

Caracterização microbiológica e físico-química do queijo artesanal Minas da região de Campo das Vertentes (Brasil) durante o período de maturação nas estações chuvosa e seca

Microbiological and physicochemical characterization of Minas artisanal cheese from the Campo das Vertentes region (Brazil) during ripening in rainy and dry seasons

Gustavo Lucas Costa Valente^{1,*} 

Ranier Chaves Figueiredo¹ 

Rommel Furst Brito¹ 

Ângela Maria Quintão Lana^{II} 

Bruna Maria Salotti de Souza¹ 

Leorges Moraes da Fonseca¹ 

Ana Paula Madureira^{III} 

Andréia Marçal da Silva^{IV} 

Cláudia Freire de Andrade

Morais Penna¹ 

Marcelo Resende de Souza¹ 

^I Departamento de Tecnologia e Inspeção de Produtos de Origem Animal, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil

^{II} Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil

^{III} Departamento de Engenharia de Biosistemas, Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, MG, Brazil

^{IV} Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, MG, Brazil

* E-mail: gustlcv.vet@gmail.com

Recebido: 11 jun 2024

Aprovado: 23 set 2024

Como citar: Valente GLC, Figueiredo RC, Brito RF, Lana AMQ, Souza BMA, Fonseca LM, Madureira AP, Silva AM, Penna CFAM, Souza MR. Caracterização microbiológica e físico-química do queijo artesanal Minas da região de Campo das Vertentes (Brasil) durante o período de maturação nas estações chuvosa e seca. *Vigil Sanit Debate*, Rio de Janeiro, 2024, v.12: e02357. <https://doi.org/10.22239/2317-269X.02357>

RESUMO

Introdução: O queijo artesanal Minas é produzido a partir de leite cru. A legislação estabelece um período mínimo de maturação de 22 dias para o queijo da região de Campo das Vertentes. No entanto, a falta de estudos não permite atestar se esse período é adequado para cumprir com os parâmetros. **Objetivo:** Avaliar a qualidade microbiológica e físico-química desses queijos ao longo do período de maturação nas estações chuvosa e seca. **Método:** Amostras de queijo durante a maturação foram coletadas em quatro queijarias e submetidas às análises microbiológicas e físico-químicas. **Resultados:** A qualidade dos queijos foi influenciada pelo período de maturação e as contagens de coliformes a 45 °C e de fungos e leveduras foram afetadas pela estação. **Conclusões:** Os resultados atenderam aos requisitos da legislação oficial para queijos aos 60 e 22 dias de maturação nas estações chuvosa e seca, e demonstram a necessidade de melhorias no controle de coliformes e *Staphylococcus*.

PALAVRAS-CHAVE: Inspeção; Patógenos Transmitidos por Alimentos; Qualidade Alimentar; Queijo de Leite Cru; Segurança Alimentar

ABSTRACT

Introduction: Minas artisanal cheese is produced from raw milk. Legislation establishes a minimum 22-day ripening period for the cheese from Campo das Vertentes region. However, the lack of studies does not allow to attest whether this period is adequate to comply with the parameters. **Objective:** Based on this, the aim of this survey was to evaluate the microbiological and physicochemical quality of these cheeses throughout the ripening period at rainy and dry seasons. **Method:** Cheese samples throughout ripening were collected at four cheesemaking facilities, and were submitted to microbiological and physicochemical analyses. **Results:** The quality of cheeses was influenced by the ripening period and counts of coliforms at 45 °C and molds and yeasts were affected by the season. **Conclusions:** The results met the official legislation requirements for cheeses at 60 and 22 days of ripening at rainy and dry seasons, and demonstrate the need for improvements in the control of coliforms and *Staphylococcus*.

KEYWORDS: Inspection; Food Quality; Food Safety; Foodborne Pathogens; Raw Milk Cheese



INTRODUÇÃO

O queijo artesanal Minas (QAM) é um produto brasileiro tradicional do estado de Minas Gerais, obtido a partir do leite cru, coagulado pela ação do coalho, com adição de fermentos lácteos endógenos, popularmente conhecido como “pingo”¹. Devido ao caráter artesanal de sua produção, o QAM é amplamente manipulado ao longo de sua elaboração e pode apresentar um risco potencial à saúde do consumidor. Além disso, o leite cru e os fermentos lácteos endógenos possuem uma microbiota abundante e diversificada². Isso pode contribuir para a presença de microrganismos indesejáveis no produto final, como coliformes, *Salmonella* spp. e *Staphylococcus aureus*³.

Por outro lado, as bactérias ácido-lácticas (BAL) encontradas no queijo contribuem para a segurança alimentar. Sant’Anna et al.⁴ mostraram que as BAL isoladas do QAM, produzido na região de Campo das Vertentes, foram capazes de inibir, *in vitro* e *in vivo*, a atividade de microrganismos patogênicos. Elas também desempenham um papel importante na determinação das características sensoriais dos queijos, devido à produção de compostos provenientes dos processos de fermentação, proteólise e lipólise⁵.

As mudanças físico-químicas que ocorrem durante a maturação do queijo também contribuem para sua segurança e características sensoriais. A perda de umidade pela evaporação e o processo de drenagem do soro de leite causam a concentração de compostos sólidos. Além disso, os ácidos orgânicos acumulados devido ao processo de fermentação resultam em uma diminuição do pH⁵.

Nesse contexto, as condições climáticas alteram as características microbiológicas e físico-químicas dos queijos². A região de Campo das Vertentes apresenta duas estações bem definidas: uma chuvosa e com altas temperaturas (outubro a março) e outra seca e com temperaturas mais amenas (abril a setembro)⁶. Assim, torna-se fundamental investigar a maturação dos queijos nas diferentes estações do ano, a fim de analisar como a sazonalidade influencia as transformações que ocorrem durante esse processo.

A legislação brasileira estabelece que os queijos de leite cru devem ser maturados por 60 dias ou menos, com base nos resultados de estudos científicos⁷. De acordo com essa prerrogativa, o QAM produzido na região de Campo das Vertentes deve ser submetido a 22 dias de maturação para eliminar os riscos à saúde dos consumidores⁸. O estudo dos parâmetros microbiológicos e físico-químicos permite determinar se o período de maturação proposto é adequado. Com base nisso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar as características microbiológicas e físico-químicas do QAM, da região de Campo das Vertentes, durante a maturação nas estações seca e chuvosa. Os resultados ajudarão os inspetores oficiais a determinar o período de maturação adequado para o QAM da região estudada.

MÉTODO

Amostragem

Após a etapa de produção, os queijos foram armazenados em uma área específica dedicada à maturação, colocados em

prateleiras de madeira, sob condições naturais de temperatura e umidade. A sala de maturação foi equipada com janelas para circulação de ar, vedadas com telas contra insetos.

Os queijos foram coletados assepticamente ao(s) 1, 7, 14, 22 e 60 dias de maturação: duas amostras por período, do mesmo lote. Elas foram transportadas em caixas térmicas de poliestireno contendo barras de gelo recicláveis, mantendo uma temperatura de aproximadamente 4 °C até o processamento no laboratório. O processo de amostragem foi realizado em novembro de 2019 (estação chuvosa) e julho de 2021 (estação seca).

Análises microbiológicas

As análises do número mais provável (NMP) de coliformes a 30 °C e 45 °C; contagens de *Staphylococcus* spp., *Staphylococcus* coagulase positiva e bolores e leveduras; e a presença de *Salmonella* spp. foram realizadas de acordo com as recomendações da Associação Americana de Saúde Pública⁹. As colônias com suspeita de *Salmonella* foram submetidas à espectrometria de massa MALDI-TOF (Bruker Daltonik MALDI Biotyper, Bruker, Estados Unidos) para confirmação¹⁰. A contagem de BAL foi realizada de acordo com o procedimento da Federação Internacional de Laticínios¹¹.

Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata. Os parâmetros analisados para o QAM foram: teores de umidade pelo método gravimétrico¹², cinzas e cloreto¹³, gordura pelo método butirométrico¹⁴, proteína pelo método micro-Kjeldahl¹⁵, assim como acidez titulável e pH¹³. O teor de gordura na matéria seca (FDM) foi calculado pela seguinte fórmula: (teor de gordura x 100)/conteúdo de sólidos.

Análises estatísticas

A normalidade e a homocedasticidade dos dados foram analisadas com o teste de Shapiro-Wilk e o teste de Bartlett, respectivamente. Os dados paramétricos foram avaliados pelo teste de Tukey (entre os períodos de maturação) e pelo teste de Sidak (entre as estações). Os dados não paramétricos foram avaliados pelo teste de Friedman (entre os períodos de maturação e as estações do ano). Todas as análises foram realizadas considerando um nível de significância de 5%, usando o software Graphpad Prism 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros microbiológicos

Como pode ser visto na Tabela 1, as BAL foram os microrganismos mais prevalentes no QAM, independentemente do período de maturação e da estação climática.

As medianas encontradas foram semelhantes às contagens dessas bactérias relatadas por Castro et al.². As contagens iniciais desses

**Tabela 1.** Qualidade microbiológica do queijo artesanal Minas produzido na região de Campo das Vertentes, estado de Minas Gerais, Brasil, durante a maturação.

| Parâmetro | Temporada | Dias de amadurecimento | | | | |
|---------------------------------------|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | 1 | 7 | 14 | 22 | 60 |
| Coliformes a 30 °C (MPN/g) | Chuvosa | > 1,1 x 10 ⁵ Aa | 6 x 10 ⁴ Aa | 1,4 x 10 ⁴ Aa | > 1,1 x 10 ⁵ Aa | 3,3 x 10 ² Aa |
| | Seca | 5,6 x 10 ⁴ Aa | 1,4 x 10 ⁴ Aa | 2,4 x 10 ⁴ Aa | 3,1 x 10 ³ Aa | < 3,0 x 10 ² Aa |
| Coliformes a 45 °C (MPN/g) | Chuvosa | 5,7 x 10 ⁴ Aa | 1,2 x 10 ³ Aa | 1,1 x 10 ³ Aa | 9,0 x 10 ² Aa | < 3,0 x 10 ² Aa |
| | Seca | < 3,0 x 10 ² Ba | < 3,0 x 10 ² Aa | < 3 x 10 ² Ba | < 3,0 x 10 ² Aa | < 3,0 x 10 ² Aa |
| Bactérias do ácido láctico (CFU/g) | Chuvosa | 2,5 x 10 ⁶ Aa | 2,2 x 10 ⁸ Aa | 1,4 x 10 ⁸ Aa | 8,2 x 10 ⁷ Aa | 5,6 x 10 ⁷ Aa |
| | Seca | 1,5 x 10 ⁸ Aa | 1,1 x 10 ⁸ Aa | 1,7 x 10 ⁸ Aa | 1,6 x 10 ⁸ Aa | 2,5 x 10 ⁶ Aa |
| Bolores e leveduras (CFU/g) | Chuvosa | 8,0 x 10 ⁴ Ba | 3,6 x 10 ⁷ Aa | 8,7 x 10 ⁶ Ba | 5,8 x 10 ⁶ Ba | 6,0 x 10 ⁶ Aa |
| | Seca | 1,4 x 10 ⁸ Aa | 1,5 x 10 ⁸ Aa | 1,4 x 10 ⁸ Aa | 7,1 x 10 ⁷ Aa | 2,8 x 10 ⁶ Aa |
| <i>Staphylococcus</i> spp. (CFU/g) | Chuvosa | 2,5 x 10 ⁵ Aa | 6,0 x 10 ⁶ Aa | 3,6 x 10 ⁷ Aa | 2,6 x 10 ⁷ Aa | 4,0 x 10 ⁷ Aa |
| | Seca | 3,9 x 10 ⁵ Aa | 9,7 x 10 ⁶ Aa | 1,6 x 10 ⁷ Aa | 5,1 x 10 ⁷ Aa | 5,8 x 10 ⁶ Aa |
| CPS (CFU/g) | Chuvosa | 1,5 x 10 ⁴ Aa | < 1,0 x 10 ⁴ Aa | < 1,0 x 10 ⁴ Aa | < 1,0 x 10 ⁴ Aa | < 1,0 x 10 ⁴ Aa |
| | Seca | 1,6 x 10 ⁵ Aa | 3,5 x 10 ⁴ Aa | 2,9 x 10 ⁴ Aa | < 1,0 x 10 ³ Aa | < 1,0 x 10 ³ Aa |
| <i>Salmonella</i> spp. (presença/25g) | Chuvosa | Ausência | Ausência | Ausência | Ausência | Ausência |
| | Seca | Ausência | Ausência | Ausência | Ausência | Ausência |

Fonte: Preparado pelos autores, 2024.

MPN: número mais provável; CFU: unidade formadora de colônia; CPS: *Staphylococcus coagulase positiva*

^{a-b}Medianas dentro de uma linha com sobrescritos distintos diferem significativamente pelo teste de Friedman (P < 0,05); ^{A-B}Medianas dentro de uma coluna com sobrescritos distintos diferem significativamente pelo teste de Friedman (P < 0,05).

microrganismos foram elevadas no período seco, embora a análise estatística não tenha mostrado diferença significativa (P > 0,05). Costa Júnior et al.¹ observaram que, durante o período seco, os queijeiros adicionam um volume maior de fermento lácteo endógeno e, conseqüentemente, inoculam mais BAL no queijo. As altas contagens de BAL observadas durante os primeiros 14 dias de maturação do queijo, em ambas as estações, estão associadas ao processo de fermentação e ao conseqüente aumento de sua acidez. Além disso, durante o metabolismo, as BAL produzem compostos antagônicos, como as bacteriocinas, que podem contribuir para o controle de microrganismos indesejáveis nesses produtos¹⁶. A tendência de diminuição da população de BAL nos estágios mais avançados de maturação pode ser explicada pelo aumento da acidez e pela diminuição do teor de umidade¹⁷.

Os coliformes apresentaram altas contagens no QAM fresco, principalmente na estação chuvosa. Considerando apenas os coliformes a 45 °C, sua contagem foi estatisticamente maior nesse período (P < 0,05). Fatores relacionados a essa estação, como a formação de lama, altas temperaturas e umidade ambiental, podem ter contribuído para esse resultado². Em geral, a contagem de coliformes apresentou uma tendência de diminuição ao longo da maturação, o que pode ser explicado pelos mecanismos inibitórios exercidos pelas BAL⁴. Entretanto, em alguns momentos específicos, como aos 22 dias de maturação durante a estação chuvosa, foi observado um aumento abrupto no valor desse indicador. A causa mais provável foi a recontaminação dos queijos devido ao manuseio inadequado.

Não foi detectada *Salmonella* spp. em nenhuma amostra de QAM, independentemente do período de maturação e da estação

do ano. Os cuidados com a higiene pessoal associados à microbiota competitiva do queijo, com predominância de BAL, também garantiram que o ambiente fosse inadequado para o estabelecimento dessas bactérias.

O *Staphylococcus* spp. foi encontrado em altas contagens no QAM, independentemente do período de maturação e da estação do ano. A persistência de *Staphylococcus* spp. durante a maturação pode indicar recontaminação dos queijos, que pode ser causada pela falta de boas práticas de fabricação por parte dos manipuladores. De 20% a 60% dos seres humanos são portadores assintomáticos dessa bactéria nas mãos, na orofaringe, nos vestibulos nasais e/ou no leito ungueal¹⁸. O *Staphylococcus* spp. pode tolerar a acidez e a dessecação, o que também contribui para sua persistência durante a maturação do queijo¹⁹.

O *Staphylococcus coagulase positiva* é considerado de interesse sanitário, pois também pode produzir enterotoxinas. Contagens de *Staphylococcus* spp. superiores a 10⁵ UFC/g em queijos foram registradas durante todo o período de maturação. A literatura científica afirma que, a partir de 1 x 10⁴ UFC/g, pode haver uma produção significativa de enterotoxinas²⁰.

O *Staphylococcus coagulase positiva* foi detectado no QAM do 1º ao 14º dia de maturação nas estações chuvosa e seca, respectivamente. Embora a contagem dessa bactéria tenha permanecido alta durante todo o amadurecimento, ela diminuiu para níveis indetectáveis nos 7º (estação chuvosa) e 22º (estação seca) dias de amadurecimento. Entretanto, essa redução não elimina o perigo. Devido à tolerância a fatores como temperatura, pH e atividade proteolítica das enzimas, as enterotoxinas são capazes de persistir nos queijos mesmo após a eliminação dos microrganismos produtores²⁰.



A contagem de bolores e leveduras foi o parâmetro com a maior diferença de resultados em função da estação do ano ($P < 0,05$). O período seco pode favorecer esses microrganismos devido à temperatura ideal de crescimento e à maior dispersão de esporos no ar²¹. Os bolores e as leveduras também são mais resistentes à acidez e à baixa umidade, o que justifica suas altas contagens durante todo o período de maturação²². Embora esses microrganismos possam estar relacionados ao desenvolvimento de características sensoriais desejáveis aos queijos, eles também podem ser indicadores de condições higiênico-sanitárias. Assim, é importante realizar estudos para caracterizar os fungos encontrados nos queijos.

Parâmetros físico-químicos

Conforme observado na Tabela 2, não houve efeito significativo ($P > 0,05$) da estação do ano sobre os parâmetros físico-químicos do QAM. Embora inesperado, esse resultado indica que os queijos foram fabricados em condições tecnológicas para manter um padrão de qualidade durante todo o ano.

A acidez titulável do QAM mostrou uma tendência de aumento durante a maturação. Esperava-se que o desenvolvimento da acidez do queijo fosse mais acentuado na estação chuvosa, mas a maior contagem inicial de BAL (Tabela 1) pode ter contribuído para o resultado obtido. O desenvolvimento da acidez observado durante a maturação pode ser considerado um dos

principais fatores que levaram a uma diminuição nas contagens de microrganismos indesejáveis e influenciaram sua viabilidade (Tabela 1). O pH do QAM não foi afetado significativamente pelo período de maturação ($P > 0,05$). Esperava-se uma diminuição do pH durante a maturação como consequência da fermentação láctica. Entretanto, os produtos do processo de proteólise e a degradação de ácidos por fungos e leveduras aumentam o pH²³.

Foi observada uma redução semelhante do teor de umidade do QAM em ambas as estações ($P > 0,05$). Costa Júnior et al.¹ descreveram algumas estratégias que são usadas para evitar o ressecamento excessivo dos queijos durante o período seco, como cortar a massa em grãos maiores e aplicar menos força durante sua prensagem. Do 1º ao 7º dia de maturação, a redução da umidade foi mais intensa. No início da maturação, o queijo perde umidade de duas maneiras: evaporação da superfície e sinérese. Com o avanço da maturação, a sinérese tende a diminuir até parar²⁴.

A tendência de aumento do teor de gordura ($P < 0,05$) durante a maturação também é uma consequência da redução da umidade nos queijos. Isso não pode ser atribuído ao aumento ($P < 0,05$) observado na gordura do teor de sólidos totais na estação chuvosa. Isso pode ocorrer devido à redução no conteúdo de alguns componentes sólidos do queijo, como provavelmente a degradação das proteínas como resultado do processo de proteólise²⁵. Embora o teor de proteína tenha aumentado ($P < 0,05$) ao longo da maturação, em decorrência da redução da umidade,

Tabela 2. Qualidade físico-química (média e desvio padrão) do queijo artesanal Minas produzido na região de Campo das Vertentes, estado de Minas Gerais, Brasil, durante a maturação.

| Parâmetro | Temporada | Dias de amadurecimento | | | | |
|--------------------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | | 1 | 7 | 14 | 22 | 60 |
| Acidez (g/100 g) | Chuvosa | 0,14 ^{Aa} ± 0,06 | 0,24 ^{Ab} ± 0,05 | 0,31 ^{Ab} ± 0,05 | 0,48 ^{Abc} ± 0,11 | 0,54 ^{Ac} ± 0,07 |
| | Seca | 0,16 ^{Aa} ± 0,06 | 0,31 ^{Aab} ± 0,10 | 0,38 ^{Abc} ± 0,09 | 0,51 ^{Acd} ± 0,15 | 0,56 ^{Ad} ± 0,03 |
| pH | Chuvosa | 5,48 ^{Aa} ± 0,38 | 5,31 ^{Aa} ± 0,21 | 5,44 ^{Aa} ± 0,14 | 5,31 ^{Aa} ± 0,14 | 5,25 ^{Aa} ± 0,19 |
| | Seca | 5,28 ^{Aa} ± 0,32 | 5,12 ^{Aa} ± 0,28 | 5,08 ^{Aa} ± 0,15 | 5,10 ^{Aa} ± 0,21 | 5,39 ^{Aa} ± 0,15 |
| Umidade (g/100 g) | Chuvosa | 55,03 ^{Aa} ± 2,67 | 42,98 ^{Ab} ± 3,38 | 41,30 ^{Ab} ± 2,34 | 37,70 ^{Ab} ± 2,45 | 26,13 ^{Ac} ± 0,93 |
| | Seca | 57,90 ^{Aa} ± 6,89 | 49,47 ^{Aab} ± 3,92 | 44,74 ^{Abc} ± 6,56 | 39,09 ^{Acd} ± 7,63 | 28,8 ^{Ad} ± 7,66 |
| Sólidos totais (g/100 g) | Chuvosa | 44,97 ^{Aa} ± 2,67 | 57,02 ^{Ab} ± 3,38 | 58,70 ^{Ab} ± 2,34 | 62,30 ^{Ab} ± 2,45 | 73,87 ^{Ac} ± 0,93 |
| | Seca | 42,10 ^{Aa} ± 6,89 | 50,53 ^{Aab} ± 3,92 | 55,26 ^{Abc} ± 6,56 | 60,91 ^{Acd} ± 7,63 | 71,20 ^{Ad} ± 7,66 |
| Gordura (g/100 g) | Chuvosa | 22,13 ^{Aa} ± 5,14 | 29,79 ^{Aab} ± 2,90 | 32,79 ^{Ab} ± 2,65 | 34,75 ^{Abc} ± 1,47 | 43,33 ^{Ac} ± 2,38 |
| | Seca | 21,63 ^{Aa} ± 6,59 | 25,17 ^{Aab} ± 3,69 | 29,67 ^{Aab} ± 4,38 | 31,25 ^{Abc} ± 5,12 | 39,75 ^{Ac} ± 6,00 |
| FDM (g/100 g) | Chuvosa | 48,85 ^{Aab} ± 8,91 | 47,46 ^{Aa} ± 3,09 | 55,81 ^{Aab} ± 2,90 | 55,79 ^{Aab} ± 1,13 | 58,67 ^{Ab} ± 3,41 |
| | Seca | 50,64 ^{Aa} ± 6,54 | 49,70 ^{Aa} ± 4,91 | 53,86 ^{Aa} ± 7,03 | 51,17 ^{Aa} ± 3,37 | 53,13 ^{Aa} ± 5,51 |
| Proteína (g/100 g) | Chuvosa | 16,16 ^{Aa} ± 0,78 | 22,32 ^{Ab} ± 1,95 | 23,47 ^{Abc} ± 2,00 | 23,55 ^{Abc} ± 1,61 | 26,79 ^{Ac} ± 4,00 |
| | Seca | 15,21 ^{Aa} ± 1,45 | 18,37 ^{Aab} ± 1,03 | 20,24 ^{Ab} ± 2,20 | 21,82 ^{Ab} ± 2,02 | 26,48 ^{Ac} ± 2,34 |
| Cinzas (g/100 g) | Chuvosa | 3,15 ^{Aa} ± 0,36 | 3,95 ^{Aa} ± 0,76 | 3,34 ^{Aa} ± 0,46 | 3,86 ^{Aa} ± 0,39 | 4,05 ^{Aa} ± 1,27 |
| | Seca | 3,17 ^{Aa} ± 0,88 | 4,86 ^{Aab} ± 1,44 | 4,51 ^{Aab} ± 1,45 | 5,04 ^{Aab} ± 1,34 | 6,08 ^{Ab} ± 2,09 |
| Cloretos (g/100 g) | Chuvosa | 1,05 ^{Aa} ± 0,29 | 1,07 ^{Aa} ± 0,11 | 1,02 ^{Aa} ± 0,32 | 1,26 ^{Aa} ± 0,43 | 1,47 ^{Aa} ± 0,87 |
| | Seca | 1,33 ^{Aa} ± 0,94 | 2,19 ^{Aa} ± 1,09 | 2,31 ^{Aa} ± 1,34 | 2,35 ^{Aa} ± 1,48 | 2,40 ^{Aa} ± 1,47 |

Fonte: Preparado pelos autores, 2024.

FDM: Gordura na matéria seca.

^{a-d}As médias dentro de uma linha com sobrescritos distintos diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); ^{A-B}As médias dentro de uma coluna com sobrescritos distintos diferem significativamente pelo teste de Sidak ($P < 0,05$).



esse aumento foi menos intenso do que o relacionado ao teor de gordura. Esse achado também reforça a hipótese de um provável efeito da proteólise para degradar as moléculas de proteína.

As concentrações de resíduos minerais e cloretos também tenderam a aumentar ao longo do período de maturação devido à perda de umidade pelos queijos, embora as estatísticas tenham mostrado diferenças significativas ($P < 0,05$) apenas para o conteúdo mineral no período seco. Os minerais do queijo são compostos por vários elementos e compostos químicos, sendo os principais o cálcio do leite e o cloreto de sódio da salga. Alguns minerais lácteos são solúveis em água e podem ser lixiviados do queijo durante a drenagem e a limpeza do soro, evitando que o efeito de concentração durante a maturação seja mais intenso. O teor de cloreto apresentou grande variação entre as instalações de fabricação de queijo. Como a produção de queijo é um processo artesanal, não há padronização da etapa de salga, o que pode ter contribuído para esse resultado.

Conformidade com a legislação

Considerando os valores gerais mostrados nas Tabelas 1 e 2, o QAM produzido durante a estação chuvosa só atendeu a todos os requisitos legais após 60 dias de maturação. O QAM da estação seca, por sua vez, atendeu aos parâmetros legais aos 22 dias de maturação²⁶.

O principal obstáculo para a redução do período de maturação na estação chuvosa foram os padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação (contagens de coliformes a 30 °C, coliformes a 45 °C e *Staphylococcus coagulase positiva*). Falhas higiênicas no processo de produção e na qualidade da matéria-prima podem resultar em contaminação e recontaminação dos queijos.

Portanto, sugere-se que os preceitos das boas práticas de fabricação sejam cuidadosamente seguidos, como forma de minimizar a ocorrência dessa situação.

No período seco, o teor de umidade permaneceu acima do valor máximo permitido (45,9%) antes de os queijos atingirem 22 dias de maturação²⁶. Algumas estratégias utilizadas pelo produtor para evitar o ressecamento excessivo dos queijos nessa época (como o corte da coalhada em grãos maiores e a aplicação de menos força ao prensá-la) podem ter contribuído para que os queijos permanecessem com alto teor de umidade¹.

CONCLUSÕES

As contagens de coliformes a 45 °C e de leveduras e bolores foram os únicos parâmetros estatisticamente diferentes entre as estações. A maturação foi um fenômeno capaz de modificar significativamente a qualidade físico-química do QAM, além de diminuir sua carga microbiana. Os resultados da avaliação sanitária do QAM estavam de acordo com a legislação aos 60 (estação chuvosa) e 22 (estação seca) dias de maturação. Acredita-se que falhas higiênicas na manipulação dos queijos possam ter resultado em recontaminação, o que dificultou a determinação de um período de maturação mais precoce de acordo com a legislação atualizada.

O amadurecimento do QAM melhora significativamente a qualidade sensorial e a segurança dos produtos. Esse processo reduz a carga microbiana, impedindo o crescimento de microrganismos patogênicos, além de melhorar as características desejáveis, como sabor e textura. Essas transformações ressaltam a importância da maturação para garantir a conformidade com os padrões sanitários e preservar a identidade dos queijos artesanais.

REFERÊNCIAS

1. Costa Júnior LCG, Moreno VJ, Magalhães FAR, Costa RGB, Resende EC, Carvalho KBA. Maturação do queijo minas artesanal da microrregião Campo das Vertentes e os efeitos dos períodos seco e chuvoso. *Rev Inst Laticínios Cândido Tostes*. 2014;69(2):111-20. <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v69i2.326>
2. Castro RD, Oliveira LG, Sant'Anna FM, Luiz LMP, Sandes SHC, Silva CIF 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 the dry and rainy seasons. *J Dairy Sci*. 2016;99(8):6086-96. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10579>
3. Castro RD, Pedroso SHSP, Sandes SHC, Silva GO, Luiz CM, Dias RS et al. Virulence factors and antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* isolated from the production process of Minas artisanal cheese from the region of Campo das Vertentes. *J Dairy Sci*. 2020;103(3):2098-2110. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17138>
4. Sant'Anna FM, Acurcio LB, Alvim LB, Castro RD, Oliveira LG, Silva AM et al. Assessment of the probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from Minas artisanal cheese produced in the Campo das Vertentes region, Brazil. *Int J Dairy Technol*. 2017;70(4):592-601. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12422>
5. Khattab AR, Guirguis HA, Tawfik SM, Farag MA. Cheese ripening: a review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment. *Trends Food Sci Technol*. 2019;88:343-60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.009>
6. Nery FH, Machado MMM. Análise multifractal da variabilidade espacial pluviométrica no estado de Minas Gerais. *Ra'e Ga*. 2019;45(1):233-49. <https://doi.org/10.5380/raega.v45i1.53472>
7. 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 União*. 30 mar 2017
8. Instituto Mineiro de Agropecuária - IMA. Portaria Nº 2.051 de 7 de abril de 2021. Define o período de maturação do queijo minas artesanal produzido nas microrregiões de Araxá, Campos das Vertentes, Canastra, Cerrado, Serra do Salitre, Serro e Triângulo Mineiro. *Diário Oficial do Estado*. 8 abr 2021.



9. American Public Health Association - APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: American Public Health Association; 2005.
10. Singhal N, Kumar M, Kanaujia PK, Viridi JS. MALDI-TOF mass spectrometry: an emerging technology for microbial identification and diagnosis. *Front Microbiol.* 2015;6:791. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00791>
11. International Dairy Federation - IDF. Yogurt: enumeration of characteristic microorganisms colony count technique at 37°C. Brussels: International Dairy Federation; 1983.
12. International Dairy Federation - IDF. Cheese and processed cheese: determination of total solids content. Brussels: International Dairy Federation; 1982.
13. Merck KGaA. Reativos, diagnóstica, productos químicos 1992/93. Darmstadt: Merck; 1993.
14. International Dairy Federation - IDF. Cheese: determination of fat content. Butyrometer for Van Gulik method. Brussels: International Dairy Federation; 2008.
15. International Dairy Federation - IDF. Milk: determination of nitrogen content. Brussels: International Dairy Federation; 1993.
16. Bombachi R, Camargo AC, Firmo MJN, Menezes LDM, Fusieger A, Carvalho AF et al. Influence of ripening and moisture on the microbiological quality of Minas artisanal cheese. *Food Biosci.* 2015;60. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104364>
17. Mugampoza D, Gkatzionis K, Swift B, Rees CE, Dodd CE. Diversity of *Lactobacillus* species of stilton cheese relates to site of isolation. *Front Microbiol.* 2020;11:1-12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00904>
18. Etter D, Corti S, Spirig S, Cernela N, Stephan R, Jöhler S. *Staphylococcus aureus* population structure and genomic profiles in asymptomatic carriers in Switzerland. *Front Microbiol.* 2020;11:1-7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01289>
19. Chaibenjwong P, Foster SJ. Desiccation tolerance in *Staphylococcus aureus*. *Arch Microbiol.* 2011;193:125-35. <https://doi.org/10.1007/s00203-010-0653-x>
20. Martínez-Vasallo A, Ribot-Enríquez A, Riverón-Alemán Y, Remón-Díaz D, Martínez-García YA, Jacsens L et al. *Staphylococcus aureus* in the production chain of artisan fresh cheese. *Rev Salud Anim.* 2019;41(1):1-9.
21. Fröhlich-Wyder MT, Arias-Roth E, Jakob E. Cheese yeasts. *Yeast.* 2019;36(3):129-41. <https://doi.org/10.1002/yea.3368>
22. Banjara N, Suhr M, Hallen-Adams HE. Diversity of yeast and mold species from a variety of cheese types. *Curr Microbiol.* 2015;70:792-800. <https://doi.org/10.1007/s00284-015-0790-1>
23. Zaravela A, Kontakos S, Badeka AV, Kontominas MG. Effect of adjunct starter culture on the quality of reduced fat, white, brined goat cheese: part I. Assessment of chemical composition, proteolysis, lipolysis, texture and sensory attributes. *Eur Food Res Technol.* 2021;247:2211-25. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03780-4>
24. Bettera L, Alinovi M, Mondinelli R, Mucchetti G. Ripening of nostrano valtrompia PDO cheese in different storage conditions: influence on chemical, physical and sensory properties. *Foods.* 2020;9(8):1-18. <https://doi.org/10.3390/foods9081101>
25. Carneiro JO, Chaves ACS, Stephan MP, Boari CA, Koblitz MGB. Artisan minas cheese of Serro: proteolysis during ripening. *Heliyon.* 2020;6(7):1-7. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04446>
26. Estado de Minas Gerais. Decreto Nº 44.864, de 1 agosto 2008. Altera o regulamento da lei Nº 14.185, de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção de queijo Minas artesanal. Diário Oficial do Estado. 2 ago 2008.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) e à Pró-Reitoria de Pesquisa da UFMG pelo financiamento desta pesquisa com subsídios e bolsas de estudo. Agradecemos também aos produtores de queijo da região de Campo da Vertentes que se ofereceram para participar do estudo.

Contribuição dos autores

Valente GLC, Silva AM, Penna CFAM, Souza MR - Concepção, planejamento (desenho do estudo), aquisição, análise, interpretação dos dados e redação do trabalho. Figueiredo RC, Brito RF, Fonseca LM - Análise. Lana AMQ - Planejamento (desenho do estudo), análise e interpretação dos dados. Souza BMS - Redação do trabalho. Madureira AP - Planejamento (desenho do estudo) e análise. Todos os autores aprovaram a versão final do trabalho.

Conflito de interesses

Os autores informam não haver qualquer potencial conflito de interesse com pares e instituições, políticos ou financeiros deste estudo.



Licença CC BY. Com essa licença os artigos são de acesso aberto que permite o uso irrestrito, a distribuição e reprodução em qualquer meio desde que o artigo original seja devidamente citado.