



AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DO QUEIJO MUÇARELA PRODUZIDO EM UM LATÍCINIO DO ALTO SERTÃO SERGIPANO

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL QUESO MOZZARELLA PRODUCIDO EN UNA QUESERÍA DE LA REGIÓN DEL ALTO SERTÃO DE SERGIPE

EVALUATION OF THE PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF MOZZARELLA CHEESE PRODUCED IN A DAIRY PLANT IN THE ALTO SERTÃO SERGIPANO

Apresentação: Comunicação Oral

Maria Wilza Almeida Da Silva¹; Luiz Felipe de Santana Santos²; Angelise Durigon³; Simone Mazzutti⁴

DOI: <https://doi.org/10.31692/VIICIAGRO.0098>

RESUMO

Em Sergipe, a cadeia produtiva do leite impacta diretamente no desenvolvimento da região, já que é a principal fonte de renda dos sertanejos. Em Nossa Senhora da Glória, estão localizadas grandes indústrias de laticínios e queijarias de pequeno porte, sendo o queijo muçarela um dos produtos mais fabricados. Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliar a qualidade físico-química do queijo muçarela produzido em um laticínio do Alto Sertão Sergipano durante um trimestre do ano de 2024 (junho, julho e agosto). Para tal, a amostragem consistiu na retirada de uma peça de queijo muçarela de 4kg de cada lote produzido diariamente de duas marcas, onde no laboratório de qualidade foram realizadas as análises de umidade, gordura, extrato seco total e gordura no extrato seco. Os resultados foram comparados com a legislação para determinar o percentual de amostras das duas marcas que estavam em conformidade ou não com os padrões estabelecidos. Além disso, para comparar as amostras das duas marcas, foi realizado um teste F com nível de significância de 5%, utilizando o Excel, para verificar a homogeneidade das variâncias entre as duas marcas. Os resultados mostraram que o queijo muçarela de ambas as marcas, atenderam em 100% os critérios físico-químicos, para os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente (umidade de 45% e gordura no extrato seco de 46% a 47%). Além disso, os valores médios encontrados para ambas as marcas, referente ao teor de gordura de 25% a 26,2% e de extrato seco total de 54%, indicam que os queijos atendem aos requisitos de qualidade esperados. Ademais, as variâncias dos parâmetros das duas marcas não diferiram significativamente entre si ($p>0,05$). Portanto, os parâmetros físico-químicos avaliados demonstram que o queijo muçarela fabricado neste laticínio, durante o período estudado, apresentou-se como produto de qualidade e em conformidade com a legislação brasileira.

Palavras-Chave: Leite; Umidade; Gordura no Extrato seco.

¹ Bacharelada em Agroindústria, UFS, almeida97@academico.ufs.br

² Bacharel em Agroindústria, Mestrando PROCTA, UFS, felipesantos.santos.9655@gmail.com

³ Doutora, Docente Departamento de Tecnologia de Alimentos, UFS, angelise@academico.ufs.br

⁴ Doutora, Docente Departamento de Agroindústria do Sertão, UFS, simonemazzutti@academico.ufs.br

RESUMEN

En Sergipe, la cadena productiva de la leche impacta directamente en el desarrollo regional, ya que constituye una de las principales fuentes de ingresos de la población del Sertão. En el municipio de Nossa Senhora da Glória se concentran importantes industrias lácteas y pequeñas queserías, siendo el queso mozzarella uno de los productos más elaborados. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar la calidad fisicoquímica del queso mozzarella producido en una industria láctea de la región del Alto Sertão de Sergipe durante un trimestre de 2024 (junio, julio y agosto). El muestreo consistió en la recolección diaria de una pieza de queso mozzarella de 4 kg de cada lote producido por dos marcas comerciales. En el laboratorio de control de calidad se determinaron los contenidos de humedad, grasa, extracto seco total y materia grasa en extracto seco. Los resultados se compararon con la legislación vigente para verificar el cumplimiento de los estándares establecidos. Además, se realizó una prueba F con un nivel de significancia del 5 %, utilizando Microsoft Excel, con el fin de evaluar la homogeneidad de las varianzas entre las dos marcas. Los resultados mostraron que el queso mozzarella de ambas marcas cumplió en el 100 % de las muestras con los criterios fisicoquímicos establecidos por la legislación vigente, presentando aproximadamente 45 % de humedad y entre 46 % y 47 % de materia grasa en extracto seco. Asimismo, los valores promedio de grasa (25,0 % a 26,2 %) y de extracto seco total (54 %) indican que los quesos cumplen con los requisitos de calidad esperados. Las varianzas de los parámetros evaluados no presentaron diferencias significativas entre las marcas ($p > 0,05$). Por lo tanto, los resultados demuestran que el queso mozzarella producido en esta industria láctea presentó calidad adecuada y conformidad con la legislación brasileña durante el período evaluado.

Palabras clave: Leche; Humedad; Materia grasa en extracto seco.

ABSTRACT

In Sergipe, the dairy production chain plays an important role in regional development and represents one of the main sources of income for the population of the Sertão region. In the municipality of Nossa Senhora da Glória, large dairy industries and small cheese plants are concentrated, with mozzarella cheese being one of the most widely produced dairy products. Therefore, the objective of this study was to evaluate the physicochemical quality of mozzarella cheese produced in a dairy plant located in the Upper Sertão region of Sergipe, Brazil, during a three-month period in 2024 (June, July, and August). Sampling consisted of collecting one 4-kg mozzarella cheese block from each batch produced daily by two commercial brands. Moisture, fat, total solids, and fat in dry matter were determined in the quality control laboratory. The results were compared with current Brazilian legislation to assess compliance with the established standards. In addition, an F-test was performed using Microsoft Excel at a 5% significance level to verify the homogeneity of variances between the two brands. The results showed that mozzarella cheese from both brands complied with 100% of the physicochemical requirements established by current legislation, presenting approximately 45% moisture and 46% to 47% fat in dry matter. Furthermore, the average fat content (25.0% to 26.2%) and total solids content (54%) indicate that the cheeses met the expected quality standards. No significant differences were observed between the variances of the evaluated parameters ($p > 0.05$). Therefore, the physicochemical parameters evaluated demonstrate that the mozzarella cheese produced in this dairy plant was of satisfactory quality and complied with Brazilian legislation throughout the study period.

Keywords: Milk; Moisture; Fat in dry matter.

INTRODUÇÃO

O queijo muçarela é originário da Itália, onde é tradicionalmente produzido com leite de búfala, apresentando elevado teor de gordura e características sensoriais marcantes. No Brasil, é produzido principalmente com leite de vaca, apresentando textura macia, sabor suave e boa

fatiabilidade (Furtado, 2016). Seu consumo é expressivo, com média de 5,6 kg de queijo por habitante ao ano, sendo um dos queijos mais consumidos no país, especialmente nas regiões Sudeste e Sul (Forti, 2024).

Na indústria brasileira de lácteos, a muçarela destaca-se entre os queijos mais produzidos. Para aplicações culinárias, o produto deve apresentar características como boa fatiabilidade, não escurecer durante o aquecimento e não liberar excesso de gordura (Furtado, 2016).

Para garantir essas características, é necessário atender aos parâmetros de umidade e gordura no extrato seco estabelecidos pela legislação, além de manter boas práticas de fabricação. Nesse contexto, a avaliação dos parâmetros físico-químicos é fundamental para o controle da qualidade, permitindo à indústria assegurar a conformidade do produto, a segurança dos alimentos e a satisfação do consumidor.

Em Sergipe, especialmente em Nossa Senhora da Glória, a cadeia produtiva do leite possui grande importância econômica, destacando-se pela produção de leite e derivados. Dessa forma, torna-se relevante avaliar a qualidade do queijo muçarela produzido na região por meio de análises físico-químicas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Setor de lácteos

A cadeia produtiva do leite e seus derivados possui grande importância social e econômica no Brasil. Em Sergipe, a atividade leiteira constitui a principal fonte de renda para grande parte da população do sertão, contribuindo significativamente para o desenvolvimento regional (Rocha et al., 2020).

Segundo a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) do IBGE (2017–2018), o consumo médio de lácteos no Brasil é de 32,2 kg por pessoa ao ano. Entre os derivados mais consumidos destacam-se o leite fluido, os queijos e os iogurtes, sendo a muçarela o queijo preferido dos brasileiros (Siqueira, 2021).

A produção de queijos e requeijões concentra-se principalmente nas regiões Sudeste (47,2%) e Nordeste (22%). Em Sergipe, a produção leiteira atende ao mercado interno por meio da comercialização de leite e derivados, como queijos, manteiga, iogurtes e bebidas lácteas.

De acordo com a Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA), Sergipe possui 172 laticínios e fabriquetas, dos quais 42 são licenciados. Em 2021, foi criado o Serviço de Inspeção Agroindustrial, Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal do Estado de Sergipe (SIE/SE), possibilitando a adesão ao Sistema Brasileiro de Inspeção de Produtos de Origem Animal (SISBI) e

a comercialização dos produtos em todo o território nacional. No município de Nossa Senhora da Glória, 10 empresas possuem o selo SIE/SE e 3 possuem o selo SIF (Santos, 2023).

Sergipe destaca-se nacionalmente na industrialização e aquisição de leite, tendo produzido 118,399 milhões de litros no primeiro trimestre de 2024, o que representa um crescimento de 6% em relação ao mesmo período do ano anterior. Em 2023, o município de Nossa Senhora da Glória beneficiava aproximadamente 2 milhões de litros de leite por dia, consolidando sua relevância para a cadeia produtiva do leite no estado (Sergipe, 2022; Sergipe, 2024).

Leite

Segundo o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020, Art. 235, “entende-se por leite, sem outra especificação, o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas” (BRASIL, 2020).

A qualidade e a composição do leite são fundamentais para a indústria de laticínios, considerando a estreita relação entre a qualidade da matéria-prima e o rendimento econômico do processo produtivo. Dessa forma, é essencial que o leite utilizado como matéria-prima na fabricação do queijo muçarela atenda aos parâmetros de qualidade estabelecidos pela legislação vigente (Silva et al., 2018).

A Tabela 1 apresenta os parâmetros físico-químicos para o leite cru refrigerado estabelecidos pela Instrução Normativa nº 76/2018.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos para leite cru refrigerado (IN 76/2018).

PARÂMETROS	REQUISITOS
Teor de gordura (g/100g)	Mínimo 3,0
Proteínas (g/100g)	Mínimo 2,9
Lactose anidra (g/100g)	Mínimo 4,3
Extrato seco desengordurado (g/100g)	Mínimo 8,4
Sólidos totais (g/100g)	Mínimo de 11,4
Acidez titulável (g de ácido láctico/ 100mL	Entre 0,14 a 0,18
Teste alizarol 72% (v/v)	Estável
Densidade relativa (15°C/15°C)	Entre 1,028 a 1,034
Índice crioscópio (°H)	Entre -0,530°H a -0,555°H

Fonte: BRASIL, 2018.

Queijo muçarela

O Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade do Queijo Mozzarella (muzzarela ou mussarela), estabelecido pela Portaria nº 364, de 4 de setembro de 1997, define o queijo muçarela da seguinte forma:

“Entende-se por queijo muçarela o queijo que se obtém por filagem de uma massa acidificada (produto intermediário obtido por coagulação de leite por meio de coalho e/ou outras enzimas coagulantes apropriadas), complementada ou não pela ação de bactérias lácticas específicas.”

No Brasil, a muçarela está entre os queijos mais consumidos, principalmente em razão do elevado consumo de pizzas. Trata-se de um queijo de massa filada, macio e relativamente úmido, tradicionalmente comercializado na forma de paralelepípedo. Entretanto, também pode ser encontrado em outros formatos, como palito, bolinha e nozinho, destinados ao consumo de mesa. O queijo muçarela apresenta, em média, umidade entre 43% e 46%, teor de gordura de 22% a 24%, teor de sal entre 1,6% e 1,8% e pH variando de 5,1 a 5,3 (Silva, 2016).

A produção de queijo muçarela exige o cumprimento rigoroso das Boas Práticas de Fabricação (BPF), de modo a garantir a obtenção de um produto seguro, de alta qualidade e sem riscos à saúde do consumidor (Santos et al., 2020). A Figura 1 ilustra as principais etapas do processo de fabricação do queijo muçarela.

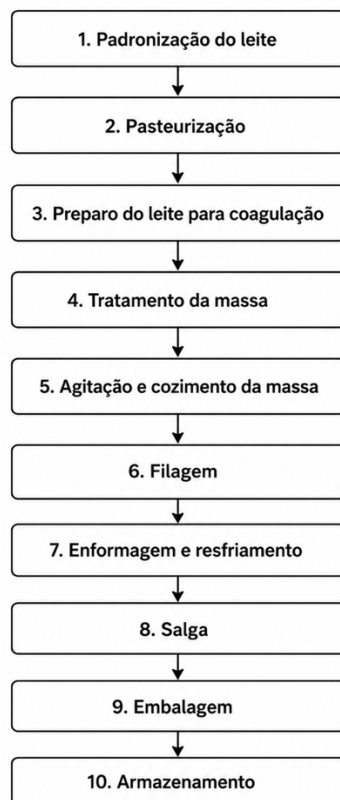
Como pode ser observado na Figura 1, o processo de produção do queijo muçarela envolve diversas etapas. Destaca-se inicialmente a pasteurização, que consiste na eliminação de microrganismos contaminantes por meio do aquecimento do leite entre 72 °C e 75 °C durante 15 segundos, seguida do resfriamento até aproximadamente 34 °C. Na etapa de preparo para coagulação, são adicionados fermento lácteo, cloreto de cálcio e coalho, promovendo a formação da coalhada (Furtado, 2016; Moraes, 2021).

Após a coagulação, ocorre o tratamento da massa, sendo o ponto de corte um fator crucial para a adequada remoção do soro. O corte é realizado com o auxílio de liras, garantindo uma fragmentação uniforme da coalhada. Em seguida, a massa é submetida à agitação lenta para evitar a união dos cubos e, posteriormente, ao cozimento gradual até atingir aproximadamente 42 °C (Nascimento, 2019).

Na etapa de filagem, a massa adquire textura alongada e elástica, sendo mantida em repouso até alcançar o pH ideal, em torno de 5,2. Posteriormente, passa pela etapa de enformagem, na qual adquire sua forma característica. A salga é realizada em salmoura com temperatura entre 10 °C e 15 °C, contribuindo para o desenvolvimento do sabor e o controle da umidade. Por fim, o queijo

muçarela é embalado a vácuo em material plástico e armazenado sob refrigeração, o que contribui para o aumento de sua vida útil (Silva, 2016).

Figura 1. Etapas do processo de fabricação de queijo muçarela.



Fonte: Adaptado de Silva (2016).

Parâmetros físico-químicos do queijo muçarela

Segundo o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade do Queijo Mozzarella (muzzarela ou mussarela), estabelecido pela Portaria nº 364, de 4 de setembro de 1997, a qualidade do queijo muçarela é avaliada por meio dos parâmetros físico-químicos apresentados na Tabela 2. As análises físico-químicas são essenciais para determinar as características específicas do produto e verificar sua conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação.

A umidade corresponde à quantidade de água presente no queijo e exerce influência direta sobre a textura, o sabor e a conservação do produto. No queijo muçarela, o corte da coalhada interfere significativamente nesse parâmetro, uma vez que grãos de maior tamanho tendem a reter mais soro, resultando em maior teor de umidade no produto final (Furtado, 2019).

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos estabelecidos para o queijo muçarela estabelecidos pelo RTIQ, Portaria nº364.

PARÂMETROS (g/100g)	REQUISITOS (%)
Matéria gorda no extrato seco	Mínimo 35
Umidade	Máximo 60

Fonte: BRASIL, 1997.

O controle da umidade é de grande importância para a indústria de laticínios. O aumento da umidade de 47% para 52% resulta em menor capacidade de trituração e em uma textura mais macia, condições que favorecem o aumento da capacidade de derretimento do queijo (Jana; Tagalpallewar, 2017).

Por outro lado, teores elevados de umidade podem influenciar negativamente o sabor da muçarela. O excesso de água promove a diluição de componentes responsáveis pelo sabor, como o ácido láctico e o sal, resultando em um produto com menor intensidade sensorial (Jana; Tagalpallewar, 2017).

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos, estabelecido pela Portaria nº 146, de 7 de março de 1996, os queijos podem ser classificados de acordo com o teor de umidade em: baixa umidade ou massa dura (até 35,9%), média umidade ou massa semidura (36,0% a 45,9%), alta umidade ou massa branda/macios (46,0% a 54,9%) e muito alta umidade ou massa branda/mole (igual ou superior a 55,0%).

Em relação ao teor de gordura, esse componente representa um importante fator para o rendimento industrial e para as características sensoriais do produto. Nos queijos, a gordura influencia diretamente a textura, o sabor e a aceitação pelo consumidor, além de constituir uma importante fonte de energia (Gonçalves, 2023).

O teor de gordura do queijo muçarela é determinado principalmente pela relação entre caseína e gordura no leite utilizado na fabricação. À medida que o teor de gordura aumenta, observa-se melhora na maciez e na capacidade de derretimento do queijo. Entretanto, níveis mais elevados podem prejudicar sua capacidade de trituração. Por outro lado, a redução do teor de gordura pode resultar em queijos mais duros e com textura emborrachada, além de provocar alterações sensoriais que comprometem a qualidade do produto (Jana; Tagalpallewar, 2017).

O extrato seco total (EST) corresponde ao conjunto de todos os sólidos presentes nos produtos lácteos, incluindo gordura, lactose, proteínas e minerais, excluindo-se a água. Trata-se de um importante indicador da qualidade e do valor nutricional dos derivados lácteos (Almeida, 2023).

A importância do extrato seco total na qualidade do queijo está relacionada a fatores como textura, rendimento e conservação. Queijos com maior teor de EST apresentam menor quantidade de água, o que favorece a estabilidade do produto e aumenta sua vida de prateleira. Além disso, tendem a apresentar maior concentração de nutrientes, especialmente proteínas e cálcio, contribuindo para um melhor valor nutricional (Almeida, 2023).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos, estabelecido pela Portaria nº 146, de 7 de março de 1996, os queijos são classificados quanto ao conteúdo de matéria gorda no extrato seco em: extra gordo ou duplo creme (mínimo de 60%), gordo (45,0% a 59,9%) e semigordo (25,0% a 44,9%).

Propriedades funcionais do queijo muçarela

As propriedades funcionais são características importantes na definição da qualidade do produto acabado e interferem diretamente na aceitação pelos consumidores. A composição dos queijos é um dos principais fatores responsáveis por influenciar essas propriedades, dentre as quais se destacam a fatiabilidade, o derretimento, a liberação de óleo livre e a elasticidade (Landin et al., 2023).

A fatiabilidade do queijo muçarela é uma característica funcional de grande importância para o mercado consumidor, uma vez que a população brasileira possui o hábito de adquirir queijos fatiados (Furtado, 2019). Essa propriedade refere-se à facilidade de cortar o queijo em fatias uniformes, sendo influenciada por suas características físico-químicas e composição. A textura da muçarela depende de diversos fatores, especialmente do processo de filagem, que consiste na imersão de pedaços de massa com pH entre 5,1 e 5,4 em água quente a temperaturas entre 80 °C e 85 °C. Esse processo promove a formação de fios longos e flexíveis, característicos da muçarela. O pH desempenha papel fundamental na elasticidade da massa, permitindo seu estiramento sem rompimento (Furtado, 2016; Vollmer et al., 2019).

Outra propriedade funcional de grande relevância é o derretimento, especialmente para a indústria alimentícia e para a produção de pizzas, uma vez que a muçarela derretida contribui para a união dos ingredientes durante o preparo. Essa característica está relacionada à capacidade do queijo de fundir-se de maneira homogênea, sem a formação excessiva de bolhas e com adequado espalhamento sobre a superfície do alimento (Furtado, 2016). De acordo com Fox et al. (2017), o derretimento pode ser definido como a capacidade das partículas de queijo fluírem durante o aquecimento, formando uma fase uniformemente fundida em decorrência da evaporação da água e da fluidificação da gordura.

A gordura exerce papel fundamental nesse processo, pois atua como lubrificante da matriz proteica do queijo. Sua deficiência pode restringir a movimentação da matriz durante o aquecimento, comprometendo a capacidade de derretimento do produto (Dai et al., 2019). Além disso, a capacidade de derretimento está relacionada ao uso de leite com maior teor de gordura e a períodos mais prolongados de armazenamento. Em contrapartida, temperaturas elevadas de cozimento, homogeneização do leite e baixos teores de gordura podem prejudicar essa característica. Menores valores de pH, maiores teores de umidade na matéria não gordurosa e o envelhecimento do queijo favorecem a proteólise, aumentando gradativamente sua capacidade de fusão (Jana; Tagalpallewar, 2017).

O pH é um fator determinante durante o processo de filagem da massa, pois valores mais elevados resultam em uma estrutura mais firme e com menor capacidade de derretimento, em razão da maior concentração de cálcio retida na matriz proteica do queijo (Furtado, 2016). Da mesma forma, a umidade exerce influência direta sobre essa propriedade. Teores mais elevados favorecem a mobilidade da matriz proteica durante o aquecimento e contribuem para uma melhor fusão do queijo. Entretanto, níveis excessivos de umidade podem comprometer a textura e reduzir a firmeza do produto (Jana; Tagalpallewar, 2017).

A liberação de óleo livre constitui outra característica funcional importante da muçarela. O excesso de óleo livre é considerado uma imperfeição grave, pois ocorre quando a gordura líquida se separa do queijo derretido, formando acúmulos de óleo na superfície (Jana; Tagalpallewar, 2017). Esse fenômeno ocorre quando a matriz de caseína se fragiliza durante o aquecimento, favorecendo a coalescência dos glóbulos de gordura e sua migração para a superfície do queijo, sendo frequentemente observado durante o preparo de pizzas (Dai et al., 2019). A muçarela produzida com leite de vaca apresenta maior liberação de gordura quando comparada à produzida com leite de búfala. Além disso, existe uma relação direta entre o teor de gordura do leite e a quantidade de óleo livre liberada pelo queijo. Teores reduzidos de sódio e elevados teores de gordura também contribuem para o aumento da liberação de óleo livre durante o derretimento (Jana; Tagalpallewar, 2017; Furtado, 2016).

Por fim, destaca-se a elasticidade, considerada uma das propriedades mais características da muçarela. Quando aquecido sob tensão, o queijo deve formar fios fibrosos e alongar-se sem se romper imediatamente. A muçarela produzida com leite de búfala apresenta elasticidade ligeiramente superior àquela produzida com leite de vaca, devido às diferenças em sua composição. O tamanho, o tipo de estiramento e a resistência dos fios são importantes atributos de qualidade. Além disso, a extensibilidade da muçarela desnatada é influenciada pelo teor de cálcio, enquanto a manutenção do estiramento está relacionada à inativação do coagulante residual do leite (Jana; Tagalpallewar, 2017).

A elasticidade pode ser afetada tanto por elevados quanto por baixos teores de gordura. Em concentrações elevadas, a gordura torna a massa excessivamente macia, reduzindo sua resistência mecânica. Por outro lado, baixos teores de gordura resultam em uma massa mais fibrosa, rígida e resistente ao estiramento, mesmo quando aquecida. Dessa forma, é desejável que a muçarela apresente capacidade de alongamento adequada, seguida de rompimento após determinado grau de estiramento, característica considerada ideal para aplicações culinárias e para a aceitação do consumidor (Furtado, 2016).

METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada no Laboratório de Qualidade de uma indústria produtora de queijo muçarela localizada no Alto Sertão Sergipano. Para o estudo, foram coletadas diariamente amostras de queijo muçarela de 4 kg, após a embalagem dos lotes, no período de 1º de junho a 31 de agosto de 2024, totalizando 1.729 amostras. As análises de umidade, gordura, extrato seco total e gordura no extrato seco foram realizadas no laboratório de qualidade. A quantidade de amostras de cada marca é apresentada no Quadro 1.

O laticínio produzia duas marcas de queijo muçarela utilizando a mesma matéria-prima, formulação e processo industrial. A principal diferença entre elas era o rótulo e a estratégia de comercialização, sendo uma destinada a um Estado específico e a outra distribuída para diferentes regiões do país.

Quadro 1. Quantidade de amostras de cada marca (junho, julho e agosto).

Marca	Junho	Julho	Agosto
A	558	494	510
B	52	76	39
Total	610	570	549

Fonte: Arquivo pessoal (2024).

Determinação da umidade

A umidade foi determinada utilizando um analisador de umidade. Foram pesados 2 g de queijo muçarela, e a análise foi realizada a 160°C, conforme recomendação do fabricante. O resultado foi obtido automaticamente e lido no visor do equipamento.

Determinação do teor de gordura

Para a determinação do teor de gordura, foram utilizados 3 g de queijo muçarela em butirômetro específico para queijo, com adição de 5 mL de água destilada, 10 mL de ácido sulfúrico e 1 mL de álcool isoamílico. Em seguida, as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 1200 rpm, e a leitura foi realizada diretamente na escala do butirômetro (IAF, 2008).

O teor de extrato seco total (EST) das amostras foi obtido através do teor de umidade, através do cálculo da norma FIL 4A 1982.

Gordura no Extrato Seco

A determinação da Gordura no Extrato Seco (GES), foi realizada através do teor de gordura e do extrato seco total através do cálculo da norma FIL 5B 1986.

Análise dos dados

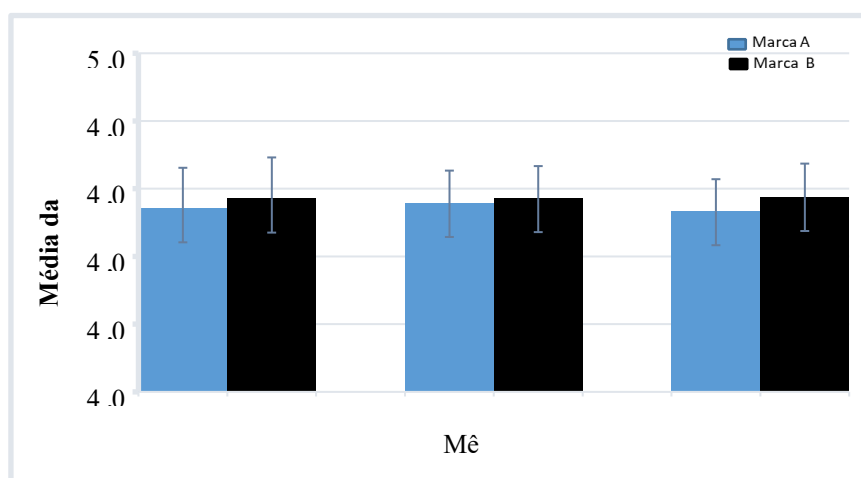
Os resultados obtidos foram comparados com a legislação para determinar o percentual de amostras A e B que estavam em conformidade ou não com os padrões estabelecidos. Além disso, para comparar as amostras A e B, foi realizado um teste F com nível de significância de 5%, utilizando o Excel 2013, para verificar a homogeneidade das variâncias entre as duas marcas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A realização de análises físico-químicas é fundamental para garantir que o produto atenda às legislações e regulamentações vigentes, assegurando a segurança dos alimentos e permitindo a identificação de oportunidades de melhoria nos processos produtivos. A seguir, são apresentados os resultados dos parâmetros físico-químicos do queijo muçarela das marcas A e B, referentes aos teores de umidade, gordura, extrato seco total e gordura no extrato seco, produzidos ao longo de 92 dias em uma indústria de laticínios da região do Alto Sertão Sergipano.

A Figura 2 apresenta a média mensal da umidade dos queijos muçarela das marcas A e B. Durante o período avaliado, nenhuma amostra apresentou desconformidade em relação aos limites estabelecidos pela legislação vigente. Observa-se que os valores médios de umidade permaneceram abaixo de 60%, limite máximo estabelecido pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ) para queijo muçarela, conforme a Portaria nº 364/1997.

Ao longo dos três meses de avaliação, as amostras das marcas A e B apresentaram teor médio de umidade em torno de 45%, caracterizando um produto dentro dos padrões legais e demonstrando uniformidade no processo produtivo. Esses resultados indicam adequado controle das etapas de fabricação que influenciam diretamente a retenção de água na massa, contribuindo para a manutenção das características tecnológicas e sensoriais esperadas para o queijo muçarela.

Figura 2. Média mensal da umidade do queijo muçarela das marcas A e B.

Fonte: Arquivo pessoal (2024).

Estudos prévios demonstram variações nos teores de umidade do queijo muçarela em diferentes regiões e condições de produção. Coelho et al. (2024), ao avaliarem queijos produzidos sob o Serviço de Inspeção Estadual de Goiás, verificaram que apenas 2,02% das amostras estavam em desacordo com os padrões estabelecidos pela Portaria nº 364/1997. De forma semelhante, Lima (2018) encontrou média de umidade de 54,9% em queijo muçarela industrial comercializado em Paragominas-PA, enquanto Garcia et al. (2019) observaram valores próximos de 47% em amostras produzidas em Rio Verde-GO.

Segundo a Portaria nº 146/1996, os queijos podem ser classificados de acordo com o teor de umidade em baixa, média, alta e muito alta umidade. Considerando essa classificação, as amostras avaliadas neste estudo, com média de aproximadamente 45% de umidade, enquadram-se na categoria de queijos de média umidade ou massa semidura. Resultado semelhante foi observado por Silva (2021), que, ao avaliar queijos muçarela produzidos na região de Mossoró-RN, classificou 90% das amostras como de média umidade e 10% como de alta umidade, todas dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

O teor de umidade exerce influência direta sobre as propriedades funcionais do queijo muçarela. Produtos com maior umidade apresentam melhor capacidade de derretimento, maior formação de bolhas e textura mais macia. Em contrapartida, menores teores de umidade favorecem a elasticidade, a fatiabilidade, a conservação e o aumento da vida de prateleira. Nos Estados Unidos e em alguns países europeus, a muçarela apresenta, em média, cerca de 52% de umidade, enquanto no Brasil predominam produtos com menor teor de água. Os resultados obtidos neste estudo corroboram

esse perfil, evidenciando que o laticínio avaliado produz queijos com características compatíveis com as preferências e padrões do mercado nacional.

De acordo com Furtado (2016), o teor de umidade também influencia diretamente o rendimento industrial. Embora valores mais elevados aumentem o rendimento devido à maior retenção de água na massa, podem acelerar a proteólise durante o armazenamento e comprometer a fatiabilidade do produto quando comparados a queijos com teores de umidade entre 43% e 45%. Dessa forma, os resultados observados indicam um adequado equilíbrio entre rendimento, estabilidade e propriedades tecnológicas do queijo muçarela produzido pela indústria avaliada.

Em relação ao teor de gordura, a Figura 3 apresenta os resultados das médias mensais observadas para os queijos muçarela das marcas A e B ao longo do período de estudo. O valor médio do teor de gordura da marca A foi de $25,89\% \pm 1,28$, enquanto a marca B apresentou média de $25,97\% \pm 1,20$.

A Portaria nº 364, de 4 de setembro de 1997 (Brasil, 1997), não estabelece limites para o teor de gordura do queijo muçarela, definindo apenas o percentual mínimo de matéria gorda no extrato seco. No entanto, a avaliação desse parâmetro é importante por sua influência direta nas características sensoriais e funcionais do produto.

Os resultados obtidos demonstram que ambas as marcas apresentaram valores próximos de 25% durante os três meses avaliados, evidenciando uniformidade no processo produtivo. Resultados semelhantes foram observados por Menegon (2019), que encontrou teores de gordura variando entre 25,0% e 26,2% em amostras de queijo muçarela.

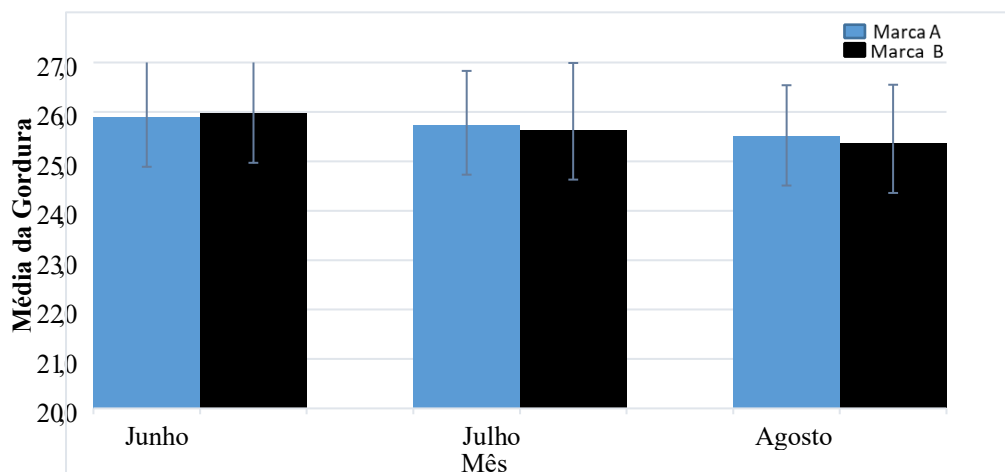
Por outro lado, Jesus et al. (2017) verificaram teores de gordura entre 26,8% e 31,4% em amostras comercializadas em Jataí-GO, enquanto Lima (2018) encontrou média de 17,39% em queijo muçarela industrial comercializado em Paragominas-PA. Essas diferenças podem estar relacionadas às características da matéria-prima utilizada, à padronização do leite e às condições de processamento adotadas por cada indústria.

Segundo Furtado (2016), o teor de gordura exerce influência direta sobre a textura, o sabor e as propriedades funcionais da muçarela. Valores reduzidos podem resultar em uma massa mais seca, menor capacidade de derretimento e alterações sensoriais indesejáveis. Os resultados observados neste estudo foram ligeiramente superiores aos valores geralmente reportados para a composição tradicional da muçarela, que variam entre 22% e 24%, mas permaneceram dentro da faixa encontrada em diversos estudos nacionais.

Em âmbito internacional, a muçarela parcialmente desnatada produzida nos Estados Unidos apresenta teor de gordura entre 30% e 40% na matéria seca, enquanto na Índia esse valor é geralmente mantido em torno de 35% (Smith et al., 2018; Jana; Tagalpallewar, 2017). O aumento do teor de

gordura tende a reduzir a capacidade de trituração do queijo, porém favorece características desejáveis, como maior maciez e melhor capacidade de derretimento. Dessa forma, os resultados obtidos indicam que as marcas avaliadas apresentam teores de gordura compatíveis com as características tecnológicas esperadas para o queijo muçarela.

Figura 3. Média mensal da gordura do queijo muçarela das marcas A e B.



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

A Figura 4 apresenta a média mensal do extrato seco total (EST) do queijo muçarela das marcas A e B ao longo do período avaliado. Os resultados demonstram que ambas as marcas apresentaram valores médios próximos de 54,0%, evidenciando uniformidade na composição do produto durante os três meses de monitoramento.

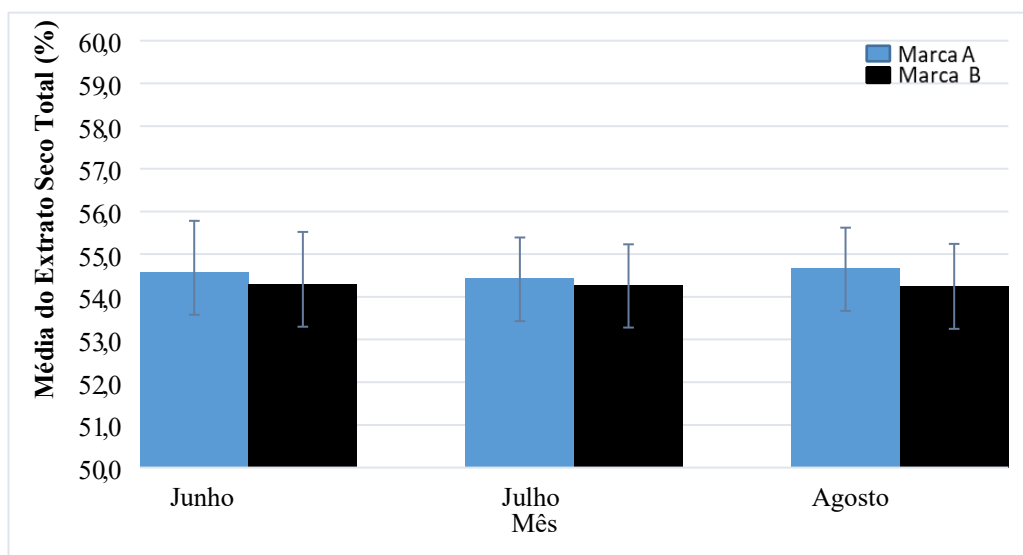
De acordo com a Portaria nº 364, de 4 de setembro de 1997 (Brasil, 1997), não são estabelecidos padrões específicos para o extrato seco total do queijo muçarela. No entanto, esse parâmetro é amplamente utilizado como indicador da composição e da qualidade do produto, uma vez que representa a fração sólida do queijo, constituída principalmente por proteínas, gordura, lactose e minerais.

Os valores observados neste estudo são compatíveis com os teores de umidade encontrados para as marcas avaliadas, uma vez que o extrato seco total apresenta relação inversa com a quantidade de água presente no produto. Dessa forma, os resultados obtidos indicam uma adequada padronização do processo produtivo e da composição das muçarelas analisadas.

Resultados semelhantes foram relatados por Erhardt et al. (2022), que avaliaram as características físico-químicas de queijos artesanais produzidos com leite cru no Vale do Taquari, RS. Os autores observaram valores médios de extrato seco total de 51,23% aos 7 dias de maturação e 52,39% aos 15 dias, próximos aos encontrados no presente estudo. Aos 60 dias de maturação,

entretanto, o EST aumentou para 76,62%, em decorrência da perda de umidade durante o armazenamento.

Figura 4. Média mensal do extrato seco total do queijo muçarela das marcas A e B.



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

A gordura no extrato seco (GES) representa o teor de gordura presente na fração sólida do queijo após a remoção da água, sendo um parâmetro importante para a comparação entre produtos com diferentes teores de umidade. Em relação a esse parâmetro, todas as amostras analisadas atenderam ao padrão mínimo de 35% estabelecido pela Portaria nº 364/1997.

Conforme apresentado na Figura 7, as médias de GES das marcas A e B variaram entre 46% e 47% durante o período de junho a agosto de 2024. De acordo com a Portaria nº 146/1996, ambas as marcas podem ser classificadas como queijos gordos, por apresentarem valores de gordura no extrato seco entre 45,0% e 59,9%.

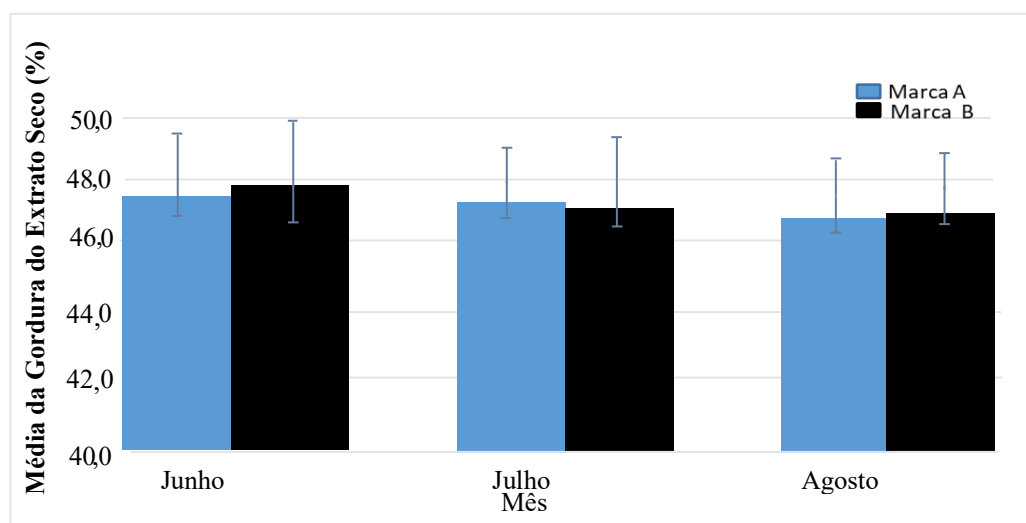
Observa-se que a marca A apresentou valores médios de GES inferiores aos da marca B nos meses de junho e agosto, porém registrou valor superior no mês de julho ($47,28\% \pm 1,96$). Apesar dessas variações mensais, os resultados demonstram uniformidade entre as marcas e evidenciam adequado controle da padronização da matéria-prima e do processo produtivo.

Os resultados obtidos estão em concordância com os observados por Garcia et al. (2019), em estudo realizado em Rio Verde-GO, no qual todas as amostras de queijo muçarela apresentaram valores de GES em conformidade com os requisitos estabelecidos pela Portaria nº 364/1997. Segundo os autores, a manutenção desse parâmetro dentro dos padrões legais está diretamente relacionada à qualidade da matéria-prima e à eficiência da padronização do processo de fabricação.

A muçarela produzida no Brasil apresenta grande variabilidade em sua composição físico-química, em decorrência das diferenças nos métodos de fabricação e da ampla faixa de parâmetros permitida pela legislação. Dessa forma, as características do leite utilizado e as condições de processamento podem influenciar diretamente as propriedades físico-químicas e tecnológicas do produto final. Segundo Furtado (2016), a muçarela destinada à produção de pizzas apresenta, em média, valores de GES entre 39% e 44%.

Comparando-se esses valores com os resultados obtidos neste estudo, verifica-se que as marcas A e B apresentaram teores de GES ligeiramente superiores aos normalmente relatados para muçarelas destinadas à produção de pizzas. Esse resultado pode estar associado ao maior teor de gordura observado nas amostras analisadas, o que pode contribuir para características tecnológicas desejáveis, como maior maciez e melhor capacidade de derretimento, sem comprometer o enquadramento legal do produto.

Figura 5. Média mensal da gordura no extrato seco do queijo muçarela das marcas A e B.



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

Na Tabela 3 são apresentados a média, o desvio padrão e os valores do teste F para os parâmetros de umidade, gordura, extrato seco e gordura no extrato seco das amostras A e B, considerando nível de significância de 5%. Os resultados indicam que as variâncias dos parâmetros analisados não diferem significativamente entre as marcas ($p\text{-valor} > 0,05$), demonstrando homogeneidade entre os grupos. Embora esse resultado permita a aplicação do teste t para comparação das médias, a grande diferença no tamanho dos conjuntos de dados das amostras A e B torna sua utilização não recomendada.

No presente estudo, já era esperado que as marcas A e B apresentassem pouca variação nos resultados, uma vez que utilizam a mesma matéria-prima, formulação e processo industrial. A principal diferença entre elas está no rótulo e na estratégia de comercialização. Enquanto uma marca é destinada a um Estado específico, a outra é distribuída para diferentes regiões do país, o que explica o menor número de amostras da marca B (Quadro 1), produzida para um público mais restrito.

Tabela 3. Resultados da média, desvio padrão e teste F do queijo muçarela das marcas A e B.

Marca	Análises							
	Umidade		Gordura		EST		GES	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Média	45,44	45,72	25,72	25,67	54,56	54,28	47,13	47,29
Desvio padrão	1,05	1,04	1,16	1,29	1,05	1,04	2,07	2,19
Teste F	0,8622		0,0553		0,8593		0,2848	

CONCLUSÕES

Conclui-se que a partir dos resultados obtidos que, o queijo muçarela produzido na região do Alto Sertão Sergipano, atendeu aos critérios físico-químicos, para os parâmetros estabelecidos pelo Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade do Queijo Muçarela da Portaria nº364/1997. A média de umidade de 45% e o teor de gordura de 25% a 26,2%, estão dentro dos parâmetros esperados para esse tipo de queijo. Além disso, os valores de EST de 54% e GES de 46% a 47%, indicam que o queijo atende aos critérios de qualidade esperados, bem como as variâncias dos parâmetros das marcas A e B analisadas não se diferem ($p>0,05$).

Esses resultados mostraram que o processo de fabricação mantém a qualidade e conformidade do produto. Essa conformidade é essencial para garantir a segurança e as propriedades funcionais desejadas no queijo muçarela.

REFERÊNCIAS

AGROINDÚSTRIA RURAL. Atlas do espaço rural brasileiro. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/atlasrural/pdfs/04_00_Texto.pdf. Acesso em: 14 set. 2024.

ALMEIDA, F. E. M. de. Influência da estabilidade do leite de vacas da raça holandesa sobre o processamento e os parâmetros de qualidade do queijo mussarela. 2023. Trabalho de Conclusão de

Curso (Graduação) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2023.

BRASIL. Decreto n.º 10.468, de 18 de agosto de 2020. Altera o Decreto n.º 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 19 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 76, de 26 de novembro de 2018. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Leite Cru Refrigerado. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 30 nov. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria n.º 364, de 4 de setembro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade do Queijo Mozzarella (Muzzarella ou Mussarela). Diário Oficial da União: Brasília, DF, 8 set. 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria n.º 146, de 7 de março de 1996. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 11 mar. 1996.

CARVALHO, G. B. M. Diagnósticos e ações visando o controle de olhaduras gasosas não desejáveis em queijo. 2018. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

COELHO, A. F. et al. Análise físico-química e microbiológica de queijos tipo minas frescal de diferentes origens do sul do Espírito Santo. Cadernos Camilliani, v. 20, n. 4, p. 75-93, 2024.

COELHO, K. O. et al. Qualidade do queijo muçarela produzido sob serviço de inspeção estadual em Goiás. Observatório de la Economía Latinoamericana, v. 22, n. 5, e4573, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n5-063>.

COSTA, [et al.]. Olhaduras em queijos: tipos e características. MilkPoint, 2021. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br>. Acesso em: 15 set. 2024.

DAI, S. et al. Functional and pizza bake properties of Mozzarella cheese made with konjac glucomannan as a fat replacer. Food Hydrocolloids, v. 92, p. 125-134, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.045>.

ERHARDT, M. M. et al. Avaliação físico-química e microbiológica de queijos artesanais a partir de leite cru e verificação de boas práticas em propriedades rurais no Vale do Taquari-RS. 2022.

FORTI, A. P. A ascensão do queijo muçarela e do requeijão no Brasil. Food Connection, 2024. Disponível em: <https://www.foodconnection.com.br>. Acesso em: 21 ago. 2024.

FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; McSWEENEY, P. L. H. Fundamentals of cheese science. 2. ed. New York: Springer, 2017.

FURTADO, M. M. Mussarela: fabricação e funcionalidade. São Paulo: Setembro Editora, 2016.

FURTADO, M. M. Queijos semiduros. São Paulo: Setembro Editora, 2019.

GARCIA, L. G. C. et al. Estudo do comportamento de queijo mussarela durante armazenamento refrigerado. 2019.

- GONÇALVES, G. L. A. Avaliação da qualidade do leite de vaca in natura comercializado no município de Olivedos-PB. 2023.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- JANA, A. H.; TAGALPALLEWAR, G. P. Functional properties of mozzarella cheese for its end use application. *Journal of Food Science and Technology*, v. 54, n. 12, p. 3766-3778, 2017.
- JESUS, M. N. et al. Qualidade microbiológica e físico-química do queijo mussarela a granel comercializada em Jataí (GO, Brasil). 2017.
- LANDIN, T. B. et al. Principais propriedades funcionais do queijo muçarela, queijo prato e requeijão culinário: uma revisão. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 76, n. 2, p. 118-130, 2021.
- LIMA, B. A. S. Aspectos físico-químicos do queijo tipo mussarela comercializado no município de Paragominas-PA. 2018.
- MANULI, R. Mussarela de alta umidade. *Fermentech*, 2020. Disponível em: <https://fermentech.com.br>. Acesso em: 11 nov. 2024.
- MENEGON, T. Avaliação dos parâmetros de qualidade de queijo mussarela obtido a partir de leite armazenado e de leite fresco. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.
- MOSTARO, L. 5 defeitos em muçarela. *MilkPoint*, 2023. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br>. Acesso em: 21 ago. 2024.
- MORAES, M. L. M. et al. Produção de queijo muçarela: uma proposta de oficina temática para o ensino de Química na Educação de Jovens e Adultos. 2021.
- NASCIMENTO, K. P. Elaboração e implementação do plano de análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) do processo de produção do queijo muçarela. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2019.
- OLIVEIRA, A. C. Aspectos da mussarela moderna. *Ciência do Leite*, 2016. Disponível em: <https://cienciadoleite.com.br>. Acesso em: 1 set. 2024.
- ROCHA, D. T.; CARVALHO, G. R.; RESENDE, J. C. Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2020. (Circular Técnica, 123).
- SANTOS, G. T. dos. A produção de lácteos. Aracaju: Observatório de Sergipe, 2023.
- SANTOS, W. B. M. et al. Análise das boas práticas de fabricação na produção de queijo de coalho em laticínios artesanais localizados na Região Centro-Sul do Ceará. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, 2020.
- SERGIPE. Produção de leite em Sergipe bate recorde. Aracaju: Secretaria de Estado da Agricultura,

Desenvolvimento Agrário e da Pesca, 2022. Disponível em: <https://seagri.se.gov.br>. Acesso em: 7 out. 2024.

SERGIPE. Bacia leiteira de Sergipe terá abastecimento de água que contribuirá com a produção da região. Aracaju: Governo do Estado de Sergipe, 2024. Disponível em: <https://seagri.se.gov.br>. Acesso em: 7 out. 2024.

SILVA, F. T. Queijo mussarela. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2016.

SILVA, L. R. C. Qualidade microbiológica, físico-química e parasitológica do queijo mussarela fatiado. 2021.

SIQUEIRA, K. B. Um retrato do consumo de lácteos no Brasil. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 15 set. 2024.

SMITH, J. R. et al. Mozzarella cheese: a review of the structural development during processing. 2018.

SOARES, K. R.; XIMENES, L. F. Lácteos. Caderno Setorial ETENE, Fortaleza, v. 9, n. 343, 2024.

SOARES, K. R.; XIMENES, L. F. Lácteos. Caderno Setorial ETENE, Fortaleza, v. 8, n. 266, 2023.

VOLLMER, A. H. et al. Progressive ultrastructural changes in the casein matrix during the ripening of inadequately acidified feta cheese. Journal of Dairy Science, v. 102, n. 9, p. 7734-7746, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16395>.