

ARTIGO CIENTÍFICO

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE QUEIJO MEIA CURA DEFUMADO COM FUMAÇA LÍQUIDA

Production And Characterization Of Half Cured Smoked Cheese With Liquid Smoke

Peterson Felipe Ferreira da Silva^{1*}, Rikelyne Gonçalves Silva², Livia Xavier de Araújo³, Neila Mello dos Santos Barbosa⁴

RESUMO: Novas tendências buscam cada vez mais agregar valor ao queijo, alterando ingredientes e processos para melhorar atributos sensoriais e incorporando culturas com ação probiótica, como as bactérias lácticas conferindo propriedades funcionais. Na perspectiva funcional, o probiótico *Lactobacillus casei* oferece amplo aspecto tecnológico conferindo benefícios ao produto lácteo e ao consumidor. Sendo o queijo um produto bastante perecível, um dos processos empregados no melhoramento de sua conservação e características organolépticas, é a defumação. Para avaliar como essas propriedades afetam o produto com o decorrer do tempo, foi utilizada a aplicação da microbiologia preditiva. Portanto, este trabalho objetivou produzir, caracterizar e avaliar o crescimento de Bactérias Lácticas (BL) através de modelos matemáticos ajustados durante o tempo de prateleira de um queijo meia cura desenvolvido com adição de probiótico (*Lactobacillus casei* CSL3) sendo defumado ou não com fumaça líquida. Os queijos produzidos classificam-se como gordos (GES: 51%), de média umidade (44,7%) e foram armazenados a 10°C ± 2°C, durante 34 dias. Utilizou-se da microbiologia preditiva, por meio da plataforma online DmFit, para avaliar modelos primários que representassem o comportamento das Bactérias Lácticas ao longo do acondicionamento dos produtos, de modo a acompanhar o crescimento do probiótico. Dessa forma, foi possível produzir queijos meia cura defumados ou não que se adequam à legislação e podem ser potenciais probióticos. Além disso, evidenciou-se a possibilidade de utilização da defumação por imersão em fumaça líquida como um processamento de queijo minas meia cura que, apesar de afetar o crescimento das Bactérias Lácticas, é capaz de manter a viabilidade da veiculação da cultura probiótica de *L. casei* no produto final.

Palavras-chave: Queijo; Inovação; Probióticos; Fumaça Líquida; Microbiologia Preditiva.

ABSTRACT: New trends increasingly seek to add value to cheese, altering ingredients and processes to improve sensory attributes and incorporating cultures with probiotic action, such as lactic bacteria conferring functional properties. From a functional perspective, the probiotic *Lactobacillus casei* offers a broad technological aspect, conferring benefits to the dairy product and to the consumer. Since cheese is a very perishable product, one of the processes used to improve its conservation and organoleptic characteristics is smoking. To assess how these properties affect the product over time, the application of predictive microbiology was used. Therefore, this work aimed to produce, characterize and evaluate the growth of lactic bacteria (BL) through mathematical models adjusted during the shelf life of a semi-cured cheese developed with the addition of probiotic (*Lactobacillus casei* CSL3) being smoked or not with liquid smoke. The cheeses produced are classified as full-fat (GES: 51%), with medium humidity (44.7%) and were stored at 10°C ± 2°C for 34 days. Predictive microbiology was used, through the online platform DmFit, to evaluate primary models that represented the behavior of lactic bacteria throughout the packaging of the products, in order to monitor the growth of the probiotic. In this way, it was possible to produce smoked or non-smoked semi-cured cheeses that comply with the legislation and may be potential probiotics. In addition, it was evidenced the possibility of using smoking by immersion in liquid smoke as a processing of semi-cured Minas cheese that, despite affecting the growth of lactic bacteria, is capable of maintaining the viability of the propagation of the probiotic culture of *L. casei* in the final product.

Key words: Cheese; Innovation; Probiotics; Liquid Smoke; Predictive Microbiology.

*Autor para correspondência

¹ Universidade Federal de Pernambuco, DEQ/CTG, Discente do Curso de Engenharia de Alimentos

² Universidade Federal Rural de Pernambuco, Discente de Curso de Mestrado Ciência e Tecnologia de Alimentos

³ Universidade Federal de Pernambuco, DEQ/CTG, Discente do Curso de Engenharia de Alimentos

⁴ Universidade Federal de Mato Grosso, ICET/Araguaia, Docente do Curso de Engenharia de Alimentos

INTRODUÇÃO

Considerado um dos alimentos mais completos, sendo rico em nutrientes como proteínas, lipídeos, minerais e vitaminas, o queijo, destaca-se entre os derivados lácteos de maior consumação no Brasil e no mundo. Pode ser apresentado de diversas formas e origens, com ou sem adição de ingredientes, pode ser de massa cozida ou crua e passar por tipos de coagulações distintas do leite, cada qual gerando um tipo diferente do produto (KWAK et al., 2012).

Apesar de ser o quarto maior produtor mundial de leite, o Brasil ainda está distante da lista de países que mais consomem queijos. Isso se dá devido a centralização da produção nas mãos de grandes indústrias, encarecendo o produto e desmotivando pequenos produtores por não conseguirem competir com as marcas referências de mercado (SILVA et al. 2021).

Na busca dessa competitividade, o processamento de queijos no Brasil, principalmente entre pequenas cooperativas, tem vivenciado um avanço tecnológico que possibilita a expansão de mercado a partir do desenvolvimento de novos produtos (MELO et al., 2009).

O queijo meia cura é caracterizado como um queijo maturado, submetido a um breve cozimento da massa que posteriormente será salgada e prensada. Obtido do leite pasteurizado, utilizando o coalho como agente coagulante, podendo ser adicionado de bactérias lácticas isoladas ou em combinação (BRASIL, 2020).

Este tipo de queijo apresenta textura firme, coloração branco-creme ou amarelo-palha, sabor levemente ácido, devido a curta maturação e casca fina (FURTADO, 2019). Esta última característica torna o produto ideal para ser submetido a processos de incorporação de ingredientes na casca (OLIVEIRA e SILVA, 2015).

A rica composição nutricional dos queijos, coloca em risco a sua inocuidade, esta define o produto como um excelente substrato para crescimento microbiano, dentre estes microrganismos patógenos. Nesse aspecto, técnicas de conservação precisam ser incorporadas para aumentar a proteção deste alimento contra esses agentes microbiológicos. A defumação surge, portanto, como uma técnica simples que além de conferir proteção ao alimento, agrega valor, aprimorando os atributos sensoriais do produto (COUTINHO et al., 2020).

Na busca crescente de alimentos com aspectos cada vez mais saudáveis, a defumação tradicional pode ser substituída adição do aroma de fumaça, ou simplesmente fumaça líquida, ao produto (PEDRAL et al., 2015).

Este flavorizante é obtido a partir da combustão da madeira, por um processo de pirólise. Possui diversas vantagens de utilização, dentre elas o menor tempo de exposição ao processo de defumação, ocasionando diminuição do tempo de produção; redução da poluição ambiental, advinda da queima da madeira; e a não exposição aos agentes tóxicos produzidos pela combustão da madeira que são carregados pela fumaça, os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) (ALI et al., 2021).

Ainda de modo a agregar valor aos produtos, surge a tendência de adicionar grupos funcionais à sua formulação, tais como os probióticos, que são microrganismos vivos que promovem regulação da flora intestinal, afetando de maneira positiva a saúde do hospedeiro. O queijo surge como um excelente veículo de crescimento para esses microrganismos,

minimizando as condições de pH mais ácido no estômago criando, assim, um ambiente mais favorável para o desenvolvimento dos probióticos (BINNS, 2013).

Para avaliar como essas propriedades afetam o produto com o decorrer do tempo, faz-se necessária a aplicação da microbiologia preditiva, de modo a quantificar o comportamento microbiano, por meio do uso de modelos matemáticos, um conjunto de hipóteses baseadas em equações e métodos estatísticos. Sendo um método rápido e de baixo custo, a modelagem matemática vai surgir de modo a explorar a microbiota do produto a ser desenvolvido, avaliando as condições de crescimento, inativação e sobrevivência dos microrganismos de interesse (SIQUEIRA et al., 2014).

Em alguns modelos primários utilizados para estudo da cinética de crescimento dos microrganismos, os termos utilizados na modelagem, deixam lacunas a respeito de mecanismos biológicos, dessa forma, podendo dificultar a interpretação desses dados nos modelos. Portanto, o modelo de Baranyi e Roberts foi desenvolvido de forma que não houvessem essas lacunas de interferência para o estudo dos dados (SCHLEI et al, 2018).

No contexto deste trabalho, encontra-se, a partir do estudo e adequação do modelo de Baranyi e Roberts aos dados obtidos experimentalmente, além da possibilidade em estimar o período que a população dos microrganismos estudados vai se manter dentro dos valores mínimos necessários para que o produto seja considerado funcional com base na legislação vigente (BRASIL, 2008).

Portanto, o presente estudo buscou, produzir e caracterizar um novo queijo meia cura probiótico defumado com fumaça líquida, agregando valor ao produto por meio de tecnologias limpas e de baixo custo.

MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento experimental se baseia nas principais etapas: aquisição do leite (utilizou-se leite integral tipo A, da marca POLILAC®, obtido comercialmente); produção do queijo; análises físico-químicas e microbiológicas do leite e do produto (antes e depois da imersão em fumaça líquida); e modelagem do crescimento das bactérias lácticas (BL).

Um panorama geral dos experimentos realizados pode ser observado mediante a representação do fluxograma na Figura 1. Todos os experimentos foram realizados nas dependências do Laboratório de Produtos de Origem Animal (Leites) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Produção do queijo

O probiótico adicionado, *Lactobacillus casei*, foi obtido comercialmente na forma liofilizada da empresa Sacco® (L. casei – CSL3). As culturas de trabalho foram preparadas em leite, sob uma concentração de 10^{12} UFC/mL. Em seguida, transferidas para tubos de polipropileno do tipo Falcon (estéril) seguido para o acondicionamento a temperatura de $-22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. No dia anterior a produção do queijo, foi realizada a ativação do inóculo trabalhado. Para tal, as amostras foram descongeladas sob refrigeração (4°C , 12h). Posteriormente foram incubadas ($36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 6h) em estufa incubadora BOD (Tecnal®).

O queijo meia-cura foi produzido tendo como base o procedimento descrito por Furtado (2019), adaptações foram feitas para adequar-se aos materiais disponíveis na área de

produção. No processamento do queijo meia-cura defumado com fumaça líquida, seguiu-se o procedimento conforme o fluxograma apresentado na Figura 2.

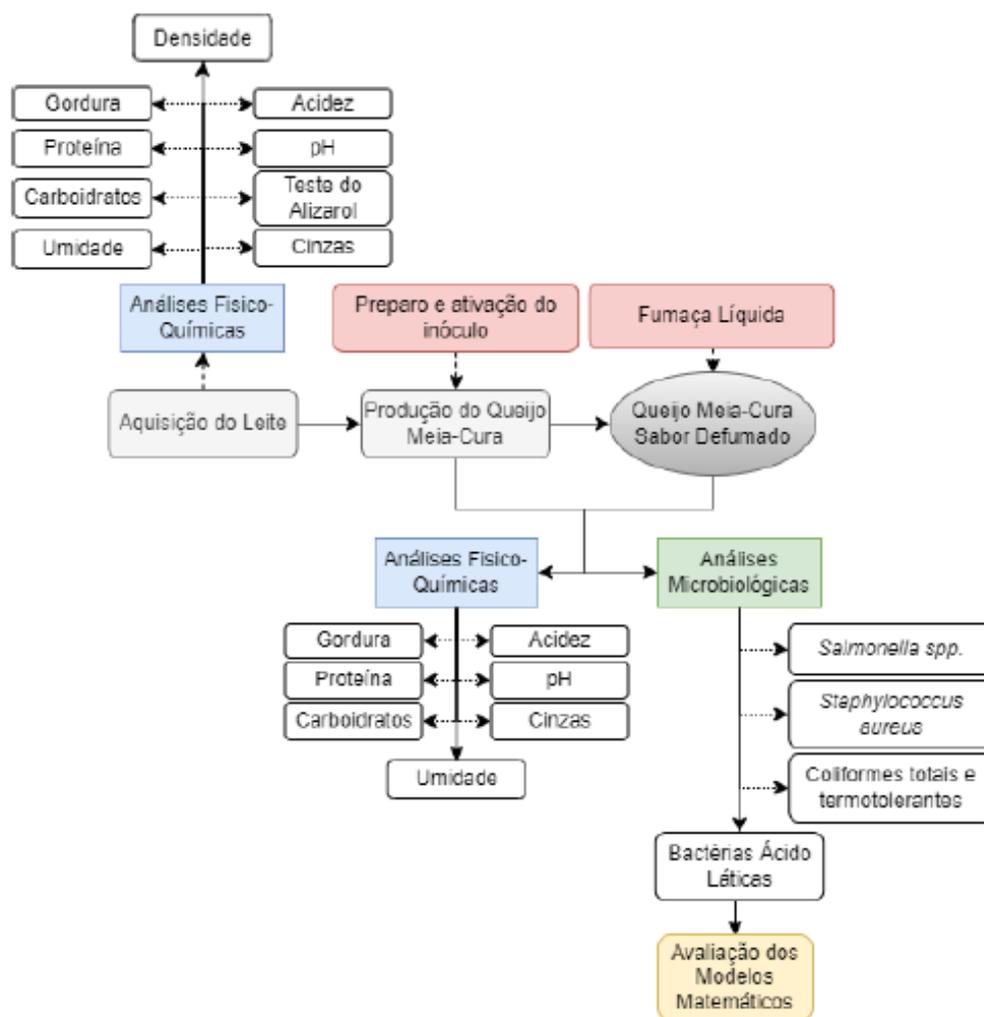


Figura 1. Fluxograma de Produção de Queijo Coalho Maturado e Defumado
Fonte: Autores

Estando o leite aquecido a temperatura de 32°C, adicionou-se Cloreto de Cálcio e enzima coagulante (coalho), ambos da marca Rica Nata®, seguindo os processos de diluição recomendados pelo fabricante. Em seguida adicionou-se o probiótico *Lactobacillus casei*, a cultura, previamente ativada, foi adicionada na proporção de 2% em relação ao volume do leite utilizado.

Para efeitos de salga, foram utilizados 45g de sal de cozinha (NaCl), correspondendo a 7,5g NaCl/litro de leite. A enformagem foi realizada em formas retangulares e circulares de forma padrão. Pesos de 5kg foram adicionados em prensa vertical para a etapa de prensagem, promovendo a retirada do soro residual.

A obtenção dos queijos frescos, estes foram acondicionados em câmara de maturação por 10 dias, em temperatura controlada de 10°C ± 2°C e umidade relativa do ar em torno de 90%, tendo a viragem dos queijos sendo efetuada dia após dia, de modo a garantir aspectos uniformes ao produto. Parte da produção foi submetida ao processo de defumação líquida. O aromatizante foi obtido comercialmente, da marca Rica Nata®, diluído em água destilada, chegando a uma concentração de 15% (volume/volume), conforme indicado

por Soares et al. (2016). Os queijos então foram submersos no líquido durante 1 minuto, conforme descrito por Xin et al (2022) e então submetidos ao processo de secagem à frio (10°C ± 2°C, 12h).

Na determinação do rendimento do queijo produzido, foram utilizados dados de pesagens e medições, bem como o volume inicial de leite utilizado e a massa correspondente ao produto. O rendimento então foi dado pela razão entre o volume de leite (em litros) e a massa obtida do produto final (em quilograma).

Ensaio físico-químico

Os ensaios foram realizados em duplicata, de acordo com as técnicas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (1985) e com base nos métodos analíticos oficiais para controle de produto de origem animal segundo a Instrução normativa nº68 (BRASIL, 2006).

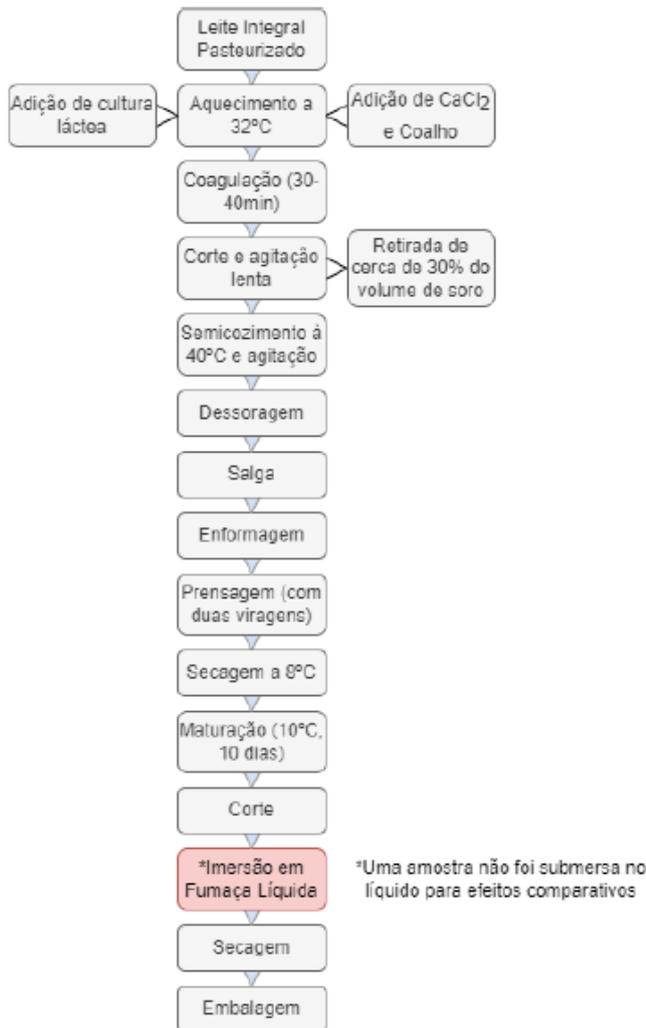


Figura 2. Fluxograma Geral de Produção do Queijo Defumado
Fonte: Autores

A matéria-prima

Foram realizados ensaios de densidade, verificação da estabilidade térmica do leite pelo teste do alizarol, pH, acidez e a verificação da composição centesimal, sendo o teor de carboidratos determinados pelo método da diferença a partir dos demais teores analisados conforme Equação 1.

$$\%Carboidratos = \%ST - (\%L + \%P + \%C) \quad (1)$$

Onde, %ST é o teor de sólidos totais determinado a partir da Equação 2, %L é o teor de lipídios, %P é o teor de proteínas e %C é o teor de cinzas.

$$\%ST = 100 - \%Umidade \quad (2)$$

Os queijos

De forma semelhante aos ensaios submetidos à matéria-prima, os queijos produzidos foram submetidos aos ensaios de pH, acidez e de composição centesimal, sendo o teor de carboidratos determinados conforme a Equação 1, o teor de sólidos totais desengordurado (STD) conforme a Equação 3 e o teor de Gordura no Extrato Seco (GES) conforme a Equação 4.

$$\%STD = \%ST - \%L \quad (3)$$

$$\%GES = \frac{\%L}{\%ST} \times 100 \quad (4)$$

Onde, %ST é o teor dos sólidos totais e o %L é o teor de lipídios.

Ensaio microbiológicos dos queijos

Foi acompanhado o crescimento das bactérias ácido lácticas e para verificação da inocuidade do queijo produzido, realizou-se, ensaios microbiológicos de bactérias aeróbios mesófilos, *Salmonella* spp., enumeração de coliformes totais e termotolerantes e *Staphylococcus* spp. com base em APHA (2015). As amostragens foram feitas em duplicata para cada um dos queijos, os resultados correspondem à média das contagens.

Modelagem matemática

O ajuste do modelo matemático de Baranyi e Roberts foi realizado com os dados de crescimento de bactérias lácticas ao longo do armazenamento (34 dias a 6 ± 2 °C) na plataforma online DmFit.

O modelo matemático estudado, tem como base as Equações 5, 6 e 7.

$$y(t) = y_0 + kA(t) - \ln \left(1 + \frac{e^{kA(t)} - 1}{e^{y_{max} - y_0}} \right) \quad (5)$$

$$A(t) = t + \frac{1}{k} \ln \left(\frac{e^{kt} - q_0}{1 + q_0} \right) \quad (6)$$

$$\lambda = \frac{\ln \left(1 + \frac{1}{q_0} \right)}{k} \quad (7)$$

Neste modelo, $y(t)$ é a quantidade de microrganismos no tempo t , y_0 é a concentração inicial de microrganismos, k é a velocidade de crescimento, y_{max} é a concentração máxima de microrganismos, q_0 representa um parâmetro teórico que expressa o estado fisiológico inicial das células, e λ é a fase lag (PLA et al., 2015).

Validação estatística

Uma das formas de avaliar a adequação da curva de crescimento a um determinado modelo é a avaliação do coeficiente de determinação (R^2) e da raiz do erro média quadrático (RMSE).

O R^2 quantifica a dependência real de uma variável 'y', em relação a uma variável 'x' membro de um modelo matemático definido. O valor de R^2 varia de 0 a 1, onde quanto mais próximo do zero o seu valor, indica que o modelo 'x' não é adequado para explicar 'y'. Do contrário, quanto mais próximo de 1 (um), indica que o modelo apresenta uma dependência real bem definida (MONTGOMERY et. al, 2014). A Equação 8, apresenta o cálculo do coeficiente de determinação.

$$R^2 = 1 - \frac{SQ_R}{SQ_T} = 1 - \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad (8)$$

Para tal, SQR representa a soma quadrática dos resíduos; SQT à soma quadrática total; \hat{y}_i e y_i referem-se aos valores de y para um mesmo valor de x , com o primeiro sendo calculado a partir do modelo obtido e o segundo de acordo com o experimento; por fim, \bar{y}_i equivale ao valor experimental médio de y .

Por sua vez, o erro médio quadrático (MSE) e sua raiz quadrada (RMSE), apresentam a confiabilidade do ajuste a um determinado modelo matemático. Também apresentado sob escala de 0 a 1, quanto mais próximo de zero, menor o desvio entre um modelo testado e os dados experimentais analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizou-se 7 (sete) litros de leite pasteurizado na produção do queijo meia-cura defumado, sendo obtido 1027 g \pm 1 g após pesagem do produto. O mesmo, após maturação, apresentou textura firme e casca branco-creme.

Na produção do queijo em questão, o rendimento obtido foi de aproximadamente 6,8 L/kg (litros de leite por quilo de queijo obtido). O valor obtido encontra-se próximo ao que foi determinado por Bragança e Souza (2001), em que definiram o rendimento desse queijo estando entre 7,0 a 7,5 L/kg.

Neste contexto, Furtado (2016) retrata que diversos fatores podem influenciar na determinação precisa do rendimento do queijo, e, portanto, faz-se necessário levar em consideração alguns aspectos a níveis de comparação, tais como: composição do leite, variedade genética dos animais, contagem de células somáticas, o tipo de processo de pasteurização, coagulação e corte da massa.

Ensaio físico-químico do leite

Do ponto de vista qualitativo, o teste do Alizarol apresentou resultado na coloração vermelho-tijolo sem precipitado, indicando estabilidade térmica do leite e aprovando o seu possível beneficiamento (SUNÉ, 2010).

A Tabela 1, apresenta os resultados obtidos das análises físico-químicas do leite.

Tabela 1. Valores Médios e Desvios dos Parâmetros Físico-químicos do Leite

Parâmetros	Valores
pH	6,88 \pm 0,06
Acidez (g/100mL)*	0,17 \pm 0,01
Gordura (%)	4,0 \pm 0,0
Proteínas (%)	3,02 \pm 0,02
Carboidratos (%)	4,80 \pm 0,50
Umidade (%)	87,03 \pm 0,03
Sólidos Totais (%)	12,97 \pm 0,03
Sólidos Totais Desengordurados (%)	8,97 \pm 0,03
Cinzas (%)	0,89 \pm 0,23
Densidade (g/cm ³)	1,030 \pm 0,000

Fonte: Autores

Os resultados das análises físico-químicas (Tabela 1) foram comparados aos estabelecidos pelo Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite Pasteurizado tipo A (BRASIL, 2018).

O valor obtido para acidez titulável encontra-se na média de 0,17 g de ácido láctico por 100mL de leite fluido, portanto

A Equação 9, apresenta os cálculos para esses dois parâmetros de avaliação, em que \hat{y}_i e y_i , representam os mesmos fatores já explicitados para a equação anterior, com adição dos termos p que avalia o número de parâmetros estudados no modelo e n que quantifica os pontos experimentais (CAMARGO, 2015).

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}} \quad (9)$$

dentro do padrão (0,14 a 0,18), corroborando com o resultado qualitativo fornecido pelo teste do Alizarol.

Com relação ao teor de gordura, os 4,0% (Tabela 1) obtidos representam um teor satisfatório para beneficiamento do leite, uma vez que conforme Filho et al. (2013) quando testou a influência da gordura no rendimento de queijos, quanto maior esse teor, maior a quantidade de sólidos totais e, por conseguinte, maior o rendimento do produto.

Os demais parâmetros encontram-se também condizentes ao que pede a legislação (BRASIL, 2018).

Ensaio físico-químico dos queijos

Os resultados para as análises físico-químicas realizadas nos queijos com e sem adição da fumaça líquida estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores Médios e Desvios das Características Físico-Químicas do Queijos Meia Cura (QM) e Meia Cura Defumado (QMD)

Parâmetros	QM	QMD
pH	6,05 \pm 0,08	6,13 \pm 0,01
Acidez (g/100g)*	0,7 \pm 0,0	0,7 \pm 0,0
Gordura (%)	28,0 \pm 0,5	28,0 \pm 0,5
Proteínas (%)	18,8 \pm 0,0	17,9 \pm 0,0
Carboidratos (%)	4,45 \pm 0,5	1,74 \pm 0,5
Umidade (%)	44,7 \pm 0,3	48,4 \pm 0,3
Sólidos Totais (%)	55,3 \pm 0,3	51,6 \pm 0,3
Cinzas (%)	4,05 \pm 0,01	3,96 \pm 0,03
GES (%)	51 \pm 1	54 \pm 1

*Expresso em g de ácido láctico em 100g de queijo.

Fonte: Autores

O queijo produzido (Tabela 2) cumpre os requisitos mínimos nos parâmetros GES (gordura no extrato seco) e teor de umidade, que é de 42,0 a 59,9% e 36,0 a 45,9%, respectivamente para ambas as determinações, conforme o regulamento técnico que fixa a identidade e os requisitos de qualidade que deve apresentar o queijo meia cura (BRASIL, 2020). Furtado (2019) definiu a composição média deste queijo contendo teor de gordura no extrato seco (GES) entre 49-54%.

O queijo produzido pode ser classificado como gordo e de média umidade, característico do queijo meia cura, conforme a legislação (BRASIL, 2020).

O pH é um parâmetro importante na definição da qualidade e inocuidade do queijo, tendo em vista que valores mais altos ou mais baixos desse parâmetro podem favorecer o crescimento de diferentes tipos de micro-organismos, dentre eles, patógenos. Os valores apresentados para o pH em ambos os tipos de queijo (Tabela 2), encontram-se dentro do ideal para o crescimento do probiótico inoculado, uma vez que *L. casei*

possui faixa de crescimento ótimo em pH próximo de 5,5 – 6,2 (HASSAN e FRANK, 2001).

O valor do pH está também relacionado a firmeza e textura do queijo, valores próximos da neutralidade conferem maior dureza, textura mais firme (FERREIRA NETO et al., 2017). Tal relação foi constatada nos queijos produzidos. Apesar disso, os valores desse parâmetro não correspondem aos valores médios de referência encontrados na literatura para o mesmo tipo de queijo (FURTADO, 2019).

Os valores de proteína (Tabela 2) encontrados estão dentro da faixa encontrada por Machado et al. (2004), que foi de $17,06 \pm 2,61$ (g/100g), ao analisar vinte amostras de queijo minas meia cura da região do Serro – MG.

Com relação a acidez titulável, Fitztum et al. (2019), encontrou valores entre 0,46 – 2,59% de ácido láctico ao analisar amostras de queijos semiduros brasileiros. Os resultados determinados neste trabalho (0,7%) condizem com a margem descrita pela autora.

De forma geral, o queijo produzido encontra-se dentro dos padrões básicos exigidos para caracterizar o queijo minas meia cura.

Ensaio microbiológicos dos queijos

Os resultados das análises microbiológicas realizadas nos queijos meia cura (com e sem adição de fumaça líquida), estão expressos na Tabela 3

Tabela 3. Valores Médios e Desvios das Características Físico-Químicas do Queijos Meia Cura (QM) e Meia Cura Defumado (QMD)

Microrganismo	Resultados	
	QM	QMD
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausente	Ausente
<i>Salmonella</i> spp.	Ausente	Ausente
Coliformes totais*	150 NMP/g	> 1100 NMP/g
Coliformes termotolerantes**	Ausente	Ausente
Mesófilos	$3,4 \times 10^4$ UFC/mL	Incontável

*Considera coliformes a 35°C, oferecendo resultado em número mais provável por grama;

**Considera coliformes a 45°C, oferecendo resultado em número mais provável por grama;

Fonte: Autores

As pesquisas de *Salmonella* spp., em ambos os queijos (Tabela 3), encontram-se dentro do que preconiza a IN 60 de 2019 da ANVISA (BRASIL, 2019), que confere ausência como o limite máximo desse microrganismo no alimento, tendo em vista a sua forte relação com ocorrência de surtos de doenças transmissíveis por alimentos (DTA), devido a sua elevada patogenicidade.

Com base nos resultados fornecidos pela colimetria (Tabela 3), verificou-se que a amostra que não passou pela imersão em fumaça líquida (QM) apresentou valores aceitáveis de coliformes totais, enquanto o queijo defumado (QMD) apresentou valores superiores aos limites de detecção do método, evidenciando provável contaminação durante a manipulação para imersão no aroma de fumaça. Apesar das alterações significativas no número mais provável, nenhuma das amostras analisadas apresentou fluorescência na presença

da luz ultravioleta, conferindo ausência para coliformes termotolerantes (como a *E. coli*), fazendo com que os produtos se encontrem dentro da legislação, que define limites máximos de 5×10^2 UFC/g de *E. coli* (BRASIL, 2019).

Com relação à contagem de estafilococos totais, foram obtidos valores na ordem de 10^5 UFC/g para o QM e 10^6 UFC/g para o QMD (Tabela 3). A presença desses microrganismos é bastante comum em produtos produzidos de forma manual, tendo em vista que é um grupo de bactérias muito presente na pele. Todavia, não foram constatadas presença de colônias de *Staphylococcus aureus*, bactéria patogênica capaz de produzir enterotoxinas em alimentos. Sendo assim, os queijos continuaram dentro do que diz a legislação, uma vez que esta define um limite máximo de 10^3 UFC/g de estafilococos coagulase positiva, grupo que inclui a cepa estudada (BRASIL, 2019).

Por fim, os resultados apresentados na pesquisa de bactérias mesófilas (Tabela 3) representam um aumento considerável no queijo defumado, denunciando, mais uma vez, as condições sanitárias em que foi realizado o processo de imersão na fumaça líquida. Os limites para presença deste microrganismo, porém, não está definida na legislação vigente, entretanto convencionou-se considerar como altos, os valores de contagens acima de 10^3 UFC/g (ARAÚJO, 2016).

Modelagem matemática

Durante todo o período de avaliação do crescimento de BL, os produtos foram mantidos sob refrigeração, em temperatura de $6 \pm 2^\circ\text{C}$. Com os dados da tabela foi possível construir o gráfico apresentado na Figura 2, que representa o crescimento das bactérias ao longo do período observado e o respectivo ajuste realizado. O modelo de Baranyi e Roberts foi ajustado ao crescimento (Figura 2), com os parâmetros matemáticos e estatísticos apresentados na Tabela 1.

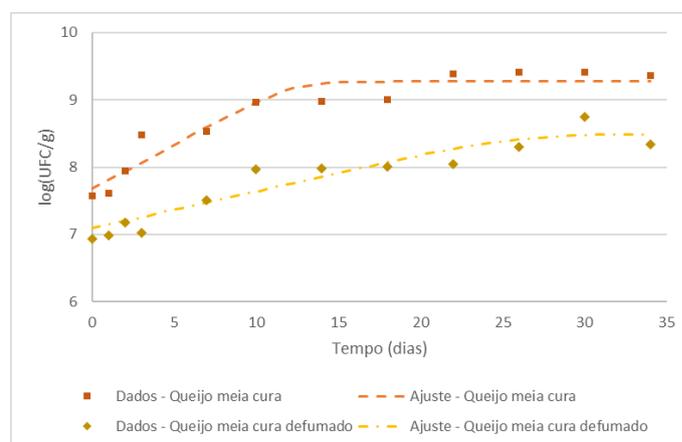


Figura 3. Dados experimentais e respectivos modelos ajustados do crescimento de Bactérias Lácticas em queijos meia cura e meia cura defumado durante o armazenamento a $6 \pm 2^\circ\text{C}$ por 34 dias

Fonte: Autores

A partir dos dados apresentados, podemos constatar que houve crescimento de bactérias lácticas em ambos os queijos. Sendo esse crescimento maior na amostra que não passou pelo processo de defumação utilizando fumaça líquida. Esse resultado condiz com o que foi encontrado por Majcher et al.

(2011), onde verificou que os compostos fenólicos contidos na fumaça líquida, possuem atividade antimicrobiana, reduzindo ou evitando o crescimento de bactérias como *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus* e *Enterococcus*.

Tabela 4. Parâmetros Estatísticos e Matemáticos do Modelo de Baranyi e Roberts Ajustado aos Dados Experimentais do Crescimento de Bactérias Lácticas nos Queijos Meia Cura (QM) e Meia Cura Defumado (QMD) Durante o Armazenamento

Parâmetros estatísticos e matemáticos	Resultados	
	QM	QMD
R ²	0,901	0,879
RMSE	0,218	0,201
Y0 (log UFC/g)	7,677±0,133	7,095±0,103
μ _{máx.} (Dias ⁻¹)	0,1310±0,0271	0,0548±0,0096
Yf (log UFC/g)	9,277±0,093	8,495±0,158

Onde, Y0 – Valor inicial; μ_{máx.} – Taxa de crescimento; Yf – Valor final, são os valores do modelo ajustado

Fonte: Autores

Como esperado, os modelos ratificam o comportamento observado para os dados experimentais. Assim, os crescimentos não apresentaram fase estacionária inicial e, comparando com o queijo defumado, as BL no queijo meia cura partiram de uma concentração inicial maior e apresentaram um aumento mais acentuado, fator evidenciado pelo μ_{máx.} Ressalta-se que a taxa de crescimento máxima no queijo meia cura é mais que o dobro da ajustada ao defumado. Esses fatores, conseqüentemente, influenciam na concentração final de BL alcançada por cada produto. Apesar disso, mesmo que a concentração de BL no queijo defumado ao final do acompanhamento do “shelf life” tenha apresentado concentrações inferiores ao não defumado, constatou-se que os queijos produzidos atenderam a legislação e podem ser considerados como produtos probióticos e, portanto, funcionais, durante o período avaliado, levando em consideração a quantidade de microrganismos probióticos viáveis presentes em uma porção de pelo menos 30 gramas (BRASIL, 2008).

CONCLUSÃO

As análise físico-químicas demonstraram que o produto estava dentro dos parâmetros técnicos de identidade apresentados pela legislação vigente, sendo caracterizado como um queijo gordo e de média umidade, além de possuir textura firme e coloração branco creme.

O pH, no entanto, divergiu da média descrita na literatura, todavia não descaracterizou o produto, tampouco colocou em risco a sobrevivência da cultura láctea inoculada.

Os resultados das análises microbiológicas para o queijo meia cura foram satisfatórios, obtendo ausência de microrganismos patógenos, e concentração relativamente baixa de coliformes totais e mesófilos. Esses dois últimos fatores quando testados para o queijo que passou pelo processo de defumação apresentou cargas elevadas, podendo ser justificado pela manipulação adicional do produto.

Ambos os queijos foram definidos como alimentos funcionais, uma vez que a quantidade de bactérias lácticas por porção conseguiu ser superior ao que pede a legislação para que o produto seja considerado como probiótico. A contagem de BL, no entanto apresentou populações maiores no queijo

que não sofreu defumação, possivelmente devido a presença de compostos fenólicos antimicrobianos na fumaça líquida que inibiu o crescimento de microrganismos deste grupo no queijo. Além disso, evidenciou-se a possibilidade de utilização da defumação por imersão em fumaça líquida como um processamento de queijo minas meia cura que, apesar de afetar o crescimento das Bactérias Lácticas, é capaz de manter a viabilidade da veiculação da cultura probiótica de *L. casei* no produto final.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Produtos de Origem Animal (leite) do DEQ da UFPE, por possibilitar a elaboração de um novo produto e todos ensaios para a caracterização do mesmo.

REFERÊNCIA

- APHA -American Public Health Association. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th ed. [S. l.]: APHA Press, 2015.
- ALI, F.; CUNDARI, L.; MISKAH, S.; PRASETYO, H. Effect of Variations Concentration and pH of Liquid Smoke in the Immersion With Various Types of Fish. Atlantis Highlights in Engeneering, v. 7, 2021.
- ARAUJO, R. Avaliação da qualidade microbiológica de polpas de frutas comercializadas no município de Currais Novos/RN. 2016.
- BINNS, N. Probióticos, Prebióticos e a Microbiota Intestinal. International Life Sciences Institute Europe. Bélgica, 2013.
- BRAGANÇA, M.; SOUZA, C. Agroindústria: Processamento do Leite, Queijo Minas Frescal, Meia-Cura, Mussarela. Informação Tecnológica. 2001. Disponível em: <https://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/LivrariaVirtual/processamento%20do%20leite.pdf>. Acesso em maio de 2022.
- BRASIL. Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa N° 74, De 24 De Julho De 2020. Dispõe sobre a identidade e os requisitos de qualidade que deve apresentar o produto denominado queijo minas meia cura. Brasília: Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. Diário Oficial da união (DOU), 29 jul. 2020.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução Normativa N° 60, de 23 de dezembro de 2019. ESTABELECE AS LISTAS DE PADRÕES MICROBIOLÓGICOS PARA ALIMENTOS. ANVISA. Diário Oficial da União, 26 dez. 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução Da Diretoria Colegiada RDC N° 241, De 26 De Julho De 2018. Dispõe sobre os requisitos para comprovação da segurança e dos benefícios à saúde dos probióticos para uso em alimentos. Brasília: Ministério da Saúde. Diário Oficial da união (DOU), 27 jul. 2018.
- BRASIL. Lista de alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília, 2008.
- BRASIL. Instrução Normativa n° 68 de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para Controle de Leites e Produtos Lácteos,

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 2006.

CAMARGO, A. P. R. S. Modelagem do Crescimento de Bactérias Ácido Lácticas em Cultura Pura e Mista Sob Condições Isotérmicas e Não Isotérmicas de Cultivo. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

COUTINHO, M. G. S.; NEVES, A. M.; BATISTA, A. S. M.; FONTENELLE, R. O. dos S. Utilização de óleos essenciais na conservação de queijo: revisão. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, v. 75, n. 2, p. 126-141, jun. 2020.

FERREIRA NETO, J.; FIGUEIREDO, M. J. de; PEREIRA JUNIOR, E. B.; LIMA FILHO, P.; QUEIROGA, R. A.; LINS, A. C. Queijo tipo coalho defumado com orégano (*Origanum vulgare*) e erva-doce (*Foeniculum vulgare*). Revista Principia -Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, n. 36, p. 20-28, João Pessoa, 2017.

FILHO, J.; MELO, E.; SILVA, L.; SILVA, E.; SILVA, W. Avaliação Da Padronização Do Leite E Seu Rendimento Econômico Na Produção De Queijo Coalho. 53º Congresso Brasileiro de Química. ABQ - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA. Rio de Janeiro, 2013.

FITZTUM, A. C.; LIMA, L. S.; COELHO, G.; NOGUEIRA, A. Avaliação da composição físico-química e instrumental de queijos minas padrão artesanais e inspecionados. XXVIII Encontro anual de iniciação científica e V encontro anual de iniciação científica Júnior. UEPG - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, 2019.

FURTADO, M. Queijos Semiduros. São Paulo: setembro Editora, 2019. p. 274-278.

FURTADO, M. Mussarela: fabricação e funcionalidade. São Paulo, setembro, 2016. P. 246.

HASSAN, A. N.; FRANK, J. F. Starter cultures and their use. In: MARTH, E. H.; STEELE, J. L. Applied Dairy Microbiology, 2ª ed. New York: Marcel Decker, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985, p. 832.

KWAK, H.; GANESAN, P.; HONG, Y. Nutritional Benefits in Cheese. In: FOSTER, R. Cheese: Types, Nutrition and Consumption. Korea: Nova Science Publishers, 2012. p. 269-289.

MACHADO, E.; FERREIRA, C.; FONSECA, L.; SOARES, F.; JÚNIOR, F. Características físico-químicas e sensoriais do queijo Minas artesanal produzido na região do Serro, Minas Gerais. Food Science and Technology [online]. 2004, v. 24, n. 4. pp. 516-521. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0101-20612004000400006>>. Acesso em maio de 2022.

MELO, A.; ALVES, L.; COSTA, F. Avaliação Da Qualidade Microbiológica Do Queijo Tipo Minas Padrão Comercializado Na Cidade De São Luis, MA. Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.76, n.4, p.547-551, out./dez., 2009.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G.; HUBELE, N. F. Estatística Aplicada à Engenharia, 2 ed., Rio de Janeiro: LTC, 2014.

OLIVEIRA, T.; SILVA, V. ELABORAÇÃO DE QUEIJO MEIA CURA COM MATURAÇÃO ACELERADA, E IMERSÃO EM BEBIDAS ALCOÓLICAS Semi-cured cheese

with accelerated maturation, and immersion in alcohol. Revista Intellectus , v. 26, n. 1, p. 58–75, 2015.

PEDRAL, A. de L.; LEITE, T. S.; SILVA, G. F.; PAGANI, G. D.; PAGANI, A. A. C. Desenvolvimento de um mini defumador de alimentos. VII Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

PLA, M.L, OLTRA, S; ESTEBÁN, M.D; ANDREU, S; PALOP, A. Comparison of primary models to predict microbial growth by the plate count and absorbance methods. BioMed research international, 015, 2015.

SCHLEI, K. P; REITER, M. G. R.; BERTOLI, S. L.; LICODIEDOFF, S.; DE CARVALHO, L. F.; SOUZA, C. K. Microbiologia preditiva: aspectos gerais e tendências. Perspectivas da Ciência e Tecnologia, v.10, p.52-68, 2018.

SILVA, L.; SOUZA, G.; LAHMAN, A.; MAGALHÃES, A.; CARVALHO, J.; RAMOS, M. Elaboração e caracterização sensorial de queijo Minas Padrão utilizando café durante o processo de maturação. Research, Society and Development, v. 10, n. 5, 2021.

SIQUEIRA, A. A.; CARVALHO, P. G. S.; MENDES, M. L. M.; SHIOSAKI, R. K. Microfit: um software gratuito para desenvolvimento e ajuste de modelos matemáticos de crescimento bacteriano. Brazilian journal of food technology. v. 17, n. 4, p. 329-339, out./dez. 2014.

SUNÉ, R. A Incidência de Amostras de Leite com Reação Positiva ao Teste do Álcool em Diferentes Concentrações na Região da Campanha do Rio Grande do Sul e a Relação com a Acidez Titulável no Acidímetro de Dornic. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2010.