

ARTIGO CIENTÍFICO

CONTROLE MICROBIOLÓGICO E MODELAGEM MATEMÁTICA DE QUEIJO COALHO MATURADO E DEFUMADO

Microbiological Control and Mathematical Modeling of Matured And Smoked Coalho Cheese

Lignalva Tamires Câmara Alexandre^{1*}, José Venâncio de Abreu Rufino², Rikelyne Gonçalves Silva³; Mércia Aurélio Gonçalves Leite⁴, Neila Mello dos Santos Barbosa⁵

RESUMO: No Nordeste brasileiro, a produção de leite caprino vem aumentando, assim como o consumo de derivados produzidos a partir desse leite. A qualidade microbiológica dos alimentos é muito importante, uma vez que interfere diretamente na saúde do consumidor. O objetivo deste trabalho foi a avaliação microbiológica e a modelagem matemática da cinética de crescimento das bactérias ácido-láticas (BAL) do queijo coalho maturado e defumado, produzido a partir da mistura dos leites caprino e bovino utilizando o software ComBase (Dmfit). Foram realizadas as contagens de *Staphylococcus* spp., coliformes totais e termotolerantes, além das pesquisas de *Salmonella* spp. e *E. coli* nos leites empregados na produção e no queijo. A contagem de bactérias lácticas permaneceu na ordem de 10^9 logUFC/g durante os 35 dias analisados, garantindo uma boa viabilidade das BAL, podendo apontar esse produto com potencial ação probiótica. Quando ajustados ao modelo de Baranyi e Roberts, os dados apresentaram baixo erro padrão e ótimos coeficientes de determinação (R^2) e fator bias. Todos os resultados obtidos se adequaram aos padrões vigentes, garantindo que o queijo coalho maturado e defumado produzido com a mistura dos leites é um alimento seguro para o consumo humano.

Palavras-chave: Microbiologia Preditiva; queijo coalho; controle microbiológico

ABSTRACT: In the Brazilian Northeast, the production of goat milk has been increasing, as well as the consumption of derivatives produced from this milk. The microbiological quality of food is very important, as it directly interferes with the health of the consumer. The objective of this work was a microbiological evaluation and a model of the growth kinetics of lactic acid bacteria (LAB) in matured and smoked curd cheese, produced from a mixture of goat and bovine milk using the ComBase software (Dmfit). *Staphylococcus* spp., total and thermotolerant coliforms were counted, in addition to *Salmonella* spp. and *E. coli* in the milks used in the production and in the cheese. The lactic acid bacteria count remained in the order of 10^9 logUFC/g during the 35 days analyzed, ensuring the good viability of the LAB and characterizing the product as a probiotic potential. When adjusted to the Baranyi and Roberts model, the data presented low standard error and excellent coefficients of determination (R^2) and bias factor. All the results obtained were in line with the current standards, ensuring that the matured and smoked coalho cheese produced with the mixture of milks is a safe food for human consumption.

Key words: Predictive microbiology, Coalho cheese, Microbiological Control.

*Autor para correspondência

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

² Universidade Federal de Pernambuco, DEQ/CTG, Discente do Curso de Engenharia de Alimentos

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Discente de Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos

⁴ Universidade Federal de Pernambuco, DEQ/CTG, Docente do Curso de Engenharia de Alimentos

⁵ Universidade Federal do Mato Grosso ICET/Araguaia, Docente do Curso de Engenharia de Alimentos

INTRODUÇÃO

O leite de vaca, por ser o leite mais produzido no mundo, é o mais estudado (CRUZ et al., 2016). A produção mundial de leite é de aproximadamente 800 milhões de toneladas, sendo 1,91% de leite de búfala, 13,90% de leite de cabra e 1,30% de leite de ovelha (FAO, 2018).

Estudos apontam que a produção mundial de leite caprino ultrapassou 17 milhões de toneladas em 2012 (CRUZ et al., 2016). A região Nordeste do Brasil possui maior proporção de rebanho caprino (92,70%), com relação às demais regiões, além de deter a maior produção de leite de cabra (66,70%) (BRASIL, 2017).

Quando comparado com o leite bovino, o leite de cabra tem um nível mais elevado de ácidos graxos de cadeia curta, além disso os níveis de ácidos graxos livres também são maiores no leite de cabra (GANTNER et al., 2015). Embora a composição centesimal do leite de cabra e de vaca seja parecida, a qualidade das proteínas e da fração lipídica do leite de cabra possui vantagens indiscutíveis estabelecidas em estudos, como o menor potencial alergênico e menor tamanho dos glóbulos de gordura, que facilitam sua digestão (CRUZ et al., 2017).

O queijo é um produto de maior relevância entre os derivados de leite, o mercado produtor de queijo caprino pode promover a melhora na atividade da caprinocultura leiteira brasileira (PIMENTA et al., 2021). Muitos tipos de queijo podem ser produzidos a partir dos leites de búfala, cabra e ovelha. Em determinadas regiões, alguns queijos típicos são produzidos a partir da mistura de leites de diferentes espécies, sendo as de vaca-cabra, cabra-ovelha e vaca-ovelha as mais comuns (CRUZ et al., 2020).

O queijo de Coalho caprino é um produto cujo consumo vem crescendo devido ao aumento da demanda por produtos lácteos de cabra (QUEIROGA et al., 2013). A origem do nome está relacionada ao uso do coalho natural, retirado do estômago de bezerro e de animais silvestres (AMARANTE, 2015).

Tem-se expandido a produção de queijos maturados, que descansam determinado período após o preparo para poder ser consumido, também de queijos regionais brasileiros (CRUZ et al., 2017). A maturação é um processo importante para melhoria das características dos queijos (JÚNIOR, 2014). Durante a maturação, ocorrem mudanças microbiológicas e bioquímicas no queijo para que ele apresente sabor, aroma, consistência e até mudanças na aparência (CRUZ et al., 2017).

Dentre as tecnologias empregadas para produção das variações do queijo coalho destaca-se o processo de defumação. A defumação de alimentos é um método antigo de preservação que melhora a qualidade sensorial através dos componentes aromáticos e confere ao produto proteção bactericida, cor, sabor e efeito antioxidante (LAGUNA et al., 2019).

Existem dois tipos de defumação a quente e a frio, que são diferenciadas pela temperatura empregada durante o processo. A defumação a frio é a mais indicada para queijos, pois a gordura do queijo ajuda a reter compostos aromáticos da fumaça e evita a deformação do mesmo, além de exercer a função de conferir sabor e odor agradáveis e estender a durabilidade do produto (EL-OBEID et al., 2018).

A ingestão de alimentos ou água contaminados pode levar ao desenvolvimento do que conhecemos como Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA's) (SALEH et al., 2019). Essas doenças vêm surgindo como um grande problema de

saúde pública em muitos lugares do mundo, sendo importantes fatores de morbidade e mortalidade (MELO et al., 2018).

A qualidade microbiológica dos queijos é muito importante, a World Health Organization (WHO) relata que a presença de coliformes nos alimentos é de grande importância para a confirmação de contaminação durante o processo de fabricação ou até mesmo após o processamento, indicando conservação e armazenamento sob más condições sanitárias (WHO, 2019).

As condições higiênico-sanitárias em que ocorre a ordenha e o armazenamento do leite de origem caprina nas pequenas propriedades do semiárido ainda são ineficazes e, a falta de higiene poderá resultar em perda da qualidade da matéria prima, bem como, seus derivados, levando a prejuízos financeiros pela possível rejeição do produto (COELHO et al., 2018).

A *Salmonella* pertence à família Enterobacteriaceae, é um bastonete gram-negativo, aeróbio e anaeróbio facultativo, oxidase negativos e é patogênica. Não fermenta a lactose, é amplamente distribuída na natureza, podendo estar presente no solo, na água, nos animais, nos seres humanos, e em suas fezes (BRUHA et al., 2014; SILVA et al., 2010).

A *Escherichia coli* é uma bactéria Gram-negativa, da família Enterobacteriaceae, capaz de fermentar glicose e lactose, formando ácido e gás. Pertencente ao grupo dos coliformes termotolerantes, sua origem, conteúdo intestinal de humanos e animais de sangue quente, confere ao microrganismo o título de indicador de contaminação fecal, permitindo uma melhor avaliação das condições higiênico-sanitárias do produto e da possível presença de enteropatógenos (SALEH, 2019).

As bactérias do gênero *Staphylococcus*, são anaeróbias facultativas, catalase positivas, com maior crescimento em aerobiose, e, em sua maioria, coagulase positivas. A espécie de maior importância patogênica é a *S. aureus*, causadora de grande parte das doenças estafilocócicas, relacionadas ou não aos alimentos. É facilmente transferida aos alimentos, principalmente aos que são muito manipulados (FORSYTHE, 2013).

O grupo das Bactérias Ácido Lácticas (BAL) compreende diversos gêneros, como *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* e *Carnobacterium*. São cocos ou bastonetes Gram-positivos, anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, catalase e oxidase negativos (SALEH et al., 2019). Possuem a função de produzir ácido láctico a partir da lactose e causar mudanças bioquímicas no queijo por meio de suas enzimas, sendo capazes de produzir bacteriocinas, melhorando a qualidade nutricional, sensorial e tecnológica da matriz alimentícia (SOBRAL et al., 2013).

A microbiologia preditiva é uma especialidade da microbiologia de alimentos que tem por objetivo quantificar o comportamento microbiano (multiplicação, inativação, interações, produção de metabólitos etc.) nos alimentos, com o uso de equações e/ou métodos estatísticos. Estes descrevem um sistema real, ou seja, um alimento, baseado-se nas propriedades mais significativas dos alimentos (pH, temperatura, atividade de água, teor de sal etc.) (CRUZ et al., 2019).

O campo da microbiologia preditiva está em crescimento a cada ano e é através dela que se estuda o crescimento microbiano do alimento por meio das condições ambientais e é

uma das principais ferramentas responsáveis por mensurar a segurança alimentar (HUANG, 2014).

Os modelos preditivos devem também levar em consideração o estado fisiológico das células dos microrganismos, pois o comportamento microbiano depende da espécie e também dos estresses que estes sofreram ao longo do processamento de alimentos. Os modelos primários são equações matemáticas que descrevem a variação dos parâmetros de multiplicação/inativação microbiana em função do tempo. Uma característica destes modelos é descrever a cinética microbiana com poucos parâmetros. Os modelos cinéticos de primeira ordem mais utilizados e conhecidos para descrever a multiplicação microbiana são os modelos de: Baranyi e Roberts (1994) e Gompertz Modificado (Zwietering et al., 1991) (CRUZ et al., 2019).

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação microbiológica e a modelagem matemática das bactérias lácticas de um queijo coalho maturado e defumado produzido a partir da mistura dos leites caprino e bovino.

MATERIAL E MÉTODOS

Produção do Queijo Coalho

O queijo foi produzido seguindo a metodologia de Furtado (2005), como mostra a Figura 1.

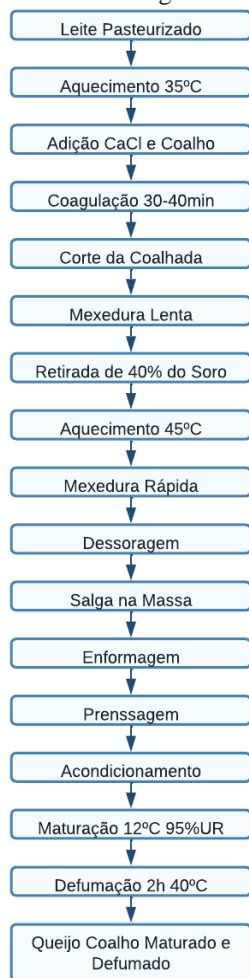


Figura 1. Fluxograma de produção de queijo coalho maturado e defumado. Fonte: Autores

Para a produção utilizou-se a mistura de 4 litros de leite caprino e 4 litros de leite bovino. O leite caprino foi obtido in natura, através da parceria com o departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco e o leite bovino

pasteurizado tipo A foi adquirido em supermercado. O processo de maturação ocorreu em uma câmara de maturação por 10 dias, temperatura de 12°C e umidade relativa de 95%. Em seguida, o queijo foi defumado por cerca de 2 horas a 40°C utilizando-se serragem em pó em um câmara de defumação.

Análises Microbiológicas

Os ensaios microbiológicos foram realizados de acordo com as normas descritas na Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (APHA, 2001) para as matérias primas utilizadas e no queijo coalho maturado e defumado.

Para a determinação da presença ou ausência de *Salmonella* spp. foi efetuado em três etapas e. Na primeira teve-se a etapa de pré-enriquecimento, onde a amostra foi diluída e homogeneizada em saco estéril e incubada em estufa por 24 horas a 35 °C. Na segunda parte, o enriquecimento seletivo, a amostra foi transferida para os caldos Rappaport Vassiliadis e Selenito e os tubos foram incubados em estufa por cerca de 24h a 35°C. Na última etapa, o isolamento, as amostras contidas nos tubos foram transferidas para os meios Ágar Xilose Lisina Desoxidato (XLD) e Ágar Rambach por 24 horas a 35 °C. A leitura foi realizada na própria placa de petri.

A contagem de *Staphylococcus* spp. foi realizada a partir da homogeneização e diluição da amostra do queijo maturado e defumado. A amostra preparada foi transferida para placas de petri estéreis em seguida adicionou-se o Ágar Baird-Parker, com acréscimo de 10% v/v de solução de gema de ovo (preparada pesando-se a gema e adicionando-se a mesma quantidade de água estéril) e 1% v/v de telurito de potássio, posteriormente efetuou-se a homogeneização utilizando a técnica pour plate. Após a solidificação do meio de cultura, as placas foram incubadas a 36°C, por 48h. A leitura das placas foi realizada utilizando um contador de colônias mecânico (modelo CP 602).

Para a contagem de coliformes a 35°C e coliformes a 45°C foi utilizado o método NMP (Número Mais Provável) (MERCK, 2002), também conhecido como método dos tubos múltiplos. Três diluições foram preparadas e uma alíquota de cada diluição foi inoculada em série de três eppendorfs cada um contendo o caldo Fluorocult Merck. Uma alíquota de 100 µL de cada diluição foi inoculada em série de três eppendorfs cada um com 1.000 µL de caldo Fluorocult Merck. Em ato contínuo, os eppendorfs foram levados para estufa microbiológica e incubados a 35 °C por 24 horas. Os resultados positivos para Coliformes Totais foram verificados a partir da observação de coloração azul nos eppendorfs. Os eppendorfs positivos foram levados para câmara escura e com ação direta de Luz Ultravioleta 360nm, os que florescerem confirmam presença de Coliformes Fecais. Nos eppendorfs positivos para Coliformes Fecais foram adicionados 1 a 2 gotas de reativo de Kovacs e os eppendorfs que tiveram viragem vermelha afirmam presença de *Escherichia coli*.

A contagem de Bactérias Ácido-Láticas foi realizada semanalmente após a maturação e defumação do queijo durante 6 semanas sob refrigeração a 4°C, utilizando a técnica de plaqueamento em profundidade (Pour plate). Posteriormente, transferiu-se uma alíquota de cada diluição para placas de Petri estéreis com meio Ágar de Man, Rogosa & Sharpe (MRS) Após a solidificação do meio, as placas foram incubadas em Estufa BOD por 72h a cerca de 35°C armazenadas em Jarra GasPak®.

Modelagem Matemática

A modelagem matemática foi realizada, a partir do modelo primário de Baranyi e Roberts (1994), para avaliar o “shelf life” do queijo maturado e defumado, a partir dos dados da contagem de bactérias ácido-láticas, durante 6 semanas.

Os modelos lidam com a relação entre o logaritmo do número de microrganismo com o tempo, então, calculou-se o valor do logaritmo do número de Unidade Formadoras de Colônias (UFC) por grama para cada tempo e o logaritmo do número de células por mililitro para cada tempo). Esses valores foram inseridos e ajustados com auxílio do software DMFit, disponível de forma gratuita no site Combase (www.combase.cc). A partir dos modelos contidos no programa, determinou-se os parâmetros matemáticos. Os parâmetros a serem determinados são: $Y(t)$ que é a variação da concentração celular em função do tempo; Y_0 é a concentração celular inicial; μ é a velocidade máxima de crescimento celular λ é a duração da fase lag. Posteriormente os dados encontrados foram tratados e plotados no software Microsoft Excel®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios microbiológicos realizados de: pesquisa de *Salmonella* spp., contagem de *Staphylococcus* spp., *E. coli* e enumeração de coliformes, nos leites bovino e caprino e no queijo produzido estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado das Análises Microbiológicas dos Leites Bovino e Caprino e do Queijo Maturado e Defumado.

Microrganismo	Leite Bovino	Leite Caprino	Queijo Maturado e Defumado
Coliformes Totais	> 1100 NMP/mL*	< 3NMP/mL	>1100 NMP/g
Coliformes Termotolerantes	< 3 NMP/mL	< 3 NMP/mL	< 3 NMP/g
<i>Escherichia coli</i>	< 3 NMP/mL	< 3 NMP/mL	< 3 NMP/g
<i>Staphylococcus</i> spp.	-	-	4,9x10 ³ UFC/g**
<i>Salmonella</i> spp.	-	-	Ausência

*NMP: Número mais provável.

**UFC: Unidade Formadora de Colônia.

FONTE: Autor.

Os leites de cabra e vaca (Tabela 1) estão em acordo aos padrões microbiológicos vigentes, garantindo que a pasteurização realizada no leite caprino foi eficaz e que o leite bovino tipo A é um alimento seguro (BRASIL, 2018) (BRASIL, 2019) (MERCK, 2002) (APHA, 2001).

O leite bovino foi adquirido de granja leiteira tipo A e o mesmo apresentou resultados dentro do estabelecido por lei (BRASIL, 2018). O leite caprino cru foi recebido seguindo todos os cuidados das Boas Práticas Agropecuárias e transportado sob refrigeração (+-4°C), realizado imediata pasteurização lenta e verificamos que nesse processo a qualidade do leite de cabra (Tabela 1) apresentou melhores resultados na colimetria quando comparado ao leite bovino, como também dentro das normas da legislação (BRASIL, 2001).

Na análise de coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* no leite bovino (Tabela 1) apresentaram valores abaixo de 3NMP/mL, configurando ausência desses micro-organismos avaliados. Castro et al (2018) encontraram resultados parecidos com o do estudo ao avaliar amostras de leite pasteurizado comercializados em Ituiutaba - MG, o que garante a qualidade dos leites comercializados pasteurizados.

Na Tabela 1, verificamos que a quantidade de coliformes totais e coliformes termotolerantes para o leite caprino foram menor que 3 NMP/mL, resultado semelhante ao que Coelho et al (2018) encontraram em amostra de leite de cabra na cidade de Petrolina - PE. Santos et al. (2012) averiguaram em amostras de leite caprino pasteurizado os mesmo resultados encontrados neste estudo para coliformes totais e ausência para coliformes termotolerantes e *E. coli*.

Segundo Andrade et al. (2008), a pesquisa de bactérias do grupo dos coliformes é importante pela sua relação com a higiene durante a produção e sua presença é considerada como indicador de condições insatisfatórias durante a produção ou manipulação de alimentos, podendo ser indicadores de contaminação ambiental e fecal.

O resultado do controle microbiológico do queijo maturado e defumado (Tabela 1) aponta valores significativos no quesito inocuidade do produto final. Verificamos que coliformes totais, termotolerantes e *E. coli* apresentaram valores menores que 3NMP/mL atestando ausência desses micro-organismos. Esses resultados comprovam que o processamento do queijo em todas suas etapas, processamento, maturação e defumação seguiram as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e garantiram um produto seguro para o consumidor.

Em contrapartida verificamos na pesquisa de Patriota (2011) em queijo coalho embutido, valores elevados de coliformes termotolerantes e *E. coli*., possivelmente não atenderam as regras básicas das BPF ou foi devido a falhas na distribuição, armazenamento e venda dos queijos.

Ferreira (2018) e Patriota (2011) observaram que no processo de defumação em queijos que os mesmos adequaram-se aos padrões, caracterizando uma diminuição expressiva na contagem de coliformes no produto antes e depois da defumação. Estudos que corroboram com a pesquisa (Tabela 1) com ausência de coliformes termotolerantes e *E. coli*.

A ausência da bactéria *Salmonella* spp. no queijo maturado e defumado (Tabela 1), além de entrar em concordância com a legislação (BRASIL, 2022), onde queijos devem apresentar ausência de tal micro-organismo, garantem a segurança e inocuidade do produto. Podemos verificar em diversas pesquisas e estudos com queijo coalho, como Egito et al. (2020), Gonçalves et al. (2020) e Ferreira (2018) que também obtiveram a ausência dessa bactéria.

A contagem de *Staphylococcus* spp. (Tabela 1) se encontrou no limite máximo da legislação (BRASIL, 2022). Sabemos que esse micro-organismos está presente por conta da manipulação do produto e possivelmente essa baixa contagem decorreu nas etapas de maturação e/ou defumação durante o manuseio.

No entanto na elaboração de queijo coalho defumado com borra de café de Ferreira (2018) e na pesquisa de Gonçalves e colaboradores (2020) em queijo coalho caprino condimentado e Egito et al. (2020) em diferentes queijos coalho de leite caprino maturado e defumado apresentaram baixa contagem de *Staphylococcus* spp., em concordância com a pesquisa em

análise, conferindo os cuidados nas BPF e possível efeito da defumação frente a baixa carga microbiana.

Alguns trabalhos com queijos coalhos comercializados e produzidos em diferentes áreas do Nordeste (DOS SANTOS et al., 2020; PASSOS et al., 2014; Da SILVA et al., 2010) apresentaram valores superiores ao determinado por lei (BRASIL, 2022) na presença de *Staphylococcus* coagulase positiva. Podemos levantar a hipótese que o processo de defumação, do estudo (Tabela 1), pode contribuir na redução dessa bactéria patogênica conferindo qualidade do queijo coalho, atrelado aos cuidados das BPF e manuseio do produto.

Também associamos em parte aos valores reduzidos em Coliformes termotolerantes e *E. coli*, como *Staphylococcus* e ausência em *Salmonella* no queijo maturado e defumado, pela microbiota natural dos leites utilizados com uma contagem elevada de bactérias ácido lácticas (BAL) de 9,12 Log UFC/g. As BAL na sua maioria possuem ação probiótica e favorecem positivamente na ação antimicrobiana contra a carga bacteriana patogênica e deteriorantes. O que verificamos na pesquisa do Egito et al. (2020) em diferentes queijos probióticos maturados e/ou defumados com resultados expressivos e reduzidos igual ao estudo em análise.

A contagem de bactérias ácido lácticas no queijo maturado e defumado pode ser vista na Tabela 2.

Tabela 2. Contagem das Bactérias Ácido Lácticas (BAL) No Queijo Maturado e Defumado Durante 35 Dias.

Tempo (em dias)	Contagem de BAL (UFC/g)	Contagem de BAL (log UFC/g)
0	$2,41 \times 10^9$	9,12
7	$2,35 \times 10^{10}$	9,65
14	$1,21 \times 10^{10}$	9,66
21	$6,00 \times 10^9$	9,72
28	$6,50 \times 10^9$	9,74
35	$8,15 \times 10^9$	9,78

Fonte: Autores

Observamos na Tabela 2 que durante o “shelf-life” do queijo maturado e defumado a contagem de BAL se manteve elevada a partir do dia 0 e manteve a escala até os 35 dias de armazenamento de 9,78 log UFC/g.

De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2008), os produtos com alegação de probióticos devem conter um número de microrganismos superiores a 10^8 UFC/mL na porção recomendada de consumo diário conforme indicação do fabricante. O queijo produzido atende a tal regulamentação com valores expressivos durante todo período de armazenamento 10^9 UFC/mL.

Além disso a RDC nº 359, de 23 de dezembro de 2003, define-se que a porção para a maioria dos queijos, incluindo o de coalho, corresponde a 30g de produto (BRASIL, 2003). Como foram obtidos valores na ordem de até 10^9 UFC/mL UFC/g, inferiu-se que os produtos atenderam à legislação para serem denominados com potencial probiótico durante o

armazenamento, considerando a quantidade correspondente à 30g (BRASIL, 2008).

Na utilização de leites de vaca tipo A (pasteurização rápida) e leite de cabra (pasteurização lenta de 65°C/30min), as bactérias ácido lácticas presentes na matéria prima possivelmente foram as responsáveis pelo elevado crescimento e manutenção da viabilidade durante os 35 dias no queijo (Tabela 2). Ressalta-se que BAL fazem parte da microbiota natural do leite de vaca e caprino, composta principalmente pelos microrganismos dos gêneros *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* e *Enterococcus* (HERNANDEZ-SALDAÑA, 2016).

A modelagem matemática foi realizada no crescimento das bactérias lácticas durante os 35 dias após o processo de maturação e defumação. A escolha do modelo de Baranyi e Roberts para a modelagem matemática nesse estudo é devido esse modelo possuir uma conformação maior para aplicações microbiológicas, além disso sua equação é considerada a mais complexa e completa dentre os modelos primários.

Os dados apresentados em log UFC/g das contagens de bactérias ácido-lácticas foram ajustados ao modelo de Baranyi e Roberts. As curvas obtidas estão dispostas na Figura 2, onde a curva amarela representa os valores preditos no modelo e a curva em azul marinho os valores observados nos 35 dias.

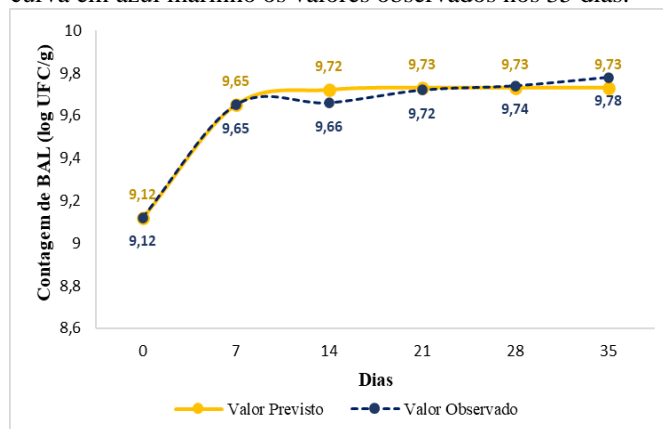


Figura 2. Ajuste do Crescimento das BAL do Queijo Maturado e Defumado ao Modelo (BAR). Fonte: Autores

O ajuste do modelo de Baranyi e Roberts (Figura 2) se aproximou dos valores observados na tabela 2. Porém, no período analisado nesta pesquisa não foi possível verificar a fase lag (λ) de adaptação das bactérias lácticas. Entretanto, isso não é um problema, visto que os valores das BAL permaneceram altos durante os 35 dias após o processo de maturação e defumação do queijo coalho.

Medeiros Júnior et al. (2019) relatam que concentrações de bactérias lácticas estáveis na ordem de 6 a 8 log UFC/g em queijos frescos de leite bovino adicionado de probiótico, valores abaixo do encontrado na pesquisa. Já Golakani et al. (2019) encontraram em queijos frescos de leite bovino valores na faixa de 9 a 10 log UFC/g, reforçando com os valores que encontramos nesta pesquisa.

Observando visualmente a Figura 2, é possível notar que os dados observados no crescimento microbiano do queijo maturado e defumado ajustaram de forma ótima a curva gerada pelo modelo primário de Baranyi e Roberts. Essa afirmativa pode ser validada através dos cálculos da validação interna, obtidos a partir da ferramenta DMFit. Com isso foram calculados o coeficiente de determinação (R^2), o erro padrão de ajuste (SE) e o fator bias.

O coeficiente de determinação é uma medida da média global dos valores da predição em relação aos valores encontrados experimentalmente, variando de 0 a 1, sendo quanto mais próximo de 1, melhor a predição do modelo. No ajuste de Baranyi e Roberts nesta pesquisa foi encontrado o valor de 0,959, demonstrando a validação do modelo no ajuste dos dados.

Bevilaqua et al. (2020) obtiveram valores acima de 0,990 para o R^2 em queijo fresco artesanal de leite caprino, corroborando com os autores dessa pesquisa.

O fator bias demonstra a estimativa da diferença entre os valores preditos e observados. No ajuste do modelo matemático utilizado na pesquisa determinou-se o fator bias igual a 1,0003. Alguns autores afirmam que o fator bias igual a 1 indica um perfeito acordo entre os valores observados e preditos, porém quando o valor do fator bias é acima de 1 indica uma falha pequena, mas segura. O valor encontrado é igual a 1, se descartamos as duas últimas casas decimais, confirma o ajuste o perfeito acordo entre o ajuste dos valores experimentais com os do previsto no modelo de Baranyi e Roberts.

Na figura 2, pode-se observar que a dispersão dos dados obtidos experimentalmente com os valores preditos foram baixos, o erro padrão de ajuste ficou por volta de 0,05. Com isso, a dispersão dos dados foi baixa, apenas os dados da semana 3 (14 dias) e semana 6 (35 dias) variaram um pouco do valor previsto no modelo Baranyi e Roberts.

O ajuste do crescimento de BAL avaliado no modelo Baranyi e Roberts (Figura 2) configura a confiabilidade matemática e estatística na viabilidade das bactérias ácido lácticas, além de garantir a replicabilidade do processo do queijo maturado e defumado com leite caprino e bovino.

CONCLUSÃO

Conclui-se, através das análises microbiológicas realizadas, que os leites bovino e caprino utilizados, além do queijo analisado foram considerados alimentos seguros para o consumo humano. Não foram encontrados presença dos microorganismos patogênicos *E. coli* e *Salmonella spp.* e as contagens de *Staphylococcus spp.*, coliformes totais e termotolerantes foram considerados dentro dos critérios das legislações vigentes.

A contagem de bactérias ácido-láticas (BAL) do queijo coalho maturado e defumado retratou um ótimo crescimento microbiano durante os 35 dias observados, com valores acima de 10^9 . A modelagem matemática das BAL apresentou um excelente ajuste ao modelo primário de Baranyi e Roberts, confirmado pelos parâmetros analisados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal de Pernambuco e ao Laboratório de Origem Animal (Leite) por sediarem o estudo. À querida Prof^a Dra. Neila Barbosa por todo acompanhamento, orientação e aprendizado. Aos colegas de pesquisa, em especial à Venâncio Rufino e Rykeline Gonçalves.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. do N.; LIMA, T. L. S.; CAVALCANTI, M. T.; GONÇALVES, M. C. Queijo Coalho caprino condimentado com marmeleiro: estudo da vida de prateleira, perfil de mercado e aceitação sensorial. Research, Society and Development, v. 9, n. 3, p. e49932330-e49932330, 2020.

AMARANTE, J. O. A. Queijos do Brasil e do Mundo. São Paulo: Mescla, 2015.

ANDRADE, P. V. D.; SOUZA, M. R.; PENNA, C. F. A. M.; FERREIRA, J. M. Características microbiológicas e físico-químicas do leite de cabra submetido à pasteurização lenta pós-envase e ao congelamento. Ciência Rural, v. 38, n. 5, p.1424-1430, 2008.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Committee on Microbiological for Foods. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4 ed. Washington: American Public Health Association, 676p. 2001.

BARANYI, J.; ROBERTS, T. A. A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. International Journal of Food Microbiology, v. 23, p. 277-294, 1994.

BEVILAQUA, G. C.; MENEZES, M. U. F. O.; XIMENES, G. N.; NASCIMENTO, I. R. S.; PEREIRA, E. F. S.; CORTEZ, N. M. S. Braz. J. of Develop, Curitiba. v. 6. n. 4. p. 21214-21231. 2020.

BOMFIM, A. P.; COSTA, D. B.; SILVA, I. M. de N.; ARAÚJO, I. C. S.; ANDRADE, R. A.; GALVÃO, R. S.; CERQUEIRA, V. V.; REIS, J. N.; DOS SANTOS, M. S. Qualidade microbiológica e caracterização da resistência antimicrobiana de bactérias isoladas de queijos Coalho comercializados em Vitória da Conquista-Bahia. Segurança Alimentar e Nutricional. Campinas/SP, 2020.

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. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 30, de 26 de junho de 2001. Diário Oficial da União. Brasília, 16 de julho de 2001.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Diário Oficial da União. Brasília, 26 de novembro de 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Secretária de Desenvolvimento Regional. Bases para o plano nacional de desenvolvimento da rota do cordeiro. 116 p. Brasília, 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução Diretoria Colegiada RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019. Diário Oficial da União. Brasília, 23 de dezembro de 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução Diretoria Colegiada RDC nº 359, de 23 de dezembro de 2003. Diário Oficial da União. Brasília, 23 de dezembro de 2003.

BRUHA, W.; BRADEN K.; WALLACE, B.; SCHWARTZ, M.; BRANHAM, L. Prevalence and serogroup type of

- Salmonella spp. in feedlot lamb fecal and hide samples before and after harvest. *Meat Science*, 96(1), 488. 2014.
- CASTRO, M. T.; VIANNA, L. F.; SANTOS P. A. Avaliação da Qualidade Microbiológica do Leite Pasteurizado comercializado em Ituiutaba - MG. 7º Congresso Estadual de Iniciação Científica e Tecnológica do IF Goiano - Campus Rio Verde. 2018.
- COELHO, M. C. S.; RODRIGUES, B. B.; COELHO, M. I. de S.; LIBORIO, R. C.; COSTA, F. F. P.; SILVA, G. L. Características físico-química e microbiológica do leite de cabra produzido em Petrolina-PE. *Agropecuária Científica no Semiárido (ACSA)*, v.14, n.3, p.175-182. 2018.
- CRUZ, A. et al. *Inovações em Produtos Lácteos*. Setembro Editora, E-book, São Paulo (SP). 2020.
- CRUZ, A. et al. *Microbiologia, Higiene e Controle de Qualidade*. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2019.
- CRUZ, A. et al. *Processamento de Leites de Consumo*. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2017.
- CRUZ, A. et al. *Química, Bioquímica, Análise Sensorial e Nutrição no Processamento de Leite e Derivados*. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2016.
- EL-OBEID, T. et al. Shelf-life of smoked eel fillets treated with chitosan or thyme oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 114, p. 578-583, 2018.
- FAO. 2018. FAOSTAT: Statistics Division. Food and Agriculture Organization of the United Nations 2018.
- GANTNER, V. et al. The overall and fat composition of milk of various species. *Mljekarstvo*, v. 65, p. 223-231, 2015.
- GOLMAKANI, M.; SOLEIMANIAN-ZAD, S.; ALAVI, N.; NAZARI, E.; ESKANDARI, M. H. Effect of Spirulina (*Arthrospira platensis*) powder on probiotic bacteriologically acidified feta type cheese. *Journal of Applied Phycology*, v.31, p.1085-1094, 2019.
- HERNANDEZ-SALDAÑA, O.F.; VALENCIA-POSADAS, M.; FUENTE-SALCIDO, N. M.; BIDESHI, D. K.; BORBOZA-CORONA, J. E. Bacteriocinogenic bacteria isolated from raw goat milk and goat cheese produced in Center Mexico. *Indian Journal of Microbiology*, v. 56, n. 3, p. 301-308, Jul/Set, 2016.
- JÚNIOR, L. C. G. C. et al. Maturação do Queijo Minas Artesanal da Microrregião Campo das Vertentes e os efeitos dos períodos seco e chuvoso. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 69, n. 2, p. 111-120, 2014.
- LAGUNA, L. E.; SANTOS, K. M. O. dos; BARCELOS, S. C.; SALLES, H. O.; EGITO, A. S. do. Queijo artesanal caprino maturado e defumado adicionado de cultura láctica probiótica. *Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos (Comunicado Técnico 199)*, 2019. 13 p.
- MEDEIROS JÚNIOR, F. C.; PEREIRA, I. C.; BORBA, K. K. S.; MIRANDA JÚNIOR, R. N. C.; MOREIRA, R. T.; SANTOS, E. P. Viabilidade das culturas probióticas *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium lactis* adicionadas ao Queijo Coalho. *Research, society and development*, v.8, n.5, 2019.
- MELO E. S.; AMORIM, W. R.; PINHEIRO, R. E. E.; CORREA, P. G. N.; CARVALHO, S. M. R.; SANTOS, A. R. S. S.; BARROS, D. S.; OLIVEIRA, E. T. A. C.; MENDES, C. A.; SOUSA, F. V. Doenças transmitidas por alimentos e principais agentes bacterianos envolvidos em surtos no Brasil. *PUBVET*, 10 p. Maringá/PR, 2018.
- MERCK. *Microbiological Manual*. Berlin, Germany, 407 p., 2002.
- PATRIOTA, Angélica Barbosa Arruda. *Desenvolvimento de um queijo tipo coalho caprino embutido e defumado*. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso.
- PIMENTA, J. L. L. de A. et al. Fatores inerentes ao consumo de leite de cabra e derivados no Brasil. *Research, Society and Development*, [s. l.], v. 10, n. 12, p. e53101220175, 2021.
- QUEIROGA, R. C. R. E. et al. Nutritional, textural and sensory properties of Coalho cheese made of goats', cows' milk and their mixture. *LWT – Food Science and Technology*, v. 50, n. 2, p. 538-544. 2013.
- SALEH, M. M., Vargas, D. D. F. M., Bastos, I. S., Baptista, R. F., Costa, A. P., Kasnowski, M. C., & Franco, R. M. Avaliação microbiológica de queijo Minas Frescal comercializado no município de Duque de Caxias/RJ. 2019.
- SANTOS, D. C.; MARTINS, J. N.; OLIVEIRA, E. N. A.; FALCÃO, L. V. Caracterização de leite caprino comercializado na região do Vale do Jaguaribe, Ceará. *Revista Verde*, v.7, n.2, p.289-295, 2012.
- SILVA, N.; NETO, R. C.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; ANIWAKI, M. H.; DOS SANTOS, R.F.S.; GOMES, R.A.R. *Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e da Água* (E. Varela (ed.); Vol. 1). Varela, São Paulo 624 p. 2010.
- SOUSA, A. Z. B.; ABRANTES, M. R.; SAKAMOTO, S. M.; DA SILVA, J. B.; LIMA, P. de O.; DE LIMA, R. N.; ROCHA, M. de O. C.; PASSOS, Y. D. B. Aspectos físico-químicos e microbiológicos do queijo tipo coalho comercializado em estados do nordeste do Brasil. *Scientific Article, Food Safety. Arquivos do Instituto Biológico - Scielo Brasil*. São Paulo, 2014.
- ZWIETERING, M.H. et al. Modeling of bacterial growth as function of temperature. *Applied and Environmental Microbiology*, 57, n. 4, p. 1094-1101, 1991.
- WHO - World Health Organization, (2019). Disponível em: <<https://www.who.int/es/newsroom/fact-sheets/detail/food-safety>> Acesso em: 01 de outubro de 2022.