

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA

HELENA SOARES LOURENÇO



CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E TECNOLÓGICA DE
QUEIJOS CUBETADOS PARA PIZZA SUBMETIDOS A
AQUECIMENTO

RIO DE JANEIRO

2023

Helena Soares Lourenço

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E TECNOLÓGICA DE QUEIJOS CUBETADOS
PARA PIZZA SUBMETIDOS A AQUECIMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Química da
Universidade Federal do Rio de
Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do grau de
Engenheiro de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Ailton Cesar Lemes

Rio de Janeiro

2023

CIP - Catalogação na Publicação

L892c Lourenço, Helena Soares
Caracterização físico-química e tecnológica de
queijos cubetados para pizza submetidos a
aquecimento / Helena Soares Lourenço. -- Rio de
Janeiro, 2023.
62 f.

Orientador: Ailton Cesar Lemes.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Química, Bacharel em Engenharia de Alimentos, 2023.

1. queijo. 2. pizza. 3. atividades enzimáticas.
4. proteólise. 5. aquecimento. I. Lemes, Ailton
Cesar, orient. II. Título.

Helena Soares Lourenço

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E TECNOLÓGICA DE QUEIJOS CUBETADOS
PARA PIZZA SUBMETIDOS A AQUECIMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Química da Universidade Federal do
Rio de Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do grau de Engenheiro de
Alimentos.

Aprovado em 19 de julho de 2023.

Ailton Cesar Lemes, Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Ricardo Schmitz Ongaratto, Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Mariana Buranelo Egea, Doutorado, Instituto Federal Goiano

Rio de Janeiro
2023

AGRADECIMENTOS

À Deus que esteve presente em todos os momentos dessa graduação e me dotou de persistência e força para alcançar os meus objetivos.

Aos meus pais, Tereza Lourenço e Sidnei Lourenço, pelo amor incondicional, por todas as orações, por acreditarem na minha capacidade, serem incentivadores na minha busca por conhecimento e crescimento profissional e por proverem recursos para que eu chegasse até aqui.

Aos meus irmãos Beatriz Lourenço e Pedro Lourenço, companheiros de UFRJ, pelas experiências e conselhos.

Aos meus amigos de graduação pela ajuda, paciência, conselhos, distrações e trocas de experiências durante todo o período do curso.

Ao Pedro Manuel Santos pelo companheirismo, parceria, cumplicidade, incentivo e apoio.

Ao meu orientador Dr. Ailton Cesar Lemes que através de sua capacidade, conhecimento, paciência e confiança, soube me conduzir com maestria na realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Engenharia de Sistemas Biológicos (BIOSE) da Escola de Química da UFRJ por ceder o espaço e os equipamentos para realização das análises experimentais.

Aos professores da UFRJ pela transmissão de conhecimento técnico e profissional durante toda essa trajetória.

À rede de pizzarias participante deste estudo por ceder as amostras dos queijos estudados e local para análise dos mesmos.

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

RESUMO

LOURENÇO, Helena Soares. **Caracterização físico-química e tecnológica de queijos cubetados para pizza submetidos a aquecimento**. Rio de Janeiro, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

A pizza é um alimento preparado a partir de uma massa fermentada redonda e fina, coberta com molho de tomate e queijos, entre outros ingredientes assados em forno e é amplamente reconhecida como um dos pratos mais populares e apreciados em todo o mundo. Ao longo de 10 anos, pizzarias no ramo de *fast-food* no Brasil têm experimentado um crescimento de 499%. O queijo é um dos ingredientes principais dessa preparação, sendo responsável por conferir textura, sabor e equilíbrio à combinação de ingredientes. Dito isso, um conjunto de propriedades tecnológicas e físico-químicas deste produto são fatores essenciais para avaliar e indicar sua qualidade no uso adequado nas pizzarias. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos dos ingredientes (amido modificado, leite em pó e antiiumectante), características físico-químicas e condições de armazenamento (refrigeração e congelamento) de queijos cubetados e suas influências nas características tecnológicas durante o aquecimento e aplicação em pizzas. Foram avaliadas 7 amostras de queijos em relação aos aspectos físico-químicos (umidade, pH, acidez, gordura e teor de sal) e tecnológicos (elasticidade, derretimento, separação de gordura, escurecimento e formação de bolhas). Verificou-se forte relação entre os teores de umidade, gordura e sal nas características tecnológicas do queijo após o aquecimento e que um equilíbrio entre esses parâmetros na sua composição para atingimento da qualidade e aplicabilidade em pizzas deve ser seguido. Foi constatado que o amido modificado e o leite em pó utilizados na formulação de uma das amostras também influenciaram na composição físico-química e consequentemente nas características tecnológicas dos queijos. A presença do antiiumectante não demonstrou alterações nos resultados das amostras que o continham. Em se tratando de formas de armazenamentos diferentes, o produto congelado, além de garantir um tempo de prateleira maior e evitar grandes oscilações de temperatura no processo logístico, indicou alterações na composição físico-química do queijo que, por transformar fisicamente a matriz de caseína (afrouxar e criar aberturas), também ocasionou modificações na maioria das características tecnológicas, não apresentando diferenças apenas na formação de bolhas

(*blisters*). Concluiu-se que os parâmetros físico-químicos que afetam diretamente as atividades enzimáticas e as reestruturações físicas e estruturais que ocorrem na matriz do queijo são fatores importantes na aprovação de queijos utilizados em pizzarias, já que tem forte atuação nos resultados tecnológicos pretendidos.

Palavras-chave: queijo; pizza; atividades enzimáticas; proteólise; aquecimento; derretimento; elasticidade; separação de óleo; formação de bolhas; escurecimento.

ABSTRACT

LOURENÇO, Helena Soares. **Physical-chemical and technological characterization of heated cubed cheeses for pizza.** Rio de Janeiro, 2023. Undergraduate Thesis (Food Engineering Degree) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Pizza is a food preparation, made from a circular and thin fermented dough, covered with tomato sauce and cheeses, among other ingredients baked in an oven and is widely recognized as one of the most popular and appreciated meals around the world. Over 10 years, pizzerias in the fast-food sector in Brazil have experienced a growth of 499%. Cheese is one of the main ingredients of this preparation, being responsible for giving texture, flavor, and balance to the combination of ingredients. Thus, a set of technological and physical-chemical properties of this product are essential factors to evaluate and indicate its quality for proper use in pizzerias. The main objective of this work was to evaluate the effects of ingredients (modified starch, milk powder and anti-moisturizing), physical-chemical characteristics, and storage conditions (refrigeration and freezing) of cubed cheeses and their influence on the technological characteristics during heating and application on pizzas. Seven cheese samples were evaluated in terms of physical-chemical (moisture, pH, acidity, fat, and salt content) and technological (elasticity, melting, fat separation, browning and blister formation) aspects. There was a strong relation between the moisture, fat, and salt levels in the technological characteristics of the cheese after heating and that a balance between these parameters in its composition to achieve quality and applicability in pizzas must be followed. It was also found that modified starch and milk powder used in the formulation of two of the samples, also influenced the physical-chemical composition and, consequently, the technological characteristics of the cheese. The presence of the anti-moisturizing did not show changes in the results of the samples that contained it. In the case of different forms of storage, the frozen product, in addition to guaranteeing a longer shelf life and avoiding large temperature fluctuations in the logistical process, indicated changes in the physical-chemical composition of the cheese which, by physically transforming the casein matrix (loosening and creating openings), also caused changes in most of the technological characteristics with no significant differences only in blister formation. It was concluded that the physicochemical parameters that directly influence

the enzymatic activities and the physical and structural restructuring that occur in the cheese matrix are crucial factors in the approval of cheeses used in pizzerias, since they have a strong influence on the intended technological results.

Keywords: cheese; pizza; enzymatic activities; proteolysis; heating; melting; elasticity; oiling off; blister formation; browning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Formato dos queijos recomendados para aplicação em pizzas.

Figura 2.2 – Tipos de muçarela de acordo com seu teor de umidade.

Figura 2.3 – Fluxograma produtivo de queijos para pizza.

Figura 2.4 - Esquema demonstrativo de formação de ácido láctico e remoção do cálcio da caseína.

Figura 2.5 – Esquema demonstrativo de formação bolhas (*blisters*) na superfície do queijo.

Figura 3.1 – Determinação da capacidade de derretimento do queijo pelo método de Schreibers modificado (KOSIKOWISKI, 1997).

Figura 3.2 – Derretimento e amostra resultante do teste.

Figura 3.3 - Esquema para análise e quantificação da separação de óleo dos queijos.

Figura 3.4 - Régua de escurecimento do queijo.

Figura 4.1 – Análise qualitativa da elasticidade dos queijos.

Figura 4.2 – Análise qualitativa da formação de bolhas (*blisters*) nos queijos – cor normal.

Figura 4.3 – Análise qualitativa da formação de bolhas (*blisters*) nos queijos – recolorida (preto-e-branco 50%).

Figura 4.4 – Critério utilizado para definição do tipo de bolha encontrada na pizza.

Figura 4.5 – Análise qualitativa do escurecimento dos queijos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Composição média da muçarela no Brasil.

Tabela 3.1 - Identificação das amostras, formas de apresentação e os respectivos tratamentos adotados.

Tabela 3.2 - Declaração de ingredientes das amostras analisadas.

Tabela 3.3 – Informações físico-químicas dos queijos fornecidas pelos fabricantes.

Tabela 4.1 - Umidade, pH e acidez dos queijos.

Tabela 4.2 – Derretimento dos queijos e suas características físico-químicas.

Tabela 4.3 – Análise quantitativa da elasticidade dos queijos e suas características físico-químicas.

Tabela 4.4 – Separação de óleo nos queijos e suas características físico-químicas.

Tabela 4.5 – Análise quantitativa da formação de bolhas (*blisters*) nos queijos e suas características físico-químicas.

Tabela 4.6 – Análise quantitativa do escurecimento dos queijos e suas características físico-químicas.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIQ - Associação Brasileira das Indústrias de Queijos

APUBRA - Associação Pizzarias Unidas do Brasil

Aw – Atividade de água

B.P.F. - Boas Práticas de Fabricação

GES - Gordura no Extrato Seco

IBGE - Instituto Brasileiro de Economia e Estatística

NS – Nitrogênio Solúvel

NT – Nitrogênio Total

OMS - Organização Mundial de Saúde

pH - potencial Hidrogeniônico

q.s - *quantum satis*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 QUEIJO PARA PIZZA	17
2.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE QUEIJOS PARA PIZZA	21
2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE QUEIJOS PARA PIZZA	26
2.3.1 Acidez e pH	26
2.3.2 Umidade.....	26
2.3.3 Gordura	27
2.3.4 Sal.....	27
2.4 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE QUEIJOS PARA PIZZA	28
2.4.1 Derretimento	29
2.4.2 Elasticidade	29
2.4.3 Separação de Óleo (<i>oiling off</i>).....	30
2.4.4 Formação de bolhas (<i>blisters</i>)	31
2.4.5 Escurecimento (<i>browning</i>)	32
3 METODOLOGIA	34
3.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	36
3.1.1 Umidade.....	36
3.1.2 Acidez.....	36
3.1.3 pH.....	36
3.2 ANÁLISES TECNOLÓGICAS	37
3.2.1 Derretimento	37
3.2.2 Elasticidade	38
3.2.3 Separação de Óleo (<i>oiling off</i>).....	38
3.2.4 Formação de bolhas (<i>blisters</i>)	39
3.2.5 Escurecimento (<i>browning</i>)	40
4 RESULTADOS	42
4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	42
4.2 ANÁLISES TECNOLÓGICAS	44
4.2.1 Derretimento	44
4.2.2 Elasticidade	45
4.2.3 Separação de óleo (<i>oiling off</i>).....	48

4.2.4	Formação de bolhas (<i>blisters</i>)	49
4.2.5	Escurecimento (<i>browning</i>)	54
5	CONCLUSÕES.....	57
6	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

A pizza é um alimento preparado a partir de uma massa fermentada redonda e fina, coberta com molho de tomate e queijos, entre outros ingredientes assados em forno (MORAIS, 2015). É amplamente reconhecida como um dos pratos mais populares e apreciados em todo o mundo, exercendo um papel fundamental na culinária e na cultura de diversos países como Itália, Estados Unidos, França, Austrália e Brasil (LAB DICAS JORNALISMO, 2022). Sua versatilidade, praticidade e conveniência a tornam uma opção de destaque no mercado atual, especialmente para refeições rápidas e saborosas, especialmente para venda em *fast-foods*.

Conforme mencionado pela PQM Pizza Magazine (2022), o mercado mundial de pizzas foi projetado para totalizar US\$159 bilhões em vendas em 2023, um aumento de 6,1% com relação ao ano anterior. De outubro de 2021 a setembro de 2022, as vendas totais de pizza nos Estados Unidos subiram 3,08%, com um total de US\$46,98 bilhões em vendas. Na América Latina, projeta-se um crescimento geral de vendas de 6,3%, para US\$14 bilhões para 2023.

A categoria de pizzarias no ramo de fast-food no Brasil tem experimentado um significativo crescimento nos últimos anos. Segundo os dados da APUBRA - Associação Pizzarias Unidas do Brasil (2023), em um estudo de mercado de 2022, 85% das pizzarias contempladas foram abertas nos últimos 10 anos, indicando crescimento de 499%. A APUBRA (2023) também afirma que diariamente são consumidas cerca de 1 milhão de pizzas no país, sendo o mesmo, o segundo maior consumidor de pizza, ficando apenas atrás dos Estados Unidos. O iFood (2022a) - empresa brasileira atuante no ramo de entrega de refeição por meio da internet -, cita que a cada segundo, em média, cinco pizzas são pedidas no sistema, registrando um crescimento de 5% no número total de pedidos no último semestre de 2022 em comparação com o período anterior. Dentre as categorias de comidas mais pedidas em 2022, a pizza encontrava-se em terceiro lugar, estando atrás apenas das categorias de lanches e de comida brasileira (IFOOD, 2022b).

Dentre os diversos ingredientes utilizados na pizza, o queijo desempenha um papel fundamental. Ele é responsável por conferir textura, sabor e equilíbrio à combinação de ingredientes, além de contribuir para a formação de uma cobertura dourada, gratinada e atrativa visualmente. A Pesquisa de Orçamentos Familiares de 2017/2018 feita pelo Instituto Brasileiro de Economia e Estatística (IBGE) indica que os queijos correspondem a 7% dos derivados lácteos consumidos, sendo a muçarela o mais consumido dentre eles (IBGE, 2018) e o principal queijo utilizado na preparação de pizzas. A evolução no consumo e sua utilização no mercado

de pizzas têm resultado em um volume de 182 mil toneladas de queijos muçarela produzidos por ano nos laticínios brasileiros (AGRO20, 2019).

A muçarela é um queijo que se obtém pelo processo de filagem de uma massa acidificada - produto intermediário obtido por coagulação de leite por meio de coalho e/ou enzimas coagulantes apropriadas - complementada ou não pela ação de bactérias lácticas, tendo como principal característica sua capacidade única de derretimento (BRASIL, 1997a). Sua textura macia e elástica permite que esse produto se espalhe uniformemente sobre a massa da pizza, formando uma cobertura cremosa e atrativa sensorialmente (FURTADO, 2016).

No contexto da evolução do mercado de pizzarias que utilizam fornos de altas temperaturas entre 270°C e 300°C, por um período curto de 5 a 8 minutos, algumas características específicas dos queijos se tornaram fatores essenciais para avaliar sua qualidade e adequação ao uso no setor. Esses fatores são um conjunto de propriedades reológicas, tecnológicas e físico-químicas que permitem avaliar a adequação para o uso bem-sucedido na preparação de pizzas. A elasticidade, o derretimento, a separação de gordura (*oiling off*), o escurecimento (*browning*) e a formação de bolhas (*blisters*) são aspectos-chave a serem considerados (FURTADO, 2016).

Por ser um produto base na produção de pizzas, é importante uma análise constante de novos fornecedores de queijos para aplicação na operação de pizzarias, de forma a atender as demandas de mercado e, também, atender os pré-requisitos sensoriais e tecnológicos estipulados pelas empresas do setor de pizzas. Esses pré-requisitos consistem em uma faixa de características físico-químicas aceitáveis, performance operacional e características tecnológicas satisfatórias. A ausência de fornecedores capazes de entregar produtos com características pré-definidas e aprovadas pelas empresas pode colocar toda a operação em risco, ocasionando cortes de fornecimento de insumos e, até mesmo, ser um fator determinante de negociação comercial para compra e cálculo do preço de venda da pizza (NOLASCO *et al.*, 2020).

Uma avaliação de queijos com aplicabilidade em pizzas deve ser muito exigente com relação às características físico-químicas e tecnológicas dos mesmos. Essas características são extremamente importantes e devem ser avaliadas com cuidado em grandes redes de pizzarias, pois tem um impacto direto e facilmente notado na qualidade final do produto fornecido (FURTADO, 2016).

Na busca de realizar uma caracterização e buscar alternativas de novos fornecedores de queijos com propriedades adequadas para o setor de pizzarias, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos dos ingredientes, características físico-químicas e condições de

armazenamento (refrigeração e congelamento) de queijos cubetados e suas influências nas características tecnológicas durante o aquecimento e aplicação em pizzas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 QUEIJO PARA PIZZA

O queijo para pizza deve ser um produto com propriedades físico-químicas e tecnológicas específicas para uma boa performance operacional, além de possuir uma boa aparência e aceitabilidade por parte dos clientes que consomem esse tipo de produto. Em termos de performance operacional em pizzarias, é ideal que possua formato de cubos ou filetes (Figura 2.1), devendo ter firmeza adequada para que suportem o processo de corte e redução de tamanho, e para que não haja defeitos de fabricação e padronização dessas peças. Esse formato é solicitado por pizzarias devido à facilidade do porcionamento e da distribuição adequada do produto nas pizzas (FURTADO, 2016).

Figura 2.1 – Formato dos queijos recomendados para aplicação em pizzas.



Fonte: Elaboração própria.

Quando se fala em aceitação do consumidor, suas propriedades de derretimento, elasticidade, escurecimento, formação de bolhas (*blisters*) e separação de gordura são significativamente levadas em consideração, pois tem impacto direto e são muito facilmente notadas na qualidade de uma pizza (FURTADO, 2016).

Dentre os diversos tipos de queijos existentes, o que é mais utilizado por possuir tais propriedades é o queijo muçarela, que por definição, é obtido por filagem de uma massa acidificada - produto intermediário obtido por coagulação de leite por meio de coalho e/ou enzimas coagulantes apropriadas - complementada ou não pela ação de bactérias lácticas específicas (BRASIL, 1997a).

O queijo muçarela é originário da Itália, cuja produção iniciou-se a partir do leite de búfala, possuindo massa de sabor suave e textura macia (BERLESE *et al.*, 2019). É classificado como um queijo de massa filada, onde a massa fermentada é submetida a um tratamento térmico sob agitação em água quente, onde ocorre a modificação da estrutura amorfa das proteínas do queijo para uma estrutura de fibras paralelas orientadas em uma mesma direção. Essas fibras, quando alongadas, garantem a característica de boa elasticidade do queijo (AUER, 2014).

O queijo muçarela fabricado no Brasil é fabricado com leite de vaca e tem umidade menor quando comparado à muçarela italiana, devendo apresentar até 60% de umidade e mínimo de 35% de Gordura no Extrato Seco (GES) (BRASIL, 1997a). Essas definições são consideradas muito amplas quando necessitam ser desenvolvidas especificamente para operacionalidade e performance na pizza, já que qualquer influência nesses resultados, altera a qualidade do produto final.

A muçarela brasileira possui ainda composição físico-química muito irregular, devido a grandes variações nos métodos de elaboração e à amplitude de parâmetros preconizada pela legislação. Portanto, dependendo do processo produtivo da muçarela, e das características do leite obtido, o queijo pode ter variações em seus parâmetros físico-químicos e, conseqüentemente, tecnológicos. A Tabela 2.1 apresenta a composição média da muçarela brasileira (FURTADO, 2016).

Tabela 2.1 - Composição média da Muçarela no Brasil.

Parâmetro	Valores
Umidade	44,0 - 46,0%
Gordura	22,0 - 24,0%
Gordura no Extrato Seco (GES)	39,0 - 44,0%
pH	5,0 - 5,2
Proteínas	18,0 - 28,0%
Cinzas	2,6 - 3,9%
Sal (Cloreto de Sódio)	1,0 - 1,5%

Fonte: FURTADO, 2016; SPADOTI, 1998; AQUARONE, 2011.

De acordo com as necessidades e a aplicabilidade do produto, a tecnologia do processo de fabricação da muçarela é aprimorada, visando principalmente a qualidade e padrões estabelecidos pelo mercado da região. Percebe-se na tabela que o teor médio de umidade na muçarela brasileira é razoavelmente baixo, pois no país, é comercializada em padarias e supermercados predominantemente em fatias para uso em sanduíches e lanches. Para este fim,

o queijo deve apresentar teor de umidade com cerca de 45%, sendo bem mais firme, tornando mais fácil de fatiá-lo. Em países como os Estados Unidos – uma das maiores cadeias de pizzarias de rápido atendimento - os queijos para pizza são comercializados moídos, em cubos ou filetes, facilitando a distribuição, fusão e derretimento uniforme sobre a pizza. Desta forma, a muçarela utilizada para cobertura de pizzas pode apresentar teor de umidade mais alto – entre 48 e 52% -, sendo portanto, mais macia que a muçarela para fatiar. Isso resulta em uma muçarela com textura menos firme quando comparada à muçarela brasileira (FURTADO, 2016). Há ainda o queijo muçarela para consumo direto, que possui um teor de umidade alto, de 52 a 60% e corpo ainda mais macio, vida de prateleira limitada e pobre fatiabilidade, sendo consumido fresco (AUER, 2014).

Dessa forma, tem-se a classificação de 3 tipos de queijo muçarela: para lanches, para cobertura de pizzas e para consumo direto, conforme esquema da Figura 2.2.

Figura 2.2 – Tipos de muçarela de acordo com seu teor de umidade.

Muçarela para lanches:	Muçarela para pizza:	Muçarela para consumo direto:
Umidade baixa;	Umidade média;	Umidade alta;
Corpo mais seco e mais firme;	Corpo menos firme e mais macio;	Corpo macio;
Rica fatiabilidade – fatiada;	Cubos e filetes	Pobre fatiabilidade;
Consumida após estabilização.	Consumida após estabilização.	Consumida fresca.

Fonte: Elaboração própria.

Algumas indústrias, na tentativa de minimizar custos e aumentar volume de venda para pizzarias, substituem, parcialmente ou totalmente, o leite e a gordura do leite presentes na muçarela, por leites reconstituídos e amidos modificados, objetivando maior rendimento do produto, porém mantendo a aplicabilidade e características sensoriais e tecnológicas similares. Estes produtos são classificados como “queijos análogos”, e tendem a possuir um processo de fabricação similar ao do queijo muçarela. São da classe de queijos fundidos e são denominados queijos processados pela Portaria nº 356, de 4 de setembro de 1997, já que são obtidos a partir da mistura de agentes emulsionantes e de uma ou mais variedades de queijo, com ou sem adição de outros produtos lácteos ou outras substâncias alimentícias, na qual o queijo constitui o ingrediente lácteo utilizado como matéria-prima preponderante na base láctea. Esses queijos devem apresentar até 70% de umidade e mínimo de 35% de Gordura no Extrato Seco (GES) (BRASIL, 1997b).

Uma das funções do amido modificado como aditivo em alimentos é atuar como um substituto de gordura e, especificamente em queijos, atuar na maciez e na melhora do seu

rendimento. Isso acontece por conta da sua capacidade de retenção de água após o processo de gelatinização, que causa um aumento substancial no tamanho de seu grânulo. Desta forma, quando ele é adicionado no processo de fabricação, além de reter a água e consequentemente aumentar o teor de umidade do queijo a ser fabricado, ele também tende a diminuir a taxa de sinérese da massa – saída do soro do leite -, aumentando a maciez do produto final (DIAMANTINO, 2018). O aumento do grânulo de amido faz com que a matriz caseínica do queijo seja modificada, muitas vezes interrompendo as interações proteína-proteína da mesma. Essa estrutura mais aberta, com presença de grânulos de amidos inchados é desejável para melhorar a textura do queijo com baixo teor de gordura (DIAMANTINO, 2018).

A adição de leite em pó na formulação do queijo, contribui com a manutenção do custo do produto em épocas de diminuição da oferta do leite – abril a setembro. Desta forma, a utilização do leite em pó produzido durante o período de safra e a sua reconstituição para utilização no período de entressafra é uma das soluções a serem adotadas. Contudo, queijos produzidos com leite reconstituído (leite em pó - submetido à altas temperaturas em seu processo de fabricação – e água) tendem a apresentar uma baixa coagulabilidade, já que uma grande parte das soroproteínas do leite em pó desnaturam-se e se ligam as micelas de caseína do leite in natura, aumentando a resistência das mesmas à ação das proteases. Essa ligação soroproteínas-micela de caseína também causa uma redução da taxa de sinérese da massa, já que prejudicam as ligações micela-micela da massa fabricada, que são responsáveis pela sinérese, aumentando o teor de umidade do queijo (SPADOTI, 1998).

Importante mencionar que para esses queijos, os ingredientes opcionais que não fazem parte da base láctea, exceto água, isolados ou combinados, deverão estar presentes em uma proporção máxima de 30% (m/m) do produto final, e os amidos ou amidos modificados não poderão ultrapassar 3% (m/m) do produto final (BRASIL, 1997b).

Além dos ingredientes mencionados, um aditivo utilizado em queijos moídos, ralados, cubetados ou filetados é o antiulectante, com o objetivo de revestir os pedaços menores de queijo - com maior superfície de contato -, bloqueando a umidade e impedindo sua aglomeração (FURTADO, 2016). O antiulectante mais utilizado em queijos com esses formatos é a celulose microcristalina, sendo aplicada após o processo de cubetagem. Originada da parede celular da fibra vegetal, é um composto utilizado em queijos que age como adsorvente de água, controlador da sinérese, inibidor da formação de cristais de gelo, entre outros (MONTEIRO, 2021; KAUFMANN, 2019). A fibra é tratada quimicamente até ser refinada em um pó microcristalino, que ao ser adicionado no queijo, formará um revestimento, bloqueando a

umidade e impedindo que as partículas entrem em contato direto umas com as outras (MONTEIRO, 2021).

A Portaria nº 357, de 4 de setembro de 1997 preconiza que a celulose microcristalina deve ser utilizada segundo B.P.F. (Boas Práticas de Fabricação), tendo ingestão diária aceitável não especificada ou não limitada estabelecida. Seu uso está autorizado com limite *quantum satis* (q.s.), ou seja, quantidade suficiente para obter o efeito tecnológico desejado, desde que não altere a identidade e a genuinidade do alimento (BRASIL, 2023).

Além da composição, as condições de armazenamento desses produtos têm interferência significativa na proliferação de microrganismos e, conseqüentemente, no tempo de prateleira do produto final. Devido à instabilidade de mercado e/ou a períodos de safra do leite, grandes redes de pizzarias adquirem volumes muito altos de queijo, e para isso, precisam de produtos com período de validade que atendam a demanda de produtos durante o período de menor oferta da muçarela. Desta forma, por conta do alto volume de compra, armazenamento e da cadeia de frio (logística) das redes de pizzarias, é ideal que o produto seja fornecido congelado. Nessas condições, o produto sofre menos com a oscilação de temperatura quando comparado ao refrigerado (NOLASCO *et al.*, 2020).

De acordo com CHAVES (1997), é de grande importância a avaliação das modificações das características desse produto após o descongelamento, já que queijos para pizza, em sua maioria, são fornecidos cubetados ou filetados, possuindo uma maior superfície de exposição. Por conta disso, é importante mencionar que o processo de congelamento deve acontecer de forma rápida, objetivando uma menor formação de cristais de gelo e separação da gordura do queijo quando este for descongelado. A rapidez no congelamento limita o tamanho dos cristais de gelo que podem ser formados, permitindo sua máxima coesividade no descongelamento (FURTADO, 2016).

O processo de fabricação dos queijos para pizza e suas etapas são de importância significativa nas propriedades físico-químicas e tecnológicas do produto antes e após aquecimento. Dito isso, permitem a adequação de parâmetros para o atingimento de um padrão de qualidade do queijo em pizzarias.

2.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE QUEIJOS PARA PIZZA

A produção de queijos para pizza é semelhante à de outros queijos, portanto, são as etapas principais: pasteurização do leite, coagulação, corte do coágulo, dessoragem, moldagem e salga. Para queijos utilizados em pizzarias, existem etapas específicas como a fermentação, filagem e estabilização, conforme Figura 2.3.

Figura 2.3 – Fluxograma produtivo de queijos para pizza.



Fonte: Elaboração própria.

A matéria-prima (leite) deve ser pasteurizada para controle de microrganismos existentes, garantindo a inocuidade e a segurança do produto, e posteriormente padronizada para garantia de teores de gordura específicos. Deve-se buscar um leite com teor de gordura que permita a obtenção de um queijo de 22 a 24% de gordura – aproximadamente 40 a 44% de GES (FURTADO, 2016). No caso de preparo de queijos com adição de leite em pó, o leite reconstituído (proporção água/extrato seco) é misturado no leite *in natura* até atingir a temperatura de homogeneização do leite, com posterior resfriamento para continuidade do processo (SPADOTI, 1998). O mesmo acontece para queijos com adição de amido modificado. O amido deve ser misturado no leite *in natura* e aquecido a uma determinada temperatura para permitir a gelatinização do mesmo, sem afetar as proteínas do soro do leite. Em seguida, ele é resfriado novamente para continuação do processo de fabricação (DIAMANTINO, 2018).

A etapa de coagulação consiste na adição de agentes coagulantes (coalho), que são enzimas proteolíticas que modificam a micela de caseína. A proteína caseína do leite é composta de frações alfa, beta e kappa, que na presença de fosfato de cálcio formam as micelas de caseína – suspensão coloidal estável na forma líquida do leite. A modificação dessa micela acontece pela ação dos agentes coagulantes, enzimas que são utilizadas para coagular o leite. Dentre as enzimas existentes como coalho e outros coagulantes vegetais e microbianos, a mais específica na coagulação da caseína é a quimosina - também conhecida como renina - que

hidrolisa especificamente a ligação peptídica estabelecida entre a fenilalanina (105) e a Metionina (106) da kappa caseína, responsável por evitar que as demais se precipitem na presença de íons cálcio (SILVA, 2017). Quando boa parte das kappa-caseínas são hidrolisadas, as micelas modificadas começam a se aglomerar, formando uma suspensão constituída também por glóbulos de gordura, induzidas pelos sais de cálcio (PAULA *et al.*, 2009).

Nesta etapa, acontece também a adição de cloreto de cálcio com o objetivo de retomar o equilíbrio da distribuição de sais de cálcio, já que o mesmo é afetado por altas temperaturas oriundas da pasteurização do leite. Pois esse equilíbrio, quando alterado, diminui a solubilidade do próprio cálcio no meio e causa a precipitação de fosfato do cálcio, alterando a firmeza do gel formado pela coagulação (coalhada) e retardando o tempo de coagulação (FURTADO, 2016).

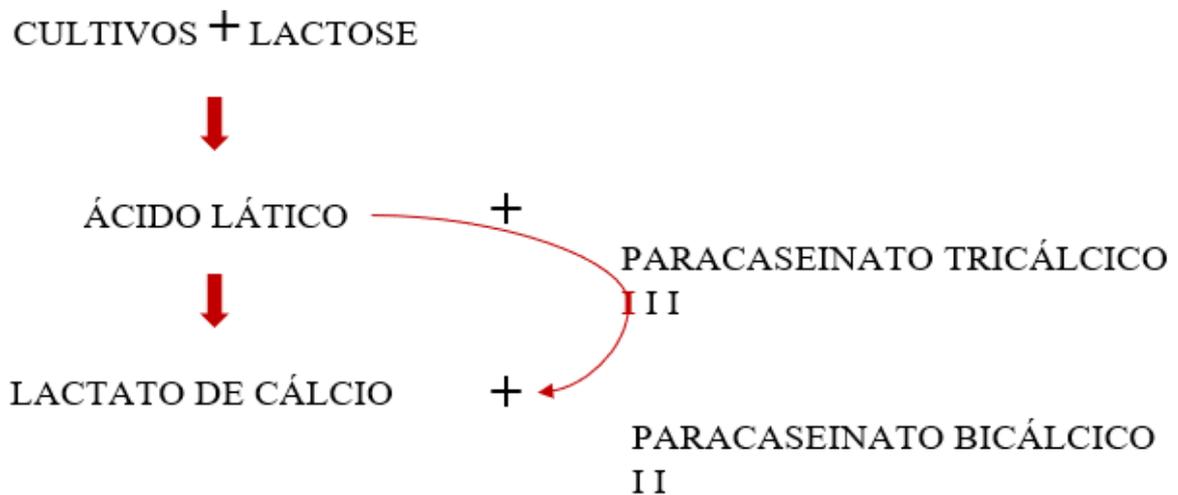
O fermento láctico, responsável pela fermentação, também é adicionado neste mesmo momento objetivando a diminuição do pH por acúmulo de ácido láctico – produto oriundo da degradação da lactose por bactérias ácido lácticas termófilas ou mesófilas -, o que também influencia na precipitação da caseína e na acidificação da massa no processo de filagem (AUER, 2014).

É importante mencionar que os agentes coagulantes, quando retidos na massa do queijo após sua fabricação, serão responsáveis pela taxa de proteólise durante o processo de estabilização do queijo - degradação da matriz de caseína enquanto ocorre a distribuição de sal na massa - e essa retenção depende do tratamento térmico ao qual a massa do queijo é submetida durante o processo e do valor de pH de coagulação do leite (GANGOPADHYAY E TÁHAKAR, 1991). Quanto mais baixo esse pH, maior a velocidade de coagulação justificada pela acidificação do meio, tornando maior a quantidade de coalho que fica retida na massa para filagem. Portanto, o queijo resultante irá se proteolisar em uma velocidade maior, não podendo ser armazenado em períodos maiores (FURTADO, 2016).

A produção segue para etapa de corte da massa produzida, no intuito de aumentar a superfície de dessoramento e expulsar a fase aquosa do gel formado pela aglomeração das caseínas. Esse processo é chamado de sinérese e tem total relação com a umidade do queijo. O corte em grânulos maiores, tende a aumentar a umidade do queijo e pode aumentar a velocidade do processo de acidificação (FURTADO, 2016), já que grande parte do soro fica retido. Em queijos para pizza – baixa umidade –, o corte deverá ser mais intenso, obtendo grânulos menores que aumentam a superfície e favorecem o dessoramento. Desta forma, a retirada de soro da massa deve ser controlada, para que se controle também a acidificação da mesma, processo que é acelerado quando a massa está submersa no soro.

A fermentação é um dos estágios principais na fabricação de queijos de massa filada. Essa etapa também tem como objetivo desmineralizar a coalhada – a reação do ácido láctico com o fosfoparacaseinato de cálcio presente na massa irá remover o cálcio coloidal da coalhada e transformá-lo em lactato de cálcio, um sal solúvel no soro da massa -, permitindo uma filagem adequada (Figura 2.4). A diminuição do pH faz com que a quantidade de cálcio no soro diminua, dissociando gradativamente as micelas de paracaseína, fazendo com que a massa comece a se fundir, tornando-a mais flexível, demonstrando esticamento uniforme e de qualidade (FURTADO, 2016).

Figura 2.4 – Esquema demonstrativo de formação de ácido láctico e remoção do cálcio da caseína.



Fonte: Adaptado de Furtado (2016).

A massa adquire plasticidade quando é submetida ao tratamento térmico e mecânico e passa a apresentar uma estrutura fibrosa característica, com fibras orientadas na mesma direção, como resultado do processo de filagem. Essas fibras podem ser alongadas consideravelmente sem se romper dando a característica de elasticidade do queijo. Essa elasticidade está relacionada principalmente a dois fatores fundamentais: presença predominante de caseína intacta e concentração típica de cálcio na massa (AUER, 2014). Massas com alto teor de cálcio coloidal rasgam-se, pois são massas mais firmes e sem elasticidade. Contudo, massas com baixo teor de cálcio originam uma massa mais fraca que se desintegra. Os dois exemplos citados são exemplos de defeitos no queijo produzido. Essa etapa deve ser interrompida quando o pH atingir valores de 5,05 a 5,15, garantindo o grau ideal de fermentação da massa de queijos para pizza (FURTADO, 2016).

Após moldagem, a massa é enviada para resfriamento, já que se entrar em contato direto com a salmoura em temperaturas elevadas, ocorre a absorção de sal na superfície da peça no processo de salga, com possíveis manchas em seu exterior e perda da gordura para a salmoura. O processo de salga, dependendo do teor de sal aplicado, pode impactar nas propriedades tecnológicas, nos parâmetros físico-químicos do produto final, no controle da proliferação microbiológica e no sabor. Após essa etapa, os queijos devem permanecer em câmara de secagem (5-10 °C) por um período de até 24 horas para que seja retirado o excesso de salmoura e de soro (VIANA, 2014).

No caso de queijos para serviços de alimentação (em cubos ou filetes), estes devem passar por um período de estabilização, onde atingirão características sensoriais ideais. Este termo vem sendo usado em substituição à palavra maturação, já que os queijos utilizados para aplicação em pizza não são queijos definitivamente maturados (FURTADO, 2016). Na estabilização ocorre o fenômeno de proteólise - constituída da degradação progressiva de uma longa cadeia de aminoácidos com ligações peptídicas, ocasionando na hidrólise da paracaseína, por ação dos agentes coagulantes residuais. São formados então, peptídeos de peso molecular médio e baixo que são mais solúveis em água, resultando em uma solubilização gradativa da massa do queijo. A caseína é então parcialmente solubilizada na forma de Nitrogênio Solúvel (NS). Considera-se que a estabilização ideal de queijos para pizza ocorreria quando cerca de 8 a 10% do Nitrogênio Total (NT) estaria sob a forma de NS, nível de proteólise em que as propriedades tecnológicas deste tipo de aplicação – principalmente derretimento e elasticidade – são ideais (FURTADO, 2016). Desta forma, queijos com pouco tempo de estabilização, na superfície do bloco ou em superfícies recém cortadas, endurecem mais rapidamente, pois apresentam baixa capacidade de retenção de água, fazendo com que as características de derretimento e elasticidade sejam inadequadas. Isso acontece porque a matriz proteica do queijo “jovem” não se deforma com facilidade quando aquecida.

Após tempo ideal de estabilização, o produto segue para a cubetadeira - equipamento formado por uma calha de alimentação na parte superior, com facas internas que trituram os blocos de queijo em pequenos cubos ou filetes. Após essa etapa, o queijo cubetado deve ser embalado em mistura de gases inertes para evitar a proliferação de microrganismos e adicionado de antiuementante, para evitar que as partículas cubetadas voltem a aglomerar-se (FURTADO, 2016).

O produto então deve ser estocado e expedido em temperaturas refrigeradas ou congeladas, já que temperaturas mais baixas retardam o crescimento de bactérias e fungos, que são responsáveis pela deterioração dos alimentos, principalmente após a cubetagem, que

aumenta a superfície de contato do queijo. Devido a isso, é de grande importância a avaliação das modificações das características desse produto após o descongelamento (CHAVES, 1997). É importante mencionar que o processo de congelamento deve acontecer de forma rápida, já que, por serem cubetados ou filetados, tem grande superfície de exposição, aumentando a formação de cristais de gelo e separando a gordura do queijo quando este for descongelado. A rapidez no congelamento limita o tamanho dos cristais de gelo que podem ser formados, permitindo sua máxima coesividade no descongelamento (FURTADO, 2016).

2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE QUEIJOS PARA PIZZA

A compreensão da físico-química do queijo tem sua relevância para aprimoramento da textura, qualidade e sabor do mesmo. Esses parâmetros podem interferir diretamente nas reações do processo de estabilização, formação das estruturas de proteínas, interação entre glóbulos de gordura e proteínas, todos visando a consistência e a textura ideais desse produto.

2.3.1 Acidez e pH

O índice de acidez corresponde à concentração de ácidos em uma solução, descrevendo a capacidade da substância em liberar íons H^+ em solução aquosa. Já o pH, é uma medida quantitativa dessa acidez e varia de 0 a 14. Onde 7 indica neutralidade, abaixo de 7, acidez e acima de 7, alcalinidade. Desta forma, quanto menor o pH, mais ácido é o alimento analisado (GAMA, 2007).

A acidez do queijo é proveniente do ácido láctico produzido por bactérias lácticas durante a etapa de fermentação na fabricação do queijo. O açúcar presente no leite - lactose e/ ou galactose - é convertido em ácido láctico, interferindo na atividade enzimática, crescimento de microrganismos e a proteólise em queijos sob armazenamento, bem como o sabor, odor, cor, estabilidade e conservação no produto fabricado. Além disso, o teor de acidez também pode ser proveniente da adição de ácidos por alguns fabricantes, o que contribui para acidificação do meio e coagulação do leite para formação da coalhada. O pH ideal de queijos para pizza está em torno de 5,2, sendo classificado como um pH ácido (FURTADO, 1997).

2.3.2 Umidade

É um índice que indica a quantidade de água presente em um determinado alimento, medida em relação à massa total do mesmo. Em queijos, esse teor tem relação com a quantidade de soro que é liberada no corte e na sinérese da coalhada. Por isso, tem influência na textura e

consistência do produto final desejado. A umidade também interfere no nível de proteólise, já que o fenômeno da hidrólise proteica é acelerado, interferindo também na elasticidade do queijo. Além disso, a formação de bolhas e a deterioração do alimento são fatores influenciados pelo parâmetro em questão. A faixa ideal em queijos para pizza gira em torno de 48% a 52% de umidade, de acordo com Furtado (2016).

2.3.3 Gordura

Da mesma forma que a umidade, o teor de gordura é um índice que indica a quantidade de gordura presente em um determinado alimento, também medida em relação à massa total do mesmo. A composição da matéria-prima na produção de queijos – teor de gordura do leite, composto principalmente por triglicerídeos, que são compostos de glicerol e ácidos graxos – tende a interferir na textura, elasticidade, fatiabilidade, derretimento e separação de óleo na superfície do queijo. O índice chamado de Gordura no Extrato Seco (GES) é calculado a partir da massa seca e não em relação à sua massa total, sendo medida após remoção da umidade do alimento. A GES indica o teor de gordura determinado com base no peso dos sólidos remanescentes após a remoção da água. Essa medida é útil porque permite uma comparação mais precisa do conteúdo de gordura em alimentos com diferentes teores de umidade. Em queijos para pizza, os valores ideais estão por volta de 22 a 24% de gordura, o que equivale de 40 a 44% de GES (FURTADO, 2016).

2.3.4 Sal

Refere-se à quantidade de sal presente no alimento, sendo um constituinte importante no queijo e exercendo inúmeras funções. Em queijos, o sal é adicionado no processo com o objetivo de melhorar o sabor, a textura e a conservação do produto (retardando o crescimento de microrganismos). Também afeta diretamente as propriedades tecnológicas do queijo, através do impacto sobre a atividade enzimática, com consequente interferência na proteólise no período de armazenamento (estabilização) do queijo (FURTADO, 2016).

O aumento do teor de sal causa uma redução na velocidade de estabilização por conta da diminuição da atividade da água (A_w) – quantidade de água em um alimento que está livre e disponível, sem estar ligada com outras moléculas. Os íons de sódio e cloreto interagem com as moléculas de água livres, diminuindo a sua disponibilidade na matriz do queijo. Nesse contexto, a água tem um papel fundamental na solvatação das enzimas e na sua interação com os substratos, afetando a eficiência da sua atividade (KUHN, 2010). Quando há uma menor

quantidade de água livre no meio, menor é a atividade enzimática, tornando menor a velocidade de estabilização do queijo.

Uma outra função importante é a ação como um emulsificante, já que durante o processo de salga acontece uma troca catiônica entre cálcio e sódio, produzindo uma substância com alto poder emulsionante, o paracaseinato de sódio. Isso tende a causar uma retenção da gordura durante o derretimento do queijo (FURTADO, 2016). Além disso, interfere no teor de açúcares do queijo, retardando a degradação da lactose e galactose residual. Atua também na solubilidade das micelas de caseína, já que aumenta a capacidade da retenção de água das mesmas (MONTEIRO, 1999).

O Ministério da Saúde, a ABIQ (Associação Brasileira das Indústrias de Queijos) e outras associações do setor produtivo de alimentos assinaram um termo com metas para redução do teor de sódio de queijos muçarela em 512 mg/100g, correspondendo a um teor de sal de 1,30% até o ano de 2016 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013). A Instrução Normativa nº 75 de 8 de outubro de 2020, que estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados, preconiza que queijos são vedados de rotulagem frontal desde que não sejam adicionados de ingredientes opcionais que agreguem valor nutricional significativo de sódio ao produto. De qualquer forma, para alcance das propriedades específicas de aplicação em pizzas e do cumprimento do termo de compromisso com o Ministério da Saúde, é considerado ideal um teor de sal variando entre 1,2% e 1,3% em queijos para pizza.

2.4 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE QUEIJOS PARA PIZZA

Queijos com características de muçarela têm sido usados constantemente como ingredientes culinários em grandes serviços de alimentação e pizzarias, o que aumentou a exigência desses produtos com características sensoriais próprias e de aplicabilidade operacional para um bom produto final.

Essas características são chamadas de características tecnológicas do queijo, são elas: o derretimento, a elasticidade até o rompimento, a separação de óleo - quantidade de óleo visível na superfície da pizza -, escurecimento – aspecto de queimado – e formação de bolhas. Estão relacionadas ao seu comportamento após o seu aquecimento, mais precisamente em fornos de alta temperatura entre 240 e 260 °C, por cerca de 6 a 8 minutos. Esse conjunto de propriedades reológicas e físico-químicas devem estar de acordo com os padrões de aceitabilidade para utilização na pizza.

2.4.1 Derretimento

É definido como a capacidade e a facilidade de o queijo derreter sobre a pizza quando submetido a aquecimento, ou seja, onde as partículas cubetadas se unem uniformemente, formando uma fase homogeneamente derretida, decorrente da evaporação da água e fluidificação da gordura, dando origem a um queijo fundido. Esta propriedade funcional faz com que os outros ingredientes da pizza se agrupem através da massa derretida. Os fatores que influenciam no derretimento do queijo para pizza são: o nível de proteólise, teor de sal, teor de gordura e teor de umidade (MONTEIRO, 1999).

Com relação ao nível de proteólise, quanto maior o tempo de estabilização, melhor será o derretimento do produto sobre a pizza. Um queijo mais jovem tem alto nível de caseína intacta e, por isso, é mais firme, apresentando dificuldades para o derretimento e movimentação da estrutura caseínica.

Sabe-se que o sal é responsável por retardar a proteólise, já que inibe a atividade enzimática por conta da diminuição da atividade de água. Desta forma, um alto teor de sal no queijo fará com que o ponto ideal de derretimento sobre a pizza demore para ser alcançado, já que a matriz do queijo não se deforma com facilidade quando não está suficientemente proteolizada (FURTADO, 2016).

O teor de gordura também interfere na capacidade de derretimento já que a mesma desempenha um papel lubrificante nas fibras proteicas do queijo, e quando em quantidades menores, tende a dificultar o deslizamento dessas fibras (fluidificação) e movimentação da matriz proteica (MAIA, 2014). Além disso, o calor faz com que a gordura que está em estado sólido passe ao estado líquido e as moléculas de proteína sofram uma reorganização física, desta forma, quanto maior o teor de gordura, maior é o índice de derretimento do queijo.

A umidade do queijo tem interferência no derretimento porque um queijo mais úmido tende a se proteolisar mais rapidamente. Esse aumento da atividade proteolítica é ocasionada pela reação de hidrólise de ligações peptídicas, fazendo com que a água seja fundamental para rompê-las (FURTADO, 2016).

2.4.2 Elasticidade

A habilidade do queijo de sofrer uma pressão e retornar à sua forma inicial é conhecida como elasticidade (LANDIN *et al.*, 2022). No caso do queijo para pizza, essa propriedade é referente à capacidade da massa esticar sem arrebentar, distanciando-se da pizza quando puxada com um garfo (FURTADO, 2016). É importante mencionar que a avaliação dessa propriedade

envolve também a aderência do queijo à pizza quando puxada. Essa propriedade é influenciada por quatro fatores importantes: o teor de gordura, teor de sal, teor de umidade e o nível de proteólise.

Em queijos mais frescos e jovens, um nível de proteólise é desejável, já que o alto nível de caseína intacta interfere na firmeza do produto e conseqüentemente na elasticidade do mesmo. À medida que a proteólise acontece e a matriz proteica vai se degradando, o queijo derretido vai perdendo a capacidade de esticar-se, e se rompe facilmente. Nesse contexto, um queijo de elasticidade indesejável também está se referindo a níveis de proteólise muito altos (FURTADO, 1997).

Com o aumento da gordura, os triglicerídeos em excesso tendem a alterar as propriedades físicas da proteína contida no queijo, já que as partes hidrofóbicas da caseína se ligam a essas moléculas por meio de interações físicas e forças atrativas de polaridade. Essas regiões hidrofóbicas da proteína e da gordura acabam se aproximando na tentativa de minimizar o contato com a água do meio, resultando em aglomerados (GUINEE *et al.*, 2000). Essas interações reduzem a capacidade da caseína de formar uma estrutura elástica. Desta forma, quanto maior o teor de gordura, menor a elasticidade do queijo (FURTADO, 2016).

Já que o teor de sal afeta a proteólise do queijo, este também afetará na elasticidade do produto pós aquecimento. A proteólise é retardada quando o teor de sal aumenta. Desta forma, para queijos com alto teor de sal, o desenvolvimento da elasticidade do queijo é mais demorado no decorrer do tempo de armazenamento. É considerado ideal um teor de sal nem tão alto e nem tão baixo, já que teores muito baixos de sal no queijo facilitam muito a proteólise, o que também pode ocasionar queijos com elasticidade indesejável (FURTADO, 2016).

Com relação à umidade do queijo, queijos mais úmidos têm o fenômeno de hidrólise mais acelerado, o que em excesso, tende a deixar o queijo elástico demais. Um teor de umidade muito baixo também irá afetar no estiramento do queijo aquecido, porque diminuirá a taxa de proteólise das caseínas, formando um queijo mais firme (FURTADO, 2016).

2.4.3 Separação de Óleo (*oiling off*)

A separação de óleo consiste na liberação de óleo livre durante o processo de derretimento do queijo sob aquecimento – momento em que a matriz caseínica sofre quebras. Desta forma, os glóbulos de gordura se unem e se direcionam para superfície dos queijos, podendo a vir causar, ou não, acúmulo de óleo.

Dependendo do teor de gordura, esta propriedade é caracterizada como desejável, já que o óleo liberado tem a função de proteger a evaporação de água durante o derretimento,

diminuindo o escurecimento do queijo e proporcionando um aspecto visual satisfatório e brilhante. Nesse contexto, o teor de gordura do queijo afeta diretamente a liberação de óleo na pizza. É ideal que se atinja um teor de gordura que permita um bom derretimento e sem separação excessiva de óleo (FURTADO, 2016).

O teor de sal também afeta diretamente a liberação de óleo, pois tende a modificar o poder emulsificante da matriz caseínica. Quando em teor elevado, o sódio transforma o paracaseinato de cálcio em paracaseinato de sódio – através da troca catiônica -, aumentando a capacidade emulsificante do meio e o poder de retenção de gordura. Todos esses fatores acabam por diminuir o *oiling off*.

Desta forma, a matriz de caseína tem uma propriedade específica de retenção de gordura e quando a mesma é proteolizada, essa retenção é diminuída e o óleo tende a se direcionar para a superfície do queijo. Quanto maior o nível de proteólise deste queijo, maior a capacidade de separação de óleo do mesmo (FURTADO, 2016).

2.4.4 Formação de bolhas (*blisters*)

Os *blisters* são bolhas que se formam na superfície do queijo no momento do seu derretimento, devido à evaporação da água e sua retenção na massa do queijo (PIZAIA, *et al.*, 2003), conforme Figura 2.5.

Figura 2.5 – Esquema demonstrativo de formação bolhas (*blisters*) na superfície do queijo.



Fonte: Adaptado de Furtado (2016).

A água é evaporada porque é separada da matriz de caseína que não está fortemente hidratada. Isso acontece predominantemente em queijos mais jovens e menos “curados”, já que

em queijos com nível de proteólise elevado, existe um número muito maior de aminoácidos que possuem cargas elétricas e que atraem a molécula de água por conta da polaridade da mesma. Desta forma, o teor de umidade também é um dos fatores que influencia a formação de bolhas – quanto maior umidade, maior a quantidade e o tamanho das bolhas formadas (FURTADO, 2016).

Além disso, quando a retenção das moléculas de água é maior, a liberação de óleo é mais intensificada, dificultando a evaporação da água. Portanto, observa-se uma maior formação de bolhas em queijos que apresentam uma menor liberação de óleo livre. O oposto também é observado, pode-se relacionar também o teor de gordura do queijo com a formação de bolhas - quanto maior o teor de gordura, menor a evaporação de água e menor formação de bolhas, já que a liberação de óleo livre tende a ser maior (MA *et al.*, 2013). Outro ponto importante é o índice de elasticidade do queijo – quanto maior a capacidade do queijo se deformar sem se romper e liberar o vapor, maior será o tamanho da bolha (RUDAN; BARBANO, 1998).

Blisters não são totalmente indesejáveis, mas devem ter tamanhos e quantidades específicas. Diâmetros de 0,5 cm a 1,5 cm distribuídos em 25% da área da pizza são considerados normais e necessários nas características do queijo usado como ingrediente para pizza (MONTEIRO, 1999).

2.4.5 Escurecimento (*browning*)

Considerado uma consequência natural do queijo quando submetido a altas temperaturas, o escurecimento é caracterizado pela obtenção de uma coloração amarronzada e mais escura sobre o queijo. É uma consequência normal no processo de aquecimento em altas temperaturas, devendo ter cores douradas e marrom claras para boa aceitabilidade dos consumidores.

Esse escurecimento é resultado da reação de *Maillard* - reação do grupo carbonila do açúcar redutor com o grupamento amino livre de aminoácidos, peptídeos ou proteínas, dando origem a uma complexa cascata de reações que formam pigmentos escuros denominados melanoidinas (MARTINS, 2001). No queijo, é classificado como escurecimento não enzimático resultante da presença da lactose e/ou galactose e das aminas resultantes da degradação das caseínas (MONTEIRO, 1999). É importante mencionar que esses açúcares resultantes estão presentes em maiores quantidades no início do período de estabilização do queijo. Essa concentração residual, de lactose especificamente, pode acontecer devido a fermentação insuficiente deste açúcar após a massa atingir seu pH de filagem. Já o resíduo de

galactose é decorrente do tipo de fermento utilizado para o processo, pois alguns tipos não metabolizam a galactose, por não possuírem a enzima específica (FURTADO, 2016). Usualmente, o queijo tem aminas desde o início do período de estabilização, mas devido à proteólise que continua acontecendo no período de armazenamento, a disponibilidade dessas aminas aumenta. De qualquer forma, em consequência aos fatores citados, a formação de *browning* tende a ser maior quando o queijo é mais fresco, no início da sua estabilização e com pouco tempo de armazenamento (FURTADO, 2016).

Outro fator a ser considerado é a formação de bolhas (*blisters*) no queijo. Conforme explicado anteriormente, os *blisters* são formados pelo fenômeno de evaporação da água. O crescimento das bolhas cria uma película de queijo mais fina na superfície, fazendo com que essa parte, em específico, possa absorver maior energia térmica, escurecendo mais rapidamente. Ou seja, quanto maior a quantidade de *blisters*, maior a taxa de escurecimento do queijo na pizza (MARQUES; ARAUJO, 2009).

Em queijos com menores teores de gordura, a água do queijo evapora rapidamente, e o queijo acaba não derretendo, e sim “queimando”, já que escurece mais rapidamente. Isso acontece porque, além da gordura (lipídios) ser um isolante térmico, ela também retarda a evaporação da água do queijo, possibilitando seu derretimento e diminuindo seu escurecimento (MARQUES; ARAUJO, 2009; LOPES *et al.*, 2022). Desta forma, a gordura também é considerada um parâmetro de interferência na característica de escurecimento.

3 METODOLOGIA

Os queijos utilizados neste estudo foram obtidos de fornecedores credenciados de uma rede de pizzarias com sede localizada na cidade do Rio de Janeiro, e que possui cerca de 270 lojas distribuídas pelo Brasil.

Foram utilizadas 7 amostras de queijos já processados em cubos obtidos de 4 fornecedores diferentes, sendo produzidos a partir de diferentes formulações/ingredientes e que apresentavam indicações de armazenamento distintas (congelado ou refrigerado).

Parte das amostras fornecidas com a indicação de armazenamento refrigerado, também foram submetidas ao congelamento (-18°C) para verificação das alterações de suas propriedades físico-químicas e tecnológicas. As amostras permaneceram congeladas durante 7 dias e, 48 horas antes das análises, foram descongeladas em refrigerador, até atingir temperatura entre 1 – 3°C.

A identificação das amostras, forma de apresentação e os respectivos tratamentos são apresentados na Tabela 3.1. As declarações dos ingredientes apresentados pelos fornecedores são apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.1 - Identificação das amostras, formas de apresentação e os respectivos tratamentos adotados.

	A e C*	B e D*	E	F	G
Condição de Armazenamento	Refrigerada *Congelada	Refrigerada *Congelada	Congelada	Congelada	Congelada
Denominação	Queijo Mussarela Cubetado	Queijo Mussarela Ralado (Cubetado)	Queijo Fresco Processado Cubetado	Queijo Mussarela Cubetado Tradicional	Queijo Mussarela Picado (Cubetado)

Fonte: Especificação técnica apresentada pelos fornecedores.

*As amostras C e D utilizadas no estudo são as mesmas amostras A e B respectivamente, que foram congeladas para verificação de possíveis alterações nas propriedades físico-químicas e tecnológicas

Tabela 3.2 - Declaração de ingredientes das amostras analisadas.

	A e C*	B e D*	E	F	G
Leite	X	X	X	X	X
Cloreto de Sódio	X	X	X	X	X
Cloreto de Cálcio	X	X	X	X	X
Fermento Lácteo	X	X	X	X	X
Coalho	X	X	X	X	X
Amido modificado			X		
Leite em pó			X		
Água			X		
Antiumectante (celulose microcristalina)		X			
Estabilizante			X		
Conservante			X		
Acidulante				X	X

Fonte: Especificações técnicas informadas pelos fornecedores.

*As amostras C e D são equivalentes às amostras A e B respectivamente, mas foram submetidas ao congelamento para verificação de alterações nas propriedades físico-químicas e tecnológicas.

As amostras utilizadas, segundo laudos apresentados pelos fornecedores, possuem as características físico-químicas apresentadas na Tabela 3.3, para os lotes fornecidos e utilizados no presente estudo.

Tabela 3.3 – Informações físico-químicas dos queijos fornecidas pelos fabricantes.

	A e C*	B e D*	E	F	G
Umidade (%)	45,90	45,80	50,30	48,80	48,50
pH	5,30	5,55	5,24	5,21	5,57
Gordura (%)	25,00	24,00	20,00	22,46	21,40
Sal (%)	1,20	1,00	1,10	0,94	0,85
GES (%)	46,21	44,30	40,20	43,89	41,60
EST (%)	54,40	54,20	49,70	51,19	51,50

Fonte: Laudo de análise do produto obtido através dos fornecedores.

*As amostras C e D utilizadas no estudo são as mesmas amostras A e B respectivamente, que foram congeladas para verificação de possíveis alterações nos resultados.

As análises foram realizadas no Laboratório de Engenharia de Sistemas Biológicos (BIOSE) da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro para os parâmetros

de umidade, acidez, pH, derretimento, separação de óleo (*oiling off*) e escurecimento (*browning*). Os demais parâmetros – elasticidade e formação de bolhas (*blisters*) – foram analisados em uma das lojas da rede, situada no Rio de Janeiro, com o auxílio de profissionais responsáveis pelo Departamento de Qualidade e Pesquisa e Desenvolvimento da empresa. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

3.1.1 Umidade

A umidade foi determinada em balança de determinação de umidade (I-THERMO 163L BEL) com Resolução de Secagem de 0,001% a 105°C. Foram utilizadas 1 g de queijo para cada determinação.

3.1.2 Acidez

A acidez foi determinada por titulação com hidróxido de sódio N/9 (solução Dornic), utilizando o indicador fenolftaleína (ADOLFO LUTZ, 2008). Foram pesados 10 g de queijo previamente triturados em becker de 100mL, após, foram adicionados 100 mL de álcool neutro a 95%, sendo a mistura agitada até a dissolução do queijo e, posteriormente, filtrada. Foi adicionada à mistura 5 gotas de fenolftaleína 1% e, posteriormente, a mesma foi titulada com solução de hidróxido de sódio N/9 (solução Dornic) até coloração rósea. Os resultados foram expressos em g ácido láctico/100g, sendo calculados pela Equação 3.1.

$$g \text{ ácido láctico}/100g = \frac{V \times 0,9}{A} \quad (3.1)$$

V = n° de mL de solução de hidróxido de sódio gasto na titulação;

A = n° de g da alíquota da amostra usada na titulação.

3.1.3 pH

Foram pesados 10 g de queijo previamente triturados em becker de 100 mL, após, foram adicionados 100 mL de água destilada, com posterior homogeneização através de agitação mecânica e filtragem da mistura e aferição em pHmetro Digimed DM-22, previamente calibrado.

3.2 ANÁLISES TECNOLÓGICAS

3.2.1 Derretimento

O derretimento dos queijos foi determinado através do método de Schreibers modificado (KOSIKOWISKI, 1997). O fundo das placas de Petri foram delimitados em quatro partes iguais dispostas em ângulos de 45°. Foram distribuídas 2 g das respectivas amostras com o auxílio de molde padronizador de 3 cm de diâmetro. O material foi submetido a aquecimento por 6 minutos em forno elétrico convencional Britânia PR 31L 1500W – 220V a 250 °C. O derretimento das amostras foi calculado a partir da diferença do diâmetro do queijo derretido em relação ao diâmetro da amostra original. A intensidade do derretimento foi medida pela variação dos quatro diâmetros traçados na placa, calculando-se a porcentagem a partir da média das diferenças de diâmetros antes e depois do aquecimento, conforme Equação 3.2 e as Figuras 3.1 e 3.2. Os diâmetros foram medidos a partir de um paquímetro digital calibrado pelo fabricante.

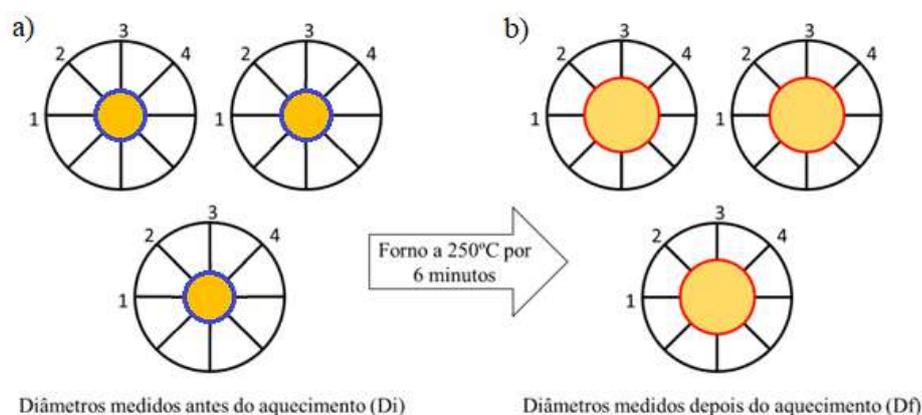
$$\% \text{ de derretimento} = (Df - Di) * 100/Di \quad (3.2)$$

Onde:

Df: diâmetro final

Di: diâmetro inicial

Figura 3.1 – Determinação da capacidade de derretimento do queijo pelo método de Schreibers modificado (KOSIKOWISKI, 1997).

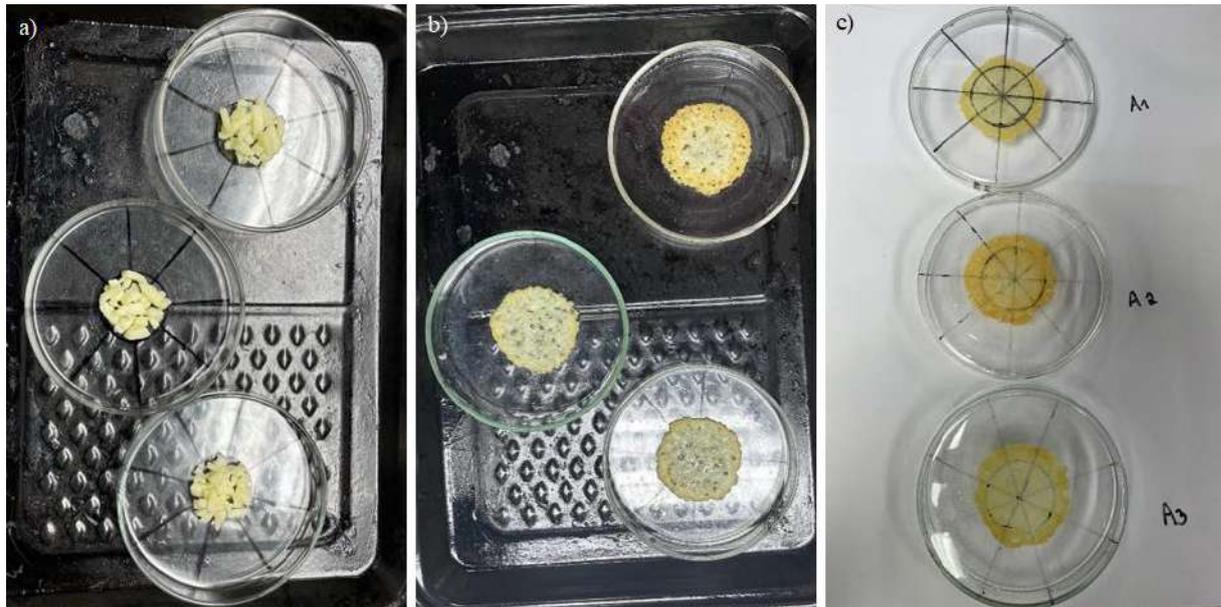


Fonte: Elaboração própria.

a) Amostra de queijo antes do aquecimento - diâmetro em azul indica o diâmetro inicial (3 cm).

b) Amostra de queijo depois do aquecimento - diâmetro em vermelho indica o diâmetro final.

Figura 3.2 – Derretimento e amostra resultante do teste.



Fonte: Elaboração própria.

- a) Montagem do esquema antes do aquecimento.
 b) e c) Queijo derretido após o aquecimento.

3.2.2 Elasticidade

A elasticidade foi medida através da aplicação de 140 g de queijo das amostras avaliadas, as quais foram distribuídas uniformemente em um disco de massa com cerca de 1,0 cm de espessura e 30 cm de diâmetro, posteriormente recoberta com molho de tomate, seguindo protocolo adotado e validado na unidade da pizzaria. A pizza foi assada em um forno esteira *Middleby Marshall* a 250 °C por 6 minutos.

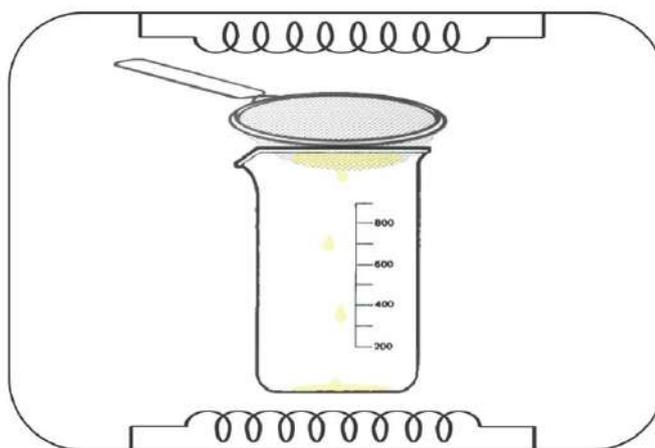
Após o forneamento, um garfo foi inserido no queijo derretido e levantado verticalmente até que houvesse a ruptura do fio. A medida foi feita através de uma régua milimetrada. A determinação foi realizada 3 vezes para cada amostra de queijo analisado.

3.2.3 Separação de Óleo (*oiling off*)

Amostras de 17 g de queijo foram distribuídas em uma peneira de tela fina construída de aço inoxidável de 16 cm de diâmetro. A peneira foi acoplada na parte superior de um béquer previamente seco e pesado em uma balança de precisão.

A separação de óleo foi determinada através da quantidade de óleo desprendido do queijo e gotejado no interior de béquer, quando o aparato (peneira + béquer) com a amostra foi submetido a aquecimento em um forno elétrico convencional Britânia PR 31L 1500W – 220V a 250 °C por 6 minutos, conforme esquema apresentado na Figura 3.3.

Figura 3.3 - Esquema para análise e quantificação da separação de óleo dos queijos.



Fonte: Elaboração própria.

A porcentagem de óleo desprendida da amostra, nas condições do ensaio foi calculada através da Equação 3.3:

$$\% \text{ de óleo desprendida} = (B_f - B_i) * 100/m \quad (3.3)$$

Onde:

B_i : massa do béquer

B_f : massa do béquer + óleo desprendido

m : massa da amostra

3.2.4 Formação de bolhas (*blisters*)

A porcentagem de bolhas (*blisters*) foi medida através da aplicação de 140 g de queijo das amostras avaliadas, as quais foram distribuídas uniformemente em um disco de massa com cerca de 1 cm de espessura e 30 cm de diâmetro, posteriormente recoberta com molho de tomate, seguindo protocolo estabelecido e validado na unidade da pizzaria. A pizza foi assada em um forno esteira *Middleby Marshall* a 250 °C por 6 minutos sendo posteriormente resfriada a temperatura ambiente por 30 minutos. A pizza foi dividida em 8 pedaços e um deles foi utilizado para avaliação dos *blisters*. Foram utilizados pedaços de três pizzas diferentes para avaliação e determinação das médias de bolhas.

As bolhas foram medidas através de uma régua e classificadas de acordo com o seu diâmetro médio: Pequeno (1 a 4 mm); Médio (5 a 9 mm), Grande (1 a 1,5 cm) e Extragrande

(> 1,5 cm) (PIZAIA *et al.*, 2003). As bolhas oriundas do processo de aquecimento da massa, que não foram formadas pelos queijos, foram desconsideradas para o cálculo da % de bolhas. A porcentagem da superfície da pizza ocupada pelas bolhas foi calculada a partir da média ponderada descrita pela Equação 3.4.

$$\% \text{ de blister} = \frac{8 \cdot [(nP \cdot AP) + (nM \cdot AM) + (nG \cdot AG) + (nGG \cdot AGG)]}{At} * 100 \quad (3.4)$$

onde:

nP: número médio de "blisters" pequenos;

nM: número médio de "blisters" médios;

nG: número médio de "blisters" grandes;

nGG: número médio de "blisters" extragrandes;

At: área total da pizza;

AP: área média de "blisters" pequenos (calculada com base no diâmetro médio: 2,5mm);

AM: área média de "blisters" médios (calculada a partir do diâmetro médio: 7mm);

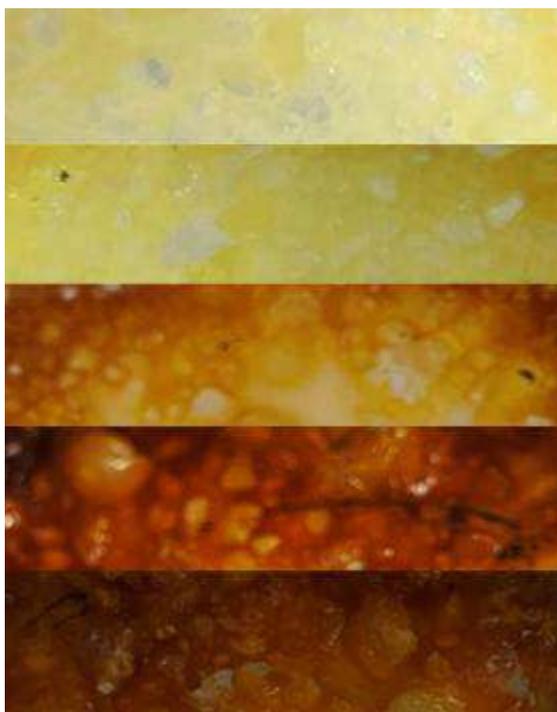
AG: área média de "blisters" grandes (calculada com o diâmetro médio: 12,5mm);

AGG: área do "blisters" extragrandes calculada com seu próprio diâmetro.

3.2.5 Escurecimento (*browning*)

O escurecimento dos queijos foi determinado utilizando o mesmo aparato apresentado na Figura 3.2. A captação de dados da cor do produto foi feita pelo aplicativo para IOS Colorimeter App, operado no sistema LAB (L^* , a^* e b^*), que forneceu os parâmetros L^* , a^* e b^* , onde apenas o L^* foi utilizado para quantificação da luminosidade com valores que variam de 0 a 100 (de preto para branco) (SILVA, 2016). O escurecimento do queijo também foi avaliado qualitativamente através da régua de cores apresentada na Figura 3.4. As amostras foram classificadas da esquerda para direita – muito claro (L^* de 100 a 80), claro (L^* de 80 a 60), médio (L^* de 60 a 40), escuro (L^* de 40 a 20), muito escuro (L^* de 20 a 0).

Figura 3.4 - Régua de escurecimento do queijo.



Fonte: Elaboração própria.

Classificação de cima para baixo – muito claro (L^* de 100 a 80), claro (L^* de 80 a 60), médio (L^* de 60 a 40), escuro (L^* de 40 a 20), muito escuro (L^* de 20 a 0).

4 RESULTADOS

4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os resultados das análises físico-químicas para as diferentes amostras de queijos estão apresentados na Tabela 4.1. Também é apresentado o tempo de armazenamento das amostras, que se refere a data de produção até a data de execução das análises.

Tabela 4.1 - Umidade, pH e acidez dos queijos.

	A	B	C	D	E	F	G
Umidade (%)	29,73 ± 0,86	21,14 ± 4,60	34,30 ± 0,37	23,65 ± 3,22	27,60 ± 0,73	27,60 ± 0,14	18,24 ± 0,94
pH	5,20 ± 0,00	5,43 ± 0,06	5,37 ± 0,06	5,67 ± 0,06	5,60 ± 0,00	5,47 ± 0,06	5,67 ± 0,06
Acidez (g/100g)	0,40 ± 0,02	0,29 ± 0,01	0,42 ± 0,01	0,32 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,18 ± 0,00	0,25 ± 0,01
Tempo de armazenamento até a análise (dias)	53	16	60	23	148	49	115

Fonte: Elaboração própria.

Analisando comparativamente o resultado experimental de todas as amostras com as informações técnicas enviadas pelos fornecedores, observa-se que todos os valores de umidade apresentaram-se menores, o que pode ser explicado por diversos fatores, incluindo diferença metodológica de determinação, alteração do produto pós processamento e armazenamento e, diversas reações bioquímicas associadas à matriz láctea e respectivos ingredientes.

Uma das possibilidades levantadas é a intensa proteólise que pode ocorrer durante o armazenamento do produto. Nos estágios iniciais de armazenamento do queijo, como consequência da atividade hidrolítica das proteínas, dois novos grupos iônicos são formados e irão competir pela água disponível no sistema, fazendo com que a retenção de água aumente substancialmente (CHAVEZ, 1997). Contudo, em determinado momento de degradação proteica - normalmente após duas semanas - o nível de proteólise é tão intenso que atinge um máximo. Após esse estágio essa degradação faz com que a estrutura do queijo passe a se tornar menos coesa e mais frágil e uma consequência disso é o maior desprendimento e liberação da água retida. Dado o tempo de armazenamento de todos os produtos até a análise experimental, pode ser que a proteólise tenha atingido e superado esse ponto máximo, resultando em um queijo com estrutura mais frágil e, conseqüentemente, com menos água na sua estrutura.

Ao analisar as amostras A e C, bem como as amostras B e D - produtos de mesma formulação que passaram por um processo de congelamento e descongelamento -, nota-se teores de umidade maiores nas amostras C e D (congeladas). Isso pode ter acontecido devido ao retardamento das atividades enzimáticas sob temperatura de congelamento (CHAVEZ, 1997). As enzimas dependem da energia térmica para funcionar corretamente, e o congelamento reduz a velocidade dessas reações, pois diminui a energia cinética das moléculas e, portanto, a taxa de colisões entre as moléculas envolvidas (KUHN, 2010). Provavelmente, todas as amostras atingiram o ponto máximo da atividade proteolítica e passaram a liberar água no decorrer dessas análises. Portanto, as amostras armazenadas congeladas, nas análises pós congelamento, tiveram uma diminuição da taxa de liberação de água nesse período, já que a taxa de proteólise é mais lenta em baixas temperaturas. É possível dizer que nas amostras A e B, a atividade se manteve na mesma intensidade, liberando mais água, diminuindo o teor de umidade (CHAVEZ, 1997).

A amostra C, por possuir um teor de sal maior em sua formulação, teve uma menor taxa de liberação de água (maior retenção), obtendo menores reduções no teor de umidade (25,27%) quando comparado com a amostra D (48,36%), já que o sal atua como um agente de retenção de umidade, por conta dos íons de sódio e cálcio em maior quantidade interagindo com as moléculas de água livres. Devido a isso, durante o descongelamento, o queijo que possui maior teor de sal retém mais umidade (MONTEIRO, 1999). Esse comportamento também pode ter acontecido com a amostra G, que teve a umidade reduzida em 62,39% (maior redução), já que possui o menor teor de sal.

Analisando os outros parâmetros, percebe-se que amostras A e B (refrigeradas), apresentam um valor de pH inferior aos das amostras congeladas. O fato de as amostras serem armazenadas sob refrigeração, torna o ambiente mais propício para a ocorrência de reações químicas nos açúcares residuais, quando comparadas às amostras que foram congeladas. O congelamento retarda as reações químicas que ocorrem nas células dos alimentos, incluindo as que precisam da ação de bactérias termófilas, com temperatura ideal entre 39°C e 43°C (FUTADO, 2016).

Já as demais amostras (C, D, E, F e G) que são congeladas, provavelmente tiveram uma diminuição do pH no decorrer do armazenamento oriundo da degradação da lactose e formação de ácido láctico, mas após o descongelamento esse pH aumentou. Isso acontece pois durante o congelamento, a água presente no queijo se transforma em gelo na forma de cristais. Esses cristais podem vir a se espalhar e se expandir causando alterações na estrutura do queijo, resultando em rupturas e danos nas proteínas, gorduras e outros componentes, já que o gelo

ocupa um volume maior do que a água líquida. No descongelamento, esses cristais derretem e a água pode vir a se separar da matriz do queijo, ocorrendo a lixiviação dos ácidos e aumentando o pH. Uma outra justificativa para o aumento do pH nessas amostras é devido a formação de compostos alcalinos nitrogenados, de acordo com FARKYE *et al.* (1990).

A acidez e o pH são parâmetros inversamente proporcionais que indicam a presença de ácidos no meio, sendo indicativo da formação de ácido lático através da fermentação da lactose presente nos queijos. Quanto maior a quantidade de ácido, menor o pH do meio. Foram observadas pequenas alterações no teor de acidez - que estavam dentro do desvio padrão - entre as amostras com tipos de armazenamento diferentes (A e C; B e D). Foi constatado que a amostra com o maior pH, apresentou também um dos maiores teores de acidez (amostra D), o que diverge do descrito na literatura provavelmente devido às condições experimentais (identificação do ponto final da titulação, entre outros) (GAMA, 2007).

4.2 ANÁLISES TECNOLÓGICAS

4.2.1 Derretimento

Os resultados obtidos da análise de derretimento estão expostos na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Derretimento dos queijos e suas características físico-químicas.

	Derretimento (%)	Gordura (%)	GES (%)	Sal (%)	Umidade Fornecedor (%)	Umidade Experimental (%)
A	41,94 ± 0,93	25,00	46,21	1,20	45,90	29,73 ± 0,86
B	24,17 ± 3,33	24,00	44,30	1,00	45,80	21,14 ± 4,60
C	45,56 ± 2,04	25,00	46,21	1,20	45,90	34,30 ± 0,37
D	33,33 ± 4,44	24,00	44,30	1,00	45,80	23,65 ± 3,22
E	43,06 ± 0,93	20,00	40,20	1,10	50,30	27,60 ± 0,73
F	38,89 ± 1,30	22,46	43,89	0,94	48,80	27,60 ± 0,14
G	41,39 ± 4,26	21,40	41,60	0,85	48,50	18,24 ± 0,94

Fonte: Elaboração própria.

Analisando comparativamente os dados das amostras que foram congeladas (C e D em comparação com A e B, respectivamente), houve um aumento nesses valores. O congelamento induz a formação de cristais de gelo capazes de modificar a estrutura do produto, resultando em uma abertura e afrouxamento da matriz. Essas aberturas dão ao queijo uma maior

permeabilidade para o calor, permitindo que o queijo derreta mais, podendo influenciar também na maciez do queijo, o que facilita o derretimento (CHAVES, 1997).

A amostra que apresentou maior porcentagem de derretimento foi a amostra C, justificado pelo maior teor de gordura, de acordo com as especificações técnicas do fabricante. Esse fato aumenta o derretimento do queijo já que a gordura presente age como um lubrificante nas proteínas, facilitando o deslizamento das mesmas no ato do derretimento (MAIA, 2014). Apesar desta amostra ter o maior teor de sal – o que deveria retardar a proteólise e fazer com que o derretimento seja dificultado -, uma justificativa para o alto índice de derretimento é a possível presença de pouca quantidade de caseína intacta, ou seja, um nível de proteólise suficientemente alcançado, já que a análise foi realizada 60 dias depois da fabricação, facilitando o nível de derretimento do produto.

Levando em consideração a amostra B – que teve o menor índice de derretimento -, observa-se que é a amostra que tem um dos menores teores de umidade nas análises experimentais e no laudo fornecido pelo fabricante, indicando que a quantidade de água presente interfere no derretimento do queijo, já que facilita a proteólise do mesmo por conta da hidrólise das ligações peptídicas das proteínas, que dá ao queijo uma textura mais macia que facilita o derretimento.

A segunda amostra com maior índice de derretimento foi a amostra E. Essa amostra, além de ser fornecida congelada causando abertura e afrouxamento da matriz do queijo, tem em sua composição amido modificado e leite em pó. A presença do amido modificado na fabricação desses queijos aumenta o teor de umidade (teor mais alto nas análises do fabricante, e terceiro mais alto nas análises experimentais) – fator explicado pela capacidade de retenção de água após o processo de gelatinização (DIAMANTINO, 2018). Queijos fabricados com leite em pó também tem um percentual de umidade maior, pois são responsáveis pela redução na taxa de sinérese da coalhada, justificando o índice alto de umidade (SPADOTI, 1998). Desta forma, quanto maior umidade, maior a atividade proteolítica durante o armazenamento, facilitando a abertura e afrouxamento da matriz e o consequente aumento do índice de derretimento.

4.2.2 Elasticidade

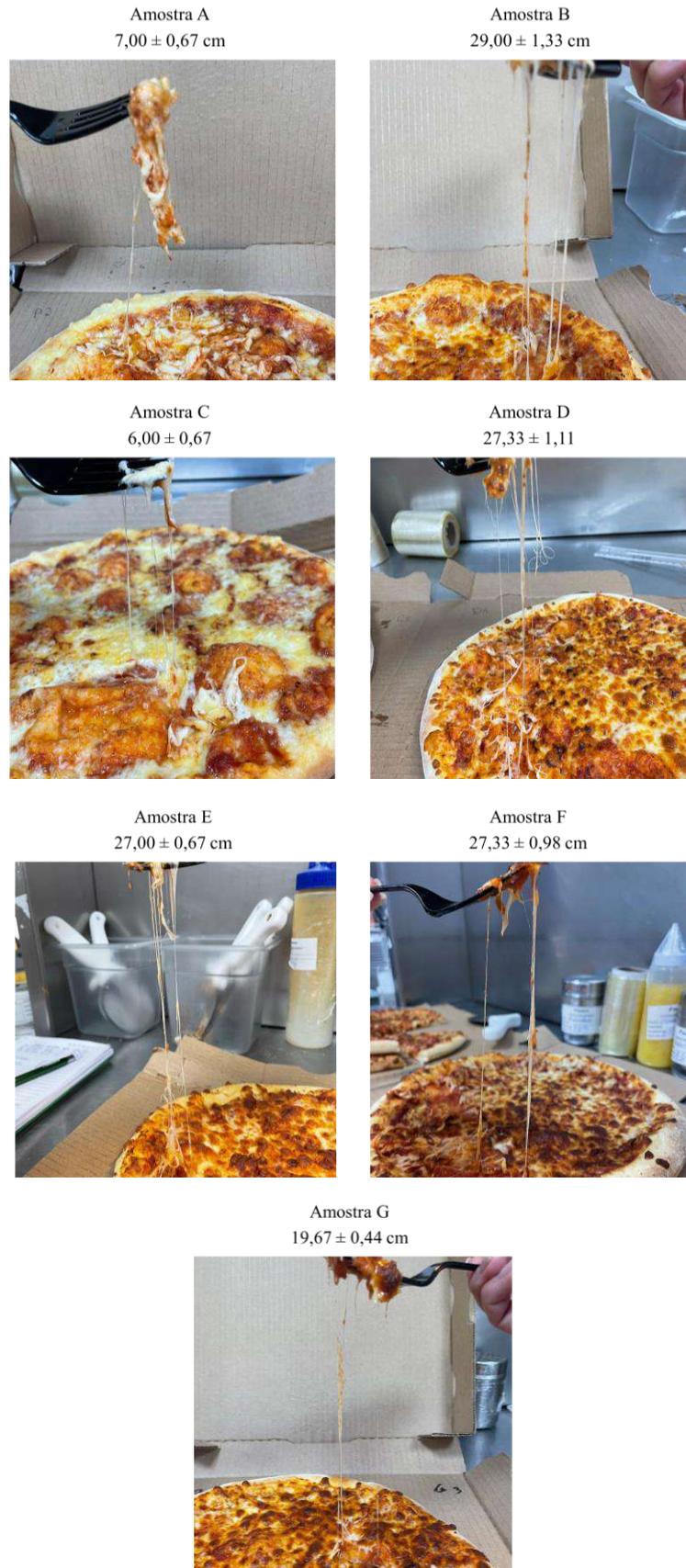
A elasticidade, além de ser medida em centímetros conforme Tabela 4.3, também foi avaliada qualitativamente conforme figura 4.1.

Tabela 4.3 – Análise quantitativa da elasticidade dos queijos e suas características físico-químicas.

	Elasticidade (cm)	Gordura (%)	GES (%)	Sal (%)
A	7,00 ± 0,67	25,00	46,21	1,20
B	29,00 ± 1,33	24,00	44,30	1,00
C	6,00 ± 0,67	25,00	46,21	1,20
D	27,33 ± 1,11	24,00	44,30	1,00
E	27,00 ± 0,67	20,00	40,20	1,10
F	27,33 ± 0,98	22,46	43,89	0,94
G	19,67 ± 0,44	21,40	41,60	0,85

Fonte: Elaboração própria.

Figura 4.1 – Análise qualitativa da elasticidade dos queijos.



Fonte: Elaboração própria.

As amostras B, D, E, e F tiveram elasticidades bem similares tanto qualitativamente, quanto nos valores obtidos em centímetros. Claramente as amostras A e C demonstraram pouca elasticidade, e isso pode ser justificado pelo teor de gordura apresentado pelas mesmas (25,00%, correspondendo a 46,21% de GES). Por terem um teor alto de gordura, os triglicerídeos em excesso tendem a interagir com as partes hidrofóbicas da caseína, o que reduz a capacidade da caseína de formar uma estrutura suficientemente elástica (GUINEE *et al.*, 2000).

Sabe-se que queijos com alto teor de sal retardam a proteólise do queijo e com pouca proteólise, o queijo é mais firme e possui menor capacidade de esticar-se. Esse fato também justifica o rompimento mais rápido do queijo de amostras A e C, amostras que possuem maior teor de sal, com diminuição da atividade enzimática das proteases (FURTADO, 2016).

Analisando as amostras em relação à forma de armazenamento, é possível indicar que o congelamento pode ter afetado a elasticidade, de forma que diminuiu o comprimento encontrado na verificação da ruptura do queijo derretido. A formação de cristais de gelo no congelamento pode danificar a estrutura proteica do queijo, causando quebras nas ligações e alterando sua textura. Esse fato pode facilitar a elasticidade, mas a modificação da estrutura da matriz pode ser tão intensa que também facilitará a ruptura, como parece ter acontecido.

De acordo com Furtado (2016), valores ideais de gordura em um queijo para pizza com uma boa elasticidade giram em torno de 22 a 24%. Dentro dessa faixa de teor de gordura descrita, apenas as amostras B (24%), D (24%) e F (22,46%) estão inseridas, sendo as amostras que apresentaram as maiores medidas de elasticidade frente às demais.

4.2.3 Separação de óleo (*oiling off*)

Os resultados obtidos da análise de separação de óleo estão expostas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Separação de óleo nos queijos e suas características físico-químicas.

	Separação de óleo (%)	Gordura (%)	GES (%)	Sal (%)
A	7,11 ± 0,63	25,00	46,21	1,20
B	1,38 ± 0,07	24,00	44,30	1,00
C	6,17 ± 0,20	25,00	46,21	1,20
D	1,06 ± 0,15	24,00	44,30	1,00
E	0,09 ± 0,09	20,00	40,20	1,10
F	1,70 ± 0,18	22,46	43,89	0,94
G	1,33 ± 0,17	21,40	41,60	0,85

Fonte: Elaboração própria.

A separação de óleo foi mais evidenciada nas amostras A e C – mesmas formulações, com condições de armazenamento diferentes, fator justificado pelo teor de gordura das mesmas (25,00%, correspondendo a 46,21% de GES), de acordo com as fichas técnicas fornecidas pelos fabricantes. Nesse contexto, a amostra E, por possuir menor teor de gordura (20,00%, correspondendo a 40,20% de GES), teve a menor quantidade de óleo liberada (próxima a zero) para o tempo e temperatura da análise. Uma separação de óleo muito baixa, ou quase nula, gera um aspecto visual negativo nas pizzas, já que quanto menor a quantidade de óleo liberada, mais facilitado é o processo de evaporação de água durante o derretimento, aumentando o fenômeno de escurecimento (*browning*) (FURTADO, 2016).

O teor de sal também é um fator que pode influenciar a liberação de óleo na superfície da pizza, pois quanto maior a quantidade de sal no queijo, maior é a capacidade emulsificante da matriz caseínica, diminuindo o *oiling off*. Isso pode ser comprovado pela amostra E que possui um dos teores de sal mais altos (1,10%) e teve a menor quantidade de óleo liberado. A amostra A e C também possuem alto teor de sal (1,20%), mas a grande quantidade de gordura das mesmas faz com que esse fator não seja relevante. Já a amostra F, terceira com maior índice de liberação de óleo, possui teor de sal na formulação de 0,94%, valor considerado abaixo do ideal em queijos para pizza, mais uma vez comprovando a correlação entre teor de sal e liberação de óleo, ocasionado pelo aumento da capacidade emulsificante da troca catiônica quando a quantidade de sódio é superior à quantidade de cálcio (FURTADO, 2016).

Ao analisar as amostras em relação às condições de armazenamento, observa-se um menor valor na quantidade de óleo separado na superfície das pizzas produzidas com queijos congelados, demonstrando mais uma vez que o congelamento é um fator importante para as propriedades tecnológicas, uma vez que baixas temperaturas têm poder retardante na degradação da matriz proteica pelas proteases dos queijos. Por outro lado, as amostras A e B, que estavam armazenadas sob temperatura de refrigeração, portanto mais favorável à ação das enzimas, podem apresentar uma atividade proteolítica maior, promovendo o aumento da porosidade da matriz de caseína e permitindo a coalescência dos glóbulos de gordura, com conseqüente maior liberação de óleo no processo de aquecimento. A hidrólise das caseínas também pode impactar na perda da estabilidade da emulsão proteína-gordura (CHAVEZ, 1997).

4.2.4 Formação de bolhas (*blisters*)

A formação de bolhas presentes nos queijos submetidos ao aquecimento foi avaliada a partir da porcentagem das mesmas presentes nas pizzas conforme apresentado na Tabela 4.5. A

análise visual (qualitativa) também foi realizada, conforme Figuras 4.2 (analisada em cor normal) e 4.3 (recolorida e analisada em preto-e-branco 50%).

Tabela 4.5 – Análise quantitativa da formação de bolhas (*blisters*) nos queijos e suas características físico-químicas.

	Formação de bolhas (%)	Gordura (%)	GES (%)	Umidade Fornecedor (%)	Umidade Experimental (%)
A	28,48 ± 3,79	25,00	46,21	45,90	29,73 ± 0,86
B	44,15 ± 16,06	24,00	44,30	45,80	21,14 ± 4,60
C	26,56 ± 2,81	25,00	46,21	45,90	34,30 ± 0,37
D	44,32 ± 4,82	24,00	44,30	45,80	23,65 ± 3,22
E	66,34 ± 7,95	20,00	40,20	50,30	27,60 ± 0,73
F	39,86 ± 16,97	22,46	43,89	48,80	27,60 ± 0,14
G	50,61 ± 4,73	21,40	41,60	48,50	18,24 ± 0,94

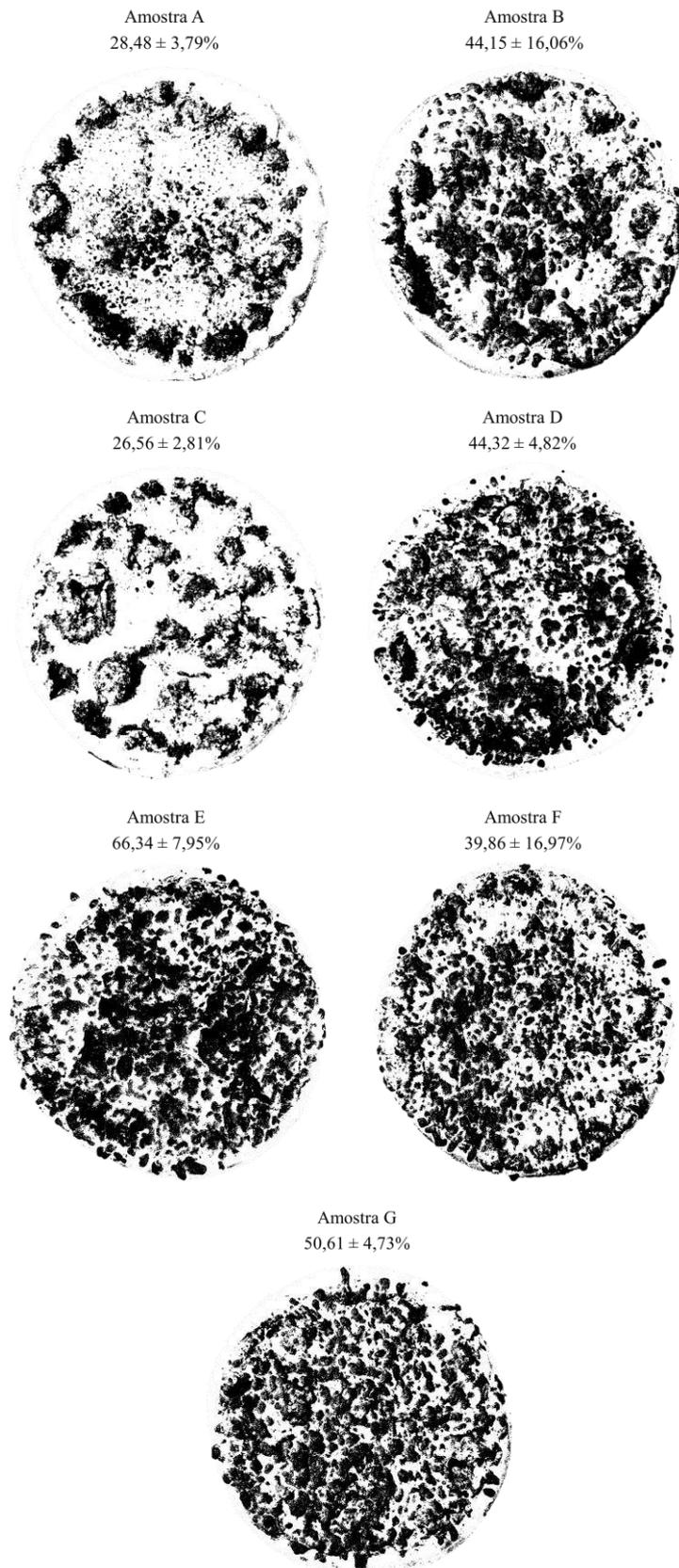
Fonte: Elaboração própria.

Figura 4.2 – Análise qualitativa da formação de bolhas (*blisters*) nos queijos – cor normal.



Fonte: Elaboração própria.

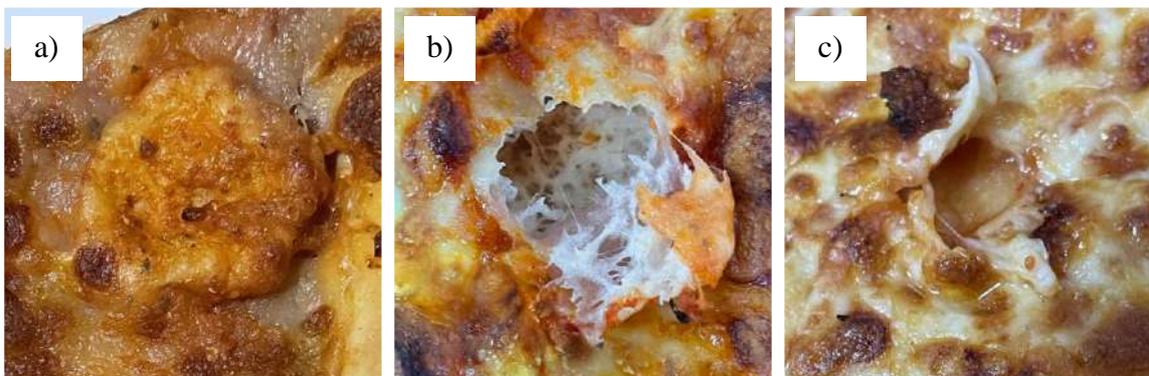
Figura 4.3 – Análise qualitativa da formação de bolhas (*blisters*) nos queijos – recolorida (preto-e-branco 50%).



Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 4.3, os pontos pretos fazem referência às bolhas (*blisters*), já que ao serem formadas, a película de queijo fica mais fina, fazendo com que possa absorver maior energia térmica, facilitando a reação de escurecimento durante o forneamento (MARQUES; ARAUJO, 2009). Durante a análise foi verificado que algumas pizzas demonstraram bolhas maiores que 5 cm de diâmetro (A, B, C e D). Também foi comprovado que essas circunferências escuras maiores não se referem exclusivamente às bolhas dos queijos, mas sim, às bolhas oriundas da massa da pizza quando submetida a aquecimento, ocasionadas pela liberação de CO₂ que é formado durante o processo de fermentação da massa. Dessa forma, tornou-se necessário estabelecer uma desconsideração apropriada para evitar erros na determinação da porcentagem de bolhas (*blisters*) inerentes ao queijo. Quando as bolhas eram maiores do que 5 cm, seu interior foi verificado. Se encontrado massa em seu interior, a bolha foi classificada como inerente à massa e foi desconsiderada. Se encontrado molho de tomate, a bolha é inerente ao queijo, sendo classificada como *blister*, conforme Figura 4.4.

Figura 4.4 – Critério utilizado para definição do tipo de bolha encontrada na pizza.



Fonte: Elaboração própria.

- a) Bolha maior do que 5 cm;
- b) Massa em seu interior;
- c) Bolha menor do que 5 cm, com molho de tomate em seu interior.

Após a análise do tipo de bolha a ser analisada, constatou-se que para as amostras armazenadas em diferentes condições de armazenamento, especialmente as amostras B e D, não foram observadas diferenças, já que ambas apresentaram cerca de 44,0% de formação de bolhas. Nas amostras A e C, que apresentaram bolhas ocupando menos que 30% da área da pizza, também não foram identificadas diferenças, já que os valores encontrados estão dentro do desvio padrão.

Pela análise quantitativa, a formação de bolhas foi mais presente na amostra E, o que também pôde ser observado na análise qualitativa. Observa-se na imagem uma maior densidade da cor preta, resultado de uma maior formação de bolhas de tamanhos grandes, preenchendo mais de 50% da área total. Sabe-se que a formação de bolhas é uma característica que depende da umidade do queijo, já que a água presente precisa ser evaporada para formação das bolhas. Portanto, como o teor de umidade da amostra E é maior, maior é a quantidade das bolhas formadas. O tamanho grande das bolhas também é justificado pelo bom índice de elasticidade desta amostra (27,3 cm), permitindo que o queijo se deforme sem se romper para liberação do vapor, formando bolhas maiores (PIZAIA, 2003).

Observa-se também que as amostras A e C, com maior liberação de óleo na pizza, tiveram baixa formação de bolhas. Isso acontece porque queijos que possuem alto teor de gordura impedem a liberação de água na forma de vapor. Ao invés da migração e evaporação da água na superfície da pizza, ocorre a liberação de óleo dado o alto teor de gordura (FURTADO, 2016).

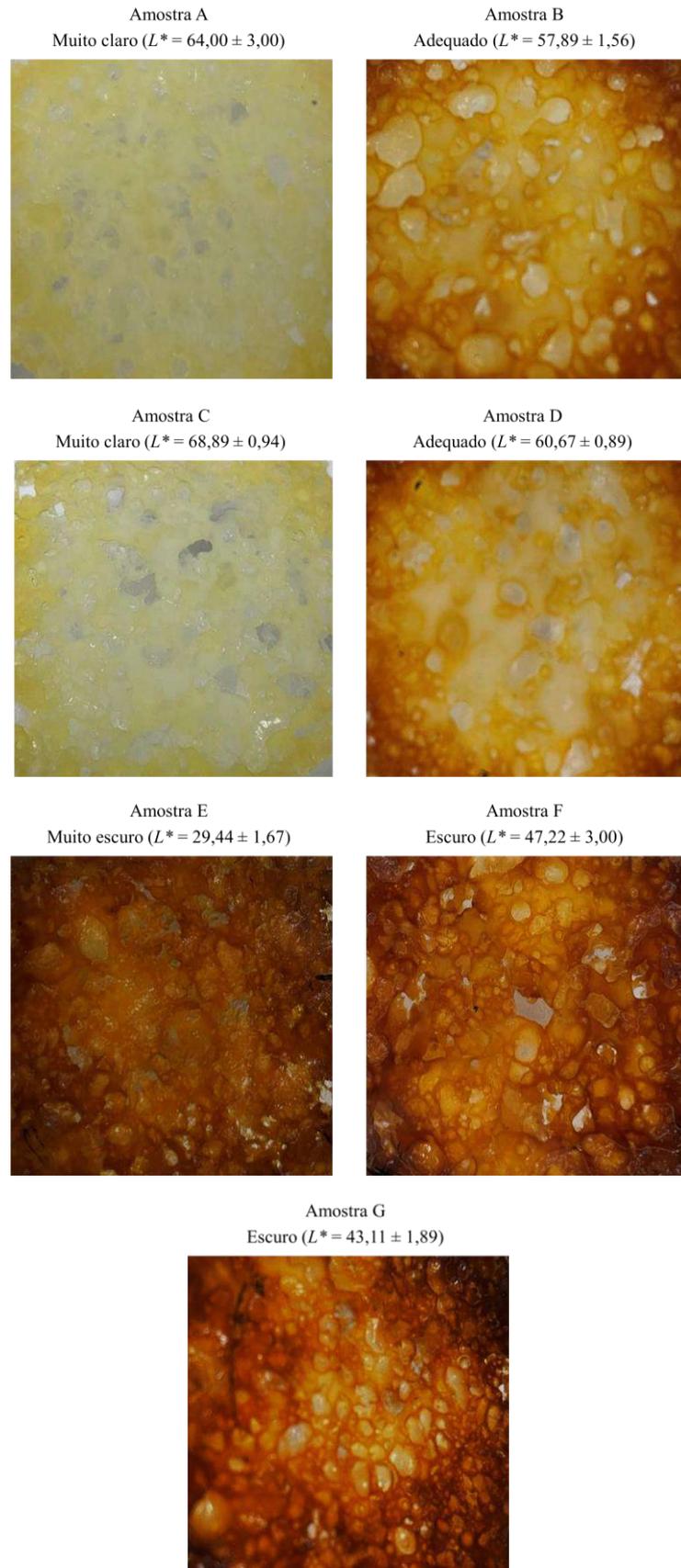
4.2.5 Escurecimento (*browning*)

O escurecimento dos queijos foi avaliado utilizando-se o parâmetro L^* (luminosidade) que define o produto entre a cor preta (0) e branca (100), caracterizando o escurecimento. Os resultados estão demonstrados na Tabela 4.6. A análise qualitativa, utilizando a observação visual, também foi realizada e é apresentada na Figura 4.5.

Tabela 4.6 – Análise quantitativa do escurecimento dos queijos e suas características físico-químicas.

	Escurecimento (L^*)	Gordura (%)	GES (%)	Sal (%)
A	64,00 ± 3,00	25,00	46,21	1,20
B	57,89 ± 1,56	24,00	44,30	1,00
C	68,89 ± 0,94	25,00	46,21	1,20
D	60,67 ± 0,89	24,00	44,30	1,00
E	29,44 ± 1,67	20,00	40,20	1,10
F	47,22 ± 3,00	22,46	43,89	0,94
G	43,11 ± 1,89	21,40	41,60	0,85

Fonte: Elaboração própria.

Figura 4.5 – Análise qualitativa do escurecimento dos queijos.

Fonte: Elaboração própria.

A principal causa do escurecimento do queijo depois de aquecido a altas temperaturas, é a quantidade de açúcares redutores residuais e de aminas livres, que sob aquecimento, reagem e formam pigmentos de cor escura - fenômeno chamado de Reação de *Maillard* (MARTINS, 2001). Além disso, o escurecimento também pode ser motivado por outros fatores e parâmetros físico-químicos dos queijos estudados, como o teor de gordura e teor de sal.

Qualitativamente, a amostra E foi classificada como “escura”. E na análise quantitativa teve o resultado do L^* mais próximo de 0, indicando que a amostra está mais próxima da cor preta, ou seja, com maior escurecimento, o que pode ser fundamentado pelo menor teor de gordura dentre as demais (20,00%, correspondendo a 40,20% de GES). A gordura presente no queijo ao ser derretido, pode atuar como um isolante térmico, reduzindo a velocidade de transferência de calor e ajudando a retardar o escurecimento do queijo (MARQUES; ARAUJO, 2009; LOPES *et al.*, 2022).

A influência do teor de gordura também pode ser comprovado pelas amostras A e C – amostras com maiores teores de gordura -, cuja classificação nos resultados qualitativos foi de uma amostra “clara”. Nos valores de L^* , isso também pode ser observado, já que eles têm maior proximidade do 100 (cor branca). As amostras B e F têm teor de gordura dentro do que é classificado como ideal de queijos para pizza (FURTADO, 2016), já que possuem uma cor mais dourada, apresentando valores de L^* próximos de 50.

Não foi possível estabelecer uma correlação do índice de escurecimento com o teor de sal das amostras. Resultados da amostra G, com menor teor de sal (0,85%) e classificada como “Escuro”, não demonstram que quanto menor o teor de sal, menos intenso será o escurecimento, já que o sal tende a retardar a degradação da lactose e galactose residual (OLIVEIRA, 2005).

O tipo de armazenamento dos queijos também pode ter interferência na intensidade do escurecimento após aquecimento. Sabe-se que após o descongelamento, ocorre uma alteração na estrutura das caseínas facilitando a liberação de água. Neste processo, a lactose residual tende a ser lixiviada, havendo uma redução da quantidade de açúcares redutores presentes no alimento, dificultando a reação de *Maillard* e, conseqüentemente, o escurecimento do queijo. Portanto, observa-se valores mais próximos do 100 (branco) nas amostras que passaram pelo processo de congelamento e descongelamento.

5 CONCLUSÕES

Os queijos foram avaliados em relação às características físico-químicas e tecnológicas para aplicabilidade em pizzas. Todas as amostras apresentaram valores de umidade e pH inferiores às informações fornecidas previamente pelos fabricantes, provavelmente devido a intensidade da atividade proteolítica ocorrida durante o armazenamento do produto. Também foi observado que os produtos que foram congelados podem ter sua atividade enzimática, especialmente proteólise, retardada devido à temperatura mais baixa de armazenamento, sofrendo alterações menos intensas. Além disso, amostras submetidas ao descongelamento podem ter sofrido um processo de lixiviação de substâncias, já que a água é liberada com a quebra da estrutura proteica, devido à formação de cristais de gelo.

Na avaliação do parâmetro tecnológico de derretimento, observou-se que os teores de umidade e gordura são os fatores que mais influenciaram os resultados. Maiores teores de umidade facilitam a proteólise, dando ao queijo uma maior possibilidade de movimentação da estrutura caseínica, facilitando o derretimento. Além disso, queijos com elevados teores de gordura apresentaram elevado índice de derretimento, uma vez que esse componente atua como lubrificante e reorganizador das proteínas.

A elasticidade foi fortemente influenciada pelo teor de gordura, sal e congelamento, os quais influenciam pelas interações da gordura e caseína, redução da proteólise e danificação da estrutura pelos cristais de gelo, respectivamente.

A separação de gordura foi influenciada pela porcentagem de gordura dos queijos (maior porcentagem, maior liberação) e pela presença de sal nas amostras. Teor de sal abaixo do ideal tende a aumentar a quantidade de óleo liberada, já que o sal auxilia a emulsificação na matriz proteica. O congelamento resultou em menor liberação de óleo, devido à redução da atividade proteolítica, impedindo o aumento da porosidade da matriz proteica e consequente liberação de óleo.

Para a formação de bolhas, foi verificada a influência da umidade e gordura na composição. Quanto maior o teor de umidade, maior a tendência de liberação do vapor de água. Contudo, altos teores de gordura podem diminuir a liberação da água em forma de vapor, já que o óleo terá uma tendência maior a ser liberado na superfície. O índice de elasticidade é um fator importante para a formação de bolhas, sendo observado que o alto índice de elasticidade, o baixo teor de gordura e o alto teor de umidade produzem maiores quantidades e bolhas de tamanhos maiores.

Em relação ao escurecimento foi observado que as amostras com maiores teores de gordura tiveram menor índice de escurecimento, devido à transferência de calor proporcionada pela característica de isolante térmico das cadeias de ácidos graxos. Outro fator que influenciou o escurecimento está relacionado à lixiviação de componentes durante o processo de descongelamento do queijo, que pode diminuir o teor de lactose residual, diminuindo seu escurecimento.

Em relação aos ingredientes, foi possível concluir que dois ingredientes têm papel fundamental nos altos teores de umidade dos produtos, o amido modificado e leite em pó, os quais são capazes de reter água e reduzir a sinérese. O congelamento/descongelamento também interferiu na retenção de água e na estrutura proteica, e no conseqüente derretimento. A presença do antiúmectante não demonstrou alterações nos resultados das amostras que o continham.

Diante disso, é nítido que as características físico-químicas, bem como a formulação e forma de armazenamento do queijo são fatores que interferem no desenvolvimento das propriedades tecnológicas do produto final, devendo-se haver um equilíbrio, principalmente, entre teores de gordura, umidade e sal. É perceptível, também, que o congelamento do produto, além de garantir maior vida de prateleira, alterou a maioria das características tecnológicas, não apresentando diferença apenas na formação de bolhas.

Este trabalho buscou avaliar os efeitos dos ingredientes, características físico-químicas e condições de armazenamento de queijos cubetados para pizzas e suas influências nas características tecnológicas durante o aquecimento. No entanto, existem várias oportunidades para expandir essa pesquisa. Um trabalho futuro poderia explorar em maior detalhe os efeitos do tempo, forma e controle de parâmetros de armazenamento e estabilização do queijo. Além disso, também investigar como a sinérese no processo produtivo pode interferir nas características tecnológicas estudadas. Ao explorar essas possibilidades de pesquisa, será possível aprofundar a influência desses processos nas características tecnológicas esperadas em queijos para pizza.

6 REFERÊNCIAS

ABUPRA - ASSOCIAÇÃO PIZZARIAS UNIDAS DO BRASIL (Brasil). **Panorama do mercado de pizzarias no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://apubra.org.br/mercado-de-pizzas/>. Acesso em: 15 jun. 2023.

AGRO20 (Brasil). **Mussarela foi aprimorada e caiu no gosto e paladar do povo**. 2019. Elaborado por Mayk Alves. Disponível em: <https://agro20.com.br/mussarela/#:~:text=No%20Brasil%2C%20por%20exemplo%2C%20s%C3%A3o,pode%20ser%20padronizado%20no%20pa%C3%ADs..> Acesso em: 26 jun. 2023.

AQUARONE, E. *et al.* **Biotecnologia Industrial**. São Paulo: Blucher, 2001.

AUER, Luciellen Bach. **Avaliação das características de qualidade físico-química, microbiológica e sensorial e de propriedades funcionais de queijo mussarela**. 2014. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2014.

BERLESE, Monica *et al.* Environmental sustainability assessment of buffalo mozzarella cheese production chain: a scenario analysis. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 238, p. 117922, nov. 2019.

BRASIL. Instrução Normativa nº 75, de 08 de outubro de 2020. **Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados**. 195. ed. Brasil, 09 out. 2020. Seção 1, p. 113.

BRASIL. Instrução Normativa nº 211, de 01 de março de 2023. **Estabelece as funções tecnológicas, os limites máximos e as condições de uso para os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em alimentos**. 46. ed. Brasil, 08 mar. 2023. Seção 1, p. 110.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Portaria nº 364, de 04 de setembro de 1997. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijo Mozzarella (Muzzarella Ou Mussarela)**. Brasil, 1997a.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Portaria nº 356, de 04 de setembro de 1997. **Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Queijo Processado ou Fundido, Processado Pasteurizado e Processado ou Fundido U.H.T (UAT)**. Brasil, 1997b.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Portaria nº 357, de 04 de Setembro de 1997. **Regulamento Técnico Para Fixação De Identidade E Qualidade De Queijo Ralado**. Brasil, 1997c.

CHAVES, Ana Carolina Sampaio Dória. **Estudo do efeito do congelamento e do tempo de armazenagem sob refrigeração após o descongelamento nas propriedades funcionais, textura e proteólise do queijo mussarela**. 1997. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

DIAMANTINO, Vivian Ribeiro. **Estudo do comportamento de diferentes tipos de amido na presença de caseína e aplicação de amido em queijo fresco light como repositor de gordura**. 2018. 132 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2018.

FARKYE, Nana Y. *et al.* Objective indices of cheese ripening. **Trends In Food Science & Technology**, [S.L.], v. 1, p. 37-40, jul. 1990.

FURTADO, Múcio Mansur. **Manual prático da Mussarela (pizza cheese)**. Campinas: Master Graf, 1997. 70p.

FURTADO, Múcio Mansur. **Mussarela: Fabricação & Funcionalidade**. São Paulo: Setembro Editora, 2016. 256 p.

FURTADO, Múcio Mansur; LOURENÇO NETO, João Pedro de Magalhães. **Tecnologia de Queijos: manual técnico para a produção industrial de queijos**. São Paulo: Dipemar, 1994. 118 p.

GAMA, Michelle da Silva; AFONSO, Júlio Carlos. De Svante Arrhenius ao peagâmetro digital: 100 anos de medida de acidez. **Química Nova**, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 232-239, fev. 2007.

GANGOPADHYAY, S.K. e THAKAR, P.N. Milk Coagulam Retention in Mozzarella Cheese and Curd. **The Australian Journal of Dairy Technology**, Gujarat, India, v.46(2), p. 49-52, 1991.

GUINEE, Timothy *et al.* The effect of fat content on the rheology, microstructure and heat-induced functional characteristics of Cheddar cheese. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 277-288, jan. 2000.

IFOOD (São Paulo). **IFood registra cinco pedidos de pizza por segundo**. 2022a. Disponível em: <https://news.ifood.com.br/ifood-registra-cinco-pedidos-de-pizza-por-segundo/>. Acesso em: 15 jun. 2023.

IFOOD (São Paulo). **Retrospectiva iFood: as 10 comidas mais pedidas no em 2022**. 2022b. Disponível em: <https://news.ifood.com.br/retrospectiva-as-10-comidas-mais-pedidas-no-ifood-em-2022/>. Acesso em: 15 jun. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. p 1020.

KAUFMANN, Evelyn Gequelin. **Melhoramento do processo produtivo de queijos ralados utilizando benchmarking como ferramenta**. 2019. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Centro Universitário Unifacvest, Lages, 2019.

KOSIKOWSKI, F.; MISTRY, V.V. 1997. **Cheese and fermented milk foods**. Michigan: Edwards Brothers, 1997. 323p.

KUHN, Graciele de Oliveira. **Comportamento da atividade de esterificação de lipases não comerciais em propano pressurizado**. 2010. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso

de Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2010.

LAB DICAS JORNALISMO (Brasil). **Brasil é o segundo maior consumidor mundial de pizza.** 2022. Elaborado por Mateus Borges. Disponível em: <https://labdicasjornalismo.com/noticia/11625/brasil-e-o-segundo-maior-consumidor-mundial-de-pizza>. Acesso em: 27 jun. 2023.

LANDIN, Taynan Barroso *et al.* Principais propriedades funcionais do queijo muçarela, queijo prato e requeijão culinário – uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, [S.L.], v. 76, n. 2, p. 118-130, 1 jul. 2022.

LOPES, Iris Maria de Araújo *et al.* Caracterização físico-química de queijo Minas Artesanal da microrregião do cerrado. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 11, n. 7, p. e18411729874, 20 mai. 2022.

MA, Xixiu *et al.* Quantifying blistering and browning properties of Mozzarella cheese. Part II: cheese with different salt and moisture contents. **Food Research International**, [S.L.], v. 54, n. 1, p. 917-921, nov. 2013.

MAIA, Leonardo Rocha. **Estudo do comportamento mecânico da muçarela de búfala obtida de massa fermentada congelada.** 2014. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2014.

MARQUES, Nelson L. R.; ARAUJO, Ives S. **Textos de Apoio ao Professor de Física.** 2009. 73 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MARTINS, João Manuel. **Mussarela Semi-Fundida:** Uma nova alternativa de produção. 2001. 86 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

MONTEIRO, Maria de Lourdes Gonçalves. **Características funcionais do queijo mussarela elaborado com dois tipos de agentes coagulantes e temperaturas de filagem.** 1999. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

MONTEIRO, Patric de Lima. **Estudo de Caso na Indústria de Queijos Ralados:** avaliação de parâmetros de qualidade em matérias-primas e produto final. 2021. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, A Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

MORAIS, B. A. *et al.* Elaboração e análise sensorial de massa de pizza com farinha de amêndoas da castanha de caju. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 3924-3930, fev. 2015.

NOLASCO, Ana Clara *et al.* **Os impactos da mudança na temperatura de armazenamento de queijos muçarela em uma rede de pizzarias no Brasil.** 2020. 54 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão da Qualidade e Segurança de Alimentos,

Departamento de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/alimentos/article/view/1546>. Acesso em: 15 jun. 2023.

OLIVEIRA, Valdomiro Jardim. **Efeito de diferentes coagulantes e temperaturas de filagem sobre as características funcionais do queijo mussarela de búfala (*bubalus bubalis*)**. 2005. 95 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

PAULA, Junio César Jacinto *et al.* Princípios Básicos de Fabricação de Queijo: do histórico à salga. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Minas Gerais, v. 64, n. 367/368, p. 19-25, jun. 2009. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/76>. Acesso em: 20 maio 2023.

PIZAIA, Patrícia D. *et al.* Composição, proteólise, capacidade de derretimento e formação de: composition, proteolysis, melting capacity and blisters formation. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [S.L.], v. 23, n. 3, p. 485-491, dez. 2003.

PQM PIZZA MAGAZINE (Estados Unidos). **Pizza Power Report 2023: Are Independents Making a Comeback?**. 2022. Elaborado por Rick Hynum. Disponível em: <https://www.pmq.com/pizza-power-report-2023/>. Acesso em: 26 jun. 2023.

RUDAN, Michael A. *et al.* A Model of Mozzarella Cheese Melting and Browning During Pizza Baking. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 81, n. 8, p. 2312-2319, ago. 1998.

SILVA, Bruna Lima da. **Otimização, purificação e caracterização da peptidase coagulante obtida por fermentação submersa pelo *Thermomucor indicae-seudaticae* N31 e produção de queijo mussarela**. 2017. 122 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2017.

SILVA, Thamara Evangelista. **Indicadores de qualidade em queijo Muçarela durante armazenamento**. 2016. 45 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2016.

SPADOTI, Leila Maria. **Uso de leite reconstituído na fabricação de queijo mussarela**. 1998. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

VIANA, Letícia Fleury. **Avaliação da estabilidade e vida útil do queijo muçarela tipo pizza cheese ao longo do tempo (ou durante o armazenamento refrigerado)**. 2014. 89 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Animal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.