

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *Stricto sensu*
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

LUCIELLEN BACH AUER

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA,
MICROBIOLÓGICA E SENSORIAL E DE PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE
QUEIJO MUSSARELA**

**PONTA GROSSA
2014**

LUCIELLEN BACH AUER

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA,
MICROBIOLÓGICA E SENSORIAL E DE PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE
QUEIJO MUSSARELA**

Dissertação de mestrado apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof^o. Dr^o Ivo Mottin Demiate
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Renata Dinnies Santos
Salem

**PONTA GROSSA
2014**

A917 Auer, Luciellen Bach
Avaliação das características de qualidade físico-química, microbiológica,
sensorial e de propriedades funcionais de queijo mussarela / Luciellen Bach
Auer. Ponta Grossa, 2014.
85 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Área de
Concentração: Ciências e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de
Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate.

Coorientadora: Profa. Dra. Renata Dinnies Santos Salem.

1. Maturação. 2. Propriedades funcionais. I. Demiate, Ivo Mottin. II. Salem,
Renata Dinnies Santos. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ciências e
Tecnologia de Alimentos. IV.T.

CDD: 637.3

TERMO DE APROVAÇÃO


Luciellen Bach Auer


AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE FÍSICO- QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E SENSORIAL E DE PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE QUEIJO MUSSARELA

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador


Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate - UEPG


Prof. Dr. Alessandro Nogueira - UEPG


Prof. Dr. Elenise Sauer - UTFPR


Prof. Dr. Deise Rosana Silva Simões - UEPG

Ponta Grossa, 24 de fevereiro de 2014.

Dedico aos meus pais, Amilton Bach Auer e Vera Lucia Auer com muito amor e carinho, pelo apoio nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus por me dotar de persistência e força de vontade para atingir este objetivo.

Ao Moises Martins de Aguiar pelo companheirismo, cumplicidade, paciência e apoio em todos os momentos.

À minha mãe Vera Lucia Auer e meu pai Amilton Bach Auer por tanto acreditar na minha capacidade, pelo apoio nos momentos de fragilidade e pelas orações.

Aos meus irmãos Heverton Roberto Bach Auer e Paulo Ricardo Bach Auer por toda paciência.

Ao meu sobrinho Enzo Bach Auer que mesmo tão pequeno foi tão importante para a realização deste objetivo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate pela confiança, paciência, compreensão com as minhas dificuldades e apoio nos momentos mais difíceis durante o desenvolvimento deste trabalho.

À Prof^a. Dra^a. Renata Dinnies Santos Salem pela contribuição na realização deste trabalho e por se mostrar sempre disposta a ajudar.

Ao Prof. Dr. Daniel Granato pelo auxílio com os dados de análises.

À querida amiga Francine Gomes Basso Los pela inigualável ajuda, paciência e a minha amiga Michele Cruz pelos conselhos e descontrações.

Ao Henrique Jaster e a todos que me ajudaram na fabricação dos queijos mussarela na Escola Tecnológica de Leite e Queijos dos Campos Gerais (ETLQqueijos).

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

As características de qualidade do queijo mussarela podem ser agrupadas em diferentes categorias, sendo elas, microbiológicas, físico-químicas, sensoriais e propriedades funcionais, as quais são de fundamental importância. As culturas lácticas iniciadoras, utilizadas no processo de fabricação, são responsáveis pela acidificação da massa do queijo, e, assim como o coalho, imprescindíveis ao processo de maturação, principalmente considerando-se o percentual de proteólise, que possui relação direta com as propriedades funcionais. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi obter queijo mussarela com características de qualidade desejáveis e avaliar estas ao longo do tempo de maturação, assim como avaliar amostras comerciais para fins de verificação da situação do produto disponível no mercado. Os queijos produzidos foram avaliados no decorrer da sua estocagem/maturação, nos períodos de 5, 10, 20, 30 e 40 dias após a fabricação. As análises incluíram os parâmetros físico-químicos, análise de atividade de água e cor, análise sensorial, análises microbiológicas e as propriedades funcionais: derretimento, liberação de óleo e análise instrumental de textura. Com este trabalho foi possível desenvolver o protocolo de fabricação para queijo mussarela em escala piloto, para aplicação em pratos quentes. Ao longo do período de maturação ocorreram alterações nos parâmetros analisados, aumento de extensão e profundidade de proteólise, assim como aumento na capacidade de derretimento e liberação de óleo. A textura foi alterada com o passar do tempo, diminuindo a dureza. O resultado da análise sensorial não revelou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os lotes fabricados e entre os períodos de maturação, evidenciando que os consumidores não detectaram alterações na qualidade do produto. As análises para as amostras comerciais de queijo mussarela apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) para todos os parâmetros analisados, sendo as maiores variações para extensão de proteólise e propriedades funcionais. O resultado da análise de componentes principais (ACP) mostrou que os queijos são agrupados em relação ao grau de maturação, ou seja, amostras com 05 e 10 dias de maturação formaram o *Cluster 1*, as amostras com 20, 30 e 40 dias de maturação formaram o *Cluster 2* e o terceiro grupo (*Cluster 3*) foi formado com as amostras comerciais. Os três grupos observados na ACP se mantêm quando aplicada a análise hierárquica de agrupamento (AHA), na qual as amostras são agrupadas por semelhança. Quanto à qualidade microbiológica, tanto as amostras fabricadas experimentalmente quanto as amostras comerciais, apresentaram resultados dentro do preconizado na legislação brasileira.

Palavras-chave: maturação, propriedades funcionais, qualidade, queijo.

ABSTRACT

The quality of the mozzarella cheese can be grouped into different categories, which include microbiological, physicochemical, sensory and functional properties that are of fundamental importance. The starter cultures used in the manufacture are responsible for acidification of the curd and together with the rennet, will be very significant in the process of maturation, especially when referring to percentage of proteolysis, which has direct relationship with the functional properties. Thus, the objective of this work was to obtain mozzarella cheese with desirable quality characteristics for applications in hot dishes, as well as the evaluation of commercial samples for checking the quality of the product available in the retail market. The cheeses made in this work were evaluated during storage/maturation periods of 5, 10, 20, 30 and 40 days after manufacture, in order to assess changes in quality. The evaluation was carried out considering selected physicochemical analysis, water activity and color; sensory analysis, microbiological analysis and the functional properties: meltability, "oiling-off" and texture. With this study, it was possible to develop the product protocol for mozzarella cheese production. During the maturation time, alterations occurred in the analyzed parameters, among them proteolysis extension and depth increase, as well as the increase in melting capacity and oil release. The texture was also changed during time, decreasing the toughness. The sensorial analysis results did not present significant difference ($p > 0.05$) among the produced lots and among maturation time, making it evident that consumers are not demanding regarding product quality. It is the same criteria of acceptance for samples with difference in physical-chemical parameters and functional properties. The analysis for samples of commercial mozzarella cheese presented significant difference ($p < 0.05$) for all the analysed parameters, and the largest variations were given to proteolysis extension and functional properties. The results for main components showed that cheese is clustered in relation to the maturation degree, that is, samples with 05 and 10 days from maturation form *Cluster 1*, and samples with 20, 30 and 40 days from maturation form *Cluster 2* and the third group (*Cluster 3*) was formed with commercial samples. The three observed groups in the principal component analysis were kept when the hierarchy cluster analysis (HCA) was applied, in which the samples are clustered by similarity. Regarding microbiological quality, both experimentally produced samples and also commercial samples presented results in accordance with those preconized in the Brazilian legislation.

Keywords: maturation, functional properties, quality, cheese.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Evolução da proteólise em queijos.....	27
Figura 2	- Extensão e profundidade de proteólise em queijos.....	38
Figura 3	- Diagrama de produção de queijo mussarela.....	35
Figura 4	- Modelo de ficha utilizada para avaliação sensorial de queijo mussarela...	40
Figura 5	- Análise de componentes principais aplicada às amostras de queijos mussarela.....	71
Figura 6	- Análise hierárquica de agrupamento aplicada às amostras de queijos mussarela.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Análises de umidade, gordura e gordura extrato seco (GES) dos queijos mussarela de acordo com o lote fabricado e os períodos de armazenamento....	44
Tabela 2	- Análises de cinzas, sal e atividade de água dos queijos mussarela de acordo com o lote fabricado e os períodos de armazenamento.....	47
Tabela 3	- Análise de proteína dos queijos mussarela de acordo com o lote fabricado e os períodos de armazenamento.....	48
Tabela 4	- Análises de pH e acidez titulável dos queijos mussarela de acordo com o lote fabricado e os períodos de armazenamento.....	49
Tabela 5	- Análises de índice de proteólise, extensão de proteólise e profundidade de proteólise dos queijos mussarela de acordo com o lote fabricado e os períodos de armazenamento.....	52
Tabela 6	- Análises de derretimento método 1 e método 2 e liberação de óleo dos queijos mussarela de acordo com o lote fabricado e os períodos de armazenamento.....	53
Tabela 7	- Análise de cor (L^* , a^* , b^* e WI) dos queijos mussarela de acordo com o lote fabricado e os períodos de armazenamento.....	57
Tabela 8	- Avaliações sensoriais de cor, sabor, textura e aceitação global dos queijos mussarela de acordo com os lotes fabricados e os períodos de armazenamento.....	59
Tabela 9	- Avaliações do perfil de textura dos queijos mussarela.....	61
Tabela 10	- Análises de umidade, A_w , gordura, gordura extrato seco (GES) e proteína das amostras comerciais dos queijos muçarela.....	62
Tabela 11	- Análises de cinzas, sal, atividade de água (A_w), pH e acidez das amostras comerciais dos queijos mussarela.....	64
Tabela 12	- Análises de proteólise, extensão de proteólise e profundidade de proteólise das amostras comerciais dos queijos mussarela.....	65
Tabela 13	- Análises de derretimento métodos 1 e 2 e liberação de óleo das amostras comerciais dos queijos mussarela.....	66
Tabela 14	- Análises de cor (L , a^* , b^* e WI) das amostras comerciais dos queijos mussarela.....	67
Tabela 15	- Avaliação do perfil de textura (TPA) das amostras comerciais dos queijos mussarela.....	68

Tabela 16	- Correlação de Spearman* aplicada para análises físico-químicas, colorimétricas e propriedades funcionais dos lotes fabricados (n=15) e amostras comerciais (n=6).....	69
Tabela 17	- Clusters 1, 2 e 3, em relação aos parâmetros analisados dos queijos fabricados e amostras comerciais.....	73
Tabela 18	- Avaliação microbiológica dos queijos mussarela comerciais.....	74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	REVISÃO DA LITERATURA	15
3.1	HITÓRIA DO QUEIJO.....	15
3.2	QUEIJO MUSSARELA.....	16
3.3	CULTURAS LÁTICAS EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE QUEIJO MUSSARELA.....	19
3.4	PROCESSO DE FILAGEM.....	22
3.5	MATURAÇÃO E PROTEÓLISE.....	24
3.6	PROPRIEDADES FUNCIONAIS.....	28
3.7	PROPRIEDADES DE TEXTURA.....	31
4	MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1	FABRICAÇÃO DE QUEIJO MUSSARELA.....	33
4.2	AVALIAÇÃO DE QUEIJO MUSSARELA COMERCIAL.....	35
4.3	ANÁLISES LABORATORIAIS.....	36
4.3.1	Avaliação físico química.....	36
4.3.2	Avaliação de proteólise.....	37
4.3.3	Avaliação de cor.....	37
4.3.4	Análises microbiológicas.....	38
4.3.5	Avaliação sensorial.....	38
4.4	ANÁLISES DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS.....	39
4.4.1	Derretimento.....	39
4.4.2	Liberação de óleo.....	40
4.5	ANÁLISES DE TEXTURA.....	41
4.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA E MULTIVARIADA.....	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1	AVALIAÇÃO DOS LOTES FABRICADOS.....	43
5.1.1	Avaliação físico química.....	43
5.1.2	Proteólise, capacidade de derretimento e liberação de óleo.....	49

5.1.3	Avaliação de cor.....	55
5.1.4	Análise sensorial.....	57
5.1.5	Análise de textura.....	59
5.2	AVALIAÇÃO DE AMOSTRAS COMERCIAIS.....	61
5.2.1	Avaliação físico química.....	61
5.2.2	Proteólise, capacidade de derretimento e liberação de óleo.....	63
5.2.3	Análise de cor.....	65
5.2.4	Análise de textura.....	66
5.3	ANÁLISE MULTIVARIADA.....	67
5.4	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	72
6	CONCLUSÃO.....	75
	REFERÊNCIAS.....	76

1 INTRODUÇÃO

O queijo mussarela é o mais produzido e consumido no Brasil. Anualmente ocorre cerca de 10% de aumento no consumo deste queijo, sendo resultado da mudança dos hábitos alimentares da população, provocada pela expansão de pizzarias, lanchonetes e aumento de venda de produtos congelados, onde este queijo é utilizado como ingrediente indispensável. Também resultado do aumento do poder aquisitivo da população a qual passou a ter maior poder de escolha e de compra, podendo inserir em seu cardápio produtos de maior qualidade.

A qualidade do queijo mussarela envolve características físico-químicas, microbiológicas, sensoriais e propriedades funcionais. Quando o queijo é utilizado como um dos ingredientes em pratos quentes (pizzas e sanduíches), as propriedades funcionais são primordiais, desta forma o derretimento da mussarela se torna o principal parâmetro de qualidade.

A mussarela fresca não apresenta boa capacidade de derretimento, mas com o a maturação ocorre a proteólise, pela ação do coagulante e fermento láctico utilizado, resultando na quebra gradual das proteínas até a formação de peptídeos e aminoácidos. Em decorrência da maturação ocorre o desenvolvimento de características funcionais desejáveis, com boa capacidade de derretimento e elasticidade, assim como desenvolvimento de sabor e alterações na textura.

Devido à falta de controle de qualidade e da falta de padronização, no mercado brasileiro é encontrada uma grande variedade de mussarela, que se diferem na composição, nas suas propriedades funcionais e de textura. Porém, esta realidade vem melhorando devido à exigência de padrões de qualidade pelas grandes redes de pizzarias e “*fast foods*”, as quais necessitam receber o produto estável e dentro das características desejadas.

As condições de processamento, tais como: cultura utilizada, temperatura de filagem, tempo de fermentação, tempo de salga, são responsáveis por garantir a padronização do queijo mussarela, pois a variação dos parâmetros influencia na composição final do produto e como consequência nas características de derretimento, elasticidade e de textura. Sabe-se da necessidade de aprimorar a tecnologia de fabricação do queijo mussarela, padronizando as etapas do processo industrial.

Uma melhor compreensão das mudanças que ocorrem durante a maturação pode melhorar a concepção de qualidade do produto quanto a sua aplicação e de suas propriedades funcionais. Assim, é verificada a importância de identificar e determinar as alterações que

ocorrem no passar do tempo de maturação, com intuito de definir o período ideal para utilização do queijo mussarela.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo definir parâmetros de fabricação para obtenção de queijo mussarela com características desejáveis para aplicação em pratos quentes, assim como avaliar as modificações nas características sensoriais, físico-químicas, microbiológicas e das propriedades funcionais.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Definir parâmetros de fabricação para obtenção de queijo mussarela com características de qualidade desejáveis para aplicação em pratos quentes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Elaborar protocolo de fabricação de queijo mussarela para aplicação em pratos quentes com definição dos parâmetros de processamento;

Avaliar as modificações nas características microbiológicas, físico-químicas, sensoriais e propriedades funcionais dos queijos fabricados, em função do período de armazenamento;

Analisar queijo mussarela comercial para verificação da situação do produto disponível no mercado.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 HISTÓRIA DO QUEIJO

A história do queijo remonta à civilização antiga (6000-7000 a.C.). Estudos arqueológicos revelaram que a descoberta deste alimento ocorreu por acaso (CHALITA et al., 2009), sendo considerada por alguns especialistas a Idade Média como o marco inicial da sua fabricação (PERRY, 2004). Queijo caracteriza-se como um produto lácteo produzido em grande variedade tanto de sabor quanto de forma em todo o mundo, sendo muito apreciado e valorizado. A versão comumente aceita é que o queijo surgiu no crescente fértil entre os rios Tigres e Eufrates, no Iraque, há 8.000 anos, durante a chamada revolução agrícola, ocorrida com a domesticação de plantas e animais (PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009).

A teoria mais provável do surgimento do queijo coincide com a domesticação de cabras e ovelhas, quando pastores observaram que, acidentalmente, o leite acidificava e separava-se em massa e soro, sendo que essa massa resultava em um alimento nutritivo e de fácil obtenção. Foi observado que a coalhada ácida gerada possuía alguma estabilidade ao armazenamento e que, quando desidratada e salgada, essa estabilidade aumentava. Outra teoria muito comentada baseia-se no fato de que, aproximadamente 5.000 anos a.C., a estocagem de leite era feita em bolsas produzidas a partir de peles ou estômagos de animais e, ao ser estocado em tais recipientes, o leite entraria em contato com enzimas coagulantes do tecido animal e se coagularia durante a estocagem, liberando o soro e formando a massa de queijo (FOX et al., 2000).

Na Europa, os gregos foram os primeiros a incluir o queijo em seus cardápios, entretanto, os romanos foram os responsáveis pela maior divulgação dos queijos pelo mundo, transformando-o de simples alimento a uma iguaria indispensável nas refeições dos nobres e em grandes banquetes imperiais. Os romanos apreciavam o queijo, do qual fabricavam inúmeras variedades (HISTÓRIA, 2012). A maioria das variedades de queijos surgiu de algum acidente relacionado a determinada circunstância local (composição do leite, microbiota endógena, espécie e raça do animal) ou devido a um único evento acontecido durante a tentativa de produção ou estocagem do queijo (crescimento de mofos ou outros microrganismos). Presumidamente, os acidentes que provocaram tais mudanças desejadas na qualidade do queijo foram incorporados ao protocolo de fabricação e vêm sofrendo adaptações evolutivas ao longo dos anos (FOX et al., 2000).

Com o advento das feiras e mercados nos séculos XIV e XV, algumas queijarias de regiões remotas ficaram mais visadas. No século XIX aconteceu o grande crescimento no consumo do queijo, com produção em massa, pois a sua produção que era artesanal passou para a ordem industrial (HISTÓRIA, 2012; PERRY, 2004), sendo a primeira grande queijaria aberta na França no início do século XX (PERRY, 2004).

3.2 QUEIJO MUSSARELA

O queijo mussarela é produzido e consumido em quase todo o mundo, incluindo o Brasil (DEL PRATO, 1993). Segundo dados publicados em 2010, o queijo passou de um consumo de 2,6 kg/habitante/ano em 2000 para 3,4 kg/habitante/ano em 2008, significando aumento de 30,8 % no período. Em 2009 foram produzidas 700 mil toneladas de queijo, sendo 28,4 % deste volume, queijo mussarela (FILHO; POMBO, 2010).

A mussarela tem origem italiana e é proveniente da região de Nápoles (MARTINS, 2001), onde sua produção original ocorria com leite bubalino, porém atualmente, é predominantemente produzida utilizando-se leite bovino. O queijo mussarela pertencente ao grupo de queijos de massa filada, podendo seu formato ser irregular, retangular, esférico ou ovóide, com peso variável, coloração branca ou levemente amarelada, sendo o tipo de queijo mais produzido no Brasil (VALLE et al., 1979; FURTADO, 1990; PILCHER; KINDSTEDT, 1990).

Furtado (1997), citado por Oliveira (1999) e Martins (2001), caracteriza a mussarela como sendo um queijo tipicamente de massa cozida, fermentada e filada, sendo obtida por coagulação enzimática. Pode ser consumido fresco, após passar por um período de estabilização, caracterizando melhores propriedades funcionais, mediante proteólise, e equilíbrio da concentração de sal entre a superfície e o centro do queijo. Além da acidificação por fermentação láctica, podem ser utilizados métodos químicos de acidificação, por meio de ácido láctico ou ácido cítrico (BERNARDI et al., 2000; DAVE et al., 2003). A mussarela pertence ao grupo dos queijos de massa filada, no qual se encontram o Provolone e o “*Caccio Cavallo*” (ALBENZIO et al., 2010). A etapa de filagem promove a ordenação das cadeias de proteína por ação mecânica e calor, resultando em uma estrutura alinhada e filamentosa, com camadas de soro livre e gordura emulsificada entrepostos (McMAHON; OBERG; McMANUS, 1993).

Segundo Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA) entende-se por queijo mussarela o queijo que se obtém por filagem de uma massa acidificada, produto

intermediário obtido por coagulação de leite por meio de coalho e/ou outras enzimas coagulantes apropriadas, completada ou não pela ação de bactérias lácticas específicas. Existem requisitos para esta denominação, onde características devem ser seguidas, sendo sua consistência semidura e semisuave, suave, textura fibrosa, elástica e fechada. Ainda descreve como características sensoriais a cor branca e amarelada. Quanto ao sabor, o mesmo deve ser láctico, pouco desenvolvido a ligeiramente picante, segundo o conteúdo de umidade, gordura e grau de maturação. O queijo mussarela também tem como característica não apresentar olhaduras e eventualmente poderá haver aberturas irregulares (BRASIL, 1997). Quando o queijo mussarela contiver especiarias, condimentos, substâncias alimentícias e/ou aromatizantes/saborizantes, apresentará as características sensoriais de acordo com as condições efetuadas (BRASIL, 1997).

A denominação regional do queijo mussarela pode apresentar-se com outros nomes, como, por exemplo, queijo “cabacinha”, “palito”, “nozinho”, “pizza”, entre outros, sendo um queijo maturado, consumido puro ou fazendo parte de inúmeros pratos quentes, sanduíches e pizzas (VALLE; LEITÃO, 1995).

As características físico-químicas, de acordo a legislação do MAPA, estão relacionadas à umidade, com valor máximo de 60,0 % e matéria gorda ou extrato seco com padrão mínimo 35,0 % (BRASIL, 1997). Caso o queijo não atenda a estas características, não pode ser classificado como queijo mussarela.

Os conceitos tecnológicos de fabricação de mussarela estão sendo alterados de acordo com as definições, visando principalmente à melhoria da qualidade do produto e, a exemplo de padrões estabelecidos pelo mercado americano, havendo dois tipos básicos de mussarela definidos: a mussarela para consumo direto e aquela para cobertura de pizzas (FURTADO; LOURENÇO NETO, 1994). Dois tipos de queijo mussarela são produzidos com base no seu teor de umidade, sendo um de baixa umidade (umidade de 45 a 52%), normalmente usado em cobertura de pizzas ou como um ingrediente de outros pratos, e outro, com alta umidade (52 a 60%), geralmente consumido fresco como queijo de mesa (BARUZZI, 2011). Para mussarela utilizada em pizzas o teor de gordura é 22 % e gordura no extrato seco de 42 a 45 %, valor considerado elevado, proteína 25 % e pH 5,2 (KINDSTEDT, 1993; FURTADO, 1997).

O rendimento médio varia entre 9,5 a 10,5 litros de leite para cada quilograma de queijo produzido. No Brasil, sua composição média varia entre os seguintes valores: umidade de 43 a 46 %, gordura de 22 a 24 %, pH de 5,1 a 5,3 e sal de 1,6 a 1,8 % (FURTADO; LOURENÇO NETO, 1994).

Para consumo direto, a mussarela possui teor de umidade mais elevado e menor teor de gordura no extrato seco, sendo subdividida nas classes regular, a qual é produzida a partir de leite com 3 % de gordura e sua composição média é 53,6 % de umidade, 18 % de gordura, 33,8 % de gordura no extrato seco e 21,1 % de proteína, com pH médio de 5,2, e a classe magra, que por sua vez é produzida a partir de leite com 2 % de gordura, e sua composição média é de 57,2 % de umidade, 13,5 % de gordura e 31,5 % de gordura no extrato seco, com teor de proteína de 25 % e pH médio 5,2 (FURTADO, 1997).

Mussarela, um queijo obtido por filagem completa da massa acidificada através da adição de bactérias lácticas. A coalhada é obtida após a coagulação do leite por coalho e/ou enzimas coagulante (KINDSTEDT, 2004). Queijo mussarela é um dos tipos mais comuns de queijos de massa filada, usado em diversos pratos quentes. O processo de filagem em água quente é bem conhecido, o qual passa a ser um produto de característica fibrosa com propriedades de estiramento (KINDSTEDT, 1993). A mussarela é utilizada principalmente no preparo de pizzas, devendo apresentar adequadas propriedades funcionais, uma vez que pesquisas realizadas em pizzarias indicam que entre as críticas mais frequentes feitas pelos consumidores estão as características de derretimento do queijo (PILCHER; KINDSTEDT, 1990).

O fabrico deste queijo de massa filada é caracterizado por um processo de texturização única onde a coalhada é continuamente amassada e esticada em água quente até que uma estrutura lisa fibrosa seja obtida. O queijo mussarela deve ter determinadas características para uso em pizzas e em outros alimentos. As características desejáveis são conhecidas como propriedades funcionais, onde por sua vez podemos citar a capacidade de estiramento (elasticidade), derretimento, liberação de óleo, escurecimento, entre outras (RIBERO; RUBIOLO; ZORRILLA, 2007).

No processamento industrial existem importantes etapas que definem a qualidade e a adequação aos diferentes tipos de usos. As características de fusão e textura são influenciadas por inúmeros fatores, dos quais um dos mais importantes é a composição da matéria-prima. Assim, as concentrações de cálcio presentes na coalhada, a umidade do queijo, o teor de cloreto de sódio (NaCl) e a caseína, influenciam no derretimento. Estudos mais recentes, tem se preocupado com a gordura e sua interação com a caseína (VALLE et al. 2004).

A maior utilização e consumo do queijo tipo mussarela é como ingrediente para a confecção de inúmeros pratos quentes, sanduíches, pizzas, entre outros, que exploram as suas propriedades para fatiamento e a sua facilidade de derretimento (VALLE; LEITÃO; SOUZA, 1996; VALLE; SOUZA, 2000).

3.3 CULTURAS LÁTICAS EMPREGADAS NA FABRICAÇÃO DE QUEIJO MUSSARELA

O leite utilizado na fabricação de queijos frescos deve ser pasteurizado, por sua vez, para os queijos maturados, pode-se utilizar o leite cru desde que sejam respeitados os prazos de maturação e seguidas as boas práticas de fabricação, com a exigência de só utilizar leite de alta qualidade, e de rigorosa higiene no local de produção (PERRY, 2004).

A pasteurização é um processo térmico que tem como objetivo principal a destruição de bactérias patogênicas, assim como a eliminação de parte dos microrganismos não patogênicos e a inativação de certas enzimas que prejudicam a qualidade do produto final. A microbiota do leite pasteurizado depende da carga microbiana do leite cru, da eficiência da pasteurização, da extensão da recontaminação após o processamento térmico e da temperatura de estocagem (EGITO; PINHEIRO; FIGUEIREDO, 1989). O aquecimento também pode provocar mudanças nas propriedades físico-químicas do leite, dependendo da intensidade da pasteurização, estas alterações, entretanto, normalmente são insignificantes quando a temperatura não ultrapassa 60 °C (WALSTRA; JENNESS, 1984). No que diz respeito ao tratamento por ultra alta temperatura, esta atua desfavoravelmente sobre as propriedades físico-químicas responsáveis pela manutenção do equilíbrio físico do leite (PRATA, 1998).

Para preparação de bons queijos, a boa qualidade microbiológica do leite é fundamental. Ela pressupõe boas práticas de higiene na ordenha e no manuseio do leite, higienização eficiente dos equipamentos e utensílios utilizados e o resfriamento do leite a temperaturas entre 0-4 °C, no máximo duas horas após a ordenha. Essas práticas possibilitam que o leite mantenha a qualidade microbiológica por até 72 h (PERRY, 2004). A legislação brasileira estabelece que o leite utilizado na fabricação de queijos deve ser submetido à pasteurização ou a tratamento térmico equivalente (BRASIL, 1996). A pasteurização, por sua vez, além da destruição de microrganismos indesejáveis, também promove a destruição da microbiota láctica natural do leite, a qual é responsável pelo desenvolvimento das características sensoriais dos queijos (GRAPPIN; BEUVIER, 1997).

Existem pequenos produtores de queijo mussarela que utilizam leite cru como matéria-prima (FURTADO, 1997), porém este procedimento não é recomendado, uma vez que é provada a resistência de micro-organismos patogênicos ao homem à temperatura de filagem do queijo (VELOSO, 1984). Além disso, com a utilização de leite cru, não se pode conseguir um produto padronizado, devido às variações na curva de fermentação e na composição do produto final, atribuídas a uma flora de micro-organismos desconhecidos (OLIVEIRA, 1999).

Ao utilizar leite pasteurizado para fabricação de queijo, se faz necessária adição de fermento láctico comercial. Como consequência indesejável, tem-se perda da qualidade e de características típicas de vários tipos de queijo, incluindo o mussarela, quando se compara com queijos fabricados com leite cru (MACEDO; TAVARES; MALCATA, 2004).

Com intuito de minimizar tais problemas, vem aumentando a busca por cepas selecionadas, as quais sejam parte da microbiota presente no leite cru e/ou nos queijos artesanais, de modo a obter culturas iniciadoras e adjuntas especificamente preparadas para adição ao leite pasteurizado para a produção de queijos (MARINO; MAIFRENI; RONDONINI, 2003; MACEDO; TAVARES; MALCATA, 2004; MENÉNDEZ et al., 2004). Culturas iniciadoras são principalmente espécies de bactérias lácticas, adicionadas ao leite, onde a sua principal função é iniciar a produção de ácido láctico para o processo de fabricação de queijo (BROOME, 2007). Esta produção de ácido proporciona a queda do pH da massa para valores próximos de 5,0 em um espaço de tempo entre 5 e 20 horas (FURTADO, 1997). É bem conhecido que estas culturas desempenham outras funções importantes: a inibição de microrganismos deteriorantes e patogênicos, melhoria da qualidade do queijo, contribuições diretas e indiretas para sabor e aroma (LIMSOWTIN; POWEL; PARENTE; 1995).

As culturas lácticas naturais, obtidas do soro ou do leite, representam opções tecnológicas e são produzidas e propagadas para as fábricas de queijo. Em geral, a composição é complexa, variável e pode ter desempenho imprevisível. Em alguns casos, as culturas iniciadoras naturais têm sido substituídas por culturas comerciais ou por acidificação direta com ácido láctico ou ácido cítrico (COPPOLA et al., 2001). Estudo sobre a diversidade microbiana das culturas, obtidas de soro de leite, utilizadas nas fábricas de queijo mussarela, pode ser útil para estabelecer os efeitos das diferenças específicas na flora microbiana e atividades bioquímicas, e, em geral, para encontrar as características mais adequadas para reduzir a variabilidade entre os queijos (CANDIA et al., 2007).

A escolha entre a acidificação biológica e química e entre culturas naturais e comerciais pode ter repercussão importante sob vários aspectos. Os efeitos definidos pelas culturas iniciadoras foram estudados quanto às características físicas e reológicas (DAVE; SHARMA; McMAHON, 2003), proteólise e propriedades funcionais do queijo mussarela (YUN; KIELY; KINDSTEDT, 1995). Estudos de Oberg et al. (1991a; 1991b) demonstraram que a proteólise no queijo mussarela está associada tanto à ação das culturas iniciadoras quanto do coalho. Diferentes culturas possuem atividade proteolítica distinta, que pode influenciar a funcionalidade do queijo mussarela.

As bactérias lácticas termofílicas utilizadas para fabricação queijo mussarela, são particularmente importantes na determinação das propriedades funcionais (BROOME, 2007). Vários estudos têm caracterizado a biodiversidade microbiana e sua ocorrência em soro de leite, para obtenção de culturas lácticas. Análises fisiológicas e tecnológicas foram realizadas para selecionar as culturas para eventualmente serem incluídas na formulação de partida para a fabricação do queijo (MOREA; BARUZZI; COCCONCELLI, 1999).

Bactérias lácticas são microrganismos que geralmente crescem sob condições microaerófilas ou estritamente anaeróbicas, gram-positivos, catalase negativos, não formadores de esporos. Os mais importantes gêneros são *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Weissella*, *Carnobacterium*, *Tetragenococcus* e *Bifidobacterium* (KLEIN et al., 1998). Os gêneros de bactérias lácticas mais comumente encontrados em queijos são: *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* e *Enterococcus* (BERESFORD et al., 2001; FOX et al., 2000).

Estas bactérias podem ser agrupadas em homofermentativas ou heterofermentativas, dependendo do produto ou produtos finais da fermentação. As homofermentativas produzem ácido láctico como o principal produto da fermentação da lactose, enquanto as heterofermentativas produzem, além de ácido láctico, substâncias como dióxido de carbono, ácido acético, etanol, aldeído e diacetil (CARR; CHILL; MAIDA, 2002). As bactérias lácticas podem, ainda, ser classificadas de acordo com a temperatura de crescimento, em mesofílicas e termofílicas. As mesofílicas crescem a uma temperatura ótima por volta de 30 °C e as termofílicas crescem a uma temperatura ótima de 42 °C (FOX et al., 2000).

Uma cultura láctica pode ser constituída de uma ou mais espécies de microrganismos que modificam o meio onde estão produzindo compostos que irão conferir a este meio as características desejadas. Desta forma, a utilização industrial das culturas lácticas tem papel fundamental na garantia da qualidade do produto final (LAW; HANSEN, 1997). A escolha da cultura ideal para o produto que se deseja obter é realizada de acordo com as características esperadas no produto final (propriedades funcionais) e com a tecnologia empregada na fabricação do queijo (temperatura da massa, tempo de descanso da massa). Para a fabricação de queijo mussarela são utilizadas culturas mesofílicas ou termofílicas, sendo a última mais empregada nos processos devido à economia de tempo, pela velocidade de ação/acidificação destas culturas (FURTADO, 1997; PERRY, 2004).

A proporção de cultura utilizada na fabricação do queijo depende das suas características. Para culturas mesofílicas são empregados inóculos de 1,5 %, sendo a produção de ácido láctico lenta e demora no processo. Entre estas culturas podem ser citados o

Lactobacillus lactis ssp. *lactis* e *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* (FURTADO, 1997). Para cultura termofílica a proporção de inóculo é de 0,5%. Esta concentração mais baixa se deve ao fato do processo de produção de ácido láctico ser intenso, com alta capacidade de redução de pH da massa. As culturas contendo *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* e *Lactobacillus helveticus* podem ser utilizadas associadas entre si ou isoladas (FURTADO, 1997; PERRY, 2004).

3.4 PROCESSO DE FILAGEM

Alguns tipos de queijos, no Brasil principalmente a mussarela, são fabricados buscando-se elevada qualidade em termos de propriedades funcionais ou tecnológicas ao invés de sabor, uma vez que são comumente utilizados como ingredientes em pratos ou lanches. Queijo mussarela de baixa umidade é fabricado e utilizado como ingrediente, popularmente conhecido como queijo para pizza. A massa obtida, após descanso, é esticada/filada em água quente (tipicamente entre 55 e 80 °C). A filagem da massa, etapa do processo de fabricação, confere o estiramento e as características de fusão desejáveis no queijo mussarela (ROWNEY et al., 2004). O aquecimento e alongamento feito na massa de mussarela estendem as fibras de caseína na direção de alongamento, com canais de água localizados entre as fibras (McMAHON; OBERG; McMANUS, 1993).

A filagem ocorre quando a massa acidificada atinge o ponto, onde colocada em água na temperatura de 80 °C a 90°C torna-se elástica, ou seja, ao ser esticada, não se rompe, mas sim tem o comportamento de um fio (CANSIAN, 2005).

A característica que permite que a mussarela seja esticada ou filada é dada pela remoção de cálcio da massa durante a fermentação e essa capacidade elástica da massa pode ser caracterizada como um fenômeno químico (CORTEZ, 1998). A massa para fabricação do queijo mussarela, recém-obtida, logo após a dessoragem não apresenta condições de filagem, pois se encontra sob a forma de paracaseinato bicálcico e, o pH é alto demais. O ácido produzido pelas bactérias lácticas se dissocia e reage com paracaseinato bicálcico formando lactato de cálcio (solúvel) e paracaseinato monocálcico, e a massa adquire condições de filagem pelo aquecimento. A continuação da queda do pH, no entanto, compromete as características de filagem (ROSA, 1998).

Em condições normais, a filagem ocorre em uma faixa de pH entre 4,8 e 5,5, sendo dependente dos teores iniciais de cálcio e de caseína do leite. Neste ponto, se a massa for aquecida em água, apresenta excelente plasticidade e é capaz de esticar-se e fundir-se

novamente com outras partes da massa quente. Se a massa não for submetida à filagem, a acidificação prossegue e a desmineralização atinge um ponto excessivo, no qual a massa perde a capacidade de filagem (FURTADO, 1997).

A filagem da massa de queijo em água quente caracteriza a modificação da estrutura amorfa para estrutura de fibras paralelas, interpermeadas com estruturas semelhantes a colunas abertas, ocupadas por soro e glóbulos de gordura (OBERG et al., 1993), o que confere ao queijo mussarela suas propriedades típicas de textura e capacidade de derretimento. A qualidade do queijo mussarela para pizza é determinado pelas características de derretimento, textura, formação de óleo livre, bem como escurecimento e formação de bolhas (VIOTTO et al., 1996).

Pelo termo “massa filada”, entende-se que os queijos cuja massa fermentada é submetida a um tratamento térmico que lhe confere uma plasticidade singular. Ao final desta etapa o queijo passa a ter estrutura fibrosa, com fibras orientadas na mesma direção do processo de filagem. Estas fibras podem ser alongadas consideravelmente sem se romper. Esta elasticidade está relacionada a dois fatores: presença da caseína intacta e concentração de cálcio (FURTADO, 1997).

Tradicionalmente a massa de mussarela passa pelo processo de filagem em água quente, manualmente. Atualmente a indústria tem substituído esse processo manual em batelada, pelo uso de filadoras mecânicas contínuas acopladas a um sistema de injeção de vapor. Uma grande faixa de condições de filagem pode ser utilizada pela indústria, que são determinadas por parâmetros tais como temperatura da água de filagem e velocidade de trabalho (VIOTTO et al., 1996).

As condições de filagem influenciam em pelo menos três aspectos importantes: a) composição do queijo (teores de gordura e umidade) e rendimento; b) microestrutura do queijo, dimensões de gordura na matriz proteica e c) tratamento térmico (tempo e temperatura) que o queijo recebe durante a filagem que determina se o fermento láctico e o coagulante serão, parcial ou completamente, inativados pelo calor. Tanto o coagulante quanto o fermento láctico tem papel fundamental no desenvolvimento das desejáveis propriedades funcionais durante a cura da mussarela para pizza (YUN et al., 1993).

Durante o processo de filagem, a perda de constituintes do extrato seco pode chegar a 4 %, principalmente gordura e proteína, os quais passam para água de filagem, que assume aspecto leitoso. Também ocorrem modificações substanciais da massa do queijo quanto a sua composição, pois é incorporada água e componentes responsáveis pelo extrato seco saem da coalhada e passam para a água de filagem (VALLE; LEITÃO; SOUZA, 1996).

3.5 MATURAÇÃO E PROTEÓLISE

A maturação consiste em uma série de processos físicos, microbiológicos e bioquímicos que ocorrem em todos os queijos, exceto naqueles consumidos frescos. Estes processos alteram a composição química dos queijos, principalmente proteínas e gorduras. O tempo de maturação varia para cada tipo de queijo sendo neste processo que se desenvolvem as características sensoriais, incluindo alterações de textura de cada um deles. A degradação dos compostos orgânicos do queijo é resultado da ação em conjunto das enzimas e da microbiota (PERRY, 2004).

A grande maioria dos queijos coagulados enzimaticamente com uso de coalhos ou coagulantes é maturada ou curada por um período de tempo que varia de três semanas a até mais de dois anos. A maturação pode ser definida como a etapa em que o queijo é mantido sob determinadas condições, quando ocorrem numerosas modificações microbiológicas, bioquímicas, físicas e químicas. Como objetivo da fabricação de queijo, tem-se a obtenção de um produto atrativo e durável, com determinadas características de sabor, aroma e textura que são adquiridas quando o queijo passa por período de maturação em condições apropriadas. Durante a maturação, ocorrem diversas modificações bioquímicas que ainda não são completamente compreendidas, nas quais os principais constituintes, ou seja, proteínas, lipídeos e lactose residual, são parcialmente convertidos a produtos primários e posteriormente a produtos secundários (MCSWEENEY, 2004).

As enzimas naturais do leite (lipases e proteases) participam da maturação, porém não desempenham papel importante, uma vez que a ação é lenta devido a baixa temperatura e ao pH ácido. Por sua vez a microbiota tem função importante na maturação do queijo, sendo vários os fatores que interferem, entre eles o conteúdo de umidade, pH, temperatura, concentração de sal (PERRY, 2004). Segundo Rocha (2004), durante a maturação, as enzimas nativas do leite e as provenientes do coalho e de microrganismos, catalisam as reações de decomposição dos três principais componentes do leite, lactose, gordura e proteína, retidos no queijo. Dessa decomposição resultam inúmeros metabólitos responsáveis pela variação nas características dos queijos.

A maturação representa um processo tecnológico muito importante, onde o queijo sofre alterações microbiológicas e bioquímicas significativas. Para os consumidores, a textura desempenha um papel-chave na compra de queijo, sendo influenciada principalmente pela intensidade de proteólise, conteúdos de NaCl, de matéria seca e de gordura e o valor de pH (EVERARD et al., 2006; SAINT-EVA et al., 2009). A textura do queijo e as propriedades

funcionais e sensoriais se desenvolvem durante o processo de maturação, no entanto, a maturação adequada é um processo dispendioso (FORDE; FITZGERALD, 2000). Portanto, queijos com maturação insuficiente podem apresentar suas propriedades funcionais diferentes, em relação à qualidade dos queijos maturados em condições normais (PACHLOVÁ et al., 2011). A qualidade do leite, a composição química da coalhada, a escolha de uma boa cultura láctica iniciadora e presença de culturas lácticas não iniciadoras também podem influenciar processos que ocorrem em queijos durante a maturação (PACHLOVÁ et al., 2012).

O principal processo que ocorre na maturação é a degradação das proteínas ou proteólise. Esta é efetuada pelos sistemas enzimáticos do coalho e é fator preponderante para a qualidade do queijo, sobretudo nos aspectos de sabor e textura (PERRY, 2004).

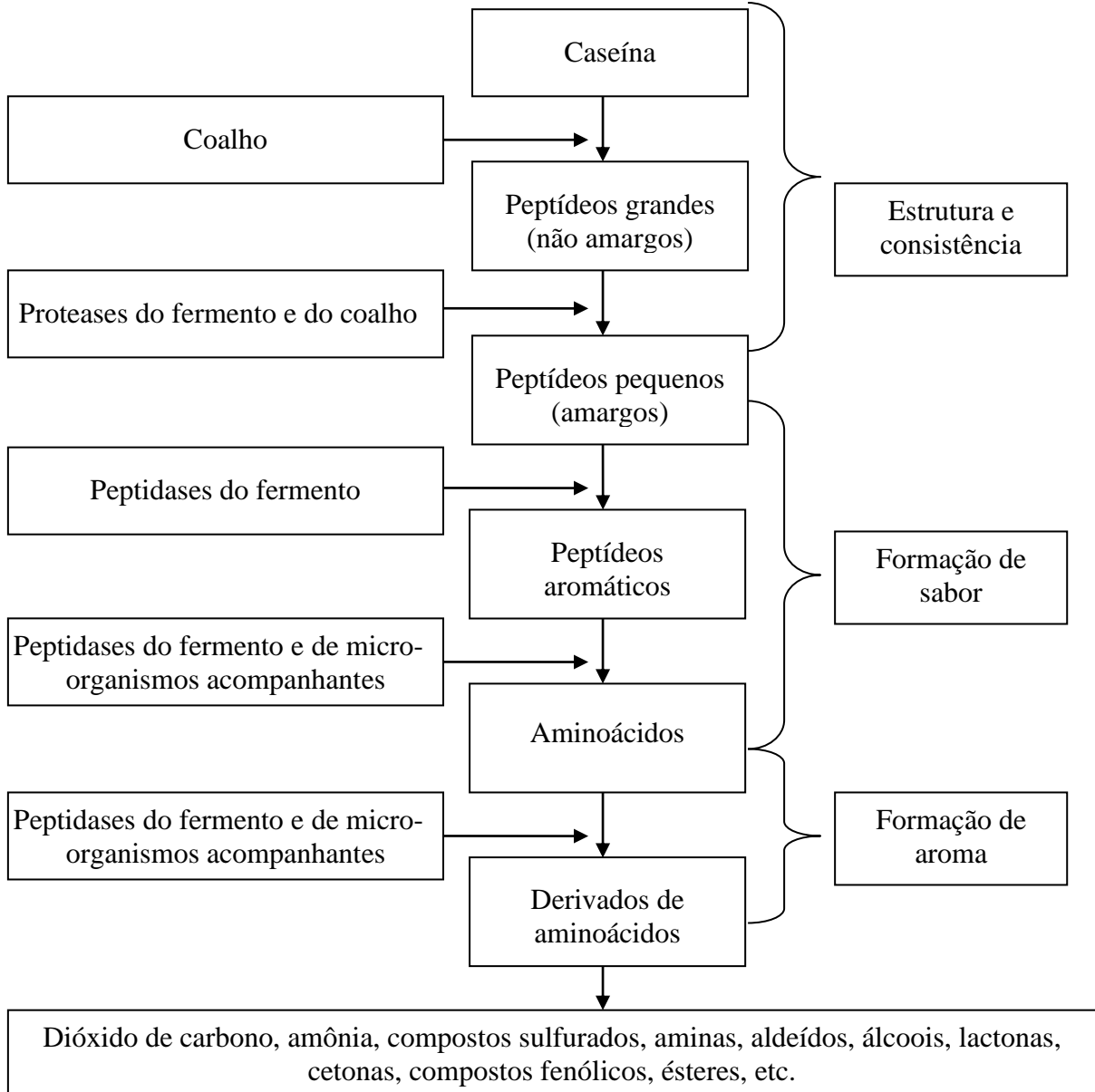
Segundo Hansen (2006) citado por Vieira (2010), proteólise se define como a quebra da proteína durante a maturação do queijo, que deve ser um processo controlado para resultar em compostos de sabor e odor desejáveis. A proteólise se dá em etapas, sendo a primeira etapa responsável pela quebra das proteínas (caseínas) em grandes peptídeos, os quais serão posteriormente degradados em peptídeos menores, sendo que alguns podem apresentar gosto amargo. Posteriormente, havendo uma quebra desses peptídeos menores o gosto amargo desaparece e há liberação de aminoácidos que contribuem para o sabor do queijo, mas pouco influenciam no aroma. Compostos aromáticos são formados a partir da degradação de aminoácidos, levando a formação de grande quantidade e variedade desses compostos. Estas etapas estão ilustradas na Figura 1.

A proteólise é um processo crítico para a conversão da massa em um queijo maturado, sendo um processo gradual que começa com a ruptura da molécula protéica até a formação de polipeptídeos, oligopeptídeos e de aminoácidos. Estas moléculas podem, junto com outras substâncias geradas durante a glicólise e a lipólise, participar por si mesmas do sabor e do aroma dos produtos. A degradação da caseína no queijo se deve a proteinases microbianas residuais, provenientes do fermento, e de proteínas nativas do leite (VIEIRA, 2010).

Como um índice de maturação, a proteólise é comumente adotada para diversas variedades de queijo envolvendo a separação, quantificação e caracterização de compostos nitrogenados do queijo durante o tempo de estocagem (FARKYE; FOX, 1990). Conforme Wolfschoon (1983) os termos mais empregados são extensão e profundidade de proteólise, onde a extensão de proteólise, ou índice de maturação, caracteriza-se pela quantidade de substâncias nitrogenadas solúveis, acumuladas durante o processo de degradação da proteína e expressa como porcentagem do nitrogênio total. A determinação analítica da extensão de

proteólise está baseada na precipitação isoelétrica (pH 4,6) da caseína em uma amostra diluída de queijo, seguida pela quantificação de nitrogênio solúvel através do método de Kjeldahl.

Figura 1 - Evolução da proteólise em queijos.

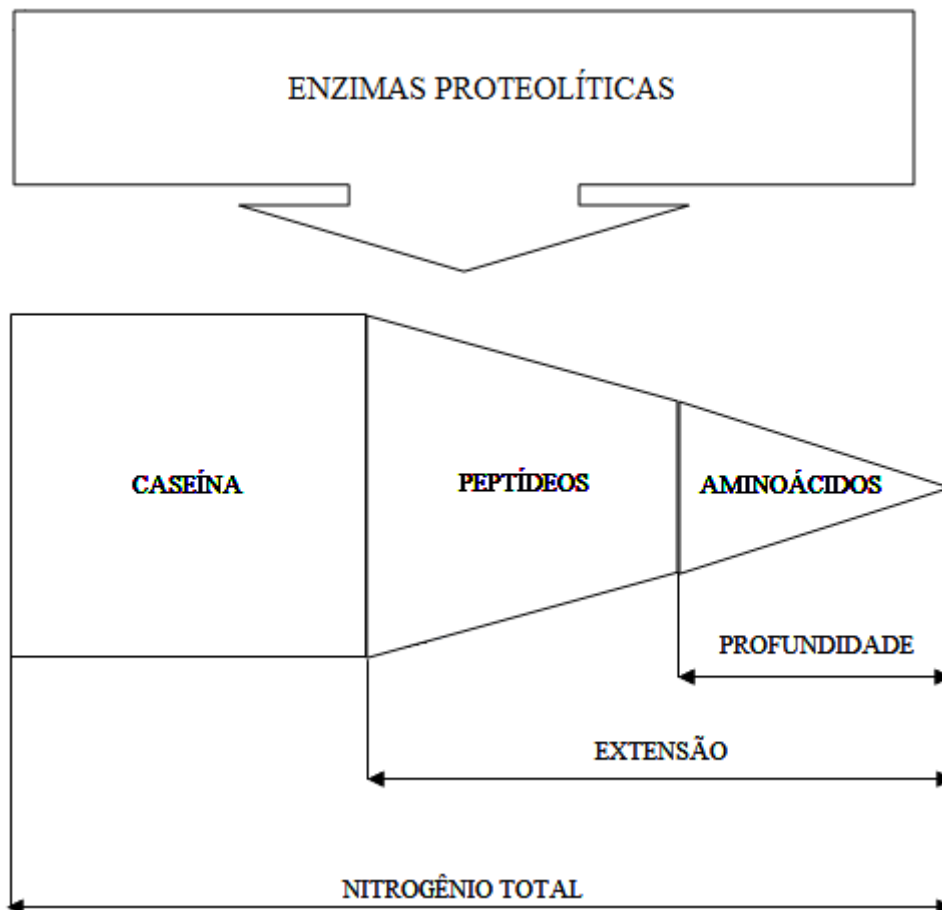


Fonte: Hansen (2006)

A profundidade da proteólise abrange as substâncias nitrogenadas de baixas massas molares (aminoácidos, oligopeptídeos, aminas), acumuladas durante o processo de degradação da proteína. A profundidade pode ser quantificada pelo nitrogênio não proteico, solúvel em ácido tricloroacético, com concentração de 12 % (CHAVES, 1997). A Figura 2 ilustra o conceito de extensão e profundidade de proteólise.

Considera-se a proteólise o mais complexo, e para muitas variedades de queijo, o evento mais importante entre todas as vias químicas e bioquímicas que ocorrem durante a maturação (FORD; FITZGERALD, 2000). O processo pode ser caracterizado pela quebra das caseínas em fragmentos menores, sendo na proteólise primária, as caseínas divididas em grandes e médios peptídeos, principalmente em consequência da ação de quimosina residual e plasmina (enzima presente no leite). Em uma proteólise secundária, uma subsequente degradação desses peptídeos, principalmente devido à ação de proteases e peptidases provenientes de diferentes microrganismos que ocorrem no queijo, libera pequenos peptídeos e aminoácidos livres, que por sua vez podem ser degradados a produtos catabólicos (McSWEENEY; SOUSA, 2000).

Figura 2 – Extensão e profundidade de proteólise em queijos.



Fonte: Wolfschoon (1983)

Várias tentativas têm sido feitas para acelerar a maturação de queijos, sendo o aumento da temperatura de armazenamento o método mais simples disponível para isso, e tem o benefício adicional de economia potencial decorrente da redução dos custos de refrigeração (MAHONY et al., 2006).

3.6 PROPRIEDADES FUNCIONAIS

Segundo McManhon et al. (1993), citados por Cortez (1998) e Martins (2001), 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 aquecido.

As propriedades físicas do queijo Mussarela são altamente complexas e dão origem a diferentes e importantes atributos funcionais (KINDSTEDT, 1991), sendo alguns deles: derretimento, elasticidade e formação de óleo livre.

Kindstedt (1993) definiu derretimento como a capacidade que partículas de queijo possuem de fluir em conjunto e formar uma massa contínua derretida. O derretimento global da mussarela pode ser determinado por dois fatores: conteúdo de gordura e interações proteína-proteína com água aprisionada dentro da matriz proteica (McMAHON; OBERG, 1998). Queijo com elevado teor de gordura possui derretimento significativamente maior do que o queijo com baixo teor de gordura (CAIS-SOKOLINSKA; PIKUL, 2009). O estado da matriz de proteína tem importância primordial no controle da propriedade de fusão da mussarela. Durante o envelhecimento, as proteínas absorvem o soro aprisionado na matriz diminuindo assim a agregação e aumentando o derretimento (McMAHON; OBERG, 1998).

O derretimento também pode ser definido como a 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, 1997). Cortez (1998), por sua vez, define que o derretimento depende da atividade proteolítica da cultura láctica, 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.

Várias interpretações para o termo derretimento vêm sendo aplicadas de formas diferentes, muitas vezes para atender a uma necessidade ou uma aplicação específica. Por exemplo, derretimento tem sido considerado como a propriedade que pedaços de queijo possuem em fundir-se com o aquecimento. Esta definição ou descrição é adequada para

aplicações tais como avaliação da qualidade da pizza, mas é bastante difícil de usar como critério de medição (GUNASEKARAN; MEHAMET, 2003).

Para uma perspectiva de mensuração objetiva, derretimento pode ser definido como "a facilidade e a extensão em que o queijo vai derreter e espalhar quando submetido a aquecimento". Esta definição engloba dois aspectos: a facilidade de fusão, e a extensão do fluxo. A facilidade de fusão é mais diretamente relacionada com a transferência de calor e propriedades térmicas na fase de mudança de estado do queijo, já a extensão do fluxo está relacionada com as propriedades reológicas de queijo em temperaturas elevadas, bem como a força necessária para provocar o fluxo (GUNASEKARAN; MEHAMET, 2003).

Muitos estudos têm destacado que os ingredientes e condições de processamento podem influenciar muito as propriedades do queijo (LEE; ANEMA; KLOSTERMEYER, 2004). Verificou-se que a zona de fusão é determinada pelo teor de gordura e de umidade e pelos valores de pH (GUNASEKARAN; KUO; WANG, 1998). O teor de cálcio, as frações protéicas e pH foram considerados como parâmetros importantes para o derretimento do queijo mussarela (GUINEE et al., 2002). Mesmo que muitos estudos já tenham sido realizados sobre o comportamento de queijo fundido, não há nenhum método objetivo amplamente aceito para determinação do derretimento (GUNASEKARAN; MEHAMET, 2003).

Outra propriedade muito importante para o queijo mussarela é a elasticidade, também chamada de estiramento. Capacidade de estiramento compreende a tendência de um objeto para formar filamentos alongados fibrosos que não quebram quando puxados (KINDSTEDT, 1993). Esta propriedade é única de queijos do tipo massa filada, isso faz com que seja muito desejável para aplicações em pizzas (GUINEE et al., 2002).

O alinhamento de fibras da massa coalhada ocorre durante a fase de filagem e neste momento características funcionais são obtidas. Como resultado da maturação, a porosidade da matriz de caseína aumenta devido à proteólise e, portanto, apresenta menor resistência ao alongamento (TUNICK et al., 1997).

Para Addeo (1996), a elasticidade se traduz na capacidade da massa de queijo derretida em esticar, 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.

A liberação de óleo na superfície da pizza é uma das propriedades funcionais importantes para o queijo mussarela. De acordo com Tunick (1994) citado por Chaves (1997) e Martins (2001), este fenômeno também é conhecido como “*oiling-off*” (óleo livre) ou gordura de vazamento. O queijo Mussarela tende a formar óleo livre quando é derretido, mas quando em excesso dá ao queijo uma aparência indesejável. Esta liberação de óleo livre ocorre quando a matriz de caseína se colapsa durante o aquecimento, permitindo que os glóbulos de gordura se juntem dirigindo-se a superfície. A quantidade de óleo formado depende da interação entre a gordura e a caseína.

Após o aquecimento, uma camada oleosa é claramente visível na superfície da maioria dos queijos. Esta liberação de óleo ocorre devido ao derretimento dos glóbulos de gordura durante o aquecimento, e a gordura derretida, eventualmente, deixa a matriz proteica. A formação de óleo livre é esperada e mesmo desejável durante o aquecimento de queijo (RUDAN; BARBANO, 1998), no entanto, o excesso de óleo na superfície é indesejável, especialmente porque apresenta um aspecto não saudável e gorduroso em alimentos que contenham queijo (KINDSTEDT; RIPPE, 1990).

3.7 PROPRIEDADES DE TEXTURA

As propriedades de textura do ponto de vista sensorial são muito importantes para vários produtos que utilizam queijo na sua composição. Entre as propriedades de textura, destacam-se a firmeza, a mastigabilidade, a gomosidade, a adesividade e a coesividade. Algumas etapas do processamento industrial deste tipo de queijo são de importância crítica no sentido de definir a sua qualidade e adequação para os diferentes tipos de usos (VALLE; LEITÃO; SOUZA, 1996; VALLE; SOUZA, 2000).

As características do queijo são influenciadas por inúmeros fatores, a composição da matéria-prima, com ênfase especial para o teor de gordura do leite e, por conseguinte do queijo, podem influenciar na textura, fatiabilidade, deformidade, e no posterior manuseio e preparo do queijo, principalmente na forma fatiada, que é a mais usual (VALLE et al., 2004). Durante a estocagem, as características de textura mudam significativamente devido ao crescimento microbiano, a perda de umidade, a atividade enzimática (degradação da proteína) e a difusão do sal (VALLE et al., 2004).

Armazenamento ou maturação de queijo mussarela fornece a maior parte das características funcionais desejadas. Proteólise, causada principalmente por coagulante residual e proteases endógenas é considerável dentro das primeiras duas semanas de

armazenamento. Mudança acentuada na microestrutura do queijo ao longo do tempo foi observada por vários pesquisadores (TUNICK et al, 1997; McMAHON; OBERG, 1998; GUINEE et al., 2002), indicando a dissociação de micelas de caseína para formar complexos de proteína.

Inicialmente, a mussarela é firme, não homogênea, e possui uma consistência elástica, causada pela falta de liberação de óleo e separação de água livre. Após 21 dias, o queijo torna-se mais flexível, uniforme em aparência e mais fluido, como resultado da destruição dos componentes de caseína do queijo. Maturação extensa (> 50 dias) resulta em queijo com textura macia e excesso de liberação de óleo tornando-o inadequado para uso em pizzas (KINDSTEDT, 2004).

A dificuldade em ralar ou fatiar a mussarela é encontrada por pizzarias e lanchonetes. Após fragmentar a mussarela, existe outro problema relacionado com a dificuldade na separação das fatias ou então pode ocorrer formação de aglomerados quando o queijo é ralado. As mussarelas com baixa umidade possuem fragmentação desejável, facilidade de fatiar e integridade da fatia, sendo predominantemente utilizadas na fabricação de pizzas (VALLE et al., 2004).

3.8 PRINCIPAIS DEFEITOS RELACIONADOS ÀS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DO QUEIJO MUSSARELA

A Mussarela é um queijo que, no Brasil, não possui um padrão de fabricação completamente estabelecido e adotado pelos produtores, e conseqüentemente sua qualidade pode variar muito em função do processo. A produção com leite ácido dificulta uma padronização da qualidade, e o leite não pasteurizado aumenta as chances de toxinfecções alimentares. Além disso, esses fatores aumentam as possibilidades de aparecimento de defeitos de qualidade (CANSIAN, 2005).

O endurecimento do queijo mussarela derretido sobre as pizzas é um defeito conhecido. Sabe-se que quando a mussarela é muito nova, existe a tendência de o endurecimento ocorrer mais rapidamente, perdendo mais água e formando grânulos. Devido ao curto período de estocagem, a matriz proteica do queijo mussarela está rígida, pois ocorreu pouca proteólise. Este defeito diminui gradativamente com o tempo de maturação do queijo (FURTADO, 2005).

A baixa elasticidade do queijo mussarela é considerada defeito. Segundo Furtado (2005), com o gradual aumento da degradação da matriz proteica, a massa adquire melhor

elasticidade. Neste contexto, entende-se por massa de baixa elasticidade aquela que sofreu excesso de proteólise e se rompe ao ser esticada.

Furtado (2005) realizou correlações entre a elasticidade e características do queijo mussarela, citadas a seguir:

a) Quanto mais alto o teor de gordura do queijo, menor é a elasticidade da massa. O ideal é manter o percentual de gordura entre 20 e 22% no queijo ou então 40 a 42% no extrato seco total.

b) Quanto maior o teor de sal, menor será a proteólise e como consequência maior será a elasticidade.

c) Quanto maior for o teor de umidade do queijo mussarela, mais intenso será fenômeno da hidrólise das proteínas, diminuindo a elasticidade.

d) Quanto mais logo for o período de maturação e mais alta for a temperatura de estabilização da mussarela, maior será a proteólise e menor será a elasticidade do queijo. Resultados práticos indicam a elasticidade ideal da massa com 15 a 20 dias de armazenamento entre 7 e 10° C.

e) Relações entre cocos e bacilos nas culturas lácticas utilizadas afetam a elasticidade do queijo obtido. Quanto maior for a presença de bacilos, maior será a hidrólise das proteínas e mais rápida será a perda de elasticidade da massa.

f) Quanto maior for a temperatura de filagem da massa, menor será a proteólise posteriormente nos queijos, já que os cultivos sofreram injúria celular.

A dificuldade de derretimento do queijo mussarela é considerada um defeito e está associada ao tempo de estabilização do produto. Furtado (2005) cita fatores que interferem no derretimento da mussarela, sendo que, quanto maior o teor de sal, menor será o derretimento do queijo, assim como quanto maior o pH da massa, maior o teor de cálcio e como consequência menor será o derretimento. Existe também a correlação de umidade e gordura, ou seja, quanto maior a umidade e quanto maior o teor de gordura, maior será o derretimento observado no queijo mussarela, quando aquecido.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 FABRICAÇÃO DE QUEIJO MUSSARELA

Foram utilizados para fabricação e análises dos queijos a estrutura, os reagentes, os aditivos, os utensílios e os equipamentos da Escola Tecnológica de Leite e Queijos dos Campos Gerais (ETLQueijos), localizada no Departamento de Engenharia de Alimentos (DEA) no Campus de Uvaranas da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). A linha de processamento foi limpa e sanitizada utilizando o detergente alcalino (S-100 Premium, Weizur), detergente ácido (Master Acid, Milk Line) e sanitizante (Della-San, DeLaval), respectivamente, nas concentrações recomendadas pelos fabricantes, intercaladas por abundante enxágue com água potável. Os utensílios e instalações foram previamente lavados com detergente neutro e posteriormente sanitizados com água clorada a 200 ppm.

O protocolo de elaboração do queijo mussarela desenvolvido com a modificação do protocolo de Vieira (2010) e validado em escala piloto da ETLQueijos. O leite utilizado como matéria-prima para a elaboração dos queijos foi proveniente principalmente de vacas da raça Holandesa da “Fazenda Escola Capão da Onça” da Universidade Estadual de Ponta Grossa, localizada na estrada Ponta Grossa/Itaiacoca, km 07. Após coleta de 100 L de leite da 1ª ordenha e transporte em vasilhames específicos para leite (vas – 20 L, Injesul) até a ETLQueijos, o mesmo foi tratado termicamente em pasteurizador de placas com capacidade para 350L/h (Mec Milk -21, Pompéia, São Paulo, Brasil) à 73 °C durante 15 segundos.

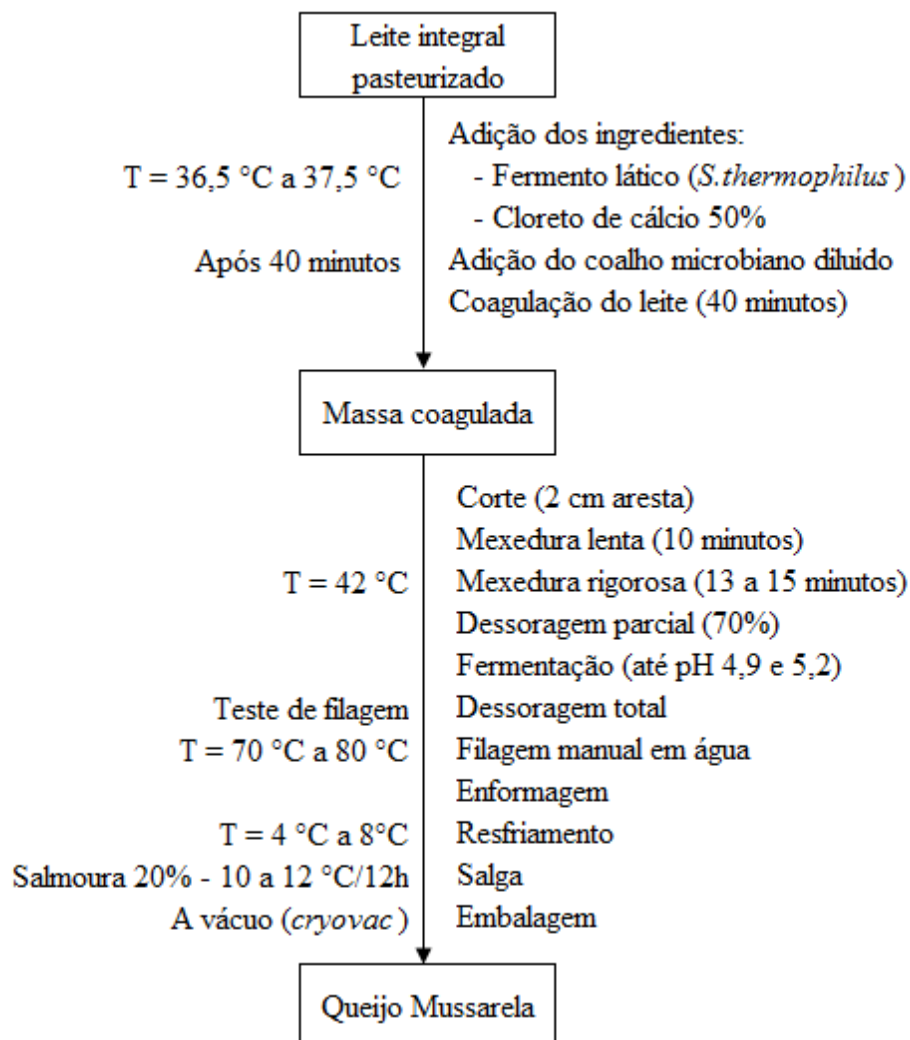
A fabricação ocorreu a partir do leite pasteurizado e resfriado de 36,5 °C a 37,5 °C de acordo com a Figura 3, com adição de 3% de culturas lácticas termofílicas (*Streptococcus thermophilus*, GRANOFERM M430, Granolab do Brasil S/A) e de 0,4 mL.L⁻¹ de cloreto de cálcio (Coalhopar F-E-B Biotecnologia®, Alto Piquiri, Paraná, Brasil) em tanque de coagulação e dessoragem de 100 L. Em seguida foi adicionado o coalho (HA-LA 2154 IMCU, Chr. Hansen, Brasil, Valinhos, São Paulo) diluído na proporção recomendada pelo fabricante, para que ocorresse a coagulação do leite.

Após a formação da coalhada, a massa foi cortada em cubos de 2,0 cm³ com a utilização de liras verticais e horizontais (West Equipamentos), seguida de mexedura lenta por 10 minutos. A segunda mexedura ocorreu por 15 minutos, com um pequeno aumento de temperatura na massa, até 42° C. Após tempo necessário para obtenção de grãos mais firmes, foi realizada a dessoragem de 70 % do volume total, permanecendo a massa imersa no soro do leite.

A massa fermentou até pH entre 4,9 e 5,2, sendo realizado o teste de filagem, em seguida realizou-se dessoragem completa. Após dessoragem, foi realizado o procedimento de filagem manual da massa em água com temperatura de 70 a 80 °C com posterior colocação em formas retangulares para 1 ou 2 Kg. Em seguida as peças foram imersas em água (4 a 8 °C).

As peças de queijo mussarela formadas foram encaminhadas para salga, sendo mergulhadas em salmoura 20 % (10 a 12 °C) e permanecendo por 12 horas. Após a salga dos queijos, procedeu-se um período de secagem em câmara fria (10 horas) para posterior embalagem. As amostras forma mantidas sob refrigeração até a retirada para as análises.

Figura 3 – Diagrama de fabricação de queijo mussarela.



Foram fabricados três lotes de queijos mussarela processados em três dias consecutivos. Considerou-se um lote a data de fabricação, sendo que ao se alterar a data de

fabricação ocorria a alteração do lote. Cada dia de produção ou lote totalizou 15 amostras, coletadas durante o período de maturação.

O processo de fabricação seguiu os padrões definidos na Figura 3. O lote 01 foi filado com a temperatura de 75 °C, o lote 02 com temperatura da água 70 °C e para o lote 03 foi utilizada temperatura da água de filagem a 80 °C. O experimento totalizou quarenta e cinco amostras de queijo mussarela, sendo estas analisadas no decorrer dos dias de estocagem 5, 10, 20, 30 e 40, a contar da data da sua fabricação. As amostras foram embaladas a vácuo “*cryovac*” e mantidas armazenadas em refrigeração (2 a 8 °C) até momento da retirada para análise.

4.2 AVALIAÇÃO DO QUEJO MUSSARELA COMERCIAL

Adicionalmente, para enriquecer a discussão dos resultados e verificar a qualidade do produto disponível no mercado varejista, foram adquiridas duas amostras de cada uma das seis marcas de queijos mussarela disponíveis no comércio da Região dos Campos Gerais, Paraná, Brasil. As amostras adquiridas foram coletadas aleatoriamente na gôndola de um mercado, estavam fechadas em embalagens de 500 gramas, ou seja, não ocorreu manipulação após o processamento industrial. As datas de fabricação das amostras comerciais foram: amostra A 24/06/2013; amostra B 06/06/2013; amostra C 03/08/2013; amostra D 02/07/2013; amostra E 06/08/2013 e a amostra F 20/05/2013.

O prazo de validade das amostras A, B, C e F, segundo dados da embalagem do produto, era de 120 dias, enquanto o da amostra E era 90 dias e o prazo mais extenso constava na amostra F, sendo de 180 dias. As amostras foram coletadas dos mercados em 10/09/2013 e mantidas em refrigeração. Todas as análises das amostras comerciais iniciaram em 11/09/2013, com tempos de maturação (considerando-se a diferença entre as datas de fabricação da embalagem após produção e o início das análises) variando de 36 a 114 dias.

As regiões de fabricação e dos queijos comerciais adquiridos variaram, conforme abaixo, sendo 83 % das amostras fabricadas na região sul do Brasil:

Amostra A: Três de Maio, Rio Grande do Sul, SIF 1766;

Amostra B: Vargeão, Santa Catarina, SIF 3607;

Amostra C: Marechal Cândido Rondon, Paraná, SIF 1717;

Amostra D: Realeza, Paraná, SIF 2187;

Amostra E: Treze Tílias, Santa Catarina, SIF 1056;

Amostra F: Arapuá, Minas Gerais, SIF 2971.

4.3 ANÁLISES LABORATORIAIS

Durante o período de maturação foram realizadas análises para avaliação das características físico-químicas, microbiológicas, sensoriais e propriedades funcionais, incluindo textura e derretimento dos queijos. As amostras de queijos comerciais (n=6) também foram analisadas quanto às suas características de qualidade, com exceção da análise sensorial.

Do total do queijo produzido foram colhidas aleatoriamente cinco amostras embaladas individualmente, de cada data de fabricação e foram armazenadas para avaliações físico-químicas; cinco amostras embaladas de cada tratamento também foram separadas para avaliação microbiológica aos 5, 10, 20, 30 e 40 dias após o processamento. Para as análises sensoriais foram colhidas três amostras de cada tratamento e as avaliações foram feitas apenas nos tempos 5, 20 e 40 dias.

4.3.1 Avaliações físico-químicas

Para as análises de composição dos queijos foram determinados o teor de umidade pelo método gravimétrico de secagem em estufa a 105 °C e percentual de cinzas em mufla a 550 °C de acordo com Brasil (2006). O percentual de gordura foi determinado pelo butirômetro de Gerber, especialmente desenvolvido para queijos, conforme descrito por IAL (2008), pH por método potenciométrico e a acidez titulável, expressa em ácido láctico (% m/m), conforme descrito por Brasil (2006). O teor de nitrogênio total (NT) obtido pelo método Kjeldahl, usando o fator de conversão de 6,38 para o cálculo da proteína total foi realizado também de acordo com Brasil (2006). A atividade de água foi determinada a 25 °C por medida instrumental em equipamento Aqualab série 3 (modelo TE, Decagon Devices), como citado por Cichoski et al. (2008). Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

O leite recebido passou pelo processo de pasteurização (73 °C por 18 segundos) e após esta etapa, amostras foram coletadas para a realização das análises de lipídios seguindo a metodologia descrita por IAL (2008).

4.3.2 Avaliação de proteólise

Para a avaliação da proteólise foram realizadas as análises de nitrogênio total (NT) conforme Brasil (2006), nitrogênio não proteico em TCA 12% (NNP), nitrogênio não caseinoso pH 4,6 (NNC) de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (1995). Com a realização das análises de NT, NNP e NNC, foi calculado o índice de extensão de proteólise e o índice de profundidade de proteólise. As análises foram realizadas em triplicata. Os índices foram calculados conforme as equações 1 e 2 (WOLFSCHOON, 1983; PIZAIA, 2003; ANDREATTA, 2006):

Índice de extensão da proteólise (%):

$$IEP = \frac{NNC}{NT} \times 100 \quad (1)$$

Índice de profundidade da proteólise (%):

$$IPP = \frac{NNP}{NT} \times 100 \quad (2)$$

A proteólise foi estimada por meio da relação caseína (C) / proteína verdadeira (PV), expressa em termos de nitrogênio (N), sendo os valores obtidos conforme as equações 3, 4 e 5:

$$PV = (NT - NNP) \times 6,38 \quad (3)$$

$$C = (NT - NNC) \times 6,38 \quad (4)$$

$$\text{Proteólise} = \frac{C}{PV} \quad (5)$$

4.3.3 Avaliação de cor

A cor foi avaliada por meio de um colorímetro modelo EZ MiniScan (Hunter Lab, Reston, Virginia, USA). O equipamento foi calibrado utilizando-se placas padrão nas cores preto e branco (X: 82,30; Y: 87,38; Z: 93,37). No sistema utilizado foram medidas as coordenadas: L*, representando a luminosidade em uma escala de 0 (preto) a 100 (branco); a* que representa uma escala de tonalidade variando de vermelho (0+a) a verde (0 - a) e b* que representa uma escala de amarelo (0+b) a azul (0-b).

Os resultados foram expressos como índice de brancura (WI), descrito em Rocha; Mota e Moraes (2007), onde o branco total corresponde a 100. Análises foram realizadas em triplicata.

4.3.4 Análise microbiológica

A qualidade microbiológica dos queijos foi avaliada em relação aos micro-organismos descritos pela Agencia Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2001), Coliformes 45°C, *Salmonella* sp, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* nos tempos de 5, 10, 20, 30 e 40 dias de armazenamento. Todas as análises foram realizadas de acordo com metodologia descrita por APHA (2001).

4.3.5 Avaliação sensorial

A avaliação sensorial foi realizada após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (COEP) da UEPG, conforme o parecer nº 420.733. Para análise sensorial dos queijos produzidos, foram utilizados avaliadores, de acordo com *Institut of Food Technologists* - IFT (1981). Os provadores (n=89) atribuíram notas aos queijos com uso de escala hedônica de nove pontos (Figura 4) para medir a aceitação dos produtos.

Nas avaliações foram utilizadas nove diferentes amostras: queijo mussarela produzidos em três lotes diferentes, armazenados por 5, 20 e 40 dias após data de fabricação em refrigerador à temperatura de 8 °C. As amostras foram retiradas 30 minutos antes de serem servidas. A avaliação de cor, sabor, textura e aceitação global foram realizadas em cabines individuais com utilização de iluminação natural, em cubos de aproximadamente 2 cm de aresta, apresentadas em copos plásticos descartáveis codificados com números aleatórios de três dígitos, tendo ficado à disposição dos avaliadores para enxaguar a boca entre as amostras.

Figura 4 – Modelo de ficha utilizada para avaliação sensorial de queijo mussarela.

Produto avaliado Queijo Mussarela

Nome: _____ Idade: _____ Data: _____

Por favor, avalie as amostras de queijo mussarela utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou, em relação aos atributos Sabor, Textura, Cor e Aceitação Global

1 - Desgostei muitíssimo
 2 - Desgostei muito
 3 - Desgostei regularmente
 4 - Desgostei ligeiramente
 5 – Indiferente
 6 - Gostei ligeiramente
 7 - Gostei regularmente
 8 - Gostei muito
 9 - Gostei muitíssimo

Amostra N°	Cor	Sabor	Textura	Aceitação Global

O que você mais gostou nas amostras? _____

O que menos gostou nas amostras? _____

Você compraria alguma das amostras? Se sim, qual delas? _____

4.4 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS

4.4.1 Derretimento

A capacidade de derretimento (CD) dos queijos mussarela foi determinada por meio da adaptação do método de Schreiber's, descrito por Kosikowski (1982), Yun et al. (1993), Cortez (1998) e Pizaia et al. (2003). Um cilindro de 40 mm de diâmetro foi utilizado para cortar a amostra de queijo em fatias de 10 mm de espessura, sendo a primeira e a última, desprezadas. Cada fatia foi colocada no centro de uma placa de Petri de vidro e deixada à temperatura ambiente por 30 minutos. As placas foram marcadas com quatro linhas dispostas em ângulos de 45°. O diâmetro de cada amostra foi calculado como a média dos diâmetros,

nas quatro direções, medidos antes e após o derretimento, o qual se realizou em estufa por 7 minutos a 107 °C. Todas as análises realizadas foram feitas em triplicata.

A partir dos diâmetros médios, calculou-se a porcentagem de derretimento das fatias de queijo, conforme a equação 6:

$$\% \text{ de derretimento} = \frac{A_f - A_i}{A_i} \times 100 \quad (6)$$

A_f : área da fatia após o derretimento (calculada com o diâmetro médio).

A_i : área da fatia antes do derretimento (calculada com o diâmetro médio).

Outro método para verificação do derretimento do queijo mussarela foi o descrito por Shah e Zisu (2005). O queijo foi ralado e 10 gramas colocadas dentro de um tudo de vidro, acomodado no fundo do tubo de ensaio. Para garantir a homogeneidade da temperatura os tubos, os mesmos foram mantidos sob refrigeração (8 a 10 °C) por 4 horas. Após estabilização da temperatura, as amostras foram levadas a forno/estufa a 107 °C, na posição horizontal e estas amostras permaneceram por 10 minutos para derretimento. Após o tempo de forno, as amostras foram arrefecidas e a medição do comprimento do queijo derretido realizada com o auxílio de um paquímetro. O valor do derretimento do queijo foi dado pela diferença do comprimento final e inicial, em milímetros.

4.4.2 Liberação de óleo

Para a determinação da formação de “*oiling-off*” foi realizada uma modificação do método descrito por Kindstedt e Fox (1991), citado por Cortez (1998) e Martins (2001).

As amostras de queijo Mussarela foram raladas (ralador manual) até obtenção de partículas menores que 5 mm de diâmetro. As amostras raladas permaneceram resfriadas a 4 °C por aproximadamente duas horas. Seguiu-se a pesagem de 6 gramas de amostra em tubos, com tampa de rosca, utilizando-se uma balança semi-analítica (marca Shimadzu, modelo AUY 220). Os tubos foram colocados em água fervente por quatro minutos, e em seguida, adicionou-se 10 mL de água acidificada com ácido clorídrico (reagente analítico, fornecedor Fmaia) pH = 2,2 à temperatura de 60 °C. Foi realizada a centrifugação dos tubos por cinco minutos a aproximadamente 1200 rpm em centrífuga Gerber (marca ITR, modelo 8 BT Inox), e adicionou-se mais 10 mL de solução de água e metanol (álcool metílico PA, fornecedor Merck) na relação de 1:1 (v/v). Seguiram mais um minuto para banho-maria à temperatura de

60 °C, outra centrifugação a 1200 rpm por dois minutos e novamente um banho-maria a 60 °C 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, foi quantitativamente transferida para o butirômetro de Gerber para leite.

A gordura residual que ficar aderida à pipeta foi recuperada por repetidas lavagens com a solução de água/metanol.

Os butirômetros foram agitados e seguiram para banho-maria a 60 °C por um minuto, centrifugação por dois minutos e, finalmente, mais um banho-maria a 60 °C por um minuto, sendo então realizada a leitura da porcentagem de liberação de óleo do queijo.

Este procedimento, de acordo com estudos descritos por Kindstedt e Rippe (1990), citados por Cortez (1998), não extrai a gordura retida na forma emulsificada pela caseína no queijo, extraindo-se apenas aquela que pode ser realmente considerada gordura livre. As análises foram realizadas em triplicatas.

4.5 ANÁLISE DE TEXTURA

As amostras de queijo mussarela foram analisadas em relação ao perfil de textura, em texturômetro, modelo TAXT Plus Texture Analyser (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) com utilização do *probe* cilíndrico P35. O preparo e análise das amostras ocorreram de acordo com as adaptações propostas por Bertolino et al. (2011). A amostra em cilindros de 2 cm de diâmetro e 2 cm de altura foi retirada de cada peça de queijo, sendo então submetida a análise no equipamento com dupla compressão de 30% do tamanho original em velocidade de 0,8 mm/s, à temperatura de 20 °C. Foram considerados os parâmetros de dureza, coesividade, adesividade, elasticidade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência. Para cada uma das amostras, nesta análise, foram realizadas nove repetições.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA E MULTIVARIADA

Os dados foram apresentados como médias e verificados inicialmente quanto a normalidade de distribuição utilizando o teste de Shapiro-Wilk, seguido pelo teste de Brown-Forsythe para verificar a homogeneidade de variância. Foi então realizada a análise da variância (ANOVA) e aplicado teste de Fisher com nível de significância $p < 0,05$ para comparação das médias das amostras com distribuição normal dos valores. Para dados onde não foram observadas as distribuições normais realizou-se teste de Kruskal-Wallis,

considerando nível de significância $p < 0,05$ (GRANATO; CALADO; JARVIS, 2014). As análises foram realizadas utilizando-se o programa computacional STATISTICA 7.0 (Stat Soft Inc., Tulsa, OK, USA), para cada tempo de maturação comparando os lotes 01, 02 e 03; também foram realizadas as análises estatísticas para comparar as amostras ao longo do tempo de armazenamento. As amostras comerciais ($n=6$) adquiridas no mercado varejista também foram avaliadas.

Foi aplicada a correlação de Spearman ($p < 0,05$) e os métodos quimiométricos de Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise Hierárquica de Agrupamento (AHA), com o uso do programa computacional STATISTICA 7.0 (Stat Soft Inc., Tulsa, OK, USA) para os resultados obtidos nas análises físico-químicas e nas análises de propriedades funcionais dos queijos fabricados experimentalmente, juntamente com as amostras comerciais (GRANATO; GENOVESE, 2013).

A ACP foi aplicada para agrupar as amostras de acordo com os parâmetros físico-químicos e propriedades funcionais. Foram adotados valores próprios superiores a 0,5 para explicar a projeção de amostras no plano de componentes principais (CP). Um pré-tratamento dos resultados (auto-escalamento) foi utilizado para normalizar a variância de todas as variáveis. A AHA foi aplicada aos dados auto-escalados. As semelhanças das amostras foram calculadas com base no quadrado da distância Euclidiana, e os *clusters* foram estabelecidos através do método de aglomeração hierárquica de Ward (BRAGA et al., 2013).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 AVALIAÇÃO DOS LOTES FABRICADOS

5.1.1 Avaliação físico-química

Os resultados das análises físico-químicas para os diferentes lotes são apresentados nas Tabelas 1 a 4, sendo possível evidenciar diferenças entre os lotes para alguns dos parâmetros analisados e diferença entre os tempos de maturação. Apesar dos valores serem estatisticamente diferentes, ficaram dentro da variação aceitável, de acordo com a prática industrial, onde utiliza-se como coeficiente de variação de 6 a 10 %.

Tabela 1 - Análises de umidade, gordura e gordura extrato seco (GES) dos queijos mussarela de acordo com o lote fabricado e os períodos de armazenamento *.

Amostras	Período de maturação em dias					<i>p</i> -valor
	5	10	20	30	40	
Umidade (%)						
Lote 01	46,18 ^{ABb} ±0,10	45,61 ^{BCb} ±0,50	46,68 ^{Aa} ±0,32	45,94 ^{AB} ±0,30	44,84 ^{Ca} ±0,77	0,00685
Lote 02	45,53 ^{Bc} ±0,13	46,43 ^{ABab} ±0,19	48,39 ^{Ab} ±0,26	46,16 ^{AB} ±0,20	45,49 ^{Bb} ±0,13	0,01470
Lote 03	46,96 ^a ±0,08	47,32 ^a ±0,61	46,95 ^b ±0,52	46,36 ±0,15	47,02 ^b ±0,14	0,11065
<i>p</i> -valor	0,00001	0,01400	0,00333	0,158203	0,00300	
Gordura (%)						
Lote 01	31,33 ^{AB} ±0,29	29,50 ^B ±0,87	29,67 ^{AB} ±0,77	32,00 ^{Aa} ±1,80	31,67 ^{AB} ±2,08	0,13382
Lote 02	29,50 ±0,87	29,83 ±0,76	29,00 ±1,00	30,50 ^{ab} ±1,80	30,17 ±0,76	0,53877
Lote 03	30,00 ^{AB} ±1,00	30,67 ^{AB} ±1,15	33,33 ^A ±3,76	27,67 ^{Bb} ±0,29	28,83 ^{AB} ±0,29	0,03440
<i>p</i> -valor	0,06638	0,35959	0,31680	0,03033	0,09321	
Gordura Extrato Seco (%)						
Lote 01	58,22 ^{AB} ±0,45	54,25 ^B ±2,03	55,63 ^{AB} ±1,32	59,20 ^{Aa} ±3,62	57,41 ^{AB} ±3,82	0,21156
Lote 02	55,39 ±2,02	55,69 ±1,59	56,20 ±2,21	56,66 ^{ab} ±3,53	55,34 ±1,28	0,94033
Lote 03	56,21 ^{AB} ±1,90	58,22 ^B ±2,39	62,79 ^A ±6,56	51,57 ^{Bb} ±0,53	54,42 ^{AB} ±0,42	0,02550
<i>p</i> -valor	0,16887	0,12964	0,28810	0,04814	0,56110	

*Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

**Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na linha, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

Os valores das características físico-químicas para umidade (Tabela 1) encontram-se dentro da composição média para queijo mussarela no Brasil, cujos valores descritos são de 45 a 48 % de umidade (FURTADO, 1997). Quando se observa os resultados das análises de gordura, os valores estão acima da composição média para queijo mussarela, sendo 22 a 24 % segundo Furtado (1997). O valor do percentual de gordura e GES estão acima do recomendado para mussarela aplicada em pizza, sendo o ideal de gordura no extrato seco do queijo de 40 a 42 %. O valor mais elevado de gordura é explicado pelo fato de se usar leite com teor de gordura um pouco acima daquele recomendado para a fabricação de queijo mussarela para pizza, que é 2,7 a 3,0 % (FURTADO, 2005). Os valores do teor de gordura do leite utilizado para elaboração dos queijos estavam entre 3,2 e 3,5 %.

O elevado teor de gordura faz com que o queijo seja melhor manipulado na fase de filagem e durante a sua fabricação, pois esta característica melhora o seu derretimento, embora um maior teor de gordura aumente a liberação de óleo livre (FURTADO, 1997). De acordo com Furtado (2005), quanto mais alto o teor de gordura do queijo, maior é a capacidade de derretimento da massa.

Com os valores obtidos de umidade, o queijo mussarela se encontra dentro da classificação de queijo Mussarela para pizza (KINDSTEDT, 1993) e dentro dos padrões encontrados no mercado brasileiro (FURTADO, 1997). Em relação à legislação, os valores obtidos para umidade e GES nas análises dos queijos fabricados, também são atendidos, sendo umidade máxima de 60 % (g/100g) e gordura no extrato seco (GES) mínimo de 35 % (g/100g) (BRASIL, 1997). Os percentuais de gordura e umidade classificam o queijo mussarela fabricado no grupo de queijos gordos e de alta umidade, queijo macio (BRASIL, 1996).

Em grande parte a umidade do queijo não é afetada pelo pH durante a dessoragem, mas é determinado principalmente pela quantidade de sinérese ocorrida durante a fabricação. Desta forma quanto menor tempo total de fabricação, maior o conteúdo de umidade no queijo final, ou seja, a rápida taxa de produção de ácido num tempo curto de fabricação favorecerá uma alta umidade no queijo (KINDSTEDT, 2004).

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 facilitada (FURTADO, 1990). Segundo Furtado (2005), quanto maior for o teor de umidade, maior a tendência a proteólise e, portanto o queijo derrete melhor, devido o aumento da degradação da caseína.

Ao longo do tempo de maturação do queijo mussarela, alterações em alguns dos seus parâmetros foram detectadas. Segundo Martins (2001), os valores de umidade, proteína e gordura não devem alterar com o tempo de armazenamento. Observar-se na Tabela 1 que o lote 03 não apresentou diferença significativa para o teor de umidade e o lote 02 não apresentou diferença significativa para os valores de gordura.

O sal atua no controle do desenvolvimento microbiano desde a superfície até o interior da massa, uma vez que o sal interfere na atividade de água, constituindo assim um fator de forte influência na seleção bacteriana e na atividade enzimática (PEREDA, 2005).

A atividade de água está relacionada com o teor de sal presente no queijo, ou seja, quanto maior o teor de sal menor será a atividade de água (MARCOS et al., 1981). Como esperado, no presente trabalho (Tabela 2) quanto maior o teor de sal obtido nas análises dos queijos, menor foram os valores de atividade de água. Segundo Marcos et al (1981), atividade de água inferior a 0,984 é suficiente para inibir a atividade do micro-organismo *Streptococcus thermophilus*.

O percentual de sal variou entre os lotes fabricados. Os valores obtidos estão de acordo com a percentagem média encontrada na literatura, após 20 dias de maturação, sendo descritos valores entre 1,33 e 1,72 % (BARBANO et al., 1993). Furtado e Lourenço Neto (1994) citam valores entre 1,4 e 1,8 % para mussarela brasileira. As amostras com cinco dias de fabricação apresentaram a maior variação no teor de sal, esta diferença entre os três lotes é explicada pelo fato da mussarela não estar estabilizada, ou seja, o sal não está homogêneo na peça.

Quanto maior o teor de sal do queijo, pior será o derretimento da massa. Teores elevados de sal diminuem a proteólise e favorecem a emulsificação da fase gordurosa, pois por intermédio da troca iônica, o sódio desloca o cálcio do paracaseinato, aumentando sua capacidade emulsificante e, em consequência, há maior capacidade de retenção de gordura (FURTADO, 2005).

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.

Tabela 2 - Análises de cinzas, sal e atividade de água dos queijos mussarela de acordo com o lote fabricado e os períodos de armazenamento *.

Amostras	Período de maturação em dias					p-valor
	5	10	20	30	40	
Cinzas (%)						
Lote 01	3,39 ^{Ca} ±0,07	3,19 ^D ±0,19	3,60 ^{Ba} ±0,05	3,90 ^{Aa} ±0,05	3,60 ^{Ba} ±0,06	0,00008
Lote 02	2,77 ^{Bb} ±0,20	3,08 ^{AB} ±0,14	3,53 ^{ABa} ±0,18	3,98 ^{Aa} ±0,11	3,62 ^{ABa} ±0,02	0,01320
Lote 03	2,44 ^{Cc} ±0,10	3,06 ^B ±0,14	3,05 ^{Bb} ±0,17	3,60 ^{Ab} ±0,03	3,15 ^{Bb} ±0,09	0,00000
p-valor	0,00043	0,56358	0,00594	0,00157	0,06650	
Sal (%)						
Lote 01	1,35 ^{Da} ±0,09	1,39 ^{CD} ±0,14	1,58 ^{BCa} ±0,02	1,81 ^A ±0,08	1,70 ^{ABa} ±0,20	0,00336
Lote 02	0,62 ^{Bb} ±0,19	1,43 ^{AB} ±0,01	1,50 ^{ABab} ±0,02	1,88 ^A ±0,16	1,53 ^{ABab} ±0,03	0,01110
Lote 03	0,52 ^{Eb} ±0,10	1,23 ^C ±0,02	1,05 ^{Db} ±0,07	1,72 ^A ±0,04	1,37 ^{Bb} ±0,04	0,00000
p-valor	0,00052	0,05388	0,02650	0,27976	0,03453	
Atividade de água (aw)						
Lote 01	0,978 ^A ±0,001	0,970 ^C ±0,002	0,973 ^B ±0,002	0,967 ^{Ca} ±0,003	0,958 ^{Da} ±0,001	0,00000
Lote 02	0,975 ^A ±0,001	0,976 ^A ±0,004	0,972 ^A ±0,002	0,959 ^{Cab} ±0,003	0,965 ^{Bb} ±0,002	0,00005
Lote 03	0,978 ±0,011	0,970 ±0,004	0,974 ±0,001	0,963 ^b ±0,003	0,969 ^c ±0,002	0,05892
p-valor	0,77607	0,10514	0,41150	0,03399	0,00031	

*Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

**Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na linha, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

Ao longo do tempo de maturação as alterações ocorreram para estas três variáveis e em todos os tempos de análise para os três lotes fabricados. Somente não foi observada diferença significativa para análise de atividade de água do lote 03.

O sal é conhecido por afetar as propriedades funcionais. Altos níveis de sal resultam em quantidades mais baixas de óleo livre e umidade, uma maior aparência de viscosidade, níveis mais baixos de soro expressivo e menor capacidade de derretimento. Os íons de sódio podem levar a emulsificação das propriedades da caseína e subsequentemente afetar a microestrutura dos glóbulos de gordura do leite (ROWNEY et al., 2004).

O sal é absorvido por osmose, penetrando nos queijos de fora para dentro, assim sendo, a quantidade de sal a ser retido por um queijo dependerá da concentração da salmoura e do tempo de salga (ERDEM, 2005).

O resfriamento, etapa que antecede a salga, é absolutamente necessário para evitar que a mussarela entre quente na salmoura, o que teria como consequência, a deformação do queijo, o aumento da temperatura da salmoura, o aumento da absorção de sal na casca da mussarela, com possível aparição de manchas brancas na superfície, e a perda de gordura para a salmoura (CANSIAN, 2005).

Os resultados de sal e cinzas apresentam variações, sendo as análises iniciais com valores mais baixos. Esta alteração pode ser explicada pelo fato do queijo ser salgado em salmoura, quando a maior parte do sal penetra na casca do queijo nas primeiras horas de salga, atingindo o ponto de saturação e então a absorção de sal torna-se muito lenta e dependente da migração do sal periférico para interior do queijo. Este último fenômeno só vai ocorrer muito lentamente e durante o período de armazenamento e estabilização da mussarela. Desta forma, uma mussarela nova, com poucos dias de fabricação, vai se apresentar quase sem sal no centro enquanto que estará com excesso de sal na casca (FURTADO, 2005).

Para os resultados das análises de proteína, teve-se a composição média de acordo com a composição para queijo Mussarela no Brasil (FURTADO, 1997). Conforme se observa na Tabela 3, a variação dos três lotes ao longo do tempo de armazenamento foi de 20,3 a 22,5 %, estando dentro dos limites de referência industrial.

Tabela 3 - Análise de proteína dos queijos mussarela de acordo com o lote fabricado e os períodos de armazenamento *.

Amostras	Período de maturação em dias					p- valor
	5	10	20	30	40	
Proteína (%)						
Lote 01	21,31 ±0,41	21,28 ^a ±0,75	21,57 ^a ±0,38	20,83 ±0,62	22,28 ^a ±0,42	0,07568
Lote 02	21,80 ^B ±0,52	21,45 ^{BCa} ±0,20	21,29 ^{CDa} ±0,17	20,89 ^D ±0,08	22,49 ^{Aa} ±0,11	0,00031
Lote 03	20,81 ±1,07	20,30 ^b ±0,16	20,00 ^b ±0,34	21,04 ±0,21	20,90 ^b ±0,87	0,67146
p-valor	0,32620	0,04423	0,02201	0,79518	0,02520	

*Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

**Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na linha, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

A Tabela 4 mostra os valores obtidos para análises de acidez titulável e pH. A acidez titulável dos diferentes lotes teve comportamento similar, apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) entre os lotes somente no décimo dia após fabricação. Possivelmente essa similaridade nos valores de acidez esteja associada ao fato da utilização da mesma cultura láctica e do leite da mesma origem nos três lotes produzidos.

A acidez titulável das amostras não seguiu exatamente as variações do pH, o que se justifica pelos fenômenos observados no processo de fabricação do queijo, sendo que a caseína é o agente tamponante do meio, assim, a sua separação do soro é um fator que favorece essa variação de pH e acidez (HOSKEN; FURTADO, 1983). Por outro lado, o sal exerce ação sobre essa variação, uma vez que possui capacidade de dissolver algumas proteínas e seus produtos, os quais são substâncias tituláveis como ácido. Durante o avanço da maturação ocorre lipólise, além da proteólise, havendo, com isso, aumento de ácidos graxos e aminoácidos livres (MACEDO; COSTA; MALCATA, 1996).

Tabela 4 - Análises de pH e acidez titulável dos queijos mussarela de acordo com o lote fabricado e os períodos de armazenamento *.

Amostras	Período de maturação em dias					<i>p</i> -valor
	5	10	20	30	40	
pH						
Lote 01	4,89 ^{Dc} ±0,01	4,99 ^{Cc} ±0,01	5,17 ^A ±0,03	5,09 ^{Bc} ±0,01	5,18 ^{Aa} ±0,01	<0,00001
Lote 02	4,97 ^{Bb} ±0,01	5,05 ^{ABb} ±0,01	5,16 ^{AB} ±0,01	5,14 ^{ABa} ±0,01	5,19 ^{ABa} ±0,01	0,00910
Lote 03	5,07 ^{Da} ±0,01	5,09 ^{Ca} ±0,01	5,17 ^A ±0,01	5,12 ^{Bb} ±0,01	5,13 ^{Bb} ±0,01	<0,00001
<i>p</i> -valor	<0,00001	<0,00001	0,45063	0,00013	0,0485	
Acidez (°D)						
Lote 01	21,06 ^{AB} ±0,96	19,92 ^{BCc} ±0,17	19,68 ^C ±0,87	19,59 ^C ±0,40	21,19 ^A ±0,47	0,02722
Lote 02	20,65 ^{BC} ±1,15	24,64 ^{Aa} ±0,54	19,29 ^{CD} ±0,54	18,50 ^D ±1,57	21,27 ^B ±0,86	0,00021
Lote 03	20,76 ^A ±0,13	21,23 ^{Ab} ±0,39	18,09 ^B ±1,03	18,64 ^B ±0,12	20,53 ^A ±0,08	0,00005
<i>p</i> -valor	0,82914	0,00002	0,12868	0,36682	0,0665	

*Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

**Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na linha, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

Os valores de pH estão um pouco abaixo 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, entre 4,8 e 5,5 (FURTADO, 2005). Os valores que mais se aproximaram de 5,2 para pH, foram dos queijos com 40 dias de maturação. De acordo com Cortez (1998), o pH final do produto está ligado ao pH no momento da filagem e, portanto, relacionado com o grau de acidificação durante o processo de fermentação, com tipo de cultura láctica empregada e com a proteólise.

Estudos relacionam valores de pH com o tempo de estocagem e demonstram que o comportamento é dependente do processo de fabricação, da capacidade tamponante, teor de umidade e lactato e inativação térmica da cultura iniciadora (SHEEHAN; GUINEE, 2004).

Ao longo do tempo de maturação, os valores de pH e acidez apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). Ocorreu aumento do pH durante o tempo de estocagem para os três lotes fabricados, devido à gradativa neutralização da massa pela liberação de aminoácidos que tamponam a fase aquosa do queijo, originários da ação das enzimas do coalho e de microorganismos da cultura láctica sobre as suas proteínas (NETO; NASCIMENTO JÚNIOR; FISCHER, 1988).

Ainda, segundo Fox e Mcsweeney (1995), o aumento do pH no decorrer da maturação é resultado da proteólise do queijo, que contribui para produção de amônia (NH_3) pela desaminação de aminoácidos livres, com conseqüente mudança de textura. O NH_3 é um composto básico que tende a neutralizar a acidez natural do queijo.

5.1.2 Proteólise, capacidade de derretimento e liberação de óleo

A extensão de proteólise (índice de maturação) refere-se à quantidade de substâncias nitrogenadas solúveis acumuladas no queijo durante o período de maturação, ou de estabilização, principalmente devido à ação proteolítica do coalho sobre as caseínas (WOLFSCHOON-POMBO, 1983). A formação de nitrogênio solúvel a pH 4,6 é um bom indicador da atividade proteolítica devido a ação do agente coagulante (FARKEY; FOX, 1990).

Profundidade de proteólise, por sua vez, refere-se a quantidade de substâncias nitrogenadas de baixa massa molar (aminoácidos, oligopeptídeos e aminas), que são liberadas como resultado da ação proteolítica das enzimas bacterianas provenientes dos microorganismos que compõe a cultura láctica. No caso do queijo mussarela, estas substâncias são acumuladas no queijo durante o período de maturação (WOLFSCHOON-POMBO, 1983). A

formação de nitrogênio solúvel em ácido tricloro acético (TCA) a 12 % é um bom indicativo da atividade proteolítica ocasionada pelo fermento láctico, que, através das endo e exopeptidases, resulta em hidrólise dos peptídeos de massa molar alta e média formados predominantemente pela ação do coalho (FARKEY; FOX, 1990).

Segundo Yun; Kiely e Kindstedt (1995), índices de proteólise elevados afetam as propriedades funcionais do queijo. Quanto maior for a proteólise, menor será a quantidade de proteína intacta, o que levará a maior fragmentação da matriz proteica, aumentando a tendência de ocorrer excessiva liberação de óleo (FURTADO, 1997).

Conforme os dados apresentados na Tabela 5, os valores de extensão de proteólise não apresentaram diferenças significativas entre os três lotes produzidos, para os cinco tempos analisados, possibilitando concluir que os três lotes apresentaram o mesmo comportamento em relação a ação do coalho.

Os índices de extensão e profundidade de proteólise baixos podem estar associados à filagem do queijo mussarela, com temperaturas de 70 a 80°C, tratamento térmico que pode ter ocasionado a inativação de parte considerável do agente coagulante. Fox e Guinee (1987) afirmam que apesar de em queijo mussarela existir atividade residual do agente coagulante, esta é bastante restrita se comparada com as de outros queijos. No trabalho apresentado por Creamer e Olson (1982), foi constatado que o aquecimento da massa do queijo durante a filagem, por cinco minutos com água a 70°C, provoca a inativação do agente coagulante.

Através da análise estatística realizada, podem-se observar aumento significativo do índice de extensão de proteólise e profundidade de proteólise ($p < 0,05$) ao longo do tempo de maturação, indicando que ocorreu degradação das proteínas e também formação de peptídeos. Isso se refere à ação proteolítica do coalho sobre as caseínas (WOLFSCHOON-POMBO, 1983) e a quantidade de substâncias nitrogenadas de baixa massa molar (aminoácidos, oligopeptídeos e aminas), que são liberados como resultado da ação proteolítica das enzimas bacterianas provenientes dos micro-organismos que compõe a cultura láctica, respectivamente para extensão e profundidade de proteólise.

Os resultados obtidos por Pizaia et al. (2003), ao estudarem queijos mussarela obtidos por método tradicional e ultrafiltração, foram superiores para extensão de proteólise, porém para profundidade de proteólise os dados se aproximam. Os valores obtidos estão muito próximos aos resultados apresentados por Chaves (1997), o qual utilizou culturas mesofílicas para fabricação dos queijos e comparou os efeitos do congelamento do queijo e tempo de armazenamento após descongelamento. Quando comparados os resultados obtidos neste trabalho com os de Andreatta (2006) e Vieira (2010), que avaliaram queijos mussarela

produzidos com leite contendo diferentes níveis de células somáticas, tanto extensão quanto profundidade de proteólise apresentaram valores mais baixos.

Tabela 5 - Análises de índice de proteólise, extensão de proteólise e profundidade de proteólise dos queijos mussarela de acordo com o lote fabricado e os períodos de armazenamento *.

Amostras	Período de maturação em dias					p- valor
	5	10	20	30	40	
Índice de Proteólise***						
Lote 01	0,977 ^b ±0,003	0,977 ±0,002	0,978 ±0,002	0,979 ±0,000	0,979 ^b ±0,001	0,43891
Lote 02	0,984 ^{Ba} ±0,001	0,977 ^A ±0,003	0,980 ^A ±0,003	0,979 ^A ±0,001	0,985 ^{Ba} ±0,002	0,00633
Lote 03	0,977 ^b ±0,003	0,977 ±0,007	0,978 ±0,004	0,980 ±0,001	0,979 ^b ±0,001	0,59760
<i>p</i> -valor	0,02644	0,97399	0,76940	0,43996	0,00177	
Extensão de proteólise***						
Lote 01	3,43 ^C ±0,34	3,77 ^{BC} ±0,27	3,99 ^{AB} ±0,21	4,13 ^{AB} ±0,13	4,37 ^A ±0,03	0,00407
Lote 02	3,35 ^C ±0,26	3,77 ^{BC} ±0,29	3,81 ^B ±0,23	4,11 ^{AB} ±0,10	3,91 ^A ±0,26	0,00663
Lote 03	3,90 ^B ±0,21	4,09 ^B ±0,35	4,05 ^B ±0,63	4,18 ^B ±0,03	4,27 ^A ±0,25	0,04226
<i>p</i> -valor	0,09944	0,38934	0,75938	0,64864	0,08072	
Profundidade de proteólise***						
Lote 01	1,14 ^{Eb} ±0,05	1,47 ^{Da} ±0,05	1,88 ^{Cab} ±0,02	2,05 ^B ±0,12	2,35 ^{Aa} ±0,08	<0,00001
Lote 02	1,30 ^{Eb} ±0,06	1,55 ^{Da} ±0,04	1,82 ^{Cb} ±0,05	2,09 ^B ±0,04	2,85 ^{Aa} ±0,15	<0,00001
Lote 03	1,62 ^{Da} ±0,16	1,81 ^{Cb} ±0,03	1,93 ^{Ca} ±0,03	2,22 ^B ±0,08	2,87 ^{Ab} ±0,13	<0,00001
<i>p</i> -valor	0,00345	0,00016	0,03472	0,13945	0,00366	

*Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

**Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na linha, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

*** medidas adimensionais

Os resultados obtidos para capacidade de derretimento, empregando-se dois métodos de análise, e liberação de óleo podem ser observados na Tabela 6. Os dados das análises de derretimento por um dos métodos revelaram diferença significativa entre os lotes 01, 02 e 03 apenas nas análises iniciais, cinco dias após fabricação, sendo que nos demais períodos não foram observadas diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$) entre os lotes. Para o outro método de avaliação da capacidade de derretimento, entretanto, somente no último dia de

avaliação, quarenta dias após a data de fabricação, houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os lotes.

Tabela 6 - Análises de derretimento método 1 e método 2 e liberação de óleo dos queijos mussarela de acordo com o lote fabricado e os períodos de armazenamento*.

Amostras	Período de maturação em dias					p-valor
	5	10	20	30	40	
Derretimento 1 (mm)						
Lote 01	4,83 ^{Eab} ±0,29	18,33 ^D ±0,58	34,00 ^C ±1,73	39,00 ^B ±3,46	45,67 ^A ±3,05	<0,00001
Lote 02	2,67 ^{Bb} ±0,58	22,67 ^{AB} ±2,52	32,67 ^{AB} ±2,52	37,00 ^{AB} ±7,21	41,67 ^A ±2,89	<0,00001
Lote 03	7,67 ^{Da} ±2,52	17,67 ^C ±3,21	38,33 ^B ±2,89	40,00 ^{AB} ±5,00	41,33 ^A ±4,16	0,02410
p-valor	0,01831	0,08212	0,06473	0,79681	0,15112	
Derretimento 2 (%)						
Lote 01	37,33 ^B ±4,51	42,33 ^{AB} ±4,04	79,33 ^{AB} ±10,97	71,00 ^{AB} ±4,58	79,33 ^{Aa} ±5,51	0,01890
Lote 02	32,00 ^B ±7,00	45,67 ^{AB} ±8,14	69,33 ^{AB} ±3,21	76,33 ^{AB} ±7,64	81,67 ^{Ab} ±2,31	0,02330
Lote 03	33,00 ^D ±4,36	56,67 ^C ±5,51	73,67 ^B ±4,04	75,00 ^B ±5,20	96,00 ^{Ab} ±7,55	<0,00001
p-valor	0,48480	0,06449	0,28859	0,55432	0,02079	
Liberação de óleo (%)						
Lote 01	5,42 ^C ±0,80	6,63 ^{Aa} ±0,47	7,33 ^A ±0,29	5,67 ^{BC} ±0,35	6,50 ^{AB} ±0,50	0,00649
Lote 02	5,15 ^B ±0,56	4,73 ^{Bb} ±0,71	6,50 ^A ±0,50	6,67 ^A ±0,76	6,83 ^A ±0,58	0,00590
Lote 03	5,27 ^B ±0,25	5,53 ^{Bb} ±0,35	6,67 ^A ±0,42	6,23 ^A ±0,25	6,77 ^A ±0,25	0,00044
p-valor	0,85776	0,01339	0,10044	0,12887	0,66734	

*Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

**Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na linha, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

A capacidade de derretimento de um queijo está diretamente associada ao efeito proteolítico da cultura láctica. Quanto maior este efeito, maior a tendência de ocorrer derretimento. O derretimento do queijo está relacionado com a ruptura da matriz de proteína por aquecimento com a fusão de gordura encapsulada e com o enfraquecimento das interações proteína-proteína permitindo o movimento no interior da matriz de proteína o que faz o queijo fluir (LUCEY; JOHNSON; HORNE, 2003). Mussarela de baixo teor de gordura é conhecida por ter derretimento insuficiente/inadequado (TUNICK et al., 1995), pois as gotículas de

gordura são espaçadas dentro de uma rede densa de caseína, não sendo suficientes para perturbar a matriz de proteína por aquecimento.

Os resultados de Pizaia et al. (2003) mostraram valores de derretimento superiores quando comparados com os resultados obtidos neste trabalho, o que pode ser explicado pelos valores de proteólise que também foram superiores.

O fato de obter-se o queijo mussarela com menor capacidade de derretimento, como ocorreu nestes lotes fabricados, pode ser benéfico se considerado que tal fato aumenta o período de comercialização do queijo para uso em pizza (PIZAIA et al., 2003).

Esta propriedade funcional do queijo Mussarela é particularmente importante na confecção de alimentos prontos para consumo imediatamente após aquecimento, como pizzas e lasanhas, nos quais o queijo mussarela é utilizado como ingrediente de cobertura. Deste modo, uma alta capacidade de derretimento, pode determinar uma maior fluidez do queijo derretido e, portanto, uma perda das características de espalhamento do queijo no produto, causando uma menor aceitação por parte do consumidor (ANDREATTA, 2006). Queijos com alto percentual de gordura tem significativamente maior derretimento que queijos com baixo teor de gordura (CAIS-SOKOLINSKA; PIKUL, 2009).

Ao longo do tempo de maturação o queijo mussarela teve seus valores de derretimento aumentados significativamente, assim como a liberação de óleo (Tabela 6).

De acordo com Furtado (2005), quanto mais curada a mussarela for, melhor será seu derretimento sobre a pizza. Cais-Sokolińska e Pikul (2009) concluíram após avaliação de queijo mussarela com diferentes teores de gordura, realizando análises de derretimento pelos dois métodos (tubo – derretimento 1 e Schreiber – derretimento 2), que o percentual de gordura e o tempo de armazenamento influenciam nas características de derretimento do queijo. Os valores obtidos no derretimento do queijo mussarela neste trabalho estão bastante próximos os descritos por Shaker et al. (2012) onde o valor inicial estava em aproximadamente 35% e chegou ao final do tempo de estocagem em 90%.

Mussarela fresca é sempre mais dura e pouco solubilizada, apresentando dificuldade para o derretimento. O armazenamento a frio entre duas a três semanas melhora o derretimento, sem prejudicar a elasticidade. Esta afirmação de Furtado (2005) foi confirmada com os resultados apresentados, onde inicialmente o queijo mussarela apresentou valores inferiores para derretimento, já ao final de quarenta dias este valor aumentou consideravelmente.

De acordo com Shaker et al. (2012), o aumento no derretimento durante a estocagem está altamente associado com um aumento da proteólise, especialmente durante os primeiros

14 dias de cura. Segundo levantamento de dados industriais, o derretimento do queijo mussarela entre 30 e 50 milímetros (derretimento 1) ou então 70 e 90 % (derretimento 2) é ideal para aplicação em pratos quentes, desta forma o queijo mussarela fabricado estaria com qualidade desejável após 20 dias de maturação.

Segundo a legislação do MAPA (BRASIL, 1997) o queijo mussarela após 24 horas de estabilização e maturação, pode ser liberado para comercialização. Com este tempo de 24 horas, as características de derretimento são pouco desenvolvidas, apresentando qualidade inferior quanto a este atributo.

As análises de liberação de óleo para as amostras avaliadas apresentaram resultados bastante próximos entre os lotes para os diferentes tempos de estocagem, somente no décimo dia após fabricação observou-se diferença estatística ($p < 0,05$). Ao final do período de estocagem, os três lotes apresentaram o mesmo comportamento em relação à liberação de óleo.

A separação de gordura é um problema que ocorre com frequência em mussarela usada no preparo de pizzas. Considerando-se o teor de gordura do queijo e as altas temperaturas dos fornos, entretanto, a formação de gotas de gordura em quantidades mínimas é considerada aceitável, algo entre 10 a 20 % do total de gordura do queijo (FURTADO, 2005). 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 (TUNICK, 1994).

Os valores apresentados mostram que a liberação de óleo ficou acima do que é aceitável para aplicação do queijo mussarela em pratos quentes, isso se deve ao fato do teor de gordura no extrato seco estar acima do recomendado. Com a padronização do teor de gordura do leite, que não foi feita neste trabalho, seria possível corrigir este excesso de gordura no produto fabricado.

A liberação de óleo aumentou com o tempo de armazenamento do queijo, este aumento pode estar relacionado com a proteólise. Com o passar do tempo a matriz proteica aumenta sua porosidade, as microcavidades de agrupam formando cavidades maiores, aumentando a quantidade de óleo livre (KIELY et al., 1993). Com a proteólise ocorre a desagregação da matriz proteica que funciona como uma barreira física que evita a aglutinação dos glóbulos de gordura (OBERG, 1993).

Segundo Xixiu (2013), derretimento e liberação de óleo estão diretamente e geralmente correlacionados com o diâmetro dos glóbulos de gordura na mussarela, e não com o teor de umidade ou gordura, ou seja, quanto maiores forem os glóbulos de gordura, maior

será o derretimento e a liberação de óleo, ou seja, com o passar do tempo ocorre a proteólise, ocasionando o aumento dos glóbulos de gordura e como consequência aumento do derretimento e da liberação de óleo. Maturação extensa, maior que 50 dias, resulta em queijo mussarela com textura macia e excesso de liberação de óleo tornando-o menos interessante para uso em pizzas (KINDSTEDT, 2004).

5.1.3 Avaliação de cor

A Tabela 7 mostra os valores obtidos para a análise de cor (L^* , a^* , b^*) e também os valores do cálculo do índice de brancura WI, para os três lotes de queijos mussarela fabricados. Ao final de quarenta dias de maturação, os três lotes não apresentaram diferenças significativas entre eles ($p > 0,05$) para parâmetro cor.

A cor nos queijos está intimamente ligada à gordura do leite e, portanto, passível de variações sazonais. O queijo Mussarela tem como característica cor levemente amarelada (BRASIL, 1997), em concordância com as coordenadas encontradas na análise instrumental deste trabalho. Os resultados obtidos estão com valores ligeiramente mais altos para L^* , que os apresentados por Vieira (2010), ou seja, os queijos obtidos possuem tonalidade mais clara, resultado também comprovado pelos resultados obtidos para índice de brancura.

Os valores apresentados na Tabela 7 mostram as alterações do queijo mussarela com relação à cor no decorrer do tempo de estocagem. Pode-se observar que ocorreu diminuição do índice de brancura, ou seja, o queijo escureceu.

O escurecimento ocorrido na mussarela observado ao longo do tempo de maturação 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) pardos. As melaninas podem interagir com proteínas e formar complexos (FURTADO, 1999).

Tabela 7 - Análise de cor (L*, a*, b* e WI) dos queijos mussarela de acordo com o lote fabricado e os períodos de armazenamento*.

Amostras	Período de maturação em dias					p-valor
	5	10	20	30	40	
a*						
Lote 01	1,00 ^{ABb} ±0,03	0,86 ^{ABb} ±0,20	0,87 ^{Bb} ±0,03	1,69 ^{Aa} ±0,04	1,46 ^{AB} ±0,30	0,02000
Lote 02	1,03 ^b ±0,03	1,33 ^a ±0,06	1,27 ^{ab} ±0,36	1,33 ^b ±0,25	1,39 ±0,34	0,33780
Lote 03	1,13 ^{Ba} ±0,01	1,44 ^{Aa} ±0,04	1,44 ^{Aa} ±0,04	1,24 ^{Bb} ±0,18	1,19 ^B ±0,14	0,01809
p-valor	0,00067	0,00281	0,03805	0,04928	0,50113	
b*						
Lote 01	20,51 ^{Ca} ±0,19	18,50 ^{Db} ±0,80	22,19 ^{Bab} ±0,85	24,51 ^{Aa} ±0,41	23,76 ^A ±1,14	0,00001
Lote 02	19,37 ^{Bb} ±0,21	20,47 ^{Ba} ±0,34	22,71 ^{Ab} ±0,92	23,10 ^{Ab} ±0,52	23,33 ^A ±0,99	0,00008
Lote 03	19,74 ^{Db} ±0,19	20,74 ^{Ca} ±0,35	20,74 ^{Ca} ±0,35	22,08 ^{Bb} ±0,91	23,10 ^A ±0,59	0,00016
p-valor	0,00096	0,00439	0,04353	0,01079	0,69743	
L*						
Lote 01	89,97 ^{Ab} ±0,43	90,19 ^{Aa} ±0,40	88,52 ^{Bab} ±0,60	86,50 ^C ±0,156	87,21 ^C ±0,87	0,00003
Lote 02	89,94 ^{Ab} ±0,36	89,41 ^{Ab} ±0,19	88,08 ^{Bb} ±0,49	86,81 ^C ±1,196	86,88 ^{BC} ±0,70	0,00054
Lote 03	91,05 ^{Aa} ±0,15	89,42 ^{Bb} ±0,15	89,41 ^{Ba} ±0,15	87,95 ^C ±0,29	87,89 ^C ±0,16	0,00000
p-valor	0,01060	0,01929	0,02983	0,10315	0,23382	
WI						
Lote 01	92,06 ^{Bc} ±0,08	92,36 ^A ±0,14	91,69 ^C ±0,17	91,09 ^{Db} ±0,06	91,28 ^D ±0,27	0,00001
Lote 02	92,19 ^{Ab} ±0,03	91,95 ^A ±0,05	91,53 ^B ±0,19	91,33 ^{Bab} ±0,15	91,30 ^B ±0,23	0,00010
Lote 03	92,27 ^{Aa} ±0,04	91,90 ^B ±0,06	91,90 ^B ±0,06	91,59 ^{Ca} ±0,16	91,47 ^C ±0,07	0,00001
p-valor	0,00915	0,05090	0,06098	0,01050	0,52980	

*Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

**Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na linha, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

A maturação do queijo consiste em um sistema dinâmico envolvendo processos químicos, bioquímicos e microbiológicos. Os carotenóides ocorrem em alimentos, na forma de misturas simples de alguns compostos ou como misturas muito complexas. As misturas mais simples são encontradas em produtos de origem animal, devido à limitada habilidade desses organismos de absorver e depositar carotenóides. A cor dos carotenóides é resultado da

presença de um sistema de duplas ligações conjugadas. Para que a coloração amarela apareça são necessários, no mínimo, sete ligações conjugadas (ARAÚJO, 2004). 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.

5.1.4 Análise sensorial

Na Tabela 8 podem ser observados os valores obtidos na avaliação sensorial (teste de aceitação) com escala hedônica de nove pontos. Não foi observada diferença significativa ($p>0,05$) entre os lotes fabricados para os atributos sensoriais avaliados: cor, sabor, textura e aceitação global.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) para os atributos avaliados no decorrer do tempo de armazenamento. De acordo com os resultados, não ocorreram alterações significativas de sabor, cor, textura e na aceitação global dos queijos com o passar do tempo de maturação, nas condições do presente trabalho. Isso mostra que para os consumidores a aceitabilidade dos queijos permaneceu estatisticamente igual, mesmo para as amostras onde existiam diferenças nos parâmetros físico-químicos e de propriedades funcionais.

De acordo com os dados obtidos os queijos mussarela fabricados obtiveram notas que se encontram na faixa de: gostei ligeiramente a gostei muito, sugerindo boa aceitabilidade do produto nos períodos de maturação testados.

Os resultados obtidos condizem com os apresentados por Andreatta (2006) onde com a aplicação do teste de aceitabilidade não se percebeu diferença significativa para os atributos aroma, sabor, textura e aceitação global, em queijo mussarela avaliado com diferentes períodos de maturação.

Tabela 8 - Avaliações sensoriais de cor, sabor, textura e aceitação global dos queijos mussarela de acordo com os lotes fabricados e os períodos de armazenamento.

Amostras	Período de maturação em dias			<i>p</i> -valor
	5	20	40	
Cor				
Lote 01	7,17 ± 1,42	7,32 ± 1,20	7,32 ± 1,08	0,948
Lote 02	6,80 ± 1,57	7,13 ± 1,17	7,12 ± 1,26	0,507
Lote 03	6,88 ± 1,50	7,12 ± 1,46	7,02 ± 1,23	0,586
<i>p</i> -valor	0,335	0,701	0,491	
Sabor				
Lote 01	6,93 ± 1,51	7,33 ± 1,41	7,27 ± 1,33	0,207
Lote 02	6,67 ± 1,71	7,10 ± 1,56	7,10 ± 1,56	0,189
Lote 03	7,19 ± 1,17	7,23 ± 1,63	6,85 ± 1,75	0,364
<i>p</i> -valor	0,401	0,793	0,518	
Textura				
Lote 01	6,85 ± 1,73	7,22 ± 1,57	6,98 ± 1,55	0,437
Lote 02	6,67 ± 1,77	7,13 ± 1,53	7,13 ± 1,38	0,299
Lote 03	6,72 ± 1,63	6,95 ± 1,83	6,67 ± 2,05	0,549
<i>p</i> -valor	0,794	0,814	0,773	
Aceitação Global				
Lote 01	7,05 ± 1,35	7,32 ± 1,36	7,32 ± 1,07	0,488
Lote 02	7,07 ± 1,62	7,13 ± 1,36	7,10 ± 1,32	0,363
Lote 03	6,93 ± 1,63	7,07 ± 1,62	6,93 ± 1,63	0,795
<i>p</i> -valor	0,647	0,765	0,638	

*Onde $p > 0,05$ indica não haver diferença significativa entre valores de uma mesma coluna ou na mesma linha.

5.1.5 Análise de textura

Na Tabela 9 podem ser observados os dados da avaliação do perfil de textura dos queijos fabricados. Estatisticamente, existem diferenças ($p < 0,05$) entre os lotes, em relação aos parâmetros analisados, em pelo menos um tempo de maturação, devido a variação da composição físico-química dos queijos.

A elasticidade da mussarela somente apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) no tempo de cinco dias de maturação, não tendo sido observada diferença nos demais períodos, ou seja, após a estabilidade inicial, as três amostras se apresentaram iguais. Para o parâmetro resiliência, a diferença significativa entre os lotes ($p < 0,05$) pôde ser observada em todos os tempos de maturação. Os parâmetros de coesividade, gomosidade e mastigabilidade apresentaram, ao final de 40 dias de maturação, diferença significativa ($p < 0,05$) entre os três lotes de queijo fabricados. Sensorialmente as diferenças de textura entre os lotes não foram percebidas pelos provadores.

Os três lotes apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao perfil de textura, com o passar do tempo, em todos os parâmetros. Os resultados das análises de dureza mostram que ao final de 40 dias de maturação, os três lotes são iguais em relação a este parâmetro, provavelmente devido as alterações que ocorreram com o passar do tempo de estocagem. Segundo Furtado (2005), a mussarela jovem possui a matriz proteica rígida, devido à baixa proteólise, e tende a não se deformar com facilidade. Esta afirmação corrobora com os resultados obtidos, pois a mussarela com cinco dias de maturação apresenta os maiores valores relacionados à todos os parâmetros de textura. Com o passar do tempo de maturação ocorre evolução da proteólise e em consequência, o queijo perde dureza e os valores dos parâmetros de textura diminuem.

O queijo mussarela, de maneira geral, tem constituição pouco homogênea, devido a vários fatores, como: a massa onde as fibras não permanecem na mesma direção, efeitos estruturais, como pequenas bolhas e problemas de fusão da massa. Outro problema comum em queijos com baixa proteólise, caso do queijo mussarela, é o preparo da amostra de maneira reprodutível. No momento em que se efetua a retirada na amostra para análise, uma vez que o queijo possui pequena deformação elástica e as amostras tendem a ter o diâmetro inferior em umas das extremidades (VAN VLIET; PELEG, 1991). Todos estes fatores podem interferir gerando variações dos valores na análise de textura.

Tabela 9 - Avaliações do perfil de textura dos queijos mussarela *.

Amostras	Período de maturação em dias					p-valor
	5	10	20	30	40	
Dureza						
Lote 01	1437,02 ^{Aa} ±152,99	1198,08 ^{AB} ±291,50	588,63 ^{Cab} ±91,19	729,46 ^{BCa} ±127,59	777,15 ^{ABC} ±96,52	0,00010
Lote 02	1284,36 ^{Aa} ±386,80	987,59 ^{AB} ±123,91	673,34 ^{Ba} ±118,50	759,84 ^{Ba} ±112,10	828,97 ^{AB} ±213,11	0,00130
Lote 03	938,13 ^{Ab} ±216,79	874,48 ^A ±182,98	525,44 ^{ABb} ±30,33	416,75 ^{Bb} ±45,46	607,91 ^{AB} ±107,82	0,00010
<i>p</i> -valor	0,01767	0,05900	0,02590	0,00005	0,05195	
Elasticidade						
Lote 01	0,88 ^{Aa} ±0,02	0,80 ^B ±0,09	0,80 ^B ±0,06	0,76 ^B ±0,05	0,80 ^B ±0,05	0,00194
Lote 02	0,84 ^{Ab} ±0,01	0,79 ^B ±0,03	0,78 ^B ±0,05	0,79 ^B ±0,04	0,78 ^B ±0,02	0,01627
Lote 03	0,84 ^{Ab} ±0,02	0,81 ^B ±0,02	0,76 ^C ±0,02	0,78 ^{BC} ±0,01	0,78 ^{BC} ±0,02	0,00002
<i>p</i> -valor	0,01268	0,44278	0,36552	0,34592	0,43040	
Coesividade						
Lote 01	0,76 ^A ±0,01	0,71 ^{BCab} ±0,02	0,74 ^{ABa} ±0,04	0,70 ^C ±0,03	0,72 ^{BCa} ±0,03	0,03193
Lote 02	0,75 ^A ±0,01	0,69 ^{BCb} ±0,02	0,69 ^{BCb} ±0,03	0,72 ^B ±0,04	0,69 ^{Cb} ±0,01	0,00097
Lote 03	0,76 ^A ±0,01	0,73 ^{Ba} ±0,02	0,69 ^{Cb} ±0,01	0,69 ^C ±0,01	0,62 ^{Dc} ±0,01	<0,00001
<i>p</i> -valor	0,37120	0,02478	0,00780	0,36570	0,00001	
Gomosidade						
Lote 01	1087,83 ^{Aa} ±122,34	860,55 ^{AB} ±227,84	432,69 ^{Ca} ±61,50	513,73 ^{BCa} ±100,88	561,79 ^{ABCa} ±78,86	0,00010
Lote 02	968,64 ^{Aab} ±308,29	681,83 ^{AB} ±79,71	465,68 ^{Ba} ±84,09	549,56 ^{Ba} ±111,24	568,20 ^{Ba} ±144,27	0,00050
Lote 03	716,02 ^{Ab} ±168,60	637,06 ^A ±145,88	362,44 ^{ABb} ±21,04	286,05 ^{Bb} ±30,03	377,92 ^{ABb} ±64,36	0,00010
<i>p</i> -valor	0,02623	0,10400	0,00780	0,00021	0,00815	
Mastigabilidade						
Lote 01	954,20 ^{Aa} ±127,12	689,10 ^{AB} ±175,54	347,00 ^C ±66,17	391,06 ^{BCa} ±79,08	453,63 ^{ABCa} ±81,84	0,00010
Lote 02	811,62 ^{Aab} ±268,34	537,88 ^{AB} ±71,14	364,71 ^B ±83,57	439,10 ^{Ba} ±111,26	441,53 ^{Ba} ±109,67	0,00080
Lote 03	602,92 ^{Ab} ±140,30	514,40 ^A ±121,62	274,54 ^B ±15,34	222,77 ^{Bb} ±24,03	294,99 ^{ABb} ±56,32	0,00010
<i>p</i> -valor	0,01914	0,06991	0,06220	0,00075	0,00973	
Resiliência						
Lote 01	0,36 ^{Ab} ±0,01	0,33 ^{Ba} ±0,02	0,35 ^{Aa} ±0,03	0,30 ^{Cab} ±0,01	0,33 ^{Ba} ±0,01	0,00003
Lote 02	0,36 ^{Ab} ±0,02	0,28 ^{Cb} ±0,02	0,29 ^{BCab} ±0,01	0,31 ^{Ba} ±0,02	0,30 ^{BCb} ±0,01	0,00000
Lote 03	0,39 ^{Aa} ±0,01	0,33 ^{ABa} ±0,03	0,27 ^{BCb} ±0,01	0,28 ^{ABCb} ±0,01	0,26 ^{Cc} ±0,01	0,00010
<i>p</i> -valor	0,02169	0,00408	0,00130	0,04600	<0,00001	

*Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

**Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na linha, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

5.2 AVALIAÇÃO DE AMOSTRAS COMERCIAIS

5.2.1 Avaliações físico-químicas

Conforme valores apresentados na Tabela 10, as amostras comerciais apresentaram os valores de umidade dentro do esperado para queijo mussarela no Brasil. Em relação a análise de gordura, somente a amostra F se mostrou dentro da composição média para queijo mussarela no Brasil e para análise de proteína, somente a amostra F não apresentou o resultado esperado. Os valores descritos como composição para queijo mussarela no Brasil são: de 45 a 48 % de umidade, 22 a 24 % de gordura, 5,2 de pH e 20 a 22 % de proteína (FURTADO, 1997). Os valores de percentual de gordura e GES estão um pouco acima do recomendado para mussarela para pizza, sendo o ideal de gordura no extrato seco do queijo de 40 a 42 %. A única amostra que apresentou teor de gordura dentro da faixa foi a amostra F, com 41,3 %.

Tabela 10 - Análises de umidade, Aw, gordura, gordura extrato seco (GES) e proteína das amostras comerciais dos queijos mussarela*.

Amostras	Umidade (%)	Aw	Gordura (%)	GES (%)	Proteína (%)
A	46,96 ^a ±0,17	0,976 ^{ab} ±0,001	29,33 ^a ±1,53	55,29 ^a ±2,70	23,02 ^{ab} ±0,54
B	45,92 ^b ±0,03	0,975 ^{ab} ±0,001	26,83 ^b ±0,29	49,62 ^b ±0,55	25,37 ^{ab} ±0,50
C	45,68 ^b ±0,36	0,966 ^{ab} ±0,005	26,83 ^b ±1,04	49,41 ^b ±2,18	22,92 ^{ab} ±0,43
D	45,35 ^b ±0,99	0,963 ^{ab} ±0,003	26,17 ^b ±0,72	47,89 ^b ±1,94	23,70 ^{ab} ±0,48
E	47,76 ^a ±0,16	0,977 ^a ±0,001	26,67 ^b ±2,08	51,04 ^b ±3,97	22,50 ^b ±0,45
F	45,13 ^b ±0,30	0,962 ^b ±0,001	22,67 ^c ±0,29	41,31 ^c ±0,43	27,65 ^a ±0,92
<i>p</i> -valor	0,00009	0,01120	0,00066	0,00028	0,01150

*Médias seguidas de letra diferentes na coluna, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$), pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

A atividade de água, como esperado, está correlacionada positivamente com os valores de umidade, ou seja, as amostras com maior teor de umidade foram as quais apresentaram maior valor para análise de atividade de água.

Em relação à legislação, mesmo as amostras de queijos comerciais apresentando diferenças significativas ($p < 0,05$) entre si, todas as marcas mostraram atender a legislação,

sendo umidade máxima de 60 % (g/100g) e gordura no extrato seco (GES) mínimo de 35 % (g/100g) (BRASIL, 1997).

Os percentuais de matéria gorda no extrato seco e umidade classificam os queijos mussarela comerciais da seguinte forma (BRASIL, 1996):

Amostra A = queijo de alta umidade e queijo gordo;

Amostra B = queijo de média umidade e queijo gordo;

Amostra C = queijo de média umidade e queijo gordo;

Amostra D = queijo de média umidade e queijo gordo;

Amostra E = queijo de alta umidade e queijo gordo;

Amostra F = queijo de alta umidade e queijo semigordo.

Para as análises de sal, cinzas, pH e acidez houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as marcas analisadas (Tabela 19). O percentual de sal variou entre as amostras. Os valores obtidos estão divergentes dos valores encontrados na literatura em média, sendo entre 1,33 % e 1,72 % (BARBANO, et al., 1993). Furtado e Lourenço Neto (1994) citam valores entre 1,4 % e 1,8 % para mussarela brasileira. O teor de sal das amostras A, B, E e F apresentaram valor inferior aos de referência. A média do teor de sal das amostras de queijo mussarela comerciais ficou em 1,18 %.

Quanto maior o teor de sal do queijo, pior será o derretimento da massa, ou seja, o queijo terá dificuldade de derreter. Teores elevados de sal diminuem a proteólise e favorece a emulsificação da fase gordurosa, pois através da troca iônica, o sódio desloca o cálcio do paracaseinato, aumentando sua capacidade emulsificante e, em consequência, com maior poder de retenção de gordura (FURTADO, 2005). As amostras comerciais com teor mais elevado de sal tendem a derreter menos quando aquecidas.

Tabela 11 - Análises de cinzas, sal, atividade de água (Aw), pH e acidez das amostras comerciais dos queijos mussarela*.

Amostras	Cinzas (%)	Sal (%)	pH	Acidez (°D)
A	3,79 ^c ±0,23	1,04 ^{ab} ±0,02	5,39 ^a ±0,00	11,91 ^{cd} ±1,04
B	3,39 ^d ±0,05	0,59 ^b ±0,03	5,38 ^{ab} ±0,00	11,64 ^d ±1,16
C	3,94 ^{bc} ±0,06	1,42 ^{ab} ±0,04	5,25 ^{ab} ±0,00	18,94 ^a ±1,40
D	4,59 ^a ±0,08	1,85 ^a ±0,03	5,34 ^{ab} ±0,01	13,53 ^{bc} ±0,20
E	3,48 ^d ±0,02	0,99 ^b ±0,03	4,94 ^b ±0,01	14,46 ^b ±0,19
F	4,10 ^b ±0,01	1,00 ^{ab} ±0,01	5,06 ^{ab} ±0,01	18,21 ^a ±1,45
<i>p</i> -valor	<0,00001	0,00640	0,00480	<0,00001

*Médias seguidas de letra diferentes na coluna, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$), pelo teste pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

Os valores de pH das amostras variaram de 4,94 a 5,39, concordando com os descritos por Furtado e Lourenço Neto (1994) para este tipo de queijo. Estes valores provavelmente estão ligados a variação de pH do momento da filagem, o qual pode variar de 4,8 a 5,5, segundo Furtado (2005).

A acidez teve variação entre as marcas de queijo mussarela analisadas. Estas diferenças de pH e acidez encontradas nas diferentes amostras comerciais, podem estar associadas as diferentes culturas lácticas utilizadas nos processos de fabricação, pois segundo Furtado (1990) a finalidade de se utilizarem culturas lácticas em queijo mussarela e também em outros queijo é elevar a acidez e diminuir o pH da massa, facilitando a coagulação, a dessoragem e a filagem, bem como melhorando as características sensoriais do queijo e sua conservação.

5.2.2 Proteólise, capacidade de derretimento e liberação de óleo

Os resultados das análises (Tabela 12) relacionadas à proteólise apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). Os valores de extensão de proteólise foram os maiores em comparação com a profundidade de proteólise.

Tabela 12 - Análises de proteólise, extensão de proteólise e profundidade de proteólise das amostras comerciais dos queijos mussarela*.

Amostras	Proteólise	Extensão de proteólise	Profundidade de proteólise
A	0,93 ^c ±0,01	7,92 ^c ±0,92	1,29 ^b ±0,09
B	0,91 ^{ab} ±0,01	10,09 ^{ab} ±0,59	1,42 ^{ab} ±0,03
C	0,95 ^d ±0,00	6,66 ^d ±0,53	1,37 ^{ab} ±0,08
D	0,92 ^{bc} ±0,00	9,07 ^b ±0,39	1,43 ^{ab} ±0,02
E	0,91 ^b ±0,01	10,85 ^a ±0,60	1,83 ^{ab} ±0,05
F	0,95 ^a ±0,01	6,38 ^d ±0,68	2,01 ^a ±0,06
<i>p</i> -valor	0,00001	0,00001	0,01650

*Médias seguidas de letra diferentes na coluna, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$), pelo teste pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

Foram observados elevados valores para índice de extensão de proteólise e baixos para a profundidade de proteólise. Estes resultados indicam que ocorreu degradação das proteínas. Com base nos maiores valores de extensão de proteólise, a ação proteolítica foi do coelho sobre as caseínas (WOLFSCHOON-POMBO, 1983). Substâncias nitrogenadas de baixa massa molar são liberadas como resultado da ação proteolítica das enzimas provenientes dos micro-organismos que compõe a cultura láctica; desta forma, como resultado, tem-se a profundidade de proteólise, que para as amostras comerciais avaliadas revelou baixa ação/atividade.

Diferença significativa também foi observada para as análises de derretimento, pelos dois métodos, e liberação de óleo. A amostra que apresentou menor capacidade de derretimento foi a única amostra classificada como queijo semi gordo, ou seja, a amostra F; esta amostra apresentou menor percentual de gordura e em conseqüência, menor capacidade de derretimento, pois segundo Furtado (2005), quanto maior for o teor de gordura, mais facilitado será o processo de derretimento. A amostra F também apresentou o menor valor, entre as marcar analisadas, para liberação de óleo o que também se relaciona ao teor de gordura mais baixo quando comparado com as demais amostras. Os resultados das análises de derretimento e liberação de óleo estão mostrados na Tabela 13.

Tabela 13 - Análises de derretimento pelos métodos 1 e 2 e liberação de óleo das amostras comerciais dos queijos mussarela*.

Amostras	Derretimento 1 (mm)	Derretimento 2 (%)	Liberação de óleo (%)
A	40,33 ^{ab} ±1,53	82,67 ^b ±1,53	2,70 ^c ±0,26
B	33,33 ^{ab} ±3,79	74,70 ^{bc} ±7,99	2,47 ^c ±0,25
C	79,00 ^b ±1,73	101,93 ^a ±17,16	3,60 ^b ±0,10
D	22,00 ^{ab} ±3,00	59,17 ^c ±15,93	5,10 ^a ±0,30
E	25,00 ^{ab} ±1,73	71,93 ^{bc} ±4,70	2,50 ^c ±0,40
F	9,33 ^b ±0,58	31,67 ^d ±0,85	1,33 ^d ±0,15
<i>p</i> -valor	0,00600	0,00007	<0,00001

*Médias seguidas de letra diferentes na coluna, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$), pelo teste pelo o teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

A amostra D também apresentou baixa capacidade de derretimento, característica que pode estar associada ao teor de sal elevado. Quanto mais elevado o teor de sal do queijo, pior será o derretimento da massa (FURTADO, 2005).

5.2.3 Avaliação de cor

Os resultados da análise colorimétrica para as amostras apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre si, sendo o índice de brancura (WI) de 89,6 para a amostra A, mais escura, e 90,1 para a amostra C mais clara. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 14.

As amostras comerciais possuem índice de brancura menor do que os queijos mussarela produzidos experimentalmente, ou seja, as marcas analisadas são mais escuras que os queijos produzidos. Uma explicação para este fato é o uso de corantes nos produtos industriais, os quais dão colocação levemente amarelada aos queijos. Segundo Brasil (1996) a utilização de aditivos nos queijos é permitida, desde que estejam de acordo com os limites preconizados na legislação vigente.

Tabela 14 - Análises de cor (L, a*, b* e WI) das amostras comerciais dos queijos mussarela*.

Amostras	a*	b*	L*	WI*
A	4,14 ^a ±0,32	33,35 ^{ab} ±1,18	83,15 ^c ±0,11	89,57 ^c ±0,14
B	3,93 ^a ±0,62	33,73 ^a ±1,40	83,10 ^c ±0,71	89,56 ^c ±0,25
C	2,75 ^b ±0,03	32,68 ^{ab} ±0,21	86,26 ^a ±0,11	90,08 ^a ±0,02
D	4,33 ^a ±0,08	33,88 ^a ±0,17	84,37 ^b ±0,29	89,62 ^c ±0,01
E	2,98 ^b ±0,02	30,67 ^c ±0,11	84,05 ^b ±0,04	90,04 ^{ab} ±0,01
F	2,21 ^c ±0,01	32,12 ^b ±0,14	83,01 ^c ±0,11	89,87 ^b ±0,02
<i>p</i> -valor	<0,00001	0,00198	0,01050	0,00023

*Médias seguidas de letra diferentes na coluna, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$), pelo teste pelo o teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

Schiftan e Komatsu (1979) analisaram 120 marcas de queijo mussarela comerciais do estado de São Paulo e concluíram que estas apresentaram grande variação na sua composição, porém de acordo com a legislação preconizada. Etges (2011) avaliou 50 amostras de queijo mussarela comercializado na região noroeste do Rio Grande do Sul e a conclusão foi de que existia diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras comercializadas, demonstrando que não há um padrão uniforme para queijo mussarela.

5.2.4 Análise de textura

As análises de textura (TPA) mostraram que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as marcas avaliadas de queijo mussarela (Tabela 15). A amostra F apresentou maiores valores para dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade. Esta maior dureza entre as marcas analisadas pode estar associada à amostra com menor teor de gordura. Uma das consequências desta dureza alta foi que apresentou os menores valores para derretimento.

Tabela 15 - Avaliação do perfil de textura (TPA) das amostras comerciais dos queijos mussarela*.

Amostras	Dureza (g)	Elasticidade**	Coabilidade**	Gomosidade**	Mastigabilidade**	Resiliência**
A	786,50 ^{bc} ±195,64	0,77 ^b ±0,011	0,69 ^{bc} ± 0,01	546,35 ^{bc} ±133,97	420,84 ^{bc} ±103,22	0,32 ^b ±0,01
B	653,03 ^c ±66,83	0,77 ^b ±0,016	0,70 ^{ac} ±0,01	455,07 ^c ±47,21	350,75 ^c ±37,52	0,32 ^{ab} ±0,01
C	1071,98 ^{abc} ±141,89	0,76 ^b ±0,031	0,70 ^{ac} ±0,02	749,74 ^{abc} ±85,42	567,25 ^{abc} ±64,94	0,33 ^{ab} ±0,01
D	1451,94 ^{ab} ±315,48	0,77 ^b ±0,016	0,67 ^c ±0,01	978,61 ^{ab} ±217,14	756,11 ^{ab} ±180,52	0,32 ^b ±0,01
E	776,66 ^{bc} ±95,92	0,78 ^b ±0,02	0,72 ^{ab} ±0,01	560,67 ^{bc} ±67,95	437,39 ^{bc} ±57,36	0,34 ^{ab} ±0,01
F	2732,34 ^a ±287,57	0,83 ^a ±0,02	0,76 ^a ±0,01	2090,12 ^a ±225,61	1739,91 ^a ±219,94	0,40 ^a ±0,01
p-valor	<0,00001	0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	0,00050

*Médias seguidas de letra diferentes na coluna, indicam que há diferença significativa entre os valores ($p < 0,05$), pelo teste de Fisher ou Kruskal-Wallis.

** Medidas adimensionais.

5.3 ANÁLISE MULTIVARIADA

Análise de correlação foi realizada com os parâmetros físico-químicos, análise instrumental de cor e propriedades funcionais, entre os três lotes fabricados ao longo do tempo de maturação e também foram inclusas nesta análise as amostras comerciais. Pode-se verificar, na Tabela 16, que os valores dos parâmetros colorimétricos estão todos correlacionados, pois são obtidos por intermédio de uma mesma medida experimental.

Tabela 16 – Correlação de Spearman* aplicada para análises físico-químicas, colorimétricas e propriedades funcionais dos lotes fabricados (n=15) e amostras comerciais (n=6).

	Umidade	Aw	Cinzas	Sal	pH	Acidez	Proteína	Proteólise	Extensão	Profundidade	Gordura	GES	a	b	L	WI	Derretimento 1	Derretimento 2	Lib. óleo
Umidade	1,000 p=---																		
Aw	0,556 p=0,009	1,000 p=---																	
Cinzas	-0,459 p=0,036	-0,658 p=0,001	1,000 p=---																
Sal	-0,257 p=0,262	-0,665 p=0,001	0,582 p=0,006	1,000 p=---															
pH	0,018 p=0,940	-0,224 p=0,328	0,427 p=0,054	0,245 p=0,285	1,000 p=---														
Acidez	-0,039 p=0,867	0,054 p=0,816	-0,431 p=0,052	0,106 p=0,643	-0,566 p=0,007	1,000 p=---													
Proteína	-0,484 p=0,026	-0,078 p=0,737	0,514 p=0,018	-0,139 p=0,547	0,181 p=0,432	-0,393 p=0,079	1,000 p=---												
Proteólise	-0,005 p=0,984	0,338 p=0,134	0,157 p=0,493	-0,396 p=0,077	0,194 p=0,401	-0,528 p=0,015	0,473 p=0,032	1,000 p=---											
Extensão de proteólise	-0,073 p=0,754	-0,301 p=0,184	0,556 p=0,010	-0,001 p=0,998	0,457 p=0,037	-0,695 p=0,001	0,497 p=0,023	0,510 p=0,019	1,000 p=---										
Profundidade de proteólise	-0,015 p=0,949	-0,612 p=0,003	0,190 p=0,407	0,439 p=0,048	-0,0883 p=0,703	0,164 p=0,475	-0,306 p=0,176	-0,609 p=0,004	0,126 p=0,583	1,000 p=---									
Gordura	0,062 p=0,790	0,081 p=0,728	-0,322 p=0,154	0,200 p=0,384	-0,125 p=0,590	0,539 p=0,012	-0,663 p=0,001	-0,423 p=0,056	-0,529 p=0,014	0,194 p=0,399	1,000 p=---								
GES	0,290 p=0,203	0,202 p=0,380	-0,391 p=0,081	0,142 p=0,537	-0,122 p=0,598	0,469 p=0,033	-0,732 p=0,000	-0,412 p=0,064	-0,542 p=0,012	0,144 p=0,530	0,943 p=0,000	1,000 p=---							
a	-0,153 p=0,509	-0,179 p=0,437	0,525 p=0,014	-0,036 p=0,878	0,513 p=0,017	-0,572 p=0,007	0,533 p=0,013	0,547 p=0,010	0,818 p=0,000	-0,083 p=0,720	-0,336 p=0,136	-0,348 p=0,123	1,000 p=---						
b	-0,234 p=0,307	-0,351 p=0,119	0,766 p=0,000	0,157 p=0,498	0,558 p=0,009	-0,635 p=0,002	0,658 p=0,001	0,414 p=0,062	0,879 p=0,000	0,061 p=0,793	-0,473 p=0,031	-0,492 p=0,024	0,857 p=0,000	1,000 p=---					
L	0,240 p=0,294	0,367 p=0,101	-0,758 p=0,000	-0,103 p=0,656	-0,437 p=0,048	0,648 p=0,001	-0,683 p=0,001	-0,370 p=0,099	-0,854 p=0,000	-0,130 p=0,575	0,541 p=0,011	0,563 p=0,008	-0,823 p=0,000	-0,949 p=0,000	1,000 p=---				
WI	0,214 p=0,351	0,333 p=0,140	-0,735 p=0,000	-0,106 p=0,648	-0,523 p=0,015	0,651 p=0,001	-0,670 p=0,001	-0,395 p=0,076	-0,884 p=0,000	-0,087 p=0,708	0,486 p=0,026	0,501 p=0,021	-0,867 p=0,000	-0,988 p=0,000	0,977 p=0,000	1,000 p=---			
Derretimento 1	0,021 p=0,927	-0,441 p=0,046	0,404 p=0,070	0,438 p=0,048	0,488 p=0,025	-0,222 p=0,332	0,013 p=0,955	-0,217 p=0,343	0,483 p=0,028	0,451 p=0,041	0,057 p=0,808	-0,016 p=0,948	0,318 p=0,160	0,464 p=0,034	-0,420 p=0,058	-0,457 p=0,037	1,000 p=---		
Derretimento 2	0,092 p=0,693	-0,312 p=0,169	0,362 p=0,106	0,358 p=0,111	0,502 p=0,021	-0,188 p=0,414	0,120 p=0,606	-0,187 p=0,417	0,466 p=0,033	0,355 p=0,115	-0,017 p=0,942	-0,105 p=0,652	0,259 p=0,256	0,481 p=0,027	-0,410 p=0,065	-0,461 p=0,036	0,904 p=0,000	1,000 p=---	
Liberção de óleo	0,100 p=0,666	-0,298 p=0,189	-0,123 p=0,596	0,515 p=0,017	-0,026 p=0,911	0,390 p=0,081	-0,573 p=0,006	-0,733 p=0,000	-0,430 p=0,052	0,585 p=0,005	0,540 p=0,011	0,478 p=0,028	-0,596 p=0,004	-0,396 p=0,075	0,459 p=0,037	0,431 p=0,051	0,287 p=0,208	0,342 p=0,130	1,000 p=---

*A correlação é significativa para valores de $p < 0,05$.

Conforme pode ser observado, muitos dos parâmetros estão correlacionados, A_w e umidade, como esperados, estão correlacionados positivamente, assim como a A_w também apresenta correlação com o sal e cinzas, porém esta correlação é negativa, ou seja, quanto maior o teor de sal do queijo, menor será sua atividade de água. Existe correlação positiva de cinzas com sal, pois se a quantidade de sódio aumenta é natural aumento do teor de cinzas.

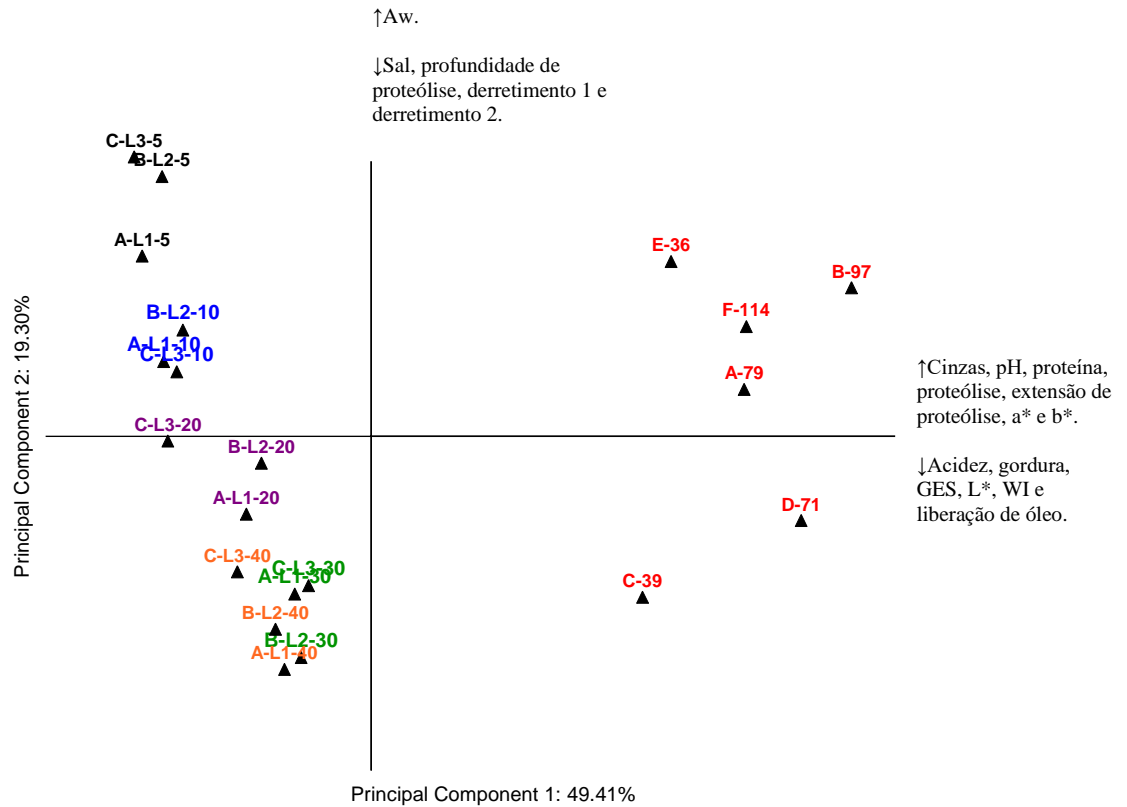
Os parâmetros de cor estão correlacionados com vários parâmetros analisados. O índice de brancura (WI) apresenta correlação negativa com cinzas, pH, proteína, derretimento 1, derretimento 2 e extensão de proteólise e correlação positiva com acidez e gordura. Estas correlações podem ser explicadas pela maturação do queijo, pois com o passar do tempo o queijo mussarela tem aumento da extensão de proteólise, da capacidade de derretimento, aumento do valor de pH e diminuição de acidez. Como resultado destas alterações tem-se a correlação com o índice de brancura, devido às reações que levam ao escurecimento do queijo com o tempo de maturação, conforme descrito por Furtado (1999).

As análises de derretimento estão correlacionadas positivamente entre si e apresentam, por sua vez estas correlações positivas com os parâmetros de extensão de proteólise, profundidade de proteólise e pH. Quanto mais maturados, maiores os valores de extensão e profundidade de proteólise e maior será o derretimento do queijo mussarela.

Observou-se correlação positiva entre a liberação de óleo e os parâmetros de profundidade de proteólise, gordura e gordura extrato seco, ou seja, há maior liberação de óleo quanto maior o teor de gordura da mussarela e maior a proteólise. Segundo Furtado (2005), alguns fatores tendem a aumentar a proteólise e obviamente aumentam a liberação de óleo que é considerada problema para aplicação em pratos quentes, sendo eles: uso de coalhos muito proteolíticos, armazenamento ou cura muito prolongados, temperaturas altas de armazenamento, porcentagem excessiva de bacilos nos cultivos e uso isolado ou excessivo de *Lactobacillus helveticus*.

A análise de componentes principais (ACP) foi realizada para verificar o comportamento das amostras em relação às variáveis analisadas, obtendo-se a distribuição das amostras em um plano CP1 x CP2, que representam 68,70 % da variância total dos dados. Pode-se observar na Figura 5 que as amostras comerciais ficaram isoladas dos dois outros grupos pelo fato de apresentarem maiores valores de extensão de proteólise e menores valores de acidez, cor (L) e gordura. As amostras dos lotes 01, 02 e 03, com 20, 30 e 40 dias de maturação ficaram próximas provavelmente por apresentarem os maiores valores de derretimento, sal e profundidade de proteólise.

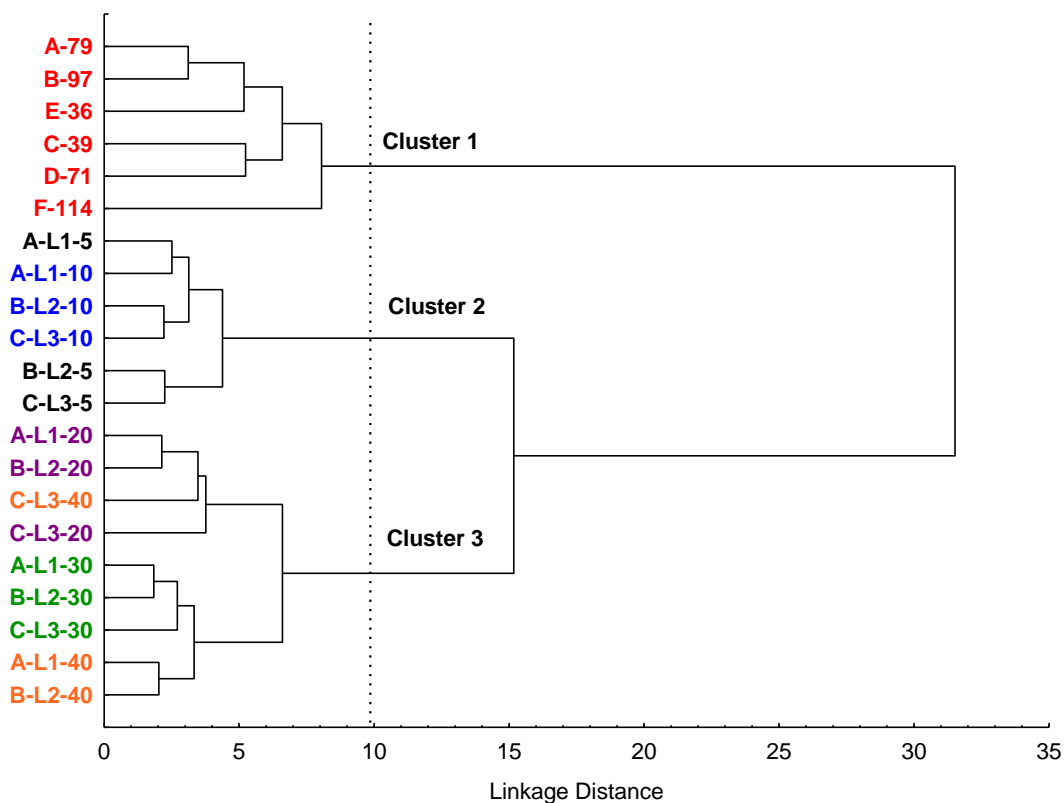
Figura 5. Análise de componentes principais aplicada às amostras de queijos mussarela.



Nota: A-L1, B-L2 e C-L3 significam respectivamente amostras do lote 1, lote 2 e lote 3 e são seguidas de número 5, 10, 20, 30 ou 40, significando os dias de maturação das amostras de queijo mussarela.

A análise hierárquica de agrupamentos (AHA) complementa a análise de componentes principais (ACP), sendo outra forma de visualizar as semelhanças e diferenças na composição dos queijos mussarela. Os três grupos observados na análise de componentes principais se mantêm quando aplicada a análise hierárquica de agrupamento (AHA), na qual as amostras são agrupadas por semelhança.

Figura 6. Análise hierárquica de agrupamento aplicada às amostras de queijos mussarela.



Nota: A-L1, B-L2 e C-L3 significam respectivamente amostras do lote 1, lote 2 e lote 3 e são seguidas de número 5, 10, 20, 30 ou 40, significando os dias de maturação das amostras de queijo mussarela.

Os grupos (*Clusters*) formados na Figura 6 ao serem comparados estatisticamente (Tabela 17), diferem entre si ($p < 0,05$), com exceção dos parâmetros umidade e A_w , os quais não diferem estatisticamente entre os *Clusters*. O *Cluster 1*, amostras A, B, C, D, E e F, todas elas amostras comerciais, estão separadas por apresentarem maior teor de extensão de proteólise, proteína e valor para o parâmetro de cor a^* , menor percentual de gordura, gordura extrato seco e parâmetro de cor L^* . No *Cluster 2* as amostras foram agrupadas por apresentarem teor de cinzas e derretimento menores que os outros dois grupos. E o *Cluster 3* por sua vez, agrupou as amostras pelas características de maior teor de sal e maior profundidade de proteólise. Observa-se que todas as amostras comerciais ficaram no mesmo grupo, o *Cluster 1*, assim como os lotes com os mesmos tempos de maturação também foram agrupados, permanecendo no *Cluster 2* as amostras com tempo de maturação de 05 e 10 dias, e no *Cluster 3* as amostras com 20, 30 e 40 dias de maturação.

A diferenciação do *Cluster 1* se dá provavelmente devido as diferenças no processo de fabricação (padronização do leite, parâmetros de filagem, fermento láctico utilizado, coalho utilizado, etc.), sendo estas, responsáveis por características finais do produto. As amostras

comerciais não possuem especificidade de aplicação, podendo ser adquirido tanto para consumo direto quanto para ser utilizado como ingrediente em pratos quentes.

Tabela 17 – *Clusters* 1, 2 e 3, em relação aos parâmetros analisados dos queijos fabricados e amostras comerciais.

Variáveis	<i>Cluster</i> 1 (n=6)	<i>Cluster</i> 2 (n=6)	<i>Cluster</i> 3 (n=9)	p-valor ¹	p-valor ²	*DPM
Umidade (%)	46,13	46,34	46,43	0,700	0,842	0,90
Aw	0,970	0,974	0,967	0,077	0,057	0,01
Cinzas (%)	3,88 ^a	2,99 ^b	3,56 ^a	0,595	0,001	0,45
Sal (%)	1,15 ^b	1,09 ^b	1,57 ^a	0,209	0,031	0,39
pH	5,23 ^a	5,01 ^b	5,12 ^{ab}	0,002	0,032	0,08
Acidez (°D)	14,78 ^b	21,38 ^a	19,64 ^{ab}	0,025	0,002	1,62
Proteína (%)	24,19 ^a	21,16 ^b	21,32 ^b	0,007	0,002	1,70
Proteólise	0,93 ^b	0,98 ^{ab}	0,98 ^a	<0,001	0,001	0,01
Extensão de proteólise	8,49 ^a	3,72 ^b	4,09 ^b	<0,001	<0,001	0,67
Profundidade de proteólise	1,56 ^b	1,48 ^b	2,23 ^a	0,401	<0,001	0,48
Gordura (%)	26,42 ^b	30,14 ^a	30,31 ^a	0,336	0,001	2,33
GES (%)	49,09 ^b	56,33 ^a	56,58 ^a	0,424	0,001	4,52
a	3,39 ^a	1,14 ^b	1,32 ^b	<0,001	0,0012	0,33
b	32,74 ^a	19,89 ^b	22,83 ^{ab}	0,812	0,0002	3,13
L	84,00 ^c	90,00 ^a	87,69 ^b	0,319	0,000	1,96
WI	89,79 ^b	92,12 ^a	91,46 ^{ab}	0,684	0,0002	0,60
Derretimento 1 (mm)	34,83 ^{ab}	12,30 ^b	38,26 ^a	0,025	0,006	14,64
Derretimento 2 (%)	70,34 ^a	41,17 ^b	77,96 ^a	0,080	<0,001	21,18
Liberação de óleo (%)	2,95 ^b	5,45 ^{ab}	6,57 ^a	0,085	0,004	1,41

^{a,b,c} – Letras diferentes na mesma linha demonstram diferença significativa ao nível de 5%. p-valor¹: ANOVA ou teste de Kruskal-Wallis, p-valor²: teste de Levene. *DPM: Desvio Padrão Médio

5.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

De acordo com normas vigentes da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a Resolução RDC n°12 de 02 de janeiro de 2001 estabelece o valor limite para cada microrganismo analisado, Regulamento Técnico sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos. Neste sentido, os resultados das análises para os micro-organismos previstos em legislação, revelaram que 100% das amostras comerciais e dos queijos fabricados, encontram-se dentro dos padrões de qualidade microbiológica, indicando condições higiênicas sanitárias de processamento adequadas. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 18 para as amostras comerciais e para os queijos produzidos, com resultados em todos os tempos de maturação.

Tabela 18 – Avaliação microbiológica dos queijos mussarela comerciais.

Amostras	Coliformes 45°C (UFC/g)	<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	<i>Listeria monocytogenes</i> /25g	<i>Salmonella</i> sp./25g
A	<10	<50	Ausente	Ausente
B	20	<50	Ausente	Ausente
C	<10	<50	Ausente	Ausente
D	<10	<50	Ausente	Ausente
E	160	<50	Ausente	Ausente
F	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 01 - 05 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 02 - 05 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 03 - 05 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 01 - 10 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 02 - 10 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 03 - 10 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 01 - 20 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 02 - 20 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 03 - 20 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 01 - 30 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 02 - 30 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 03 - 30 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 01 - 40 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 02 - 40 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
Lote 03 - 40 dias	<10	<50	Ausente	Ausente
ANVISA (2001) (máximo)	5,0x10 ³	1,0x10 ³	Ausente	Ausente

Em outros estudos realizados com avaliação da qualidade microbiológica de queijos mussarela, Pietrowski et al. (2008) não detectaram alterações microbiológicas em 16 amostras avaliadas, amostras da região de Ponta Grossa, Paraná. Etges (2011) ao avaliar 75 amostras de queijo mussarela, 6 diferentes marcas sendo as amostras coletadas de diferentes lotes, encontrou a presença de *Salmonella* sp. em uma destas. Castro et al. (2012) avaliando a

qualidade microbiológica dos queijos mussarela comercializados na Bahia, encontraram presença de *Salmonella* sp. em 33,33 % das amostras avaliadas e 91,00 % das amostras apresentaram contagem acima do estabelecido na legislação vigente para *Staphylococcus aureus*.

6. CONCLUSÃO

Com este trabalho foi possível desenvolver um protocolo de fabricação para queijo mussarela, onde as variações entre os lotes produzidos se encontram dentro do esperado para indústria (coeficiente de variação de 6 a 10 %). Ao longo do tempo de maturação ocorreram alterações nos parâmetros analisados, entre eles, aumento de extensão e profundidade de proteólise, assim como aumento na capacidade de derretimento e liberação de óleo. A textura também foi alterada com o passar do tempo.

O resultado da análise sensorial não revelou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os lotes fabricados e entre os tempos de maturação, evidenciando que os consumidores não detectaram alterações na qualidade do produto, sendo o mesmo critério de aceitação para amostras com diferenças em parâmetros físico-químicos e de propriedades funcionais.

Os resultados das análises para as amostras de queijos mussarelas comerciais revelaram diferença significativa ($p < 0,05$) para todos os parâmetros analisados, sendo as maiores variações para extensão de proteólise e propriedades funcionais.

O resultado da análise de componentes principais (ACP) mostrou que os queijos foram agrupados em relação ao grau de maturação, ou seja, amostras com 05 e 10 dias de maturação formaram o *Cluster 1*, as amostras com 20, 30 e 40 dias de maturação formaram o *Cluster 2* e o terceiro grupo (*Cluster 3*) foi formado pelas amostras comerciais as quais tinham tempos de maturação entre 36 e 114 dias. Os três grupos observados na análise de componentes principais se mantiveram quando aplicada a análise hierárquica de agrupamento (AHA), na qual as amostras são agrupadas por semelhança.

Quanto à qualidade microbiológica, tanto as amostras fabricadas experimentalmente quanto as amostras comerciais apresentaram resultados dentro do preconizado na legislação brasileira.

A qualidade desejável para aplicação em pratos quentes foi alcançada após 20 dias de maturação, onde as propriedades funcionais atingiram os parâmetros ideais.

REFERÊNCIAS

ADDEO, F. La mozzarella – Um Queso Tradicional em Evolución. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA EM PRODUCCION DE QUESOS, 1996, Buenos Aires. **Anais: Chr Hansen**, p. 251 – 271, 1996.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos de alimentos, em anexo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 10 janeiro de 2001.

ALBENZIO, M.; SANTILLO, A.; RUSSO, D. E.; CAROPRESE, M.; MARINO, R.; SEVI, A. Influence of milk quality and production protocol on proteolysis and lipolysis in Monti Dauni Meridionali Caciocavallo cheese, **Journal of Dairy Science**, v. 77, p.385-391, 2010.

ANDREATTA, E. **Avaliação da qualidade dos queijos Minas Frescal e tipo Mussarelaproduzidos com leite contendo diferentes níveis de células somáticas**. 110 p. Tese de Doutorado em Zootecnia – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, I. **Official Methods of Analysis**. 16th ed.: Arlington, VA. 1995.

APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. ed. Washington: American Public Health Association, 2001. 676 p.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3ª edição. Viçosa: UFV, 2004. 478p.

BARBANO, D. M.; CHU, K. Y.; YUN, J. J.; KINDSTEDT, P. S. Contribution of coagulant, start and Milk enzymes to proteolysis and browning in Mozzarella cheese. **In: Annual Marschall Italian Cheese Seminar 30º**. 28-29 Setembro 1993, Madison, Proceedings, p. 41-50.

BARUZZI, F. Occurrence of non-lactic acid bacteria populations involved in protein hydrolysis of cold-stored high moisture Mozzarella cheese, **Food Microbiology**, v.30, p. 37-44, 2011.

BERESFORD, T. P.; FITZSIMONS, N. A.; BRENNAN, N. L.; COGAN, T. M. Recent advances in cheese microbiology, **International Dairy Journal**, v. 11, n. 4-7, p. 259-274, 2001.

BERNARDI, M. R. V.; DAMÁSIO, M. H.; VALLE, J. L. E.; OLIVEIRA, A. J. Elaboração de queijo Mozarela de leite de Búfala pelos métodos tradicional e da acidificação direta, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, p.138-144, 2000.

BERTOLA, N. C. Effect of freezing conditions on functional properties of low moisture Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 185-190, 1996.

BERTOLINO, M.; DOLCI, P.; GIORDANO, M.; ROLLE, L.; ZEPPA, G. Evolution of chemico-physical characteristics during manufacture and ripening of Castelmagno PDO cheese in wintertime. **Food Chemistry**, v. 129, 1001-1011, 2001.

BRAGA, C. M.; ZIELINSKI, A. A. F.; SILVA, K. M.; SOUZA, F. K. F.; COUTO, M.; GRANATO, D.; WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A. Classification of juices and fermented beverages made from unripe, ripe and senescent apples based on the aromatic profile using chemometrics. **Food Chemistry**, v. 141, p. 967-974, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Portaria nº 146, de 7 de março de 1996**. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Portaria nº 364, de 4 de setembro de 1997**. Regulamento técnico para fixação e identidade e qualidade de queijo mozzarella (muzzarella ou mussarela). Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº68, de 12 de dezembro de 2006**. Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos para controle de Leite e Produtos Lácteos. Brasília: MAPA, 2006. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

BROOME, M. C. **Starter culture development for improved cheese flavour**. In: B.C.Weimer. Improving the Flavour of Cheese. Washington, DC: CRC Press. p. 157–176, 2007.

CAIS-SOKOLINSKA, D.; PIKUL, J. Cheese meltability as assessed by the tube test and Schreiber test depending on fat contents and storage time, based on curd-ripened fried cheese, **Journal of Food Sciences**, v. 27, p. 301-308, 2009.

CANDIA, S.; ANGELIS, M.; DUNLEA, E.; MINERVINI, F.; McSWEENEY, P.L.H.; FACCIA, M.; GOBBETTI, M. Molecular identification and typing of natural whey starter cultures and microbiological and compositional properties of related traditional Mozzarella cheese. **International Journal of Food Microbiology**, v.119, p.182-191, 2007.

CANSIAN, E. A. **Avaliação da padronização do queijo mussarela com uso de ferramentas de qualidade**: Estudo de caso. 2005. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2005.

CARR, F. J.; CHILL, D.; MAIDA, N. The acid lactic bacteria: A literature survey, **Critical Reviews in Microbiology**, v. 28, n. 4, 2002.

CASTRO, A. C. S.; JÚNIOR, W. R. P.; TAPIA, D. M.; CARDOSO, L. G. V. Avaliação da qualidade físico química e microbiológica de queijos tipo mussarela comercializados no CEASA de Vitória da Conquista – BA. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 3, p. 407-413, jul./set. 2012.

CHALITA, M. A. N.; SILVA, R. O. P.; PETTI, R. H. V.; SILVA, C. R. L. Algumas considerações sobre a fragilidade das concepções de qualidade no mercado de queijos no Brasil. **Revista Informações Econômicas**, São Paulo, v.39, n.6, p. 77-88, jun. 2009.

CHAVES, A. C. S. D. **Estudo do efeito do congelamento e o tempo de armazenagem sob refrigeração após descongelamento nas propriedades funcionais, textura e proteólise do queijo mussarela**. 1997, 93f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

CICHOSKI, A. J.; CUNICO, C.; DI LUCCI, M.; ZITKOSKI, J. L.; CARVALHO, R. T.; Efeito da adição de probióticos sobre as características de queijo prato com reduzido teor de gordura fabricado com fibras e lactato de potássio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n.1, p. 214-219, 2008.

COPPOLA, S.; BLAIOTTA, G.; ERCOLINI, D.; MOSCHETTI, G. Molecular evaluation of microbial diversity occurring in different types of Mozzarella cheese, **Journal of Applied Microbiology**, v. 90, p. 414-420, 2001.

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.

CREAMER, L. K; OLSON, N. F. Rheological evaluation of maturing Cheddar cheese. **Journal Food Science**, Chicago, v. 47, p. 631-646, 1982.

DAVE, I. R.; SHARMA, P.; McMAHON, J. Melt and rheological properties of Mozzarella cheese as affected by starter culture and coagulating enzymes, **Dairy Science and Technology**, v. 83, 61-7, 2003.

DAVE, R. I.; McMAHON, D. J.; OBERG, C. J.; BROADBENT, J. R. Influence of Coagulant Level on Proteolysis and Functionality of Mozzarella Cheeses Made Using Direct Acidification, **Journal Dairy Science**, v. 86, p. 114-126, 2003.

DEL PRATO, S. Italian mozzarella. **Dairy Industries International**, Dartford, v. 58, n. 4, p. 26-29, 1993.

EGITO, A. S.; PINHEIRO, R. R.; FIGUEIREDO, E. A. P. **Avaliação da pasteurização lenta do leite de cabra no controle de coliformes totais**. Sobral: EMBRAPA CNPC, n. 12, p. 12, 1989.

ERDEM, Y. K. Effect of ultrafiltration, fat reduction and salting on textural properties of white brined cheese. **Journal of Dairy Science**, Turkey, v. 71, p. 366-372, 2005.

ETGES, J. C. **Qualidade microbiológica e físico química de queijo mussarela fatiado à granel e embalado a vácuo**. 2011. 57f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2011.

EVERARD, C. D.; O'CALLAGHAN, D. J.; HOWARD, T. V.; O'DONNELL, C. P.; SHEEHAN, E. M.; DELAHUNTY, C. M. Relationships between sensory and rheological measurements of texture in maturing commercial Cheddar cheese over a range of moisture and pH at the point of manufacture, **Journal of Texture Studies**, v.37, p.361–382, 2006.

FARKYE, N. Y.; FOX, P. F. Objectives indices of cheese ripening, **Trends in Food Science e Technology**, v.11, p.37-40, 1990.

FORDE, A.; FITZGERALD, G. F. Biotechnological approaches to the understanding and improvement of mature cheese flavour. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 11, p. 484–489, 2000.

FILHO, R. R. L.; POMBO, G. **Aumenta o consumo de queijo no Brasil**. Informativo Carta Leite. ed. 105, São Paulo: v. 6, set. 2010.

FORDE, A.; FITZGERALD, G. F. Biotechnological approaches to the understanding and improvement of mature cheese flavour, **Current Opinion in Biotechnology**, v. 11, p. 484–489, 2000.

FOX, P. F.; GUINEE, T. P. **Italian cheese**. In FOX, P.F. Cheese: chemistry, physics, and microbiology. New York, Elsevier Applied Science, v. 2, p. 221, 1987.

FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. **Proteolysis in cheese during ripening**. In: MALIN, E. L.; TUNICK, M. H. Chemistry of structure-function relationships in cheese. New York: Plenum Press, p. 45, 1995.

FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; MCSWEENEY, P. L. H. **Fundamentals of cheese science**. Gaithersburg: Aspen Publishers, 2000.

FURTADO, M. M. **A Arte e a Ciência do Queijo**. 2. ed. São Paulo: Editora Globo, p. 297, 1990.

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. **Manual prático da Mussarela (Pizza Cheese)**. Campinas: Master Graf, p. 70, 1997.

FURTADO, M. M. **Principais Problemas dos Queijos: Causas e Prevenção**. Fonte Comunicação e Editora, São Paulo , 1999.

FURTADO, M. M. **Principais Problemas dos Queijos: Causas e Prevenção**. Editora Metha LTDA, São Paulo , 2005.

GRANATO, D.; GENOVESE, M. I. Jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg), a Brazilian grape-like fruit, improves plasma lipid profile in streptozotocin-mediated oxidative stress in diabetic rats. **Food Research International**, v. 54, p. 650-659, 2013.

GRANATO, D.; CALADO, V.; JARVIS, B. Observations on the use of statistical methods in food science and technology. **Food Research International**, v. 55, p. 137-149, 2014

GRAPPIN, R.; BEUVIER, E. Possible Implications of milk pasteurization on the manufacture and sensory quality of ripened cheese, **International Dairy Journal**, v. 7, n. 12, p.751-871, 1997.

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

GUINEE, T. P. Effects of natural cheese characteristics and processing conditions on rheology and texture: the functionality of cheese components in the manufacture of processed cheese. In: GUINEE, T.P. **Processed cheese and Analogues**. Wiley-Blackwell, 2011. Oxford, UK. p. 81–109.

GUNASEKARAN, S.; KUO, M. I.; WANG, Y. C. Evaluating melt characteristics of mozzarella cheese by a linear Viscoelastic test, **Journal of Dairy Technology**, v.53, p. 111, 1998.

GUNASEKARAN, S.; MEHAMET A. K. M. **Cheese rheology and texture**. Washington: CRC Press, p. 437, 2003.

GUNASEKARAN, S. Quality Evaluation of Cheese. In: Sun, D. **Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation**. 1. ed. Canadá: Elsevier, cap. 19, p. 447-479, 2008.

HISTÓRIA do queijo. Disponível em: <<http://www.queijosnobrasil.com.br/historia-dos-queijos>>. Acesso em: 15 jul.2012.

HOSKEN, F. S.; FURTADO, M. M. **Tecnologia de fabricação de queijos**. 3 ed. Juiz de Fora: EPAMIG, 1983.

INSTITUT OF FOOD TECHNOLOGISTS (IFT), Sensory evaluation guide for testing food and beverage products, **Foods Technology**, v.35, p. 50-59, 1981.

IAL. Instituto Adolfo Lutz.. **Métodos Físico-Químicos para análise de Alimentos**. v. 1, 1ª edição digital. São Paulo: IAL, 2008.

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

KINDSTEDT, P. S.; RIPPE, J. K. Rapid quantitative test for free oil (oiling off) in melted Mozzarella cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 73, p. 867–873, 1990.

KINDSTEDT, P. S. Functional properties of Muzzarella cheese on pizza: a review. **Cultured Dairy Products Journal**, v. 26, n. 3, p. 27–31, 1991.

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. **Mozzarella and pizza cheese**. In: FOX, P. F. Cheese: chemistry, physics and microbiology. London: Elsevier Applied Publ. Science. p. 337-362, 1993.

KINDSTEDT, P. S. Mozzarella cheese: 40 years of scientific advancement, **Journal of Dairy Technology**, v.57, p. 85-90, 2004.

KLEIN, G.; PACK, A.; BONAPARTE, C.; REUTER, G. Taxonomy and physiology of probiotic lactic acid bacteria, **International Journal of Food Microbiology**, v.41, n. 2, p. 103-125, 1998.

KOSIKOWSKI, F. V. In: KOSIKOWSKI, F. V. **Cheese and fermented Milk foods**. Ann Arbor: Michigan, Edwards Brothers, 1982.

LAW, B. A.; HANSEN, E. B. **Classificaion and identification of bacteria important in the manufacture of cheese**. In: Microbiology and biochemisty of cheese and fermented milk. 2 ed. London: Chapman and Hall, 365p, 1997.

LEE, S. K.; ANEMA, S.; KLOSTERMEYER, H. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads, **International Journal of Food & Science Technology**, v.39, p. 763, 2004.

LIMSOWTIN, G. K. Y.; POWEL, I. B.; PARENTE, E. **Types of starters**. In T. Cogan and J.P. Accolas VCH Publishers (Eds.), Dairy Starter Cultures. New York, NY, p. 101–129, 1995.

LUCEY, J. A.; JOHNSON, M. E.; HORNE, D. S. Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 2725–2743, 2003.

MACEDO, A. C.; COSTA, M. L.; MALCATA, F. X. Assessment of proteolysis and lipolysis in Serra cheese: effects of axial cheese location, ripening time and lactation season. **Le Lait-journal**, v. 76, p. 363-370, 1996.

MACEDO, A. C.; TAVARES, T. G.; MALCATA, F. X. Influence of native lactic acid bacteria on the microbiological, biochemical and sensory profiles of Serra da Estrela cheese, **Food Microbiology**, v. 21, n. 2 p. 233-240, 2004.

MAHONY, J. A.; SHEEHAN, E. M.; DELAHUNTYC. M.; McSWEENEY, P. L. H. Lipolysis and sensory characteristics of Cheddar cheeses ripened using different temperature–time treatments. **Le Lait-journal**, v. 86, p. 59–72, 2006.

MARCOS, A.; ALCALÁ, M.; LEÓN, F.; FERNÁNDEZ-SALGUERO, J.; ESTEBAN, M. A.; Water activity and chemical composition of cheese. **Indian Journal of Dairy Science**, v. 64, n. 4, p. 622-626, 1981.

MARINO, M.; MAIFRENI, M.; RONDONINI G. Microbiological characterization of artisanal Montasio cheese: analysis of its indigenous lactic acid bacteria, **FEMS Microbiology Letters**, v. 229, n. 1 p. 133-140, 2003.

MARTINS, J. M. **Mussarela semi-fundida: uma nova alternativa de produção**. 2001, 86 f. Tese (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

McMAHON, D. J.; OBERG, C. J.; McMANUS, W. Functionality of Mozzarella cheese, **Journal of Dairy Technology**, v.48, p.99-104, 1993.

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

McSWEENEY, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening. **International Journal of Dairy Technology**, v. 27, n.2/3 p.127-144, mai/ago. 2004.

McSWEENEY, P. L. H.; SOUSA, M. J. **Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review**. *Le Lait*, v. 80, p. 293–324, 2000.

MENÉNDEZ, S.; GODÍNEZ, R.; HERMIDA, M.; CENTENO, J. A.; RODRÍGUEZ-OTERO, J. L. Characteristics of “Tetilla” pasteurized milk cheese manufactured with the addition of autochthonous cultures, **Food Microbiology**, v. 21, n. 1 p. 97-104, 2004.

MOREA, M.; BARUZZI, F.; COCCONCELLI, P. S. Molecular and physiological characterization of dominant bacterial populations in traditional Mozzarella cheese processing, **Journal of Applied Microbiology**, v. 87, p. 574–582, 1999.

NETO, J. P. M. L.; NASCIMENTO JÚNIOR, P. N.; FISCHER, R. Evolução de alguns indicadores físico-químicos durante a conservação da Mussarela, **Revista do Instituto Cândido Tostes**, v. 43, n.257, 1988.

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

OBERG, C. J.; MERRILL, R. K.; WANG, A.; MOYES, L. V.; BROWN, R. J.; RICHARDSON, G. H. Effects of *Lactobacillus helveticus* culture on physical properties of Mozzarella cheese, **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 4101–4107, 1991b.

OBERG, C. J.; McMANUS, W. R.; McMAHON, D. J. Microstructure of Mozzarella cheese during manufacture, **Foods Structure**, v. 12, p. 251, 1993.

OLIVEIRA, L. L. **O índice 5-Hidroximetilfurfural na avaliação do escurecimento não-enzimático em queijo Mussarela para pizza produzido com diferentes culturas lácticas**. 1999. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1999.

PACHLOVÁ, V.; BUŇKA, F.; BUŇKOVÁ, L.; WEISEROVÁ, E.; BUDINSKÝ, P.; ŽALUDEK, M.; KRÁCMAR, S. The effect of three different ripening/storage conditions on the distribution of selected parameters in individual parts of Dutch-type cheese, **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p. 101–108, 2011.

PACHLOVÁ, V.; BUŇKA, F.; FLASAROVÁ, R.; VÁLKOVÁ, P.; BUŇKOVÁ, L.; The effect of elevated temperature on ripening of Dutch type cheese, **Food Chemistry**, v. 132, p. 1846–1854, 2012.

PAULA, J. C. J.; CARVALHO, A. F.; FURTADO, M. M. Princípios básicos de fabricação de queijos: do histórico à salga, **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, p. 19-25, 2009.

PEREDA, J. A. O. **Tecnologia de Alimentos: Alimentos de Origem Animal**. v. 2. Rio Grande do Sul: editora Artmed, 2005.

PERRY, K. S. P. Queijo: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos, **Química Nova**, Belo Horizonte, v.27, n°2, p. 293-300, 2004.

PIETROWSKI, G. A. M.; RANTHUM, M.; CROZETA, T.; JONGE, V.; Evolution of quality of microbiological mozzarella cheese kind of town marketed in Ponta Grossa, Paraná, **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, ISSN: 1981-3686, v. 02, n. 2, p. 25-31, 2008.

PILCHER, G. W.; KINDSTEDT, P. S. Survey of Mozzarella cheese quality at restaurant and use, **Journal of Dairy Science, Champaign**, v. 73, n. 6, p. 1644-1647, 1990.

PIZAIA, P. D.; SPADOTI, L. M; NARIMATSU, A.; DORNELLAS, J. R. F.; ROIG, S. M. Composição, proteólise, capacidade de derretimento e formação de “blisters” do queijo mussarela obtido pelos métodos tradicional e de ultrafiltração. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 485-49, 2003.

PRATA, L. F. Leite UHT: solução ou problema? Uma análise da situação. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 12, n. 54,p. 10-15, 1998.

RIBERO, G. G.; RUBIOLO A. C.; ZORRILLA S. E. Influence of Immersion Freezing in NaCl Solutions and of Frozen Storage on the Viscoelastic Behavior of Mozzarella Cheese, **Journal of Food Science**, v. 72, p. 300-307, 2007.

ROCHA, A. M. P. **Controle de fungos durante a maturação de queijos Minas padrão**, 2004. 96p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2004.

ROCHA, A. M. C. N., MOTA, C. C. A. R., MORAIS, A. M. M. B. Physico-chemical qualities of minimally processed carrot stored under vacuum. **Journal of Foodservice**, v.18, p. 23-30, 2007.

ROSA, C. C. B. **Avaliação dos efeitos de temperatura de filagem de agentes coagulantes sobre características físico químicas e funcionais de queijo mussarela**. 1998. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1998.

ROWNEY, M. K.; ROUPAS, P.; HICKEY, M. W.; EVERETT, D. E. Salt-induced structural changes in 1-day old Mozzarella cheese and the impact upon free oil formation, **International Dairy Journal**, v. 14, p. 809–816, 2004.

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

SAINT-EVE, A.; LAUVERJAT, C.; MAGNAN, C.; DÉLÉRIS, I.; SOUCHON, I. Reducing salt and fat content: Impact of composition, texture and cognitive interactions on the perception of flavoured model cheeses, **Food Chemistry**, v. 116, p. 167–175, 2009.

SCHIFTAN, T. Z.; KOMATSU, I. Estudo sobre a composição de queijo Mussarela consumido na cidade de São Paulo. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 34, n. 205, p. 29-34, 1979.

SHAH, N. P.; ZISU, B. Textural and functional changes in low-fat Mozzarella cheeses in relation to proteolysis and microstructure as influenced by the use of fat replacers, pre-acidification and EPS starter, **International Dairy Journal**, v. 15, p. 957–972, 2005.

SHAKER, R. R. Comparison of the quality of low moisture mozzarella cheese made from bovine, ovine and caprine milks, **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.10, p. 89-93, 2012.

SHEEHAN, J. J.; GUINEE, P. T. Effect of pH and calcium level on the biochemical, textural and functional properties of reduced-fat Mozzarella cheese, **International Dairy Journal**, v.14, p. 161-172 , 2004.

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.

TUNICK, M. H.; MALIN, E. L.; SMITH, P. W.; HOLSINGER, V. H. Effects of skim milk homogenized on proteolysis and rheology of Mozzarella cheese, **International Dairy Journal**, v. 5, p. 483–491, 1995.

TUNICK, M. H.; COOKE, P. H.; MALIN, E. L.; SMITH, P. W.; HOLSINGER, V. H. Reorganization of casein submicelles in Mozzarella cheese during storage, **International Dairy Journal**, v. 7, p. 149-155, 1997.

WALSTRA, P.; JENNESS, R. **Dairy chemistry and physics**. New York: John Wiley & Sons, p. 467, 1984.

WOLFSCHOON, A. F. P. Índices de proteólise em alguns queijos brasileiros, **Boletim do leite**, n. 661, p. 01-08, 1983.

YUN, J. J.; KIELY, J.; KINDSTEDT, P. S.; BARBANO, D. M. Mozzarella cheese: impact of coagulant type on functional properties, **Journal of Dairy Science**, v. 76, p. 36-57, 1993.

YUN, J. J., KIELY, L. J., KINDSTEDT, P. S. Mozzarella cheese: impact of rod:coccus ratio on composition, proteolysis and functional properties, **Journal of Dairy Science**, v. 78, p. 751–760, 1995.

VALLE, J. L. E.; TAKAHASHI, S.; KEATING, P. F.; FIGUEIREDO, I. B. Modificação da tecnologia clássica do queijo tipo “Mozzarella” para melhorar e padronizar a filagem, **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v. 16, n. 1, p. 65-70, 1979.

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.

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.; SOUZA, G. Modificações no processo de salga do queijo tipo Mussarela, **Revista Industrial de Laticínios**. v. 19, n. 57, p. 60, 2000.

VALLE, J. L. E.; CAMPOS, S. D. S.; YOTSUYANAGI, K.; SOUZA, G. Influência do teor de gordura nas propriedades funcionais do queijo tipo mozzarella, **Ciência e Tecnologia. Alimentos**, Campinas, v.24, n.4, p.669-673, 2004.

VAN VLIET, T.; PELEG, M. Effects of samples size and preparation. **Internacioanl Dairy Federation Bulletin**, Bruxelas, n. 268, p. 30-35, 1991.

VELOSO, C. R. V. **Ocorrência de brucelas no leite e seu comportamento durante o processo e cura de queijo minas padronizado e mussarela**. 1984. 124f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1984.

VIEIRA, V. F. **Características físico-químicas e sensoriais de queijos mussarela elaborados a partir de leites com diferentes contagens de células somáticas**. 2010, 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2010.

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.

XIXIU, M. Correlating mozzarella cheese properties to its production processes and microstructure quantification. **Journal of Food Engineering**. v. 115. p. 154–163, 2013.