

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO LEITE E
DERIVADOS

Marina dos Santos Martins

Efeito da utilização de embalagem ativa na maturação do queijo Minas artesanal da
Serra da Canastra

Juiz de Fora
2025

Marina dos Santos Martins

Efeito da utilização de embalagem ativa na maturação do queijo Minas artesanal da Serra da Canastra

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados.

Orientador: Dr. Junio César Jacinto de Paula

Coorientadoras: Dra. Denise Sobral

Dra. Gisela de Magalhães Machado Moreira

Juiz de Fora

2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Martins, Marina dos Santos.

Efeito da utilização de embalagem ativa na maturação do queijo Minas artesanal da Serra da Canastra / Marina dos Santos Martins. -- 2025.

76 p. : il.

Orientador: Junio César Jacinto de Paula

Coorientadoras: Denise Sobral, Gisela de Magalhães Machado Moreira

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Farmácia e Bioquímica. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, 2025.

1. Queijo Minas artesanal . 2. Embalagem ativa. 3. Maturação. 4. Segurança microbiológica. 5. Rendimento. I. Paula, Junio César Jacinto de, orient. II. Sobral, Denise, coorient. III. Moreira, Gisela de Magalhães Machado, coorient. IV. Título.

Marina dos Santos Martins

Efeito da utilização de embalagem ativa na maturação do queijo Minas artesanal da Serra da Canastra

Dissertação
apresentada ao
Programa de Pós-
graduação em
Ciência e Tecnologia
do Leite e Derivados
da Universidade
Federal de Juiz de
Fora como requisito
parcial à obtenção do
título de Mestre
em Ciência e
Tecnologia do Leite e
Derivados. Área de
concentração: Ciência
e Tecnologia do Leite
e Derivados.

Aprovada em 14 de julho de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Junio César Jacinto de Paula - Orientador

EPAMIG/ILCT

Profa. Dra. Gisela de Magalhães Machado Moreira - Coorientadora

EPAMIG/ILCT

Profa. Dra. Denise Sobral - Coorientadora

EPAMIG/ILCT

Profa. Dra. Vanessa Aglaê Martins Teodoro

Universidade Federal de Juiz de Fora

Profª. Dra. Kely de Paula Corrêa

EPAMIG/ILCT

Juiz de Fora, 09/07/2025.



Documento assinado eletronicamente por **Junio Cesar J. de Paula, Usuário Externo**, em 17/07/2025, às 15:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Denise Sobral, Usuário Externo**, em 17/07/2025, às 15:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **GISELA DE MAGALHAES MACHADO MOREIRA, Usuário Externo**, em 18/07/2025, às 10:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vanessa Aglaê Martins Teodoro, Professor(a)**, em 18/07/2025, às 12:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Kely de Paula Correa, Usuário Externo**, em 11/08/2025, às 08:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2491732** e o código CRC **0A2B4DF2**.

Marina dos Santos Martins

AGRADECIMENTOS

Deus é um ser iluminado, sem Ele, não estaria aqui. Não posso iniciar os meus agradecimentos sem mencioná-lo em primeiro lugar, pois foi quem me deu forças todos os dias para levantar, estudar, pesquisar, começar e recomeçar com fé, cada etapa que vivenciei nesses anos de mestrado. Obrigada, Deus, por ser o meu primeiro parágrafo e ponto final todos os dias.

Ao longo dessa estrada, algumas pessoas especiais foram – e continuam sendo – o alicerce que me sustentou até aqui. Mãe, pai, sem vocês nada teria sentido. Minha eterna gratidão por serem minha base e nunca soltarem minha mão, eu amo vocês!

À minha irmã, Milena, por sua amizade, por ser ponto de apoio e companheirismo diário: essa conquista também é sua!

Às minhas avós, Natalina e Zezé, por entenderem minha ausência e se fazerem presente em todos os momentos da minha vida, sendo alegria, sorriso e amor.

Ao meu avô Bento (in memoriam), por sempre incentivar os meus estudos.

Ao meu avô Delcy, que não pôde estar presente, em vida, no encerramento desta jornada, mas sempre teve orgulho em falar sobre a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e acompanhar meus passos, tanto na graduação quanto agora, no mestrado. Se você soubesse como foi difícil chegar até aqui sem você...

Ao meu esposo, Marcelo, por compartilhar a vida comigo, com tanta generosidade, compreensão e incentivo. Por ter se tornado “microbiologista de final de semana”, a fim de que as idas ao laboratório nos sábados fossem mais leves e as contagens microbiológicas possíveis. Muito obrigada!

Às minhas amigas Ana Flávia, Sarah e Vanessa, por tornarem a caminhada mais leve, compartilhar conhecimentos e serem fonte de encorajamento nos dias difíceis.

Ao meu orientador, Dr. Junio, pela confiança para executar esse trabalho. Sem seu apoio, paciência, ensinamentos e disponibilidade, não seria possível chegar a este momento.

Às minhas coorientadoras Gisela e Denise, pela contribuição e interesse, auxílio e suporte nas análises.

Às amigas e bolsistas de Iniciação Científica, Maria Cecília e Natiane, por se dedicarem com tanto empenho em me ajudar a fazer este projeto dar certo! A disponibilidade de vocês foi fundamental na execução desse projeto!

À Dra. Elisângela e Dr. Humberto, às mestras Marissa e Déborah, por me ensinarem a microbiologia. A paciência e apoio foram fundamentais para a execução desse projeto.

À Dra Kely, pela amizade, ensinamentos e suporte. Sempre arrumando um espaço para conversa e orientação.

À minha eterna professora Vanessa Aglaê, responsável por me apresentar Inspeção de Produtos de Origem Animal e me apaixonar pela área, meu muito obrigada!

À Associação de Produtores de Queijo Canastra (APROCAN), em especial a Valéria, e todos os produtores do Queijo Canastra, que receberam tão bem esse projeto, tornando viável sua realização.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), por ter viabilizado este projeto (APQ-02402-17). Agradeço ainda a UFJF, EPAMIG e FAPEMIG pelas bolsas concedidas.

RESUMO

Minas Gerais é o maior e mais relevante estado produtor de queijos artesanais do Brasil. Esses queijos são elaborados seguindo tradições históricas e culturais específicas de cada região, a partir de leite cru integral, fresco e recém-ordenhado, obtido e processado na própria propriedade rural. A cadeia produtiva de queijos artesanais revela-se de grande importância social, especialmente no que se refere à permanência das famílias no campo. Devido à relevância econômica e cultural desse produto para o estado, observa-se uma preocupação crescente em relação à segurança dos alimentos, à qualidade do queijo artesanal e à necessidade de padronização, com vistas à redução de defeitos e perdas. Nesse contexto, a adoção de embalagens ativas pode ser uma estratégia promissora para garantir maior segurança e uniformidade aos produtos. A região da Serra da Canastra, composta por aproximadamente 800 produtores, destaca-se como uma das principais regiões produtoras de Queijo Minas Artesanal (QMA), gerando significativo impacto socioeconômico e justificando o investimento em tecnologias como a embalagem estudada. A maturação desses queijos configura-se como um processo complexo, envolvendo uma série de eventos bioquímicos responsáveis pelo desenvolvimento do produto final. Tais transformações promovem alterações benéficas à segurança microbiológica ao final desse período. No entanto, durante o processo de maturação, ocorreram adversidades que resultam em defeitos, comprometendo tanto a qualidade quanto a segurança do QMA. Em razão dessas dificuldades, muitos produtores optam por não realizar a maturação de seus produtos. Observa-se, ainda, que existe um grande gargalo para se encontrar uma embalagem adequada para o QMA, para que as características bioquímicas e sensoriais dos queijos sejam mantidas. Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação da embalagem Pack-Age® em queijos Minas artesanais da região da Serra da Canastra e seu impacto sobre aspectos de qualidade, características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas. Foram realizados experimentos comparativos entre queijos embalados com a tecnologia Pack-Age® (QMAE) e queijos sem embalagem (QMASE). Como resultados relevantes, foram observados que os queijos embalados apresentaram maior retenção de umidade ao longo da maturação ($P < 0,05$), sendo a média de umidade para o QMAE $39,14 \pm 4,37\%$ e para o QMASE $35,51 \pm 4,06\%$. A atividade de água foi maior nos queijos embalados ($P < 0,05$), mas não houve diferença significativa ($P > 0,05$) nos teores de proteína, gordura, gordura no extrato seco e cloretos entre os queijos embalados ou sem embalagem. Além disso, os queijos nos diferentes tratamentos apresentaram comportamento semelhante ($P > 0,05$) com relação à proteólise, perfil de textura e cor (instrumental) entre si e ao longo do

tempo de maturação. Contagens de bactérias lácticas, coliformes totais e termotolerantes, *Staphylococcus aureus*, fungos filamentosos e leveduras não diferiram ($P>0,05$) entre os queijos embalados ou sem embalagem, no entanto o tempo de maturação foi relevante no desenvolvimento da microbiota. A embalagem favoreceu a uniformidade da maturação, contribuindo para uma casca menos espessa e aparência mais atrativa, sem prejuízo à identidade sensorial do produto. Contudo, novos estudos ainda precisam ser realizados a fim de verificar a aplicabilidade para os produtores.

Palavras-chave: QMA; embalagem ativa; maturação de queijos de leite cru; segurança microbiológica; rendimento.

ABSTRACT

Minas Gerais is the largest and most important artisanal cheese-producing state in Brazil. These cheeses are made according to historical and cultural traditions specific to each region, using whole, fresh, freshly milked raw milk obtained and processed on the farm itself. The artisanal cheese production chain holds great social importance, particularly in maintaining rural families. Due to the economic and cultural significance of this product for the state, there is growing concern regarding food safety, the quality of artisanal cheese, and the need for standardization to reduce defects and losses. In this context, the adoption of active packaging can be a promising strategy to ensure greater product safety and uniformity. The Serra da Canastra region, comprising approximately 800 producers, stands out as one of the main producing regions of Artisanal Minas Cheese (QMA), generating a significant socioeconomic impact and justifying investment in technologies such as the packaging studied. The ripening of these cheeses is a complex process involving a series of biochemical events responsible for the development of the final product. These transformations promote beneficial changes to microbiological safety at the end of this period. However, during the ripening process, adversities occur that result in defects, compromising both the quality and safety of the QMA. Due to these difficulties, many producers opt not to ripen their products. Furthermore, there is a significant difficulty in finding suitable packaging for QMA, ensuring the cheeses' biochemical and sensory characteristics are maintained. Given this scenario, this study aimed to evaluate the application of Pack-Age® packaging in artisanal Minas cheeses from the Serra da Canastra region and its impact on quality, physicochemical, sensory, and microbiological characteristics. Comparative experiments were conducted between cheeses packaged with Pack-Age® technology (QMAE) and cheeses without packaging (QMASE). As relevant results, it was observed that the packaged cheeses exhibited greater moisture retention throughout ripening ($P < 0.05$), with an average moisture content of $39.14 \pm 4.37\%$ for QMAE and $35.51 \pm 4.06\%$ for QMASE. Water activity was higher in the packaged cheeses ($P < 0.05$), but there was no significant difference ($P > 0.05$) in the protein, fat, fat in dry extract, and chloride contents between the packaged and unpackaged cheeses. Furthermore, the cheeses in the different treatments exhibited similar behavior ($P > 0.05$) regarding proteolysis, texture profile, and color (instrumental) among themselves and throughout the ripening period. Counts of lactic acid bacteria, total and thermotolerant coliforms, *Staphylococcus aureus*, filamentous fungi and yeasts did not differ ($P > 0.05$) between the packaged and unpackaged cheeses; however, the ripening time was relevant in the development of the microbiota. The packaging

avored uniform ripening, contributing to a thinner rind and a more attractive appearance, without compromising the product's sensory identity. However, further studies are still needed to verify its applicability for producers.

Keywords: QMA; active packaging; raw milk cheese ripening; microbiological safety; yield.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Regiões produtoras de queijo Minas artesanal.	188
Figura 2 - Municípios da Serra da Canastra.	19
Figura 3 - Fluxograma das análises do QMA da Serra da Canastra.....	29
Figura 4 - Queijos Minas artesanais da Serra da Canastra aos 7 dias de maturação sem embalagem.	52
Figura 5 - Queijos Minas artesanais da Serra da Canastra aos 14 dias de maturação sem embalagem (A) e com embalagem (B).	53
Figura 6 - Queijos Minas artesanais da Serra da Canastra aos 21 dias de maturação sem embalagem (A) e com embalagem (B).	54
Figura 7 - Queijos Minas artesanais da Serra da Canastra aos 28 dias de maturação sem embalagem (A) e com embalagem (B).	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Composição centesimal média dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra aos 7 dias de fabricação.....	33
Tabela 2	- pH dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo do período de maturação*.....	34
Tabela 3	- Aw dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*.....	35
Tabela 4	- Teor de umidade dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*.....	36
Tabela 5	- Teor de gordura dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação *.....	37
Tabela 6	- Gordura no Extrato Seco (GES) médio dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*.....	38
Tabela 7	- Teor de proteína dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*.....	39
Tabela 8	- Extensão da proteólise dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*.....	40
Tabela 9	- Profundidade da proteólise dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*.....	40
Tabela 10	- Teor de cloretos dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*.....	41
Tabela 11	- Teor de RMF dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*.....	42
Tabela 12	- Cor Instrumental médio dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra	43
Tabela 13	- Dureza dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*	44
Tabela 14	- Elasticidade dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*	45
Tabela 15	- Coesividade dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*	46

Tabela 16	- Mastigabilidade dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*	47
Tabela 17	- Contagem de coliformes totais (35 °C) dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*	47
Tabela 18	- Contagem de coliformes termotolerantes (45 °C) dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*	48
Tabela 19	- Contagem de fungos filamentosos e leveduras dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*	49
Tabela 20	- Contagem de Staphylococcus aureus dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*	50
Tabela 21	- Contagem de bactérias lácticas dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
AOAC	Associação Americana de Química Analítica
APROCAN	Associação de Produtores de Queijo Canastra
Aw	Atividade de Água
BAL	Bactérias Ácido Láticas
CC	<i>Coliform Count</i>
EMATER-MG	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
FAPEMIG	Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais
GES	Gordura no Extrato Seco
ILCT	Instituto de Laticínios Cândido Tostes
IMA	Instituto Mineiro de Agropecuária
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
LAV	<i>Large Area View</i>
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MRS	Man, Rogosa & Sharpe
NT	Nitrogênio Total
N _{SpH4,6}	Nitrogênio solúvel em pH 4,6
NSTCA 12%	Nitrogênio solúvel em Ácido Tricloroacético 12%
pH	Potencial hidrogênio
PQMA	Programa Queijo Minas Artesanal
QMA	Queijo Minas Artesanal
QMAE	Queijo Minas Artesanal com Embalagem
QMASE	Queijo Minas Artesanal sem Embalagem
RIISPOA	Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
RMF	Resíduo Mineral Fixo
RTIQ	Regulamento Técnico e de Identidade e Qualidade
STX	<i>Staphylococcus aureus</i>
TPA	<i>Texture Profile Analysis</i>
UFC	Unidades Formadoras de Colônia

UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
Unesco	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
YM	<i>Yeast and Mold</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 QUEIJO MINAS ARTESANAL DA SERRA DA CANASTRA.....	18
3.2 LEGISLAÇÃO DO QUEIJO MINAS ARTESANAL	20
3.3 PARTICULARIDADES DA FABRICAÇÃO DO QUEIJO MINAS ARTESANAL DA SERRA DA CANASTRA	23
3.4 MATURAÇÃO DO QMA E A FORMAÇÃO DE CASCA.....	25
3.5 EMBALAGENS ATIVAS	26
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.1 AQUISIÇÃO E PREPARO DAS AMOSTRAS.....	28
4.2 ANÁLISES LABORATORIAIS	28
4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	29
4.4 DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS.....	30
4.4.1 Análises físico-químicas.....	30
4.4.2 Perfil de Textura	31
4.4.3 Cor instrumental	31
4.4.4 Análises microbiológicas.....	31
4.4.5 Registro fotográfico.....	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1 EFEITO DA EMBALAGEM NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS QUEIJOS.....	32
5.1.1 Composição centesimal	32
5.1.2 pH e Atividade de Água (Aw)	33
5.1.3. Umidade	35
5.1.4 Gordura e gordura no extrato seco	37
5.1.5 Proteína e índices de proteólise	38
5.1.6 Percentual de cloretos.....	41
5.1.7 Resíduo mineral fixo	41
5.2 ANÁLISE DE COR DO QMA MATURADO COM E SEM EMBALAGEM.....	42
5.3 EFEITO DA EMBALAGEM NO PERFIL DE TEXTURA DOS QUEIJOS	43

5.3.1 Dureza.....	44
5.3.2 Elasticidade.....	44
5.3.3 Coesividade	45
5.4 EFEITO DA EMBALAGEM NA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DOS QUEIJOS	47
5.4.1 Coliformes totais e termotolerantes.....	47
5.4.2 Fungos filamentosos e leveduras.....	49
5.4.3 <i>Staphylococcus aureus</i>	50
5.4.4 Presença de <i>Samonella</i> spp. e <i>Listeria monocytogenes</i>	51
5.4.5 Efeito da embalagem nas contagens de Bactérias Ácido Láticas	51
5.5 REGISTRO FOTOGRÁFICO DOS QUEIJOS	52
6 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

O Queijo Minas Artesanal (QMA) da Serra da Canastra é uma iguaria mineira, com origem nas técnicas de fabricação trazidas pelos portugueses durante o período colonial cujo saber-fazer vem sendo transmitido entre as gerações (Costa *et al.*, 2022). Produzido a partir de leite cru, recém-ordenhado e fermento endógeno (o “pingo”), o QMA representa a história, a identidade territorial e a resiliência das famílias produtoras que vivem da atividade queijeira nas regiões produtoras do estado, como a Serra da Canastra (Minas Gerais, 2024; Candinho, 2023).

O processo de fabricação do QMA sobreviveu à modernização da indústria e, devido a sua importância econômica e histórica, foi tombado como patrimônio cultural e imaterial brasileiro pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), em 2008 e, em 2024, como Patrimônio Cultural Imaterial da Humanidade pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (Unesco) (Meneses, 2006; EMATER-MG, 2024). O reconhecimento impulsionou o mercado consumidor a crescer constantemente, estimulando o desenvolvimento do setor e motivando os produtores a buscarem cada vez mais a obtenção de selos distintivos do mercado. Tal fato contribuiu para a permanência do produtor no campo, valorização da economia estadual e agregação de valor ao QMA (Candinho, 2023).

Apesar de sua valorização crescente no mercado, o setor enfrenta desafios estruturais importantes. As variações nas condições de maturação, a ausência de padronização e a vulnerabilidade microbiológica ainda comprometem a qualidade e a segurança do produto. Nesse cenário, a adoção de tecnologias inovadoras como embalagens ativas tem sido considerada uma estratégia promissora para equilibrar tradição e exigências sanitárias.

Entretanto, ainda que seja um produto artesanal e não necessite ser uniforme conforme os industriais, ainda há um grande desafio para minimizar os riscos com a segurança e melhorar qualidade do QMA. Neste contexto, diversos estudos estão sendo desenvolvidos acerca do uso de embalagens em queijos artesanais, uma vez que ela é capaz de influenciar na qualidade por influenciar em características bioquímicas e sensoriais dos queijos (Duval *et al.*, 2016; Souza, 2022). Assim, o uso de uma embalagem adequada para o queijo pode contribuir para a qualidade e a segurança do produto, além de prolongar sua vida útil, visto que a embalagem desempenha papel essencial não apenas na proteção e contenção, mas também na facilidade de manuseio e na disponibilização de informações sobre o alimento (Souza *et al.*, 2023; Walstra *et al.*, 2006).

Nos últimos anos, esforços legislativos e técnicos têm buscado soluções para garantir a segurança e a valorização desse produto. O uso de tecnologias como a embalagem ativa Pack-

Age[®] surge como alternativa promissora. Trata-se de uma membrana com permeabilidade seletiva que pode favorecer o processo de cura, preservando as características sensoriais e microbiológicas do queijo, ao mesmo tempo em que reduz perdas e melhora o rendimento.

Diante disso, o presente trabalho avaliou os efeitos da aplicação da embalagem Pack-Age[®] em QMA da Serra da Canastra, sobre os aspectos físico-químicos e microbiológicos, contribuindo para a valorização do produto e a sustentabilidade da cadeia produtiva.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso da embalagem Pack-Age[®] no queijo Minas Artesanal da região da Serra da Canastra e seus efeitos nas características físico-químicas e microbiológicas ao longo da maturação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Documentar, por meio de registros fotográficos, as alterações no aspecto visual dos queijos ao longo da maturação, com e sem a embalagem;
- Analisar microbiologicamente os queijos maturados com e sem embalagem, em relação à presença de *Salmonella* spp. e *Listeria monocytogenes*, Bactérias Ácido Láticas (BAL), coliformes a 35 °C e a 45 °C, fungos filamentosos e leveduras e *Staphylococcus aureus*;
- Determinar a composição centesimal dos queijos aos sete dias de maturação, avaliando os percentuais de gordura, umidade, proteína, cloretos (expressos em cloreto de sódio), pH, atividade de água (Aw) e gordura no extrato seco (GES);
- Comparar os efeitos da embalagem sobre o pH, Aw, os índices de proteólise (extensão e profundidade), teores percentuais de proteína, umidade, gordura e GES ao longo da maturação, semanalmente por 28 dias;
- Avaliar as variações no perfil de textura e na cor instrumental dos queijos com e sem embalagem ao longo do processo de maturação.

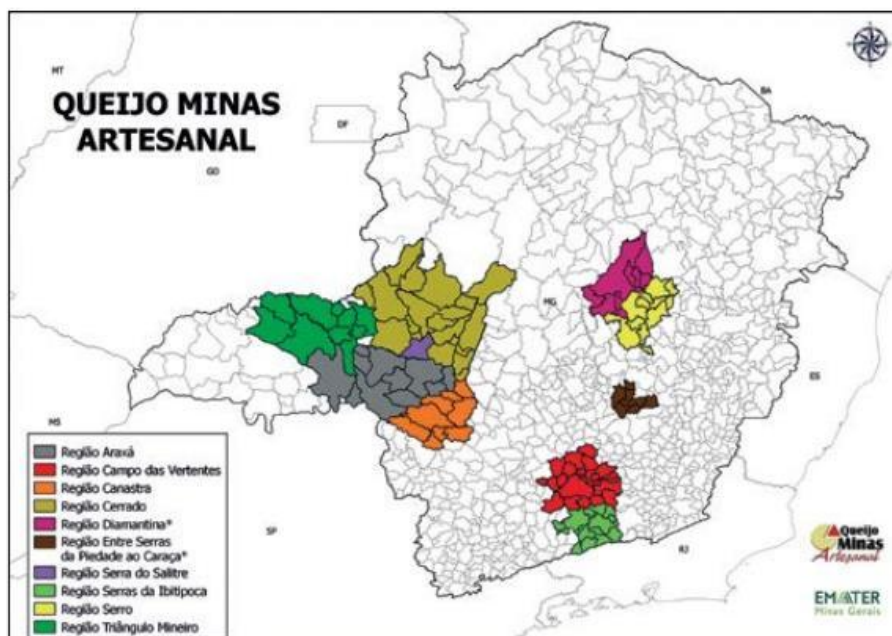
3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 QUEIJO MINAS ARTESANAL DA SERRA DA CANASTRA

Os queijos artesanais são iguarias, segundo a Portaria do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) nº 2.303, de 24 de maio de 2024, produzidas a partir de leite cru, hígido, integral, de produção própria, utilizando um fermento de soro (“pingo”), coalho, sal, maturado em condições ambientais na propriedade rural. O produto final deve apresentar consistência firme, cor e sabor próprios, massa uniforme, isenta de corantes e conservantes, com ou sem olhaduras mecânicas, conforme a tradição histórica e cultural da região (Minas Gerais, 2024).

Segundo dados da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais - EMATER -MG (2022), o estado de Minas Gerais possui dez regiões produtoras de queijo Minas artesanal reconhecidas oficialmente, concentrando mais de sete mil estabelecimentos destinados à atividade. Essa cadeia gera aproximadamente 21,8 mil toneladas de queijo por ano. Esta expressiva produção concentra-se em diferentes áreas do território mineiro. Atualmente, as regiões reconhecidas são: Araxá, Campos das Vertentes, Cerrado, Serra da Canastra, Serra do Salitre, Serro, Triângulo Mineiro, Serras do Ibitipoca, Diamantina e Entre Serras de Piedade ao Caraça, conforme Figura 1 (EMATER – MG, 2023).

Figura 1 - Regiões produtoras de Queijo Minas Artesanal.



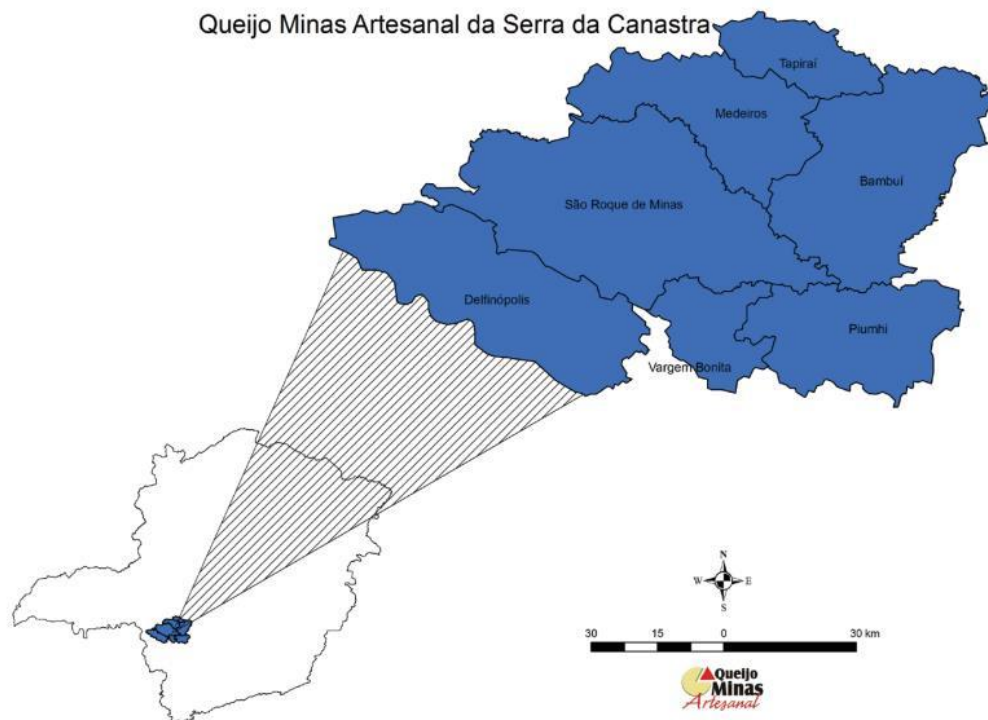
Fonte: Adaptado EMATER - MG (2023).

Tais regiões produtoras de QMA se diferenciam devido às distintas particulares como posição geográfica, raças dos animais leiteiros, alimentação animal, infraestrutura, qualidade do leite, microbiota local e condições climáticas. Essa combinação de fatores resulta em atributos sensoriais únicos, característicos do queijo de cada propriedade (Lima *et al.*, 2021).

Localizada no sudoeste do Estado de Minas Gerais, a Serra da Canastra é uma das regiões produtoras de QMA mais conhecida no Brasil. O termo Canastra tem origem no termo grego *kanastron* e no latim *cannastrum*, ambos correspondendo a “recipiente”. Em português, a palavra designa um tipo de cesto equivalente a um baú, utilizado por pescadores para armazenar o pescado. A denominação da região está relacionada à sua formação geológica marcante que se assemelha a uma canastra (Figueiredo, 2022; Dores, 2007).

A Serra da Canastra abrange uma área de 7.452 km² do Estado de Minas Gerais. Desses, sete distintos municípios, como pode ser visualizado na Figura 2, são responsáveis por produzirem o QMA da Serra da Canastra (FIERN, 2020; EMATER - MG, 2016).

Figura 2 – Municípios da Serra da Canastra.



Fonte: Adaptado EMATER - MG (2016).

De clima tropical de altitude, a região da Canastra apresenta chuvas concentradas entre outubro e março, o que resulta em verão úmido e inverno seco. Com média de temperatura anual de 22,2 °C e ventos e umidade provenientes da região leste, que entram por uma falha

nas serras, há um microclima característico ideal para a produção do queijo de sabor inconfundível e que atrai milhares de turistas ao longo do ano (APROCAN, 2024).

O rebanho bovino predominante na região é originário, majoritariamente, por animais resultantes do cruzamento entre *Bos indicus* e *Bos taurus*, mantidos sob sistema de criação extensivos ou semi-intensivos. A sanidade dos animais deve ser regularmente atestada por um médico veterinário, que, em conjunto com o produtor, define e implementa práticas capazes de manterem a saúde do rebanho (Costa *et al.*, 2022; APROCAN, 2024).

O resultado da interação entre o microclima da região e a criação animal, é um queijo característico, que deve ser maturado por no mínimo 14 dias, com textura uniforme, massa macia à semidura, com coloração amarelada e poucas olhaduras. O sabor é levemente ácido, não picante e agradável ao paladar. Seu formato é cilíndrico, plano ou ligeiramente abaulado nas laterais. Quanto ao peso, pode ser subdividido em três distintas categorias: Canastra (900-1300g), Canastra Merendeiro (300-400g) e Canastra Real (5 a 7kg) (APROCAN, 2024; Minas Gerais, 2021b).

Em termos de composição centesimal, o QMA da Serra da Canastra ou simplesmente “Queijo Canastra”, é um produto que, segundo Oliveira *et al.* (2013), apresenta teores médios de 44,9% de umidade, teor de lipídeos entre 27,0% e 29,5% – influenciado por fatores como raça do gado, horário de ordenha e alimentação animal –, além de 18,51% de proteínas, 0,48% de acidez, 1,86% de cloreto de sódio e 52,8% de extrato seco total. A denominação QMA da Serra da Canastra foi instituída pelo Programa Queijo Minas Artesanal apenas para queijos elaborados dentro da área geográfica reconhecida como Serra da Canastra, conforme os critérios de origem e método tradicional de produção. Ainda assim, o reconhecimento formal dessa identidade territorial só ocorreu em 2011 com o selo de Indicação Geográfica concedido pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) (EMATER, 2020; APROCAN, 2011).

Os produtores contam com apoio da Associação dos Produtores de Queijo da Canastra – APROCAN. A associação desempenha um papel crucial junto aos produtores, desenvolvendo ações educativas, buscando novos mercados e protegendo o uso do nome Canastra (Figueiredo, 2022).

A fim de garantir a procedência do produto, a APROCAN instituiu um selo para cada produtor. Tal etiqueta certifica que o queijo está sendo produzido dentro da região da Serra da Canastra, com modo de produção característico da localidade, devidamente fiscalizado pelos órgãos de inspeção e evitando uso indevido do nome da região (APROCAN, 2024).

3.2 LEGISLAÇÃO DO QUEIJO MINAS ARTESANAL

Apesar de sua presença na economia mineira desde o período colonial, a produção de queijos artesanais permaneceu sem regulamentação sanitária até meados do século XX. Foi com a aprovação da Lei Federal nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950 e o Decreto Federal nº 30.691, de 29 de março de 1952, que aprovou o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), que a produção de queijos provenientes de leite cru passou a ser regulamentada (Brasil, 1950; Brasil, 1952).

Inicialmente, o RIISPOA preconizava o comércio de queijos oriundo de leite cru apenas após um período mínimo de oito dias de maturação. Posteriormente, o Decreto Federal nº 1.255, de 25 de junho de 1962, alterou essa exigência, estendendo o prazo para 10 dias de maturação (Brasil, 1962). Porém, para o QMA, a situação permaneceu indefinida até o surgimento dos Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos em 1966. A partir desse marco regulatório, passou a ser permitida a elaboração de queijos oriundos de leite cru, desde que fossem submetidos a uma maturação mínima de 60 dias a uma temperatura de 5 °C (Faria *et al.*, 2023).

Em 2000, o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) publica a primeira normativa para QMA, a Resolução nº 7, de 28 de novembro de 2000 (Brasil, 2001). Entretanto, com a necessidade de regulamentar a produção e comercialização dos QMA, bem como a relevância econômica e cultural desse produto para o estado de Minas Gerais, o IMA, promulga em 2002 a Lei Estadual nº 14.185, que regulamentava o processo de fabricação do QMA (Minas Gerais, 2002).

No ano de 2004, a Portaria IMA nº 694, de 17 de novembro de 2004, identifica a microrregião da Serra da Canastra como produtora de QMA (Minas Gerais, 2004). Diante disso, diversos estudos foram conduzidos na região, o que resultou na Portaria nº 2.051, de 07 de abril de 2021, reconhecendo a segurança microbiológica do QMA da Serra da Canastra com 14 dias de maturação (Minas Gerais, 2021). Em agosto de 2024, a Portaria nº 2.322, revoga a Portaria nº 2.051, mas mantém o período mínimo de 14 dias de maturação para QMA da Serra da Canastra (Minas Gerais, 2024).

Em 12 de dezembro de 2006, o IMA instituiu, por meio da Portaria nº 818, o Regulamento Técnico de Produção do Queijo Minas Artesanal, definindo normas higiênico-sanitárias e boas práticas de fabricação para garantir a qualidade e inocuidade do produto (Minas Gerais, 2006). Em 24 de maio de 2024, essa norma foi revogada pela Portaria nº 2303, que instituiu o novo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Queijo Minas Artesanal, atualizando os critérios de conformidade com o objetivo de adequar o regulamento

às novas demandas de segurança e identidade territorial do setor. A atualização reforça o compromisso com a rastreabilidade, qualidade sanitária e manutenção das características sensoriais e culturais associadas ao queijo Canastra (Minas Gerais, 2006; Minas Gerais, 2024).

Em 2012, a Comissão de Política Agropecuária e Agroindustrial da Assembleia Legislativa de Minas Gerais, formalizou o reconhecimento do Queijo Minas Artesanal tipo Canastra ao realizar uma audiência pública que oficializou o apoio institucional ao pedido de Indicação Geográfica (IG). Esse reconhecimento representou um marco político e simbólico no processo de valorização do produto, reforçando a legitimidade do pleito dos produtores da região e conferindo respaldo à delimitação territorial do uso exclusivo do nome “Canastra”. A partir disso, a produção do queijo ficou restrita aos municípios historicamente ligados à Serra da Canastra, protegendo sua identidade geográfica e impedindo o uso indevido do termo por produtos fabricados fora da área reconhecida (Gandra, 2014).

O Selo Arte, criado pela Lei nº 13.680, de 14 de junho de 2018 e regulamentado pelo Decreto nº 11.099, de 21 de junho de 2022, foi revolucionário para a comercialização do QMA. Com ele, os produtores passaram a contar com uma certificação oficial que reconhece a natureza artesanal do produto e, ao mesmo tempo, atesta sua qualidade e segurança sanitária. Essa certificação, que exige vínculo com serviços de inspeção (federal, estadual ou municipal), possibilitou a ampliação do mercado consumidor, promovendo a valorização cultural e econômica do QMA. Ao unificar os critérios de comercialização, o selo também contribui para reduzir a burocracia enfrentada por pequenos produtores, ampliando sua inserção no mercado nacional de forma legal, segura e estruturada. Ao unificar os critérios de comercialização, o selo também contribui para reduzir a burocracia (Brasil, 2018; Brasil, 2022; SEBRAE, 2022)

A valorização do Queijo Minas Artesanal da Serra da Canastra está diretamente ligada à evolução das normativas sanitárias e técnicas que viabilizam a produção segura sem comprometer sua identidade territorial. Nesse cenário, o emprego de tecnologias inovadoras, como as embalagens ativas de permeabilidade seletiva, surge como uma ferramenta estratégica que pode atuar de forma complementar à legislação vigente.

Nesse contexto, a Portaria nº 2.303/2024, que consolidou o período mínimo de 14 dias de maturação para o QMA da microrregião da Canastra, destaca a importância da adoção de práticas que assegurem a estabilidade físico-química e microbiológica dos queijos (Minas Gerais, 2024). A utilização da membrana Pack-Age[®], devidamente autorizada para contato com alimentos pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) nº 322, de 29 de novembro de 2019, contribui positivamente para esse objetivo ao criar um ambiente de maturação controlado, favorecendo o desenvolvimento das

características tradicionais do queijo sem comprometer a segurança do produto final (Brasil, 2019; DSM, 2021).

A adoção dessa tecnologia não inviabiliza a tradição, tampouco descaracteriza o produto. Pelo contrário, contribui para sua padronização como foi visto em estudo recente realizado em QMA da região do Campo das Vertentes. Neste estudo, Souza (2022) apontou que o uso da Pack-Age[®] contribuiu para a padronização do ambiente de maturação ao criar um microclima interno que minimizou as variações externas de umidade relativa do ar e ventilação, favorecendo a atividade das bactérias ácido-láticas, otimizando a retenção de umidade interna, o que resultou em queijos com menor necessidade de intervenções para correções de defeitos de casca, maior rendimento comercial e sem comprometimento da identidade sensorial.

Dessa forma, observa-se uma convergência entre ciência, legislação e tradição, na qual a embalagem ativa atua como facilitadora do processo de maturação e como mecanismo de adequação aos requisitos legais do QMA. A incorporação dessa inovação representa um caminho viável e tecnicamente justificável para agregar segurança, padronização e valor comercial ao QMA da Serra da Canastra, respeitando sua origem e importância cultural, ampliando as possibilidades de inserção do produto em novos mercados e fortalecendo a sustentabilidade da cadeia produtiva.

3.3 PARTICULARIDADES DA FABRICAÇÃO DO QUEIJO MINAS ARTESANAL DA SERRA DA CANASTRA

No Brasil, uma ampla variedade de queijos é elaborada, tanto de forma artesanal quanto industrial, por pequenos e médios produtores. Com valores acessíveis e atrativos, esses produtos contribuem na geração de renda extra para alguns produtores, mas, também servem de sustento para muitas famílias (Dias *et al.*, 2016).

Como é feito com leite cru, o QMA apresenta defeitos mais difíceis de corrigir do que os queijos produzidos com leite pasteurizado, que são padronizados na indústria. Da mesma forma, a prevenção dessas imperfeições se torna um desafio, uma vez que etapas de uniformização não são permitidas. Um agravante para a não padronização desses produtos é a variação dos parâmetros físico-químicos do leite que se alteram conforme as estações do ano, as características edafoclimáticas, a microbiota endógena, o local de produção e de maturação (Martins *et al.*, 2015; Sobral *et al.*, 2017a).

Diante disso, o conhecimento do queijeiro acerca do processo de produção é essencial e a compreensão das variáveis do leite ao longo do ano são fundamentais nas práticas de fabricação a fim de melhorar as condições de elaboração do queijo (EPAMIG, 2019).

O leite cru contém uma heterogeneidade de microrganismos nativos, dentre eles podemos destacar as bactérias ácido lácticas (BAL), um conjunto de bactérias amplamente encontrada em meios ricos em nutrientes. As BAL desempenham um papel crucial na fabricação dos QMA, contribuindo para as características finais do produto, uma vez que influenciam na intensidade, sabor, textura e aroma. Um ponto de destaque das BAL está relacionado ao seu papel protetivo contra microrganismos patogênicos, uma vez que torna o meio ácido, com diminuição do pH, ou ainda, pela produção de compostos antimicrobianos como peptídeos antagonistas a bactérias patogênicas (Castro *et al.*, 2016; Freire *et al.*, 2021; Pacheco *et al.*, 2023; Tilocca *et al.*, 2020).

O pingo ou soro fermento é responsável por atribuir a identidade do QMA, uma vez que transfere a microbiota do leite cru para o queijo. Portanto, carrega consigo uma elevada quantidade de BAL e leveduras adaptadas ao ambiente e capazes de favorecer a maturação (Figueiredo, 2018; Pacheco *et al.*, 2023).

Para garantir um QMA inócuo faz-se necessário a aplicação de medidas higiênico-sanitárias na obtenção do leite e soro fermento, além da adoção de boas práticas de fabricação ao longo de todas as etapas do processo de produção (Pacheco *et al.*, 2023).

Não obstante, a maturação se torna uma etapa crucial na obtenção de QMA seguro, uma vez que é nessa etapa que ocorrem transformações físico-químicas, microbiológicas e sensoriais que contribuem para a inibição de patógenos. Assim, as reações enzimáticas originárias das BAL resultam em uma redução da atividade de água do queijo, alterações no pH e aumento da concentração de cloreto de sódio (Pereira, 2015; Perry, 2004; Dias, 2007; Sales, 2015).

Contudo, o sucesso da fabricação do QMA apresenta diversos fatores interligados como temperatura de maturação, a composição do queijo e a umidade relativa do ar, resultando no enfrentamento de diversos desafios que podem suceder em produtos de baixa qualidade e com defeitos, a exemplo o surgimento de fungos, estufamento, manchas e trincas na casca, ocasionando perdas econômicas para o produtor (Candinho, 2023).

Diante desse cenário, o uso de tecnologias que favoreçam o controle das condições de maturação, como a embalagem DSM Pack-Age[®], surgem como alternativa para atenuar perdas e favorecer a segurança dos queijos. No entanto, o uso dessas embalagens ainda encontra resistência entre os produtores de QMA da Serra da Canastra, tanto por questões culturais, como aspecto sensorial (casca mais fina e clara) e o saber do queijeiro, quanto por limitações

financeiras, uma vez que apresentam elevados custos. Além disso, os produtores necessitam de treinamento técnico para aplicarem corretamente a embalagem, visto que erros no uso das embalagens podem resultar na ausência dos efeitos esperados.

3.4 MATURAÇÃO DO QMA E A FORMAÇÃO DE CASCA

O processo de maturação ou cura é a etapa final do processamento do queijo. Trata-se de um fenômeno enzimático e dinâmico, uma vez que diversas reações ocorrem ao mesmo tempo, dentre elas destaca-se o metabolismo da lactose, da gordura e da proteína, responsáveis por desenvolverem a cor, textura, sabor, e aroma dos QMA (Campos, 2019; Dutra, 2019).

Na lipólise, as lipases degradam lipídios, liberando ácidos graxos voláteis de cadeia curta que participam de reações de oxidação, descarboxilação e saponificação, formando compostos como aldeídos, cetonas e peróxidos, que conferem aroma e sabor típico aos queijos maturados. Na reação de proteólise, as proteínas do leite se decompõem em peptídeos e aminoácidos livres, influenciando diretamente na textura, aroma e sabor do queijo. A glicólise utiliza como substrato a lactose que será degradada pelas BAL, formando ácido lático, ácido acético e ácido propiônico, impactando diretamente na acidez e sabor dos QMA (Dutra, 2019; Gutierrez *et al.*, 2004; Sales, 2015).

Durante a cura, fatores como pH, umidade relativa do ar, temperatura da câmara de maturação e atividade de água são capazes de interferir na dinâmica das reações enzimáticas (Dutra, 2019). Paralelamente, ocorre a formação da casca, um fenômeno natural resultante da combinação de fatores como a salga a seco, perda de umidade da massa para o ambiente, ação da microbiota autóctone e condições ambientais de maturação, criando uma barreira física capaz de proteger o queijo contra contaminantes e contribuir para sua estética (EPAMIG, 2019; Sobral *et al.*, 2017b; Souza, 2022).

Logo após a enformagem, o queijo é submetido à salga a seco, que atua retirando a umidade da superfície e promovendo o endurecimento progressivo da camada externa. Essa desidratação superficial, somada à maturação em prateleiras de madeira sob ventilação natural, favorece o desenvolvimento de uma crosta firme, de coloração branco-amarelada e com brilho natural (EPAMIG, 2019; Meneses, 2009).

A microbiota do leite cru e do pinga coloniza a superfície do queijo, contribuindo para a formação da casca por meio da fermentação e produção de compostos antimicrobianos e ácidos orgânicos. Essa interação entre microrganismos e ambiente de cura é essencial para a

proteção do queijo e para a expressão sensorial típica da casca (EPAMIG, 2019; Nóbrega, 2007; Sobral *et al.*, 2017b).

Entretanto, a concepção adequada da casca requer cuidados específicos. Problemas como trincas, cascas grossas, manchas e irregularidade na coloração podem surgir por uma circulação de ar inadequada e viragens irregulares dos queijos, uma vez que tais condições podem ocasionar desidratação desigual da superfície (EPAMIG, 2019; Souza, 2022).

A necessidade de lavagem dos queijos a cada dois dias pode resultar em rachaduras da casca, uma vez que ocasiona a perda de elasticidade da massa (Sobral *et al.*, 2017b). Segundo Ayupp *et al.* (2023), o baixo teor de cálcio do leite, principalmente em leite ácido, o processo de maturação em câmaras com temperaturas excessivamente frias, ou ambientes com baixa umidade relativa do ar, conduz a uma desidratação acelerada do queijo, podendo ocasionar rachaduras.

Além disso, observa-se que, após o período previsto em legislação, o queijo continua seu processo de maturação (evolução) no mercado, ambiente que frequentemente não apresenta as condições ideais de temperatura e umidade. Assim, torna-se necessário identificar uma embalagem adequada que, além de proteger o produto, possibilite a formação da casca e permita que a evolução do queijo ocorra de forma controlada e natural.

3.5 EMBALAGENS ATIVAS

As embalagens, historicamente desenvolvidas com a finalidade de conter, proteger e facilitar a distribuição dos alimentos, evoluíram com as crescentes demandas do mercado quanto à segurança dos alimentos. Além de garantir contenção e proteção mecânica, assumem funções de conservação, comunicação e conveniência, influenciando diretamente na segurança, qualidade e aceitabilidade do produto. No entanto, embora sirvam como barreiras físicas contra agentes externos, ainda se mostram limitadas quanto à prevenção de deteriorações microbiológicas e sensoriais (Jorge, 2013; Souza, 2018).

Nesse contexto, surgem as embalagens ativas, uma tecnologia que promove interação entre o alimento e o sistema de embalagem, prolongando a vida útil, favorecendo a estabilidade e segurança microbiológica, além da manutenção dos atributos sensoriais desejáveis (Daniloski *et al.*, 2020; Martinazzo *et al.*, 2020).

O conceito de embalagem ativa foi proposto pela primeira vez por Labuza (1987), sendo caracterizado pela presença de componentes ativos capazes de absorver ou liberar substâncias no interior da embalagem. Esses sistemas visam controlar fatores como umidade, oxigênio,

compostos voláteis e crescimento microbiano, minimizando perdas de qualidade associadas a processos oxidativos, deterioração microbiológica e alterações sensoriais (Rooney, 1995; Han *et al.*, 2014).

Segundo Vermeiren *et al.* (1999), as embalagens ativas podem incorporar tecnologias como: absorvedores de oxigênio e etileno, emissores de dióxido de carbono, sistemas reguladores de umidade, aditivos antimicrobianos e antioxidantes, além de sistemas de liberação controlada de compostos voláteis. Essas ferramentas têm se mostrado especialmente úteis para alimentos com elevada atividade de água ou suscetibilidade a deterioração microbiana, como queijos artesanais (Gontard, 2009; Appendini; Hotchkiss, 2002).

A aplicação de sistemas ativos é especialmente relevante para queijos maturados, cujas características dependem diretamente do controle ambiental durante a maturação. Diversos estudos relatam a eficácia de filmes ativos antimicrobianos à base de quitosana, nisina, natamicina ou compostos fenólicos na inibição de patógenos e deteriorantes em produtos lácteos (Silva, 2009; Moraes *et al.*, 2011; Soutelino *et al.*, 2024).

A tecnologia DMS Pack-Age[®] consiste em uma membrana multicamada coextrusada à base de poliamida. Essa estrutura apresenta permeabilidade seletiva ao vapor de água e barreira moderada ao oxigênio. Ao ser empregada no processo de maturação de queijos, essa embalagem não apenas facilita o desenvolvimento de aroma e textura desejados, mas também otimiza o rendimento ao minimizar as perdas de água durante o processo. A associação com o antimicrobiano Delvo[®]Cid, um inibidor natural à base de natamicina, a embalagem potencializa a inibição do crescimento de fungos e leveduras, reduzindo significativamente perdas por contaminações superficiais e otimizando o rendimento do queijo durante a maturação (DSM, 2019).

Portanto, o emprego da membrana DSM Pack-Age[®], pode representar um avanço significativo no contexto de queijarias artesanais, permitindo maior controle dos fatores de maturação, ampliando a qualidade e segurança microbiológica, sem descaracterizar o produto, como foi evidenciado no estudo de Souza (2022). Assim, essa tecnologia encontra-se alinhada à demanda do mercado por produtos seguros, sustentáveis e com identidade preservada, além de agregar valor à produção de QMA.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 AQUISIÇÃO E PREPARO DAS AMOSTRAS

Os queijos utilizados neste estudo foram adquiridos em três queijarias distintas, credenciadas pela APROCAN e localizadas no município de São Roque de Minas, Minas Gerais. Em cada queijaria, queijos com dois dias de fabricação foram selecionados e divididos em dois grupos: um foi embalado com a embalagem à vácuo DMS Pack-Age[®], enquanto o outro permaneceu sem embalagem. Os queijos foram identificados e maturados nas propriedades de origem, respeitando as condições ambientais características de temperatura e umidade relativa do ar.

A APROCAN foi responsável pelo envio dos queijos para a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais Instituto de Laticínios Cândido Tostes (EPAMIG ILCT), em Juiz de Fora, MG, conforme cronograma previamente determinado. O transporte seguiu o padrão estabelecido pela associação e ocorreu via SEDEX, em caixas de papelão contendo as embalagens secundárias (caixas de papelão de cada propriedade) – e primárias – embalagens à vácuo usadas pela propriedade ou papel manteiga nos queijos que maturaram sem a Pack-Age[®] e a embalagem teste DSM Pack-Age[®], respectivamente para os queijos de cada tratamento.

4.2 ANÁLISES LABORATORIAIS

As análises laboratoriais foram realizadas em diferentes tempos de maturação: 7, 14, 21 e 28 dias. Os queijos coletados aos sete dias, foram submetidos às análises físico-químicas de composição centesimal (gordura, umidade, proteína, cinzas e cloreto de sódio), pH, atividade de água, índices de proteólise. As análises microbiológicas foram contagens de coliformes totais e termotolerantes, bactérias ácido lácticas, fungos filamentosos e leveduras, *Salmonella* sp., *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus*.

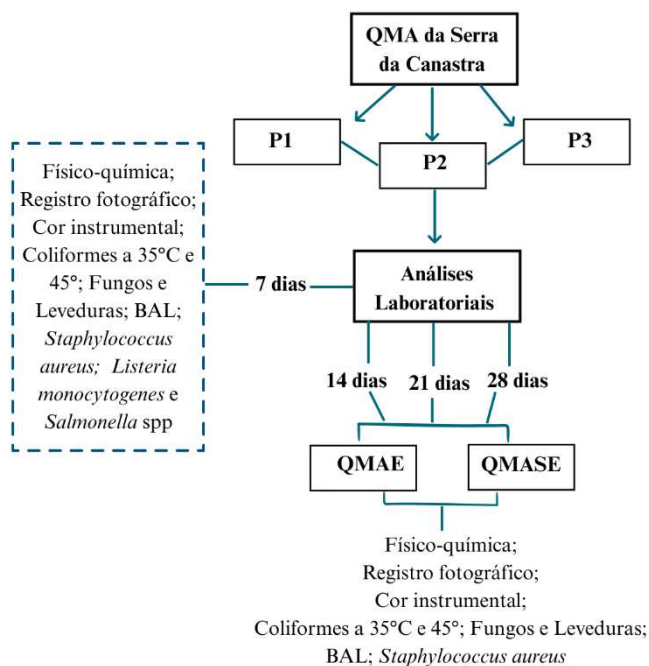
Durante a maturação, aos 14, 21 e 28 dias, foram realizadas as análises de determinação de umidade, perfil de textura (*Texture Profile Analysis* - TPA), pH, atividade de água, índices de proteólise, cor instrumental, contagem de coliformes totais e termotolerantes, bactérias ácido lácticas, fungos filamentosos e leveduras e *Staphylococcus aureus*.

As análises laboratoriais foram conduzidas nos Laboratórios de Pesquisa da EPAMIG ILCT, com exceção das determinações de *Salmonella* spp., e *Listeria monocytogenes*, que foram realizadas por laboratório terceirizado.

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para o experimento, foi utilizado o Delineamento em Blocos Subdivididos no Tempo, com dois tratamentos: QMA com embalagem (QMAE) à vácuo DSM Pack-Age® e QMA sem embalagem (QMASE). Foram realizadas três repetições, sendo caracterizadas pela realização do experimento em três queijarias na Serra da Canastra - P1, P2 e P3 - e quatro intervalos de maturação: 7, 14, 21 e 28 dias, sendo um queijo por produtor para o tempo 7 dias e dois queijos (QMAE e QMASE) para os demais tempos (Figura 3). Para os tempos 14, 21 e 28 dias de maturação, foram selecionadas aleatoriamente duas amostras de queijo por produtor, caracterizando o tratamento experimental. Dentre essas, uma foi acondicionada com a embalagem Pack-Age® e a outra permaneceu sem embalagem durante todo o período de cura. Os primeiros sete dias de maturação ocorreram sem a embalagem ativa para todos os queijos.

Figura 3 - Fluxograma das análises do QMA da Serra da Canastra.



Fonte: Elaborado pela autora (2025). QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem.

Para avaliação dos dados, foram aplicadas análises de variância (ANOVA) de fator duplo com repetição, com o objetivo de verificar o efeito isolado do tempo, do tipo de embalagem e da interação entre esses fatores sobre os parâmetros analisados. Em casos de significância estatística ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Quando necessário, também foi aplicada regressão linear e análise de significância da regressão (ANOVA da regressão). A normalidade dos dados foi avaliada previamente pelo teste de Shapiro-Wilk. Os softwares utilizados foram MINITAB® versão 14 e Microsoft® Excel® versão 2410.

4.4 DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS

4.4.1 Análises físico-químicas

Para as análises físico-químicas, os queijos foram previamente homogeneizados em Processador PH900 Turbo®, conforme orientação da Associação Americana de Química Analítica, a AOAC (Latimer Jr, 2012).

A atividade de água (A_w) foi determinada com auxílio do equipamento Aqualab Decagon®, modelo CX2T, seguindo as orientações do fabricante. A medição de pH foi realizada com auxílio de um medidor de pH previamente calibrado.

O teor de umidade (% m/m) e os sólidos totais foram determinados pelo método gravimétrico, com secagem em estufa a 102 ± 2 °C. O teor de gordura (% m/m) foi obtido pelo método Van Gulik (butirométrico), baseado na separação da gordura por meio de reação com álcool isoamílico e ácido sulfúrico (Brasil, 2006). O teor de gordura no extrato seco (GES) foi calculado pela relação percentual entre gordura e sólidos totais das amostras (%Gordura/%sólidos totais).

O resíduo mineral fixo foi obtido por incineração em mufla a 550°C (Brasil, 2006). A quantificação do teor de cloretos foi realizada por titulação indireta, utilizando nitrato de prata e tiocianato de potássio como reagentes, e os resultados expressos em cloreto de sódio (Costa Júnior, 2020).

A quantificação do teor de proteína baseou-se na análise do nitrogênio total (NT) pelo método de *Kjeldahl*, aplicando-se o fator de conversão 6,38. Também foram determinados o nitrogênio solúvel em pH 4,6 (NSpH4,6) e o nitrogênio solúvel em ácido tricloroacético a 12% (NSTCA12%). A partir desses dados, foram calculados os índices de extensão (% NSpH4,6/NT) e profundidade (%NSTCA12%/NT) da proteólise, segundo Costa Júnior (2020).

4.4.2 Perfil de Textura

A avaliação da textura foi realizada utilizando seis amostras de cada tratamento nos tempos de maturação 14, 21 e 28 dias, por meio da técnica de Análise de Perfil de Textura (TPA), utilizando o texturômetro CT3 Brookfield® (Middleboro, MA, EUA), com auxílio do software Texture Pro CT v1.4.

As amostras foram preparadas em formato cúbico, com arestas de 20 mm, desprezando-se o centro e as bordas dos queijos. Após o preparo, os cubos foram embalados em papel alumínio e mantidos sob refrigeração a 16 °C por 1 hora e 30 minutos.

Durante os testes, as amostras foram submetidas a duas compressões consecutivas, com deformação de 30%, utilizando sonda cilíndrica (TA4/1000) de 38,1 mm de diâmetro, célula de carga de 4500 gramas (g) e velocidade constante de 1 mm/s em todas as etapas (pré-teste, teste e pós-teste). A resistência exercida pelas amostras foi registrada automaticamente, permitindo a obtenção dos seguintes parâmetros: dureza (g), coesividade (adimensional), elasticidade (mm) e mastigabilidade (J).

4.4.3 Cor instrumental

A determinação da cor foi realizada instrumentalmente com o uso de colorímetro de bancada Konica Minolta, modelo CM-5, operando no sistema CIE Lab*. Nesse sistema, a coordenada L* representa a luminosidade (0 = preto; 100 = branco), a* varia do verde (-) ao vermelho (+), e b* do azul (-) ao amarelo (+).

As amostras de queijo foram previamente trituradas e acondicionadas em recipiente de vidro óptico cilíndrico, próprio para leitura no equipamento. As medições foram feitas com abertura de leitura LAV (Large Area View), componente especular incluído (SCI) e refletância na faixa de comprimento de onda entre 360 nm e 740 nm. Utilizou-se o iluminante D65 e ângulo de observação de 10°, conforme recomendado pelo fabricante (Konica Minolta, s.d.) e metodologia descrita por Gadonski *et al.* (2018). A calibração foi realizada automaticamente com padrão branco antes de cada série de leituras.

4.4.4 Análises microbiológicas

As diluições e preparo das amostras seguiram os procedimentos estabelecidos pela Instrução Normativa nº 30, de 26 de junho de 2018 (Brasil, 2018). A contagem das unidades

formadoras de colônia por grama de amostra (UFC/g) foi feita com base no número de colônias confirmadas e na diluição utilizada, conforme descrito por Silva *et al.* (2010).

As contagens de BAL foram realizadas em plaqueamento por profundidade utilizando o meio de cultura Man, Rogosa & Sharpe (MRS), com incubação em atmosfera normal, por 4 dias a 35 ± 1 °C (Silva *et al.*, 2010).

Para a quantificação de *Staphylococcus aureus*, coliformes totais e termotolerantes, leveduras e fungos filamentosos, foram utilizadas placas prontas da marca 3M® Petrifilm® (St. Paul, MN, EUA), seguindo as instruções do fabricante.

Assim, para coliformes totais e termotolerantes usou-se placas 3M® Petrifilm® Coliform Count (CC), incubadas por 24 ± 2 horas a 35 ± 1 °C e 45 ± 1 °C, respectivamente. As placas 3M® Petrifilm® Yeast and Mold (YM) foram utilizadas na pesquisa para fungos filamentosos e leveduras, sendo incubadas por 4 dias a 25 °C (AOAC 997.02). A contagem de *Staphylococcus aureus*: ocorreu nas placas 3M® Petrifilm® STX, incubadas por 24 ± 2 h a 37 °C, realizando a contagem e com os resultados presuntivos positivos, um disco reativo do próprio kit era adicionado a placa e seguido de nova incubação por 24 h na mesma temperatura, confirmando o resultado.

A detecção de *Salmonella* spp. e *Listeria monocytogenes* foi conduzida por laboratório externo, seguindo métodos ISO 6579-1:2017 e ISO 11290-1:2017, respectivamente.

4.4.5 Registro fotográfico

O registro fotográfico foi realizado por meio de dispositivo móvel equipado com câmera traseira de 12 megapixels. As configurações do aparelho foram ajustadas para garantir máxima qualidade da imagem. As fotografias foram feitas sob luz natural, com cuidado no posicionamento e enquadramento dos queijos para garantir nitidez, fidelidade visual e padronização entre os registros.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EFEITO DA EMBALAGEM NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS QUEIJOS

5.1.1 Composição centesimal

Aos sete dias de fabricação foi determinada a composição centesimal dos QMA (Tabela 1). Dessa forma, segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ) de Queijos, os queijos analisados foram classificados em média como queijo gordo, no que se refere ao teor percentual de gordura no extrato seco (48,53%) e de baixa umidade (34,25%) (Brasil, 1996).

Tabela 1 - Composição centesimal média dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra aos 7 dias de fabricação

Componente	Média ± desvio padrão
Umidade (% m/m)	34,25 ± 2,05
Proteína (% m/m)	23,44 ± 0,51
Gordura (% m/m)	32,00 ± 6,24
Cloretos (expresso em cloreto de sódio) (% m/m)	1,39 ± 0,22
pH	4,96 ± 0,10
Aw	0,947 ± 0,005
Índice de extensão (%)	9,06 ± 3,86
Índice de profundidade (%)	5,61 ± 0,22
GES (%)	48,53 ± 8,06

Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Em estudo conduzido por Costa Júnior *et al.* (2009), os valores encontrados para a composição centesimal no outono, estação a qual se deu a produção dos queijos deste estudo, foram distintas para umidade ($43,3 \pm 1,5$ %) e gordura ($28,0 \pm 1,2$ %), contudo, os teores de proteína ($24,1 \pm 0,6$ %) e cloretos ($1,2 \pm 0,0$ %) se assemelham. Silva *et al.* (2011) verificou médias semelhantes a detectadas nesta pesquisa para pH (5,24) e proteína (23,9%). O QMA não possui um padrão fixo de composição, devido à própria variabilidade do produto artesanal, porém, o teor de umidade precisa ser de no máximo 45,9% conforme Portaria nº 2303 de 2024 (Minas Gerais, 2024).

5.1.2 pH e Atividade de Água (Aw)

Ao longo da maturação, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para o pH entre os tratamentos, mas, o pH dos queijos apresentou um aumento progressivo ao longo do período de maturação (Tabela 2), independente do tratamento, indicando que há evolução no pH ao longo do tempo ($p < 0,05$).

Tabela 2 - pH dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	pH (média ± desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	4,96±0,10 ^{aA}	4,96±0,10 ^{abA}	4,96±0,10 ^b
14	5,01±0,25 ^{aA}	4,73±0,26 ^{bA}	4,87±0,28 ^b
21	5,32±0,03 ^{aA}	5,27±0,05 ^{aA}	5,30±0,05 ^a
28	5,28±0,33 ^{aA}	5,28±0,12 ^{aA}	5,28±0,22 ^a
Média	5,15±0,25^A	5,06±0,27^A	5,10±0,26

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P<0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P<0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

O pH se manteve estável até os 14 dias de maturação, quando então apresentou uma elevação significativa aos 21 e 28 dias (Tabela 2). Este aumento do pH é esperado ao longo da maturação e sua velocidade é dependente da microbiota, uma vez que a degradação proteica ocorre pelas enzimas proteolíticas presentes, como as oriundas das BAL existentes no soro fermento e as NSLABs (Non Starter Acid Latic Bacteria), que são bactérias lácticas encontradas no queijo que não fazem parte da cultura iniciadora, oriundas da contaminação natural, liberando compostos nitrogenados com caráter alcalino (Costa Júnior et al., 2019; Martins et al., 2015).

Observou-se que, nos primeiros 14 dias de maturação (período regulamentado pela legislação vigente para comercialização do QMA da Serra da Canastra) os queijos embalados à vácuo com a embalagem DMS Pack-Age[®] apresentaram maior Aw em comparação aos queijos mantidos sem embalagem (Tabela 3). Esse resultado indica que a embalagem testada retardou o processo de desidratação inicial, preservando a umidade do produto nesse estágio crucial da maturação.

Tabela 3 - Aw dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	Aw (média ± desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	0,947±0,005 ^{aA}	0,947±0,005 ^{aA}	0,947±0,004 ^a
14	0,957±0,001 ^{aA}	0,935±0,010 ^{aB}	0,946±0,013 ^a
21	0,944±0,003 ^{aA}	0,949±0,004 ^{aA}	0,947±0,004 ^a
28	0,954±0,003 ^{aA}	0,945±0,013 ^{aA}	0,950±0,010 ^a
Média	0,950±0,006^A	0,944±0,009^B	0,947±0,008

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P<0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P<0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem, Aw – atividade de água. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Após esse período inicial, no entanto, a diferença entre os tratamentos com e sem embalagem em relação à Aw deixou de ser significativa. Esse comportamento pode ser atribuído à permissividade da embalagem, ou seja, à sua capacidade seletiva de permitir a troca de gases e umidade, aliada ao aumento das ligações químicas da água com os constituintes da matriz do queijo, fenômeno este associado à intensificação da proteólise natural ao longo da maturação (Dutra, 2019).

Portanto, a embalagem Pack-Age[®] demonstra ser eficaz na manutenção da Aw durante os 14 primeiros dias (período regulamentado) e, posteriormente, permite que a maturação prossiga de forma semelhante à dos queijos não embalados. Essa característica é especialmente vantajosa para os produtores: além de oferecer proteção física e microbiológica ao produto (reduzindo o crescimento de fungos filamentosos, leveduras, trincas e defeitos de textura), a embalagem possibilita que o queijo evolua naturalmente durante a cura prolongada, mantendo as qualidades sensoriais e estruturais desejadas. A Aw é um fator importante na maturação dos queijos, uma vez que é capaz de inibir o desenvolvimento de patógenos e junto com o pH, é capaz de influenciar as atividades enzimáticas durante a maturação (Fonseca *et al.*, 2022).

Em estudo semelhante realizado por Souza (2022) em QMA do Campo das Vertentes, resultados semelhantes para Aw e pH foram verificados, corroborando para segurança da maturação na embalagem pack-Age[®].

5.1.3. Umidade

Além dos resultados observados para a A_w , os dados de umidade dos queijos analisados demonstraram uma diferença significativa entre os tratamentos com e sem embalagem (Tabela 4). A média geral de umidade dos queijos embalados foi significativamente superior à dos queijos sem embalagem, resultado esperado considerando que a membrana utilizada atua como barreira seletiva, controlando a perda de vapor de água para o ambiente e, conseqüentemente, a desidratação do queijo – comportamento já relatado por Souza (2022).

Tabela 4 – Teor de umidade dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	Umidade (%m/m) (média $\pm$ desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	34,25 $\pm$ 2,05 ^{ba}	34,25 $\pm$ 2,05 ^{abA}	34,25 $\pm$ 2,05 ^b
14	38,49 $\pm$ 1,21 ^{abA}	30,40 $\pm$ 1,63 ^{ba}	34,44 $\pm$ 4,61 ^b
21	43,10 $\pm$ 2,57 ^{aA}	38,45 $\pm$ 1,78 ^{aA}	40,77 $\pm$ 3,22 ^a
28	40,72 $\pm$ 5,40 ^{abA}	38,97 $\pm$ 2,86 ^{aA}	39,85 $\pm$ 3,98 ^a
Média	39,14$\pm$4,37^A	35,51$\pm$4,06^B	37,33$\pm$4,52

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Além disso, ao longo do período avaliado, observa-se que os valores médios de umidade dos queijos (Tabela 4) apresentaram uma diferença significativa ($p < 0,05$). Esse dado pode ser justificado pelo microclima promovido pela embalagem, que, ao reduzir a perda hídrica para o ambiente externo, favorece uma redistribuição da água livre na massa do queijo.

O aumento observado nos valores médios de umidade ao longo da maturação destoa do comportamento esperado para queijos curados. Uma possível explicação para esse resultado está associada às variações operacionais características da produção artesanal. A prensagem manual dos queijos, realizada peça por peça, pode gerar diferenças importantes entre os queijos no momento da fabricação. Atualmente, a média de produção diária por produtor na região da Canastra é de cerca de 60 peças, todas moldadas e prensadas manualmente por uma única pessoa. Essa condição implica que os primeiros queijos prensados recebem, geralmente, maior pressão manual, enquanto as últimas peças tendem a ser prensadas com menor intensidade e

tempo. Isso pode resultar em diferenças significativas no teor de umidade inicial entre as peças, com os queijos prensados no início apresentando menor umidade em comparação àqueles moldados mais tarde. Assim, ao considerar a análise média de um lote, essas variações individuais entre as peças contribuem para oscilações nos valores de umidade ao longo do tempo, podendo, inclusive, provocar um aumento médio aparente.

Portanto, o comportamento observado não reflete necessariamente um ganho real de água, mas sim a interação entre fenômenos físico-químicos da maturação e as variações operacionais típicas da produção artesanal, que influenciam diretamente a composição final do produto.

5.1.4 Gordura e gordura no extrato seco

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para o teor de gordura (Tabela 5) dos QMA analisados nos diferentes tempos e tratamentos, indicando que, ao longo do período de maturação estudado, o teor de gordura permaneceu estável.

Tabela 5 - Teor de gordura dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	Gordura (%m/m) (média $\pm$ desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	32,00 $\pm$ 6,24 ^{aA}	32,00 $\pm$ 6,24 ^{aA}	32,00 $\pm$ 6,24 ^a
14	32,50 $\pm$ 3,77 ^{aA}	31,83 $\pm$ 6,79 ^{aA}	32,17 $\pm$ 4,93 ^a
21	27,50 $\pm$ 4,50 ^{aA}	31,33 $\pm$ 4,65 ^{aA}	29,42 $\pm$ 4,60 ^a
28	28,67 $\pm$ 4,51 ^{aA}	31,67 $\pm$ 4,51 ^{aA}	30,17 $\pm$ 4,36 ^a
Média	30,17$\pm$4,69^A	31,71$\pm$4,81^A	30,94$\pm$4,71

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A gordura é um dos constituintes mais variáveis do leite, sendo diretamente influenciada por fatores como alimentação do rebanho, estágio da lactação, raça dos animais, manejo zootécnico. Na produção do QMA, essa variabilidade é ainda mais acentuada, refletindo-se nos altos desvios padrão observados neste estudo, uma vez que não há padronização dos teores de gordura na matéria-prima utilizada. Além disso, o fator humano envolvido em cada etapa da

fabricação contribuem para as variações entre as queijarias, sendo natural a ocorrência de dispersão nos valores médios (Costa Júnior *et al.*, 2009; Moreno, 2013; Vieira, 2013).

No entanto, mesmo diante dessa variabilidade esperada, os dados obtidos não demonstraram alterações expressivas ao longo da maturação ou entre os tratamentos avaliados. Isso reforça que o processo de maturação, nas condições avaliadas neste estudo, não promove alterações significativas nos teores de gordura, sendo a principal fonte de variação atribuída à composição original do leite e às particularidades de cada produtor.

Da mesma forma, o GES também não teve diferença significativa ($p > 0,05$) pelo uso embalagem e pelo tempo de maturação (Tabela 6). Como se trata de um valor calculado com base no teor de gordura e no extrato seco total, a medida que ocorre alteração no teor de umidade dos queijos durante a maturação, não há alteração no teor de GES do queijo, pois as alterações ocorrem de forma proporcional tanto no teor de gordura como no teor de extrato seco. (Lourenço Neto, 2013).

Tabela 6 - Gordura no Extrato Seco (GES) médio dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	GES (%) (média $\pm$ desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	48,53 $\pm$ 8,06 ^{aA}	48,53 $\pm$ 8,06 ^{aA}	48,53 $\pm$ 8,06 ^a
14	52,79 $\pm$ 5,48 ^{aA}	45,87 $\pm$ 10,51 ^{aA}	49,33 $\pm$ 8,40 ^a
21	48,16 $\pm$ 5,77 ^{aA}	50,93 $\pm$ 7,64 ^{aA}	49,54 $\pm$ 6,24 ^a
28	48,16 $\pm$ 3,26 ^{aA}	51,75 $\pm$ 5,23 ^{aA}	49,96 $\pm$ 4,36 ^a
Média	49,41$\pm$5,43^A	49,27$\pm$7,29^A	49,34$\pm$6,29

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Silva *et al.* (2011), ao analisarem QMA da Serra da Canastra em diferentes estações do ano, encontraram valores médios de gordura em torno de 28,15% em queijos com oito dias de fabricação. Já Ferraz (2016), observou valores médios de 30,8% aos 28 dias de maturação, valores que se aproximam do resultado verificado neste estudo.

5.1.5 Proteína e índices de proteólise

Ao avaliar os índices de proteína, observa-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos, durante o tempo de maturação e interação entre tempo e tratamento (Tabela 7).

Tabela 7 - Teor de proteína dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	Proteína (%m/m) (média $\pm$ desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	23,44 $\pm$ 0,51 ^{aA}	23,44 $\pm$ 0,51 ^{aA}	23,44 $\pm$ 0,51 ^a
14	26,39 $\pm$ 4,06 ^{aA}	26,24 $\pm$ 2,67 ^{aA}	26,32 $\pm$ 3,08 ^a
21	26,11 $\pm$ 4,76 ^{aA}	25,24 $\pm$ 2,38 ^{aA}	25,68 $\pm$ 3,40 ^a
28	25,44 $\pm$ 0,42 ^{aA}	25,85 $\pm$ 2,42 ^{aA}	25,65 $\pm$ 1,57 ^a
Média	25,34$\pm$2,94^A	25,19$\pm$2,17^A	25,27$\pm$2,53

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A proteína é um dos principais constituintes do queijo, sendo também o componente que mais sofre transformações bioquímicas ao longo da maturação. Sua degradação progressiva contribui diretamente para a formação de compostos responsáveis pela textura, sabor e aroma do queijo maturado (Lourenço Neto, 2013). Os valores obtidos para proteína dos queijos no presente estudo estão em conformidade com os dados observados por Silva *et al.* (2011), que registraram teores entre 23,07% e 24,81% em queijos com 8 dias de fabricação, e por Dorez *et al.* (2013), que relataram teores entre 24,6% e 34,1% na estação seca e de 24,7% a 37,3% na estação chuvosa, considerando períodos de maturação de até 64 dias.

Para os índices de extensão e profundidade da proteólise, somente o tempo de maturação gerou influência significativa ($p < 0,05$) (Tabelas 8 e 9), não sendo observada diferença significativa entre os tratamentos e nem interação entre tempo e tratamento. Esse resultado demonstra que a atividade enzimática e o metabolismo microbiano ocorreram de forma semelhante mesmo na presença da embalagem Pack-Age[®], indicando que a embalagem não é capaz de inibir o processo proteolítico natural do queijo.

Tabela 8 - Extensão da proteólise dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	Extensão da proteólise (%) (média ± desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	9,06±3,86 ^{aA}	9,06±3,86 ^{aA}	9,06±3,86 ^b
14	11,45±6,85 ^{aA}	9,56±5,24 ^{aA}	10,51±5,55 ^{ab}
21	15,46±4,06 ^{aA}	17,50±6,81 ^{aA}	16,48±5,13 ^{ab}
28	22,63±10,81 ^{aA}	18,47±10,69 ^{aA}	20,55±9,88 ^a
Média	14,65±8,02^A	13,65±7,59^A	14,15±7,65

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P<0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P<0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Tabela 9 - Profundidade da proteólise dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	Profundidade da proteólise (%) (média ± desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	5,61±2,34 ^{aA}	5,61±2,34 ^{aA}	5,61±2,34 ^b
14	7,30±4,61 ^{aA}	6,48±3,06 ^{aA}	6,89±3,53 ^{ab}
21	11,31±1,77 ^{aA}	13,17±4,42 ^{aA}	12,24±3,18 ^{ab}
28	14,74±6,67 ^{aA}	13,28±8,14 ^{aA}	14,01±6,70 ^a
Média	9,74±5,22^A	9,64±5,70^A	9,69±5,35

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P<0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P<0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Dessa forma, a extensão da proteólise aumentou gradativamente com o tempo de maturação, revelando que enzimas como quimosina e proteinases estão agindo sobre as caseínas, resultando em peptídeos de maior peso molecular. De forma semelhante, a profundidade da proteólise, associada à atuação de enzimas bacterianas que geram compostos de menor peso molecular, como aminoácidos, oligopeptídeos e aminas, também cresceu com o avanço da maturação (McSweeney, 2004; Lourenço Neto, 2013).

Os valores de extensão da proteólise encontrados neste, embora ligeiramente mais elevados ao final da maturação, são compatíveis com os valores reportados por Doris (2007),

que encontrou valores variando de 9,78% a 14,0% em queijos maturados à temperatura ambiente durante a estação seca, e entre 10,78% e 14,63% na estação chuvosa.

5.1.6 Percentual de cloretos

Para as porcentagens de cloretos (expresso em cloreto de sódio), não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos, também não foi observada variação no período de maturação e tampouco interação entre tempo e tratamento (Tabela 10).

Tabela 10 - Teor de cloretos dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	Cloretos (%m/m) (média ± desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	1,39±0,22 ^{aA}	1,39±0,22 ^{aA}	1,39±0,22 ^a
14	1,46±0,31 ^{aA}	1,95±0,31 ^{aA}	1,70±0,38 ^a
21	1,78±0,38 ^{aA}	1,32±0,44 ^{aA}	1,55±0,45 ^a
28	1,35±0,46 ^{aA}	1,63±0,59 ^{aA}	1,49±0,50 ^a
Média	1,50±0,35^A	1,57±0,44^A	1,53±0,39

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figueiredo (2022) em estudo sobre a qualidade físico-química do QMA da Serra da Canastra encontrou valores médios de 0,9 a 1,1 % de cloretos. Silva *et al* (2011) verificou valores de 1,95 % para sal e Oliveira *et al.* (2013) visualizou valores próximos, verificando média de 1,86 %. Costa Júnior *et al.* (2009) observou médias de 1,2 % durante o outono.

5.1.7 Resíduo mineral fixo

O teor de resíduo mineral fixo (RMF) dos queijos analisados apresentou uma diferença significativa ($p < 0,05$) para os tratamentos, demonstrando que o uso da embalagem influenciou diretamente nos valores médios do teor de cinzas (Tabela 11), independentemente do tempo de maturação. Para o tempo de maturação e interação entre tempo e tratamento, não houve diferença significativa ($p > 0,05$).

Tabela 11 - Teor de RMF dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	RMF (%m/m) (média ± desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	4,14±0,31 ^{aA}	4,14±0,31 ^{aA}	4,14±0,31 ^a
14	3,60±0,20 ^{aA}	4,41±0,28 ^{aA}	4,00±0,50 ^a
21	3,51±0,12 ^{aA}	3,82±0,22 ^{aA}	3,67±0,23 ^a
28	3,86±0,36 ^{aA}	4,14±0,56 ^{aA}	4,00±0,44 ^a
Média	3,78±0,35^B	4,13±0,39^A	3,95±0,40

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem, RMF – resíduo mineral fixo. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

O RMF, ou cinzas, corresponde à fração inorgânica presente no queijo, sendo constituído principalmente por sais minerais advindos do leite cru, soro-fermento e o sal adicionado na salga (Hoffmann *et al.*, 2020). Durante a maturação, os minerais não participam ativamente das reações enzimáticas, o que significa que suas concentrações tendem a se manter estáveis, sofrendo apenas alterações devido às alterações de umidade (Murtaza *et al.*, 2014).

Os resultados deste estudo indicam que os queijos maturados em embalagem apresentaram uma média menor de RMF comparado aos queijos maturados sem embalagem. Tal fato indica que a embalagem limitou a perda de umidade, o que está em concordância com os teores de umidade observados nos queijos. Lempk (2018) ao estudar a influência da rala em QMA do Serro durante a maturação em épocas de chuva e seca encontrou médias próximas a deste estudo para RMF na estação chuvosa. Valores semelhantes foram verificados por Costa Júnior *et al.* (2009) para queijos da Serra da Canastra.

5.2 ANÁLISE DE COR DO QMA MATURADO COM E SEM EMBALAGEM

Neste estudo, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) nos parâmetros de cor instrumental (CIELab) analisados nos queijos entre os tempos de maturação, tratamentos (uso de embalagem e controle) e não houve interação entre tempo e tratamento. A Tabela 12 apresenta os valores médios obtidos para cor instrumental.

Tabela 12 - Cor Instrumental média dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra

Cor CIELab dos queijos (média ± desvio padrão)	
L*	80,51±3,68
a*	3,51±1,00
b*	27,84±3,17

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A cor é um dos primeiros atributos sensoriais percebidos pelo consumidor e pode influenciar diretamente na aceitação do produto. A coloração do QMA é naturalmente desenvolvida durante o processo de maturação, sendo resultante de reações bioquímicas associadas à atividade enzimática, metabolismo microbiano e transformações físico-químicas (Sobral *et al.*, 2016).

A percepção de luminosidade, representada pela coordenada L*, indicou uma coloração clara e estável nos queijos avaliados ao longo da maturação. Resultados semelhantes também foram descritos por Moreira (2019) e Nascimento (2024).

No que se refere a coordenada cromática a*, nos queijos com embalagem a média foi de 3,54 e os queijos sem embalagem 3,48. A coordenada b* teve uma média 27,47 para os queijos com embalagem e de 28,21 para aqueles maturados sem embalagem. Esses resultados indicam uma tendência de coloração vermelho e amarelo, com predominância do componente amarelo sobressaindo ao vermelho, possivelmente devido ao teor de gordura dos queijos, bem como reações bioquímicas que ocorrem ao longo da maturação (Moreira, 2019).

Resultados semelhantes foram observados por Carbonaro (2024) em queijos Minas artesanais do Campo das Vertentes. Em estudo semelhante realizado com QMA do Campo das Vertentes, Souza (2022) encontrou valores para parâmetro b* de 22,92, já Silva (2024) observou valores de b* corresponde a 25,11 para estação chuvosa no queijo Artesanal Serras do Ibitipoca.

De modo geral, os resultados indicam que o uso da embalagem ativa não comprometeu a evolução natural da coloração do queijo durante a maturação. O perfil de cor manteve-se compatível com as características típicas do QMA, o que é relevante tanto do ponto de vista sensorial quanto para o consumidor que busca autenticidade visual no produto.

5.3 EFEITO DA EMBALAGEM NO PERFIL DE TEXTURA DOS QUEIJOS

O efeito da embalagem sobre o perfil de textura dos queijos ao longo da maturação foi analisado a partir de 14 dias de fabricação, com o objetivo de compreender de que maneira o acondicionamento interfere nos atributos de textura desse produto ao longo da maturação.

5.3.1 Dureza

A dureza é definida como a força necessária para deformar o alimento, sendo esta força influenciada pelo teor de umidade, gordura e outros aspectos de composição e proteólise dos queijos (Andrade *et al.*, 2021; Gunasekaran; Ak, 2003).

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na dureza dos queijos estudados, seja devido à presença de embalagem, seja devido ao tempo de maturação ou mesmo a interação entre estes fatores (Tabela 13). Da mesma forma, Souza (2022) não identificou diferenças estatísticas na dureza de queijos Minas artesanais do Campo das Vertentes maturados com e sem embalagem.

Tabela 13 - Dureza dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	Dureza (g) (média ± desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
14	702,44±454,77 ^{aA}	1079,78±765,52 ^{aA}	891,11±599,88 ^a
21	472,94±162,25 ^{aA}	605,64±368,20 ^{aA}	539,29±264,65 ^a
28	492,86±488,80 ^{aA}	737,22±553,94 ^{aA}	615,04±486,03 ^a
Média	556,08±360,75^A	807,55±549,59^A	681,81±469,17

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

5.3.2 Elasticidade

A elasticidade, definida como a capacidade de um material deformado retornar à sua forma original após a retirada da força aplicada, está diretamente associada à integridade da rede de caseína, ao teor de umidade e ao estágio de maturação do queijo (Fox *et al.*, 2017; Foegeding; Drake, 2007). Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) nos valores de elasticidade dos queijos em função da presença de embalagem, do tempo de maturação ou da interação entre esses fatores (Tabela 14). Estes resultados reforçam a hipótese de que a

embalagem ativa contribui para preservar a textura desejável do QMA durante a maturação, sem comprometer sua identidade tradicional.

A ausência de diferença na elasticidade de queijos maturados com e sem embalagem foi encontrado por Souza (2022). Comportamentos distintos em relação à elasticidade de QMA foram observados em outros trabalhos (Lempk, 2018; Carbonaro, 2024; Silva, 2024).

Tabela 14 - Elasticidade dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	Elasticidade (mm) (média ± desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
14	3,76±1,33 ^{aA}	4,19±0,96 ^{aA}	3,97±1,06 ^a
21	4,31±0,25 ^{aA}	3,94±0,40 ^{aA}	4,13±0,36 ^a
28	6,07±3,69 ^{aA}	3,53±0,25 ^{aA}	4,80±2,72 ^a
Média	4,71±2,22^A	3,88±0,61^A	4,30±1,64

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

5.3.3 Coesividade

As médias e seus respectivos desvios padrões para o parâmetro de textura coesividade estão apresentados na Tabela 15. De forma similar aos outros parâmetros de textura, não foram observadas diferenças significativas em relação ao tratamento ou tempo de maturação ($p > 0,05$).

Tabela 15 - Coesividade dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	Coesividade (média ± desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
14	0,499±0,075 ^{aA}	0,556±0,027 ^{aA}	0,528±0,059 ^a
21	0,605±0,072 ^{aA}	0,512±0,030 ^{aA}	0,559±0,071 ^a
28	0,548±0,053 ^{aA}	0,521±0,029 ^{aA}	0,535±0,041 ^a
Média	0,551±0,074^A	0,530±0,032^A	0,540±0,056

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P<0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P<0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Lempk (2018) observou aumento da coesividade com o avançar da maturação, enquanto Souza (2022) reportou ausência de diferenças significativas entre os tratamentos para coesividade. Já Silva (2024), encontrou médias similares às encontradas neste estudo para queijos da região das Serras de Ibitipoca.

5.3.4 Mastigabilidade

A Tabela 16 consta os dados médios obtidos para mastigabilidade do QMA da Serra da Canastra ao longo da maturação.

Tabela 16 - Mastigabilidade dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	Mastigabilidade (mJ) (média ± desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
14	12,57±6,30 ^{aA}	22,91±13,70 ^{aA}	17,74±11,09 ^a
21	11,66±3,82 ^{aA}	12,54±7,79 ^{aA}	12,10±5,51 ^a
28	11,92±5,20 ^{aA}	15,12±9,93 ^{aA}	13,52±7,30 ^a
Média	12,05±4,53^A	16,85±10,42^A	14,45±8,18

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P<0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P<0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A mastigabilidade é um atributo de textura considerado secundário, pois resulta da interação entre as variáveis: dureza, coesividade e elasticidade (Fox *et al.*, 2017). Assim representa a energia necessária para triturar o alimento até torná-lo apto à deglutição (Foegeding; Drake, 2007). A ausência de diferenças nesses parâmetros ao longo da maturação pode explicar a manutenção dos valores de mastigabilidade, independentemente do tratamento ou tempo.

5.4 EFEITO DA EMBALAGEM NA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DOS QUEIJOS

5.4.1 Coliformes totais e termotolerantes

As contagens de coliformes a 35 °C e 45 °C são amplamente utilizadas como indicadores da qualidade higiênico-sanitária. Elevadas contagens podem refletir falhas na obtenção do leite, higienização dos utensílios, na qualidade da água ou ambiente, nos manipuladores (Campos *et al.*, 2023; Ferreira *et al.*, 2011). Os resultados de log UFC/g obtidos para coliformes a 35 °C (coliformes totais) e a 45 °C (termotolerantes) nos queijos foram significativos apenas para o fator tempo de maturação ($p < 0,05$), conforme pode ser observado nas Tabelas 17 e 18.

Tabela 17 – Contagem de coliformes totais (35 °C) dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	Coliformes a 35 °C (log UFC/g) (média ± desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	4,15±0,25 ^{aA}	4,15±0,25 ^{abA}	4,15±0,25 ^{ab}
14	3,71±0,98 ^{aA}	3,39±0,54 ^{bA}	3,55±0,73 ^b
21	4,38±0,35 ^{aA}	3,73±0,70 ^{bA}	4,05±0,61 ^{ab}
28	4,68±1,11 ^{aA}	5,43±0,68 ^{aA}	5,05±0,92 ^a
Média	4,23±0,76 ^A	4,17±0,94 ^A	4,20±0,84

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Tabela 18 – Contagem de coliformes termotolerantes (45 °C) dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	Coliformes a 45 °C (log UFC/g) (média ± desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	< 1 ^{bA}	< 1 ^{aA}	< 1 ^b
14	0,69±1,20 ^{bA}	0,76±1,32 ^{aA}	0,73±1,13 ^b
21	3,16±1,19 ^{aA}	3,43±1,14 ^{aA}	3,29±1,05 ^a
28	2,93±0,59 ^{aA}	2,91±2,52 ^{aA}	2,92±1,64 ^a
Média	1,69±1,62^A	1,77±1,98^A	1,73±1,77

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P<0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P<0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem, nd – não detectado, contagem < 1 UFC/g. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Com exceção do 14º dia de maturação para coliformes totais, os demais resultados demonstram que as amostras estão fora dos parâmetros preconizados pela legislação, cuja contagem total de coliformes máxima permitida é 3,7 log UFC/g (Minas Gerais, 2021b). A ausência de coliformes termotolerantes no 7º dia de maturação, seguida de sua detecção a partir do 14º dia (Tabela 18), pode ser atribuída à variabilidade amostral intrínseca ao QMA, que apresenta diferenças naturais entre peças e pontos de coleta devido ao processo manual de produção. É possível que tenha ocorrido recontaminação pontual durante a manipulação das peças ao longo da maturação, realizada na própria região da Canastra, onde os queijos são virados e manuseados diariamente, o que pode favorecer a introdução de microrganismos, especialmente se houverem condições com menor controle higiênico-sanitário.

Os dados demonstram uma tendência de aumento progressivo na contagem de coliformes com o avançar da maturação, comportamento semelhantes observado por Valente (2022). Este padrão diverge com os estudos de Dorés (2007), Ferraz (2016) e Figueiredo (2022), que relatam redução na contagem de coliformes no processo de cura em QMA da Serra da Canastra.

Os resultados desse estudo podem ser explicados pelas práticas adotadas durante a maturação, como lavagem da casca com equipamentos em precárias condições de higiene ou má qualidade da água, ausência de boas práticas agropecuárias e de fabricação.

A ausência de diferenças significativas entre os tratamentos também sugere que a embalagem ativa não exerceu papel efetivo na contenção ou multiplicação dos coliformes, o

que pode ter acontecido somente em nível superficial, o que também foi verificado por Souza (2022).

5.4.2 Fungos filamentosos e leveduras

As contagens de fungos filamentosos e leveduras apresentaram uma média global de $5,93 \pm 1,99$ log UFC/g. Não houve diferença significativa para tempo de maturação, presença de embalagem, e interação entre tratamento e tempo ($p > 0,05$) para este grupo de microrganismos (Tabela 19).

Tabela 19 – Contagem de fungos filamentosos e leveduras dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	Fungos filamentosos e leveduras (log UFC/g) (média $\pm$ desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	5,00 $\pm$ 4,33 ^{aA}	5,00 $\pm$ 4,33 ^{aA}	5,00 $\pm$ 4,33 ^a
14	5,91 $\pm$ 1,18 ^{aA}	6,31 $\pm$ 0,87 ^{aA}	6,11 $\pm$ 0,95 ^a
21	6,64 $\pm$ 0,44 ^{aA}	5,85 $\pm$ 0,78 ^{aA}	6,25 $\pm$ 0,72 ^a
28	6,01 $\pm$ 0,19 ^{aA}	6,70 $\pm$ 0,80 ^{aA}	6,36 $\pm$ 0,65 ^a
Média	5,89$\pm$2,02^A	5,96$\pm$2,05^A	5,93$\pm$1,99

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Embora a legislação brasileira ainda não estabeleça padrões específicos para a presença de fungos filamentosos e leveduras em queijos artesanais, a quantificação desse grupo é relevante por indicar o nível de contaminação ambiental durante a fabricação e maturação (Santos, 2021). Esses microrganismos são amplamente distribuídos no ambiente e, por isso, sua presença pode refletir falhas nas boas práticas de fabricação, condições inadequadas de higiene e manipulação ou deficiências no manejo do ambiente de cura (Resende, 2010; Melville *et al.*, 2006).

Em contrapartida, em certos contextos, como no caso dos queijos artesanais, sua presença também pode contribuir positivamente para o perfil sensorial do produto. Diversos autores reconhecem que tanto leveduras quanto fungos filamentosos, ao lado das BAL, participam ativamente do desenvolvimento de aroma, textura e aparência dos queijos, devido à

sua ação enzimática sobre compostos lipídicos e proteicos (Martin; Cotter, 2023). No entanto, esse papel benéfico depende da predominância de espécies tecnologicamente desejáveis. Quando há descontrole, fungos contaminantes podem provocar alterações indesejadas no sabor, na cor e na textura, além de representar risco potencial para a produção de micotoxinas (Dobson, 2017; Castro, 2014).

5.4.3 *Staphylococcus aureus*

As contagens de *Staphylococcus aureus* (Tabela 20) não apresentaram diferenças para o uso ou não da embalagem, para o tempo e para a interação tempo e tratamento ($p > 0,05$). A média geral para o QMA estudado, considerando todos os tratamentos e tempos de maturação, foi de $3,71 \pm 1,31$ log UFC/g.

Tabela 20 – Contagem de *Staphylococcus aureus* dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	<i>Staphylococcus aureus</i> (log UFC/g) (média $\pm$ desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	4,33 $\pm$ 0,38 ^{aA}	4,33 $\pm$ 0,38 ^{aA}	4,33 $\pm$ 0,38 ^a
14	2,34 $\pm$ 2,13 ^{aA}	2,74 $\pm$ 2,37 ^{aA}	2,54 $\pm$ 2,03 ^a
21	4,83 $\pm$ 0,09 ^{aA}	4,16 $\pm$ 0,58 ^{aA}	4,50 $\pm$ 0,52 ^a
28	3,52 $\pm$ 1,03 ^{aA}	3,47 $\pm$ 0,21 ^{aA}	3,49 $\pm$ 0,67 ^a
Média	3,76$\pm$1,42^A	3,67$\pm$1,25^A	3,71$\pm$1,31

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Apenas aos 14 dias de maturação as médias de contagem permaneceram abaixo do limite máximo permitido pela legislação, que é de 3,0 log UFC/g para *Staphylococcus coagulase positivo*. (Minas Gerais, 2021). Nos demais tempos, os valores excederam esse limite, mas ficaram abaixo de 5,0 log UFC/g, contagem reportada na literatura como de potencial risco de produção de enterotoxinas (Franco; Landgraf, 2007).

Com o avançar da maturação e suas alterações bioquímicas e físico-químicas, como a redução da A_w , o esgotamento de nutrientes e a competição com BAL, tende-se a reduzir a presença microbiana patogênica, refletindo na menor contagem observada aos 14 dias (Özogul;

Hamed, 2018; Metz *et al.*, 2020). Entretanto, no 21º dia de maturação, houve uma elevação expressiva na população de *Staphylococcus aureus*, o que pode refletir falhas nas boas práticas de fabricação e higiene dos manipuladores (Corrêa *et al.*, 2009; Franco; Landgraf, 2007).

Dores (2007) encontrou contagens de *Staphylococcus aureus* semelhantes ao deste estudo para os queijos maturados na época das águas na Serra da Canastra. Ferraz (2016) verificou contagem média de log 5,05 UFC/g de *Staphylococcus* coagulase positivo em QMA da Serra da Canastra. Campos *et al.* (2023) não observou redução no número de *Staphylococcus aureus*.

5.4.4 Presença de *Samonella* spp. e *Listeria monocytogenes*

Os resultados demonstraram ausência em 25 g para ambos os microrganismos nos queijos no primeiro tempo de maturação pesquisado (7 dias), não sendo realizadas essas análises nos tempos seguintes de maturação.

5.4.5 Efeito da embalagem nas contagens de Bactérias Ácido Láticas

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos e entre o tempo e tratamento ($p > 0,05$). As contagens de bactérias lácticas apresentaram diferenças significativas ao longo do tempo de maturação ($p < 0,05$), como pode ser observado na Tabela 21.

Tabela 21 – Contagem de bactérias lácticas dos queijos Minas artesanais da Serra da Canastra ao longo da maturação*

Tempo (dias)	BAL (log UFC/g) (média ± desvio padrão)		
	QMAE	QMASE	Média
7	7,03±0,51 ^{bA}	7,03±0,51 ^{aA}	7,03±0,51 ^b
14	8,10±0,34 ^{abA}	7,95±0,39 ^{aA}	8,03±0,34 ^{ab}
21	8,70±0,50 ^{aA}	7,52±1,10 ^{aA}	8,11±1,00 ^{ab}
28	8,34±0,39 ^{aA}	8,92±1,06 ^{aA}	8,63±0,78 ^a
Média	8,04±0,75^A	7,86±1,02^A	7,95±0,88

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos, e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias nos tempos de maturação, pelo teste de Tukey. QMAE – queijos com embalagem, QMASE – queijos sem embalagem. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

As BAL podem ser classificadas como iniciadoras, predominantes no início da maturação, e não iniciadoras, que passam a prevalecer com o esgotamento da lactose (Gatti *et al.*, 2014). Esse fato justifica o aumento das BAL com o avançar da maturação, independente da presença ou não da embalagem (Valente, 2022).

As BAL constituem o grupo microbiano predominante e funcional no QMA, participando ativamente na geração de compostos voláteis responsáveis pelo aroma e sabor, além de exercerem efeito antagonista sobre patógenos e deteriorantes (Resende, 2010). A comparação entre os tratamentos mostra que a embalagem não foi capaz de inibir a atividade das BAL.

Estudos prévios como o de Resende (2010), avaliando QMA da Serra da Canastra, e Figueiredo (2022), aos 22 dias de maturação, relataram valores dentro da faixa observada neste estudo, indicando consistência nos resultados.

5.5 REGISTRO FOTOGRÁFICO DOS QUEIJOS

A fim de documentar visualmente as alterações ocorridas ao longo da maturação, foram realizados registros fotográficos dos QMA da Serra da Canastra aos 7, 14, 21 e 28 dias de maturação. As Figuras 4, 5 e 6 ilustram as três repetições (produtores distintos), nos tratamentos com e sem embalagem.

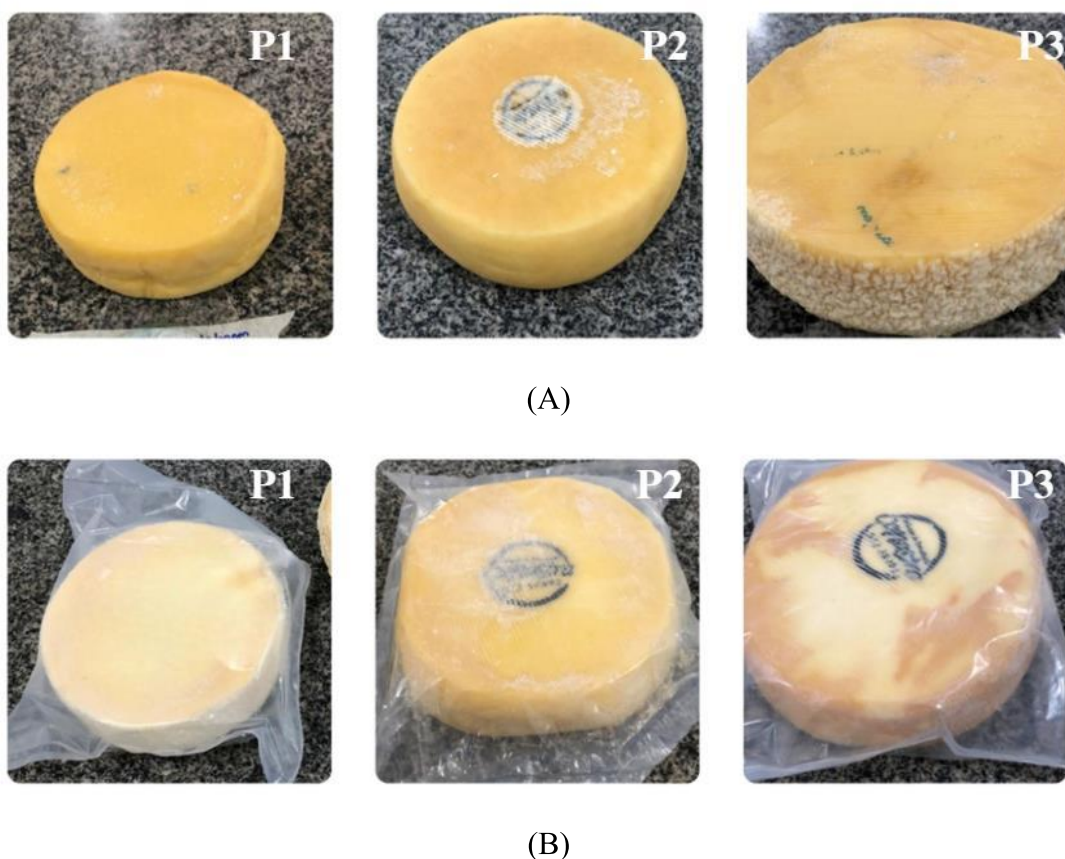
Figura 4 - Queijos Minas artesanais da Serra da Canastra aos 7 dias de maturação sem embalagem.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na Figura 5, observa-se a formação de uma casca espessa e com fungos evidentes nos queijos maturados sem embalagem, tornando necessária a realização da toalete – processo que visa remover irregularidades e contaminantes da superfície. Os queijos maturados em embalagem desenvolveram uma casca, diferente daqueles sem embalagem, menos espessa, assim como não foi homogênea em todos os queijos. A desigualdade na formação da casca dos queijos maturados com e sem embalagem pode ser explicado pela ausência do controle de umidade relativa do ar e temperatura nas salas de maturação.

Figura 5 - Queijos Minas da Serra da Canastra aos 14 dias de maturação sem embalagem (A) e com embalagem (B).



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Aos 21 dias de maturação (Figura 6), a presença de fungos nos queijos maturados sem embalagem reforça a necessidade da toalete dos queijos. Dessa forma, o queijo maturado sem embalagem necessita de maiores cuidados ao longo da maturação e de maior mão de obra do produtor, além de gerar menor rendimento pelo processo de toalete.

Diferentemente do observado aos 14 e 21 dias (Figuras 5 e 6, respectivamente), um dos queijos embalados não desenvolveu casca visível aos 28 dias de maturação (Figura 7). Esse resultado pode estar relacionado ao fato de os queijos terem sido embalados poucos dias após a sua fabricação, com elevado teor de soro, o que possivelmente comprometeu a dessoragem adequada antes do fechamento da embalagem. Assim, a combinação entre alta umidade interna e a barreira parcial à evaporação promovida pela embalagem pode ter limitado a formação da casca, sem, contudo, indicar falha no processo de maturação, mas sim uma resposta condizente com a condição inicial da massa no momento do empacotamento.

Figura 6 - Queijos Minas da Serra da Canastra aos 21 dias de maturação sem embalagem (A) e com embalagem (B)*.



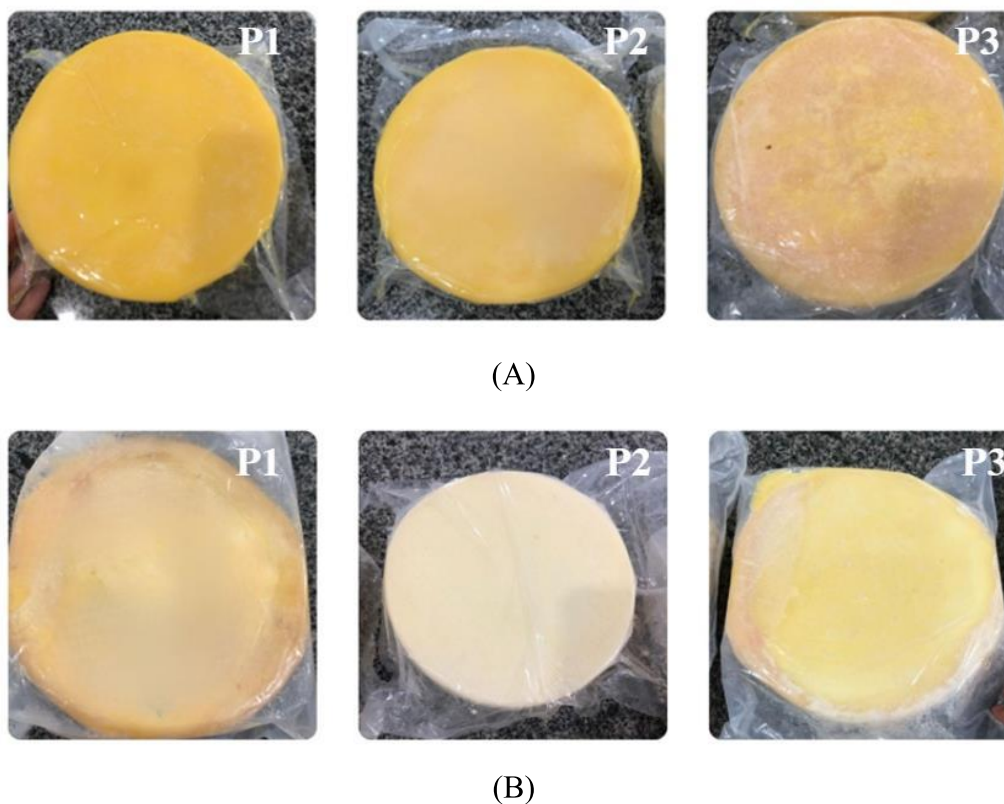
(A)



(B)

*Queijos maturados sem embalagem (A) foram apenas envolvidos com a embalagem primária utilizada pela propriedade produtora para transporte após a maturação. Já os queijos (B) foram acondicionados desde o início na embalagem ativa utilizada no experimento e permaneceram nela durante todo o período de maturação. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 7 - Queijos Minas da Serra da Canastra aos 28 dias de maturação sem embalagem (A) e com embalagem (B)*.



*Queijos maturados sem embalagem (A) foram apenas envolvidos com a embalagem primária utilizada pela propriedade produtora para transporte após a maturação. Já os queijos (B) foram acondicionados desde o início na embalagem ativa utilizada no experimento e permaneceram nela durante todo o período de maturação. Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Nesse contexto, os registros fotográficos complementaram as análises laboratoriais, permitindo uma visualização clara das diferenças visuais entre os tratamentos ao longo da maturação. Além disso, as imagens permitiram evidenciar a diversidade de aspectos superficiais dos queijos, como presença de fungos e formação da casca.

6 CONCLUSÃO

A aplicação da embalagem DMS Pack-Age[®] no QMA da Serra da Canastra demonstrou potencial promissor para a melhoria da maturação, agregando valor ao produto e sem comprometer sua identidade tradicional. Além de o uso da embalagem não ter promovido alterações significativas em vários parâmetros avaliados, sua aplicação revelou-se vantajosa em múltiplos aspectos, especialmente diante dos desafios e limitações da produção artesanal, bem como da demanda por maior segurança e padronização do produto. No que se refere as características físico-químicas dos queijos durante a maturação, observou-se que aqueles maturados com embalagem apresentaram maior retenção de umidade. Esse resultado está associado à barreira seletiva da embalagem, que reduziu as perdas hídricas para o ambiente. Embora a composição centesimal geral (gordura, proteína e GES) não tenha sofrido alterações significativas, observou-se maior teor de cinzas nos queijos sem embalagem, possivelmente em função da desidratação mais acentuada promovida pela casca natural. A Aw, foi mais estável nas amostras com embalagem, refletindo a capacidade da membrana em modular o microclima de maturação do queijo. O pH também evoluiu conforme o esperado, sem diferenças significativas entre os tratamentos.

Do ponto de vista microbiológico, a embalagem não impediu a atividade de BAL, cuja concentração aumentou ao longo da maturação, demonstrando a continuidade das reações fermentativas. Paralelamente, fungos e leveduras, sem diferenças significativas entre os tratamentos, sugerem que a embalagem não comprometeu a segurança do produto. Para os indicadores de qualidade higiênico-sanitária, coliformes totais e termotolerantes e *Staphylococcus aureus*, os resultados demonstraram valores acima dos estabelecidos pela legislação vigente, reforçando a importância de boas práticas agropecuárias, boas práticas de fabricação e qualidade da água, independente do uso da embalagem ativa.

As análises de textura não apontaram diferenças significativas entre os grupos, indicando que o processo de maturação não foi prejudicado pela presença da embalagem. Da mesma forma, a coloração dos queijos permaneceu compatível com os padrões esperados, demonstrando que a aplicação da embalagem não comprometeu a identidade visual do produto.

O registro fotográfico dos queijos evidenciou maior uniformidade na formação da casca, menor incidência de trincas e aparência mais clara e limpa nos queijos embalados, aspectos que podem influenciar positivamente na percepção do consumidor e na valorização sensorial e mercadológica do produto, uma vez que a embalagem Pack-Age[®] permitiu a continuidade da formação da casca, ainda que de forma diferenciada, sem impedir o desenvolvimento das

transformações bioquímicas essenciais à qualidade sensorial do QMA. Em contrapartida, foi observado que, em um dos queijos embalados, a ausência de casca pode ter sido resultado de um empacotamento precoce, com alto teor de soro residual, o que reforça a importância do ponto adequado de dessoragem antes do uso da membrana.

Importante destacar que, apesar dos ganhos observados, o uso da embalagem ativa ainda não é regulamentado pela legislação vigente para o QMA. Os resultados obtidos neste estudo indicam que, com aperfeiçoamento das condições de fabricação e higienização, a tecnologia pode vir a ser uma aliada relevante na busca por maior segurança, padronização e valorização comercial do queijo artesanal.

Dessa forma, há a necessidade de novos estudos capazes de avaliar a aplicabilidade em escala comercial, considerando os desafios operacionais e financeiros do pequeno produtor rural e a aceitabilidade do consumidor. Além disso, o equilíbrio entre a incorporação de soluções tecnológicas e a legislação que protege o caráter artesanal e sensorial do QMA da Canastra precisa ser aprofundado para garantir que a Pack-Age[®] possa ser adotada, representando um avanço importante na valorização do produto artesanal.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. C. *et al.* Surface dehydration and textural changes in ripened cheese without packaging. **Journal of Dairy Research**, v. 88, n. 1, p. 44–50, 2021.
- APPENDINI, P.; HOTCHKISS, J. H. Review of antimicrobial food packaging. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 3, p. 113–126, 2002.
- APROCAN – ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES DE QUEIJO DA CANASTRA. **Aprocan – uma associação para representar o produtor e proteger a produção**. 2024. Disponível em: <https://queijodacanastra.com.br/aprocan/> Acesso em: 12 jan. 2025.
- APROCAN – ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES DE QUEIJO DA CANASTRA. **Conheça nossa região**. 2011. Disponível em: <https://queijodacanastra.com.br/aprocan/> Acesso em: 12 maio 2025.
- AYUPP, J. D. S. *et al.* Aproveitamento de Queijo Minas Artesanal na elaboração de requeijão em barra. **Informe Agropecuário: Queijos artesanais mineiros**, Belo Horizonte, v. 44, n. 323, p. 44-51, 2023.
- BORELLI, B. M. *et al.* Yeast populations associated with the artisanal cheese produced in the region of Serra da Canastra, Brazil. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 22, n. 11, p. 1115-1119, 21 abr. 2006.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 322, de 29 de novembro de 2019. Dispõe sobre os materiais em contato com alimentos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 232, p. 223, 2 dez. 2019.
- BRASIL. Decreto nº 1.255, de 25 de junho de 1962. Altera o Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952, que aprovou o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 7238, 4 jul. 1962.

BRASIL. Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952. Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 10785, 7 jul. 1952.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 3, 30 mar. 2017.

BRASIL. Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950. Dispõe sobre a inspeção industrial e sanitária dos produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 18161, 19 dez. 1950.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para Controle de Leite e Produtos Lácteos. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 239, p. 8, 14 dez. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 30 de 26 de junho de 2018. Estabelece como oficiais os métodos constantes do Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 jul. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146, de 07 de março de 1996. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 mar. 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução nº 07, de 28 de novembro de 2000. Critérios de funcionamento e de controle da produção de queijarias, para seu relacionamento junto ao serviço de inspeção federal. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2 jan. 2001.

BRUMANO, Érika Carla da Costa. **Impacto do tipo de fermento endógeno na qualidade e tempo de maturação de queijo minas artesanal produzido em propriedades cadastradas**

pelo IMA (Instituto Mineiro de Agropecuária) na região do Serro-MG. 2016. 158 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

CAMPOS, Gabriela Zampieri. **Avaliação microbiológica de queijos minas artesanais provenientes da Serra da Canastra durante e após o período de maturação.** 2019. 97 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

CAMPOS, S. K. *et al.* Avaliação microbiológica de queijos minas artesanais da região do Pontal do Triângulo Mineiro. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 3, p. e21712340282, 12 mar. 2023.

CANDINHO, Patrícia de Oliveira. **Pesquisa de Coliformes Totais, termotolerantes e *Listeria spp.* em queijo Minas Artesanal produzido na microrregião do triângulo mineiro no período da seca.** 2023. 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Biotecnologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2023.

CARBONARO, Crislaine da Silva. **Efeito da temperatura de coagulação e prensagem manual nas características do queijo Minas Artesanal da região do Campo das Vertentes.** 2024. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2024.

CASTRO, Renata Dias de. **Queijo Minas artesanal fresco de produtores cadastrados da mesorregião de Campo das Vertentes - MG: qualidade microbiológica e físico-química em diferentes épocas do ano.** 2014. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

CASTRO, R. D. *et al.* Lactic acid microbiota identification in water, raw milk, endogenous starter culture, and fresh Minas artisanal cheese from the Campo das Vertentes region of Brazil during dry and rainy seasons. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 8, p. 6086-6096, 2016.

COELHO, Karyne Oliveira. **Efeito do nível de células somáticas no leite sobre o rendimento de queijo tipo Mussarela**. 2007. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

CORRÊA, C. P. A.; RIBAS, M. M. F.; MADRONA, G. S. Avaliação das condições higiênico-sanitárias do leite cru em pequenas propriedades do município de Bom Sucesso-PR. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 3, n. 2, p. 21-28, 2009.

COSTA JÚNIOR, L. C. G. *et al.* Evaluation of an alternative for manufacture of artesanal Minas cheese from micro-region of Campo das Vertentes, using pasteurized milk and industrial dairy cultures. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 74, n. 3, p. 171-184, 2019.

COSTA JÚNIOR, L. C. G. *et al.* Variações na composição de queijo Minas artesanal da Serra da Canastra nas quatro estações do ano. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 371, p. 13-20, nov./dez. 2009.

COSTA JÚNIOR, Luiz Carlos Gonçalves. **Métodos físico-químicos para controle de qualidade em leite e produtos lácteos**. 1. ed. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2020. E-book. 681 p.

COSTA, R. G. B. *et al.* Artisanal Minas cheeses – a brief review. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, e30012, 2022.

DANILOSKI, D.; GJORGIJOSKI, D.; PETKOSKA, A. T. Advances in active packaging: perspectives in packing of meat and dairy products. **Advancement of Materials to Global Excellence**, v. 11, n. 5, p. 1-10, 2020.

DIAS, B. F. *et al.* Qualidade microbiológica e físico-química de queijo minas frescal artesanal e industrial. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 3, p. 57-64, 2016.

DIAS, Geruza. **Influência do uso de *Geotrichum candidum* nas características físico-químicas e sensoriais do queijo tipo camembert**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

DORES, Milene Therezinha das. **Queijos artesanais da Canastra maturado a temperatura ambiente e sob refrigeração**. 2007. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

DORES, M. T.; NÓBREGA, J. E.; FERREIRA, C. L. L. F. Room temperature aging to guarantee microbiological safety of Brazilian artisan Canastra cheese. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 1, p. 180-185, jan./mar. 2013.

DSM FIRMENICH. **Pack-Age®**. Uma solução natural para a maturação de queijos. 2021. Disponível em: <<https://www.dsm-firmenich.com/pt-br/businesses/taste-texture-health/markets-products/dairy/cheese/package.html>>. Acesso em: 10 jun. 2025.

DSM PACKAGE®. **Product specification sheet**. 2019. Disponível em: <https://www.dsm.com/food-beverage/en_US/ingredients/dairy/cheese/package.html>. Acesso em: 18 jan. 2024.

DUTRA, Eduardo Reis Peres. **Fundamentos básicos da produção de queijo**. 2 ed. Ver. Atual. Juiz de Fora. Templo, 2019.

DUVAL, P.; CHATELARD-CHAUVIN, C.; GAYARD, C.; RIFA, E.; BOUCHARD, P.; HULIN, S.; DELILE, A.; POLLET, B.; MONTEL, M. C.; PICQUE, D. Changes in biochemical and sensory parameters in industrial blue veined cheeses in different packaging. **International Dairy Journal**, v. 77, p. 89-99, 2016.

EMATER - MG. **Queijo maturado é legal!** Belo Horizonte: EMATER-MG, 2023. Disponível em: <https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=87464>

EMATER - MG. **Queijo Minas Artesanal – Legislação e orientações técnicas**. [S.l.]: EMATER-MG, 2022. Disponível em: <<https://www.emater.mg.gov.br/portal.cgi?flagweb=site&id=3707>>. Acesso em: 2 jun. 2025.

EMATER – MG. **Queijo Minas Artesanal Região da Serra da Canastra**. In: LIMA, M. S.; SOARES, M. O. M.; ALMEIDA, E. F. L. (coord.). **Queijo Minas Artesanal**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016.

EMATER - MG. **Queijo Minas Artesanal**. 2020. Disponível em: http://www.emater.mg.gov.br/portal.cgi?flagweb=site_tpl_queijo&id=3301. Acesso em: 06 abr 2025.

EPAMIG. **Queijo Minas Artesanal – principais problemas de fabricação**: manual técnico de orientação ao produtor. EPAMIG, Belo Horizonte. 2019. 40 p

FARIA, L. S. de *et al.* Evolução da legislação do queijo artesanal no Brasil. **Informe Agropecuário**: Queijos artesanais mineiros, Belo Horizonte, v. 44, n. 323, p. 7-17, 2023.

FERRAZ, W. M. *et al.* Queijo Minas Artesanal da Serra da Canastra: Influência do Ambiente sobre a maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., 2016, Gramado. **Anais eletrônicos [...]**. Gramado, RS, FIERN Brasil: ABIA, 2016.

FERRAZ, Wallas Miranda. **Queijo Minas artesanal da Serra da Canastra: Influência do ambiente sobre a maturação**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Rio Pomba, 2016.

FERREIRA, A. C. R. *et al.* Characterization of Colonial cheeses from nine agro-industries in the Cantuquiriguaçu Territory – Paraná. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 3, p. e7514348478, 2025.

FERREIRA, R. M. *et al.* Quantificação de coliformes totais e termotolerantes em queijo Minas Frescal artesanal. **PUBVET**, Londrina, v. 5, n. 5, ed. 152, art. 1022, 2011.

FIERN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. **O Brasil que a gente produz** -Indústria de Queijos. Natal: FIERN, 2020. Disponível em: <https://www.fiern.org.br/o-brasil-que-gente-produz-queijos/>. Acesso em: 06 jan. 2025.

FIGUEIREDO, Raenir Chaves. **Perfil socioeconômico de agricultores familiares e caracterização de queijo Minas artesanal de Serra do Salitre (MG) em diferentes períodos de maturação e épocas do ano.** 2018. 119 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FIGUEIREDO, Ranier Chaves. **Qualidade microbiológica e físico-química de Queijo Minas Artesanal da canastra durante a maturação em estação chuvosa.** 2022. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

FIGUEIREDO, S. P. *et al.* Características do leite cru e do queijo Minas artesanal do Serro em diferentes meses. **Archives of Veterinary Science**, v. 20, n. 1, p. 68-82, 2015.

FOEGEDING, E. A.; DRAKE, M. A. Invited review: Sensory and mechanical properties of cheese texture. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 4, p. 1611-1624, 2007.

FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; MCSWEENEY, P. L. H. **Fundamentals of Cheese Science.** New York: Springer, 2017.

FRANCO, Bernadette D. Gombossy. de Melo; LANDGRAF, Mariza. **Microbiologia de alimentos.** São Paulo: Atheneu, 2007.

FREIRE, T. T. *et al.* Bactérias ácido lácticas suas características e importância: revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e513101119964, 7 set. 2021.

FURTADO, Múcio M. **Principais problemas dos queijos: causas e prevenção.** 3. ed. rev. e ampl. Holambra: Setembro Editora, 2017.

GADONSKI, A. P. *et al.* Avaliação do efeito cromático em resinas compostas nano particuladas submetidas a solução café. **Ver Odontol UNESP**, v. 47, n. 3, p. 137-142, 2018.

GANDRA, R. **Reconhecimento oficial do queijo canastra.** 2023. Disponível em: <https://queijosnobrasil.com.br/site/queijo-canastra/>. Acesso em: 02 maio 2025.

GATTI, M.; BOTTARI, B.; LAZZI, C.; NEVIANI, E.; MUCCHETTI, G. Invited review: Microbial evolution in raw-milk, long-ripened cheeses produced using undefined natural whey starters. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 573–591, 2014.

GUNASEKARAN, Sundaram; AK, M. Mehmet. **Cheese Rheology and Texture**. 1 ed. Boca Raton: CRC Press, 2003. 435 p.

GUTIERREZ, E. M. R.; DOMARCO, R. E.; SPOTO, M. H. F.; *et al.* Efeito da radiação gama nas características físico-químicas e microbiológicas do queijo prato durante a maturação. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v 24, n. 4, 2004.

HOFFMANN, W. *et al.* Salt reduction in film-ripened, semihard Edam cheese. **International Journal of Dairy Technology**, v. 73, n. 1, p. 270-282, 2020.

IRUDAYARAJ, J.; CHEN, M.; MCMAHON, D. J. Texture development in cheddar cheese during ripening. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 41, n. 4, p. 253-258, nov./dez. 1999.

JORGE, Neuza. **Embalagens para alimentos**. São Paulo: Cultura Acadêmica; Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2013.

LABUZA, T. P.; BREENE, W. M. Applications of "active packaging" for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 13, n. 1, p. 1-69, 1989.

LATIMER JR., G. W. (ed.). **Official methods of analysis of AOAC International**. 19. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2012.

LEMPK, Marcus Welbert. **Influência do inóculo “rala” sobre as características físico-químicas, microbiológicas e reológicas do Queijo Minas artesanal do Serro – MG**. 2018. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. 85 f.

LIMA, Marciana de Souza *et al.* **Queijo Minas Artesanal**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2021. 48 p.

LOURENÇO NETO, João Pedro de Magalhães. **Queijos: aspectos tecnológicos**. [S.l.]: Master Graf, 2013. 270 p.

MARINO, A. L. F. *et al.* Características físico-químicas e sensoriais de marcas comerciais de queijo Mozzarella de leite de búfala. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 69, n. 3, p. 358-363, 2010.

MARTIN, J. G. P.; COTTER, P. D. Filamentous fungi in artisanal cheeses: A problem to be avoided or a market opportunity? **Heliyon**, v. 9, n. 4, e15110, 2023.

MARTINAZZO, J. *et al.* Embalagens ativas: uma tecnologia promissora na conservação de alimentos. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 11, n. 2, p. 171-194, 2020.

MARTINS, J. M. *et al.* Determining the minimum ripening time of artisanal Minas cheese, a traditional Brazilian cheese. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 46, n. 1, p. 219-230, 2015.

MCSWEENEY, P. L. H.; FOX, P. F. Metabolism of Residual Lactose and of Lactate and Citrate. In: FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H.; COGAN, T. M.; GUINEE, T. P. **Chemistry, Physics and Microbiology**. 3. ed. London: Elsevier Academic Press, 2004. cap. 15, v. 1, p. 361-371.

MELVILLE, P. A. *et al.* Ocorrência de fungos em leite cru proveniente de tanques de refrigeração e latões de propriedades leiteiras, bem como de leite comercializado diretamente ao consumidor. **Arquivo do Instituto Biológico**, Rio de Janeiro, v. 73, n. 3, p. 295-301, 2006.

MENESES, J. N. C. Modos de fazer e a materialidade da cultura “imaterial”: o caso do queijo Minas artesanal de Minas Gerais. **UNESP-FCLAS-CEDAP**, v. 5, n. 2, p. 27–41, 2009.

MENESES, José Newton Coelho. **QUEIJO MINAS ARTESANAL – Dossiê Interpretativo**. Belo Horizonte: IPHAN, 2006.

METZ, M.; SHEEHAN, J.; FENG, P. C. H. Use of indicator bacteria for monitoring sanitary quality of raw milk cheeses - A literature review. **Food Microbiology**, London, v. 85, p. 1-11, 2020.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. **Portaria IMA nº 694, de 17 de novembro de 2004**. Identifica a microrregião da Canastra. Belo Horizonte: IMA, 2004.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. **Portaria IMA nº 818, de 12 de dezembro de 2006**. Baixa o regulamento técnico de produção do queijo Minas artesanal e dá outras providências. Belo Horizonte: IMA, 2006.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. **Portaria IMA nº 1937, de 14 de agosto de 2019**. Dispõe sobre a habilitação sanitária dos queijos artesanais e da concessão do selo Arte às queijarias com habilitação sanitária do IMA. Belo Horizonte: IMA, 2019.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. **Portaria IMA nº 1969, de 26 de março de 2020**. Dispõe sobre a produção do Queijo Minas Artesanal em queijarias e entrepostos localizados dentro de microrregiões definidas e para as demais regiões do Estado, caracterizadas ou não como produtora de Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte: IMA, 2020.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. **Portaria IMA nº 2.033, de 23 de janeiro de 2021**. Dispõe sobre os parâmetros e padrões físico-químicos e microbiológicos de alimentos de origem animal e água de abastecimento. Belo Horizonte: IMA, 2021b.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. **Portaria IMA nº 2.051, de 07 de abril de 2021**. Define o período de Maturação do Queijo Minas Artesanal produzido nas microrregiões de Araxá, Campo das Vertentes, Canastra, Cerrado, Serra do Salitre, Serro e Triângulo Mineiro. Belo Horizonte: IMA, 2021a.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. **Portaria IMA nº 2.322, de 19 de agosto de 2024**. Dispõe sobre os períodos de maturação do Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte: IMA, 2024.

MINAS GERAIS. **Lei nº14.185, de 31 de janeiro de 2002**. Dispões sobre o processo de produção do Queijo Minas Artesanal e dá outras providências. Minas Gerais: Diário do Executivo, Belo Horizonte, p.3, 1 fev. 2002.

MORAES, A. R. F. e. *et al.* Desenvolvimento e avaliação de filme antimicrobiano aromatizado para aplicação em massa de pastel. **Ciência Rural**, v. 41, n. 3, p. 537-543, 2011.

MOREIRA, Maria Tereza Cratiú. **Efeito do uso de concentrado proteico de leite (MCP) nas propriedades do queijo Minas padrão**. 2019. 219 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

MORENO, Victor Jose. **Caracterização física e físico-química do queijo minas artesanal da microrregião Campo das Vertentes**. 2013. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

MURTAZA, M. A. *et al.* Minerals and lactic acid contents in buffalo milk cheddar cheese; a comparison with cow. **Journal of Food and Nutrition Research**, v. 2, n. 8, p. 465-468, 2014.

NAGYOVÁ, G. *et al.* Use of sodium polyphosphates with different linear lengths in the production of spreadable processed cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 111-122, jan. 2014.

NASCIMENTO, Tulio Alessi Guedes do. **Comparação das características do Queijo Minas Artesanal produzido na região do Campo das Vertentes submetidos à prensagem manual e prensa inox**. 2024. 58 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2024.

NÓBREGA, Juliana Escarião da. **Caracterização do fermento endógeno utilizado na fabricação do queijo Canastra no município de Medeiros, MG, com ênfase em leveduras**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

OLIVEIRA, D. F. *et al.* Caracterização Físico-Química de Queijos Minas Artesanal produzidos em diferentes microrregiões de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Economia Doméstica**, v. 24, n. 2, p. 185-196, 2013.

ÖZOGUL, F.; HAMED, I. The importance of lactic acid bacteria for the prevention of bacterial growth and their biogenic amines formation: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 58, n. 10, p. 1660-1670, 2018.

PACHECO, A. F. C. *et al.* Importância do pingo na produção do Queijo Minas Artesanal. **Informe Agropecuário: Queijos artesanais mineiros**, Belo Horizonte, v. 44, n. 323, p. 70-75, 2023.

PEREIRA, R. C. **Qualidade microbiológica e físico-química de queijo minas artesanal da microrregião de Araxá-MG**. 2015. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

PERRY, Katia S. P. Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 293-300, 2004.

RESENDE, Maria de Fátima Silva. **Queijo Minas artesanal da Serra da Canastra: influência da altitude e do nível de cadastramento das queijarias nas características físico-químicas e microbiológicas**. 2010. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2010.

ROCHA, Andreia Maria Piovesan. **Controle de fungos durante a maturação de queijo minas padrão**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

ROONEY, M. L. Visão geral das embalagens ativas de alimentos. In: ROONEY, M. L. (ed.). **Embalagens ativas de alimentos**. Boston, MA: Springer, 1995.

SALES, Gilson de Assis. **Caracterização microbiológica e físico-química de queijo Minas artesanal da microrregião de Araxá-MG durante a maturação em diferentes épocas do**

ano. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SANTOS, E. M.; CARVALHO, A. F.; PEREIRA, R. G. Qualidade microbiológica de queijos artesanais do estado de Minas Gerais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, p. 1-9, 2011.

SANTOS, Miriam Aparecida de Aguiar. **Characterization of artisanal minas cheese produced in the region of serra da canastra: fungal diversity and volatile compounds profile**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.

SILVA, J. G. *et al.* Características físico-químicas do queijo Minas Artesanal da Canastra. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 66, n. 380, p. 16-22, dez. 2011.

SILVA, Mariana Altenhofen da. **Desenvolvimento e caracterização de filmes compostos de alginato e quitosana contendo natamicina como agente antimicótico**. 2009. 224 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, 2009.

SILVA, N. N. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. São Paulo: Livraria Varela, 2010. 617p.

SILVA, Natália Ricardo Leite. **Caracterização microbiológica e físico-química do Queijo Minas Artesanal da Região das Serras da Ibitipoca, ao longo da maturação nos períodos seco e chuvoso**. 2024. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2024.

SILVA, W. M. da. **Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química do queijo minas artesanal da microrregião de Araxá – MG**. 2013. 56 f. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SIMÕES, M. G. *et al.* Efeito da adição de leite bovino ao leite de búfala nas diferentes características do queijo artesanal do Marajó, tipo creme. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 62, n. 391, p. 32-40, 2013.

SOBRAL, D. *et al.* Can lutein replace annatto in the manufacture of Prato cheese? **LWT – Food Science and Technology**, v. 68, p. 349-355, 2016.

SOBRAL, D. *et al.* Principais defeitos de queijos Minas artesanais fabricados na região da Canastra. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 72, n. 3, p. 174-183, 2017b.

SOBRAL, D. *et al.* Principais defeitos em queijo Minas artesanal: uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 72, n. 2, p. 108-120, 2017a.

SOUTELINO, M. E. M.; SILVA, A. C. O.; ROCHA, R. S. Natural Antimicrobials in Dairy Products: Benefits, Challenges, and Future Trends. **Antibiotics**, v. 13, n. 5, p. 415, 1 maio 2024.

SOUZA, Bruno Moreira de. **Efeito da utilização de embalagem ativa na maturação do Queijo Minas Artesanal da microrregião Campos das Vertentes**. 2022. 68 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2022.

SOUZA, B. M. *et al.* Efeito da utilização de embalagem ativa na maturação do queijo Minas artesanal das microrregiões do Campos das Vertentes. **Informe Agropecuário: Queijos artesanais mineiros**, Belo Horizonte, v. 44, n. 323, p. 30-38, 2023.

TILOCCA, B. *et al.* Milk microbiota: characterization methods and role in cheese production. **Journal of Proteomics**, v. 210, 2020.

VALENTE, Gustavo Lucas Costa. **Caracterização microbiológica e físico-química de água, leite cru, soro fermento, swabs de superfícies e queijo Minas artesanal de Campo das Vertentes ao longo da maturação e em duas estações do ano**. 2022. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

VERMEIREN, L. *et al.* Developments in the active packaging of foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 10, p. 77-86, 1999.

VIEIRA, Sabrina. **Caracterização por análises físico-químicas e avaliação da influência do teor de gordura na coloração de queijos coloniais**. 2013. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnólogo de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2013.

WALSTRA, P.; WOUTERS, J. T. M.; GEURTS, T. J. (ed.). **Dairy Science and Technology**. 2. ed. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006.