,9376*
Resíduo (b)	24	0,1633	6,0251	7,5845

* - F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 13B – Resumo da análise de regressão do teste de aceitação para a Mussarela tradicional e Mussarela semi-fundida.

FV	GL	Quadrado médio	
		T1	T2
T	3	0,0413	0,1640
Linear	1	0,0874 ^{ns}	0,4840 ^{**}
Quadrática	1	0,0300 ^{ns}	0,0072 ^{ns}
Resíduo	6	0,0577	0,0577

** - F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns – F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 14B – Resultados da análise de Coliformes totais, expressos em unidades formadoras de colônias por grama de queijo Mussarela (UFC / g).

Repetições	T1		T2	
	Dias		Dias	
	5	35	5	35
1	< 1 X 10 ¹	4,15X 10 ²	< 1 X 10 ¹	< 1 X 10 ¹
2	< 1 X 10 ¹	< 1 X 10 ¹	< 1 X 10 ¹	< 1 X 10 ¹
3	< 1 X 10 ¹	< 1 X 10 ¹	< 1 X 10 ¹	< 1 X 10 ¹
4	< 1 X 10 ¹	< 1 X 10 ¹	< 1 X 10 ¹	< 1 X 10 ¹
5	< 1 X 10 ¹	3,0 X 10 ³	< 1 X 10 ¹	< 1 X 10 ¹

Valores médios, das amostras em duplicatas, das análises de Coliformes totais dos queijos Mussarela.