

Capítulo 17

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, ACEITAÇÃO SENSORIAL E PERFIL PROTEOLÍTICO DE QUEIJO HIPOSSÓDICO MATURADO POR CULTURA ADJUNTA

Marly Sayuri Katsuda

Jonas de Sousa

Eduarda Cristina Catandubas Goulart

Deyse Sanae Ota

Renata Marques Bonfim

Felipe Amorin Rossi

Valéria Barbosa Gomes de Santis

Marina Levorato de Moraes

Jefferson Sussumu de Aguiar Hachiya

Luciana Furlaneto-Maia

1. INTRODUÇÃO

O Queijo Minas padrão é um produto tipicamente brasileiro, produzido em Minas Gerais desde o século XIX. É conhecido pela sua consistência macia a semidura de acordo com o seu grau de maturação, possui a coloração interna branco-creme e a casca fina amarelada formada após 10 dias de maturação (BRASIL, 1996; FURTADO et al., 2005).

Este queijo é largamente produzido e apreciado em todo o país, e, portanto, é um dos cinco queijos mais consumidos no país. Sua composição e as

características sensoriais podem alterar de acordo com a tradição ou a arte do queijeiro regional. De acordo com a legislação brasileira para todos os tipos de queijos industrializados, o queijo Minas padrão pode ser classificado como queijo semigordo a gordo e de umidade média a alta considerando diversos fatores, tais como, qualidade da matéria-prima, tipo do fermento láctico, procedimentos de elaboração e tempo de maturação (BRASIL, 1996; FOX et al., 2000).

O queijo Minas padrão é elaborado a partir do leite integral e pasteurizado com adição de fermento mesófilo, geralmente composto por *Lactococcus lactis* e *Lactococcus cremoris*, embora algumas indústrias acrescentem culturas lácticas aromáticas para diferenciar seu sabor e textura visando diferenciar seu produto no mercado. O procedimento de elaboração deste queijo apresenta algumas etapas parecidas com a produção do queijo Minas Frescal, mas possuem particularidades, tais como: tamanho dos grãos menores, maior tempo de agitação, enformagem em formas com dessoradores para formar a casca, prensagem da massa, salga prolongada, secagem e maturação de no mínimo 20 dias. Este queijo pode ser comercializado sob refrigeração por um período de três meses (PERRY, 2004; FURTADO, 2005).

A variação da produção do queijo Minas padrão em todo o país, promove alterações composicionais, em especial quanto ao teor de sal, muitas vezes impulsionada pelo perfil do mercado consumidor. Estudo realizado por Felício et al. (2013) constataram que 90% das amostras analisadas de requeijão e queijo Minas padrão amostradas em diversas regiões no país apresentaram teores de sódio superior a 400 mg/100 g, concentração classificada como de alto teor de sal de acordo com a Agência da Vigilância Sanitária quando em comparação os demais queijos consumidos no Brasil.

Segundo estudos realizados por pesquisadores, publicados na série Trends 2020, desde 2014 vem crescendo o segmento de consumidores que buscam por alimentos saudáveis produzidos de forma sustentável. O aspecto saudabilidade visado por este perfil de consumidores envolvem alimentos que proporcionem seu bem-estar diário e que tenham efeitos positivos na proteção contra doenças. Neste aspecto buscam por produtos puros, naturais e personalizados para a saúde física, mental e emocional. Deste modo, o estudo apontou demandas por alimentos com baixo teor de sódio voltados para consumidores hipertensos, hipercolesterolêmicos, além dos indivíduos que visam prevenir a evolução da doença proporcionando sua qualidade de vida (ZACARCHENKO; VAN DENDER; REGO, 2017).

Há diversas alternativas para reduzir o teor de sódio no queijo, os quais envolvem reduzir a concentração do cloreto de sódio (NaCl) no queijo ou

substituir parcialmente o mesmo por cloreto de magnésio ($MgCl_2$), de cálcio ($CaCl_2$), de lítio ($LiCl$) ou de potássio (KCl) na etapa de salga dos queijos. O KCl apresentou melhor desempenho como substituto do $NaCl$, porém estudos comprovaram que o substituinte proporciona o sabor residual metálico, assim como alterações na textura e sobretudo, evidencia um gosto amargo aos queijos. Estudo com queijos naturais e processados demonstraram que é possível substituir entre 30 e 40% do $NaCl$ por KCl com poucas alterações composicionais, sensoriais, reológicas e microbiológicas do produto final, porém ocorreu incidência de sabor ácido, além de aumentar a proteólise e atividade da água (JOHNSON et al., 2009; GUINNE, 2004).

Katsuda et al. (2017a) estudaram o efeito da substituição parcial do $NaCl$ pelo KCl , nas proporções variando entre 20 e 80%, sob as características físico-químicas e textura no queijo Minas padrão, observaram que ao substituir mais de 60% do sódio pelo potássio promoveu aumento significativo nos teores de umidade e redução da firmeza. Ao avaliar sensorialmente, os queijos Minas padrão com as mesmas proporções de substituinte, os provadores não perceberam efeitos nos atributos aparência, sabor de queijo, gosto salgado e textura em até 60% de KCl (KATSUDA et al., 2017b).

Como alternativa para mascarar o gosto residual amargo proveniente do potássio, envolve a adição de ervas aromáticas, aminoácidos ou culturas lácticas adjuntas produtoras de aroma. Estudos indicam que a inoculação dessas culturas melhora o sabor de queijos devido ao aumento da concentração de aminoácido livres (ARDÖ, 1997; FOX et al., 2000).

As cepas de bactérias ácido lácticas podem apresentar incremento na qualidade do produto final. O *Lactobacillus helveticus* pertence ao grupo das bactérias ácido láctica, produzindo o ácido láctico como principal produto de seu metabolismo e ainda cetonas, aldeídos e compostos sulfurosos. É uma bactéria homofermentativa termofílica, capaz de fermentar a galactose, glicose e lactose. A adição do *L. helveticus* como cultura adjunta é considerada muito importante para a indústria de laticínios por apresentar capacidade de reduzir o sabor amargo, devido à sua especificidade de atuar em ligações contendo prolina, além de conferir sabor característico ao queijo. Tem sido utilizado como cultura adjunta na produção de queijos semiduros de baixo teor de gordura, promovendo aumento dos níveis de proteólise, diminuição do sabor amargo e intensificação dos sabores desejáveis (DRAKE; SWANSON, 1995).

A espécie *Streptococcus thermophilus* pertence ao grupo das bactérias ácido láctica de grande importância na indústria laticinista e é amplamente utilizada

para elaboração de diversos produtos lácteos fermentados. Possui atividade homofermentativa e seu metabolismo confere outra propriedade tecnológica importante, a atividade proteolítica. Estas bactérias também são consideradas nutricionalmente exigentes. O sistema proteolítico deste grupo de bactérias compreende cerca de 20 enzimas proteolíticas e está formado por proteases capazes de hidrolisar a caseína, por um conjunto de transporte de aminoácidos e de peptídeos necessários para a importação de aminoácidos, e por um grupo de peptidases intracelulares envolvidas na hidrólise de peptídeos derivados da caseína (HOIER et al., 2010; DE VUYST; TSAKALIDOU, 2008).

Portanto, o presente trabalho consistiu em avaliar o efeito da substituição do cloreto de sódio pelo potássio em queijos Minas Padrão adicionado de cultura adjunta sobre as características físico-química, sensorial e composicional. O estudo avaliou a evolução da proteólise e acidez ao longo dos 40 dias de maturação a 14 °C, enquanto a aceitação sensorial foi realizada apenas aos 20 dias de maturação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O leite utilizado foi padronizado para 3,4% de gordura sem homogeneizar e pasteurizado no laticínio De Leite localizado na cidade de Londrina-PR. Para a produção do queijo foi utilizado coagulante líquido da marca Estrella® (Chr. Hansen) composto por quimosina produzida por fermentação com o poder coagulante de 1:3000. As culturas utilizadas para a produção dos queijos foram: *Lactococcus lactis* e *Lc. cremoris*, denominação comercial DVS R-704 (Chr. Hansen) e o fermento com cultura adjunta foi composta por *Lc. lactis*, *Lc. cremoris*, *Lb. helveticus* e *S. thermophilus*, DVS RSF-736 (Chr. Hansen), a quantidade utilizada foi realizada segundo especificações do fabricante.

2.1 ELABORAÇÃO DO QUEIJO MINAS PADRÃO

Os queijos Minas padrão foram elaborados conforme a metodologia descrita por Furtado (2005) com modificações. Foram elaborados 2 tratamentos de queijos com fermento láctico homofermentativo mesofílico composto por *Lc. lactis*, *Lc. cremoris* (A) e outro com o fermento contendo culturas lácticas mesofílicas (*Lc. lactis*, *Lc. cremoris*) e cultura adjunta composta por *Lb. helveticus* e *S. thermophilus* (B). Os tratamentos com fermentos A e B foram salgados por 3

misturas de sal com diferentes proporções de cloreto de sódio e/ou de potássio (NaCl/KCl) nas seguintes proporções: 100:0 (C), 50:50 (T1) e 30:70 (T2). As elaborações dos queijos foram realizadas no Laboratório de Laticínios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Londrina-PR.

O leite padronizado a 3,4% foi pasteurizado na indústria de laticínio produtora do leite tipo A (Londrina-PR) e foi acondicionado em tanque de coagulação e ajustado na temperatura de 35 °C. Em seguida adicionou-se fermento láctico A ou B e foram maturados por um período de 10 minutos. Adicionou-se 0,04% de cloreto de cálcio 50% (v. v⁻¹) e depois o coagulante da marca Estrela (Chr. Hansen) de acordo com a recomendação do fabricante (0,08% v. v⁻¹). O leite permaneceu em repouso por 50 minutos para a obtenção da coalhada, posteriormente realizou-se o corte em cubos de 1 cm³ e após um repouso de 5 minutos efetuou-se uma agitação por 40 minutos e dessora parcial da coalhada. A salga realizada foi direto na massa na proporção de 1% (p.v⁻¹) para cada tratamento (A e B) com as três proporções de sal (C, T1 e T2).

Após a difusão do sal, este permaneceu em repouso por 10 minutos e em seguida realizou-se a pré-prensagem (equivalente ao dobro do peso da coalhada) por 10 minutos. A massa foi acondicionada em formas cilíndricas de 1 Kg com dessorador, os quais foram submetidos à prensagem de 30 minutos com pressão equivalente a 10 vezes o peso do queijo, seguido de viragens e prensagens com intervalos de 1 hora, totalizando 3 horas. Os queijos foram desenformados e submetidos à secagem à temperatura de 10 °C por um período de 24 horas. Os queijos foram embalados a vácuo e maturados em câmaras de maturação à temperatura de 14 °C.

2.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

A composição proximal de todos os tratamentos foi realizada aos 40 dias de maturação. Foram determinados os teores de extrato seco total (EST), umidade por método gravimétrico, proteína pelo método micro-Kjedahl, cinzas por calcinação em mufla a 550 °C e cloretos pelo método argentométrico (AOAC, 2003). O teor de gordura foi determinado pelo método volumétrico empregando butirômetro de Gerber (IAL, 2008) e a gordura no extrato seco (GES) foi determinada pela razão entre a gordura e o extrato seco total. Todas as análises foram feitas em triplicata.

O preparo da amostra foi realizado conforme os procedimentos descritos pela IAL (2008) e a quantificação de sódio e potássio ocorreu no fotômetro de

chamas utilizando as soluções padrões de Na e de K como referência e depois convertido na unidade em mg.100 g⁻¹ de queijo.

A determinação da fração nitrogenada solúvel de todos os tratamentos foi realizada aos 0, 20 e 40 dias de maturação. As frações de nitrogênio solúvel (NS) consistiu na determinação do nitrogênio não caseico (NNC) em pH 4,6 (VAKALERIS; PRICE, 1959) e nitrogênio não proteico (NNP) solúvel em TCA (GRIPON, 1975). Para avaliar os estágios de maturação, determinou-se o índice de proteólise primária ou extensão de maturação que consistiu na razão entre NNC e Nitrogênio Total (NT) expresso em porcentagem. E a proteólise secundária ou índice de profundidade de maturação que consistiu na razão entre NNP e NT, expresso em porcentagem (WOLFSCHOON-POMBO, 1983).

2.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Após 10 dias de maturação, todas amostras de queijos foram avaliadas microbiologicamente visando o conferir a segurança alimentar para realizar análise sensorial, atendendo o protocolo ético em pesquisa com seres humanos. Os requisitos microbiológicos foram controlados conforme o regulamento vigente para queijos de alta umidade (BRASIL, 1996), determinado previamente na análise físico-química, os quais envolvem a avaliação na contagem de Coliformes totais, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* realizadas por 3Mtm Petrifilmtm (Sumaré/SP), cujo os procedimentos foram realizados conforme os métodos oficiais AOAC (2003). As análises de pesquisa de *Salmonella* spp. foram realizadas de acordo com Silva (2008).

2.4 ANÁLISE SENSORIAL

A avaliação sensorial foi realizada no laboratório de Sensorial da UTFPR Câmpus Londrina. As amostras dos queijos maturados por 20 dias assegurados pela análise microbiológica foram avaliadas por 50 provadores não treinados envolvendo alunos e servidores. Cada provador recebeu o termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo comitê de ética da UTFPR (CAAE n. 50738515.9.0000.5547) de acordo com a Resolução n° 466 de 2012. As amostras de queijo foram fracionadas em cubos de 1,5 cm de aresta, previamente estocados a 10 °C e foram apresentadas aos avaliadores em pratos plásticos codificados com número de três dígitos de forma aleatorizada. As análises foram realizadas em duas sessões, cada uma com três amostras para não saturar as papilas

gustativas. Os provadores eram orientados enxaguar a boca com água a temperatura ambiente no intervalo entre a prova das amostras. Os provadores deveriam atribuir notas para os atributos sabor de queijo, sabor salgado, textura e nota global em uma ficha de escala hedônica híbrida variando de 0 a 10 pontos, cujo 0 corresponde a “desgostei extremamente” e 10 “gostei extremamente”, proposta por Villanueva, Petenate e Silva (2005).

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados da composição proximal e análises físico-químicas realizados nos queijos foram tratados por Análise de Variância (ANOVA) e a comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O teor de umidade de todos os tratamentos apresentou-se superior a 46% o que classifica os queijos como de alta umidade de acordo com a legislação vigente para queijos (BRASIL, 1996). O queijo T1A apresentou teor de umidade significativamente menor comparado aos demais tratamentos, embora o T2A encontre-se similar ao controle (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição proximal e características físico-químicas dos queijos Minas Padrão com cultura homofermentativa (A) e cultura adjunta (B) com diferentes proporções de NaCl:KCl – C (100:0), T1 (50:50) e T2 (30:70)

Parâmetros	CA	T1A	T2A	CB	T1B	T2B
Umidade (%)	49,24 ^{aA} ±0,28	47,96 ^{bB} ±0,18	48,96 ^{aA} ±0,18	48,67 ^{bA} ±0,24	51,07 ^{aA} ± 0,15	49,04 ^{bA} ± 0,22
Gordura (%)	25,0 ^{aA} ± 0,0	19,3 ^{cB} ± 0,6	22,5 ^{bA} ± 0,0	20,0 ^{bB} ± 0,0	22,5 ^{aA} ± 0,0	24,2 ^{aA} ± 2,5
GES (%)	49,3 ^{aA} ±0,3	37,2 ^{cB} ±1,0	44,1 ^{bB} ±0,2	39,0 ^{bB} ±0,2	46,0 ^{aA} ±0,1	47,4 ^{aA} ±0,6
Proteína (%)	22,7 ^{aA} ± 0,7	21,0 ^{aA} ± 1,7	22,0 ^{aA} ± 0,8	24,9 ^{aA} ± 1,3	22,6 ^{aA} ± 0,8	23,4 ^{aA} ± 0,7
Cloretos (%)	0,3 ^{aA} ± 0,0	0,3 ^{aA} ± 0,0	0,3 ^{aA} ± 0,0	0,3 ^{aA} ± 0,0	0,3 ^{aA} ± 0,0	0,3 ^{aA} ± 0,0
Aw	0,97 ^{bA} ± 0,0	0,98 ^{aA} ± 0,0	0,98 ^{aA} ± 0,0	0,97 ^{bA} ± 0,0	0,97 ^{bB} ± 0,0	0,98 ^{aA} ± 0,0
Sódio (mg.100g ⁻¹)	180,01 ^{aA} ± 0,04	103,67 ^{bA} ± 25,94	51,50 ^{cA} ± 11,62	115,74 ^{aA} ± 0,35	119,88 ^{aA} ± 12,83	28,38 ^{bB} ± 0,01
Potássio (mg.100g ⁻¹)	77,50 ^{bA} ± 3,52	121,56 ^{aA} ± 93,82	58,94 ^{bA} ± 25,73	11,06 ^{cB} ± 1,44	198,93 ^{aA} ± 0,76	23,65 ^{bA} ± 0,01

GES - Gordura no extrato seco, Aw - Atividade de água.

a, b – letras minúsculas iguais indicam que não houve diferença estatística quanto ao nível do sal.

A, B – letras maiúsculas iguais indicam que não houve diferença estatística entre os tratamentos com o mesmo nível do sal com diferente fermento láctico.

Fonte: Autoria própria (2019).

Por outro lado, ao elaborar queijos com cultura adjunta e 50% de substituição do sódio pelo potássio (T1B) apresentou maior teor de umidade. O teor de umidade deste tratamento neste estudo apresentou similar aos queijos Minas padrão contendo 60% de cloreto de potássio como substituinte do sódio avaliados por Katsuda et al. (2017a). Apesar do T1A e T1B terem apresentado diferença estatística comparado aos demais tratamentos que receberam a mesma cultura, pode-se observar que somente estes tratamentos com 50% de redução de NaCl apresentaram diferença estatística quando o fermento é associado à cultura adjunta. Vários estudos demonstraram que *S. thermophilus* possui capacidade produtora de exopolissacarídeos o que pode contribuir com a retenção de umidade. Gomes-Santi et al. (2018) observaram aumento no teor de umidade nos queijos que receberam as mesmas culturas adjuntas associado

às mesmas proporções de NaCl/KCl em queijo Minas padrão com redução de 30% do teor de gordura.

O teor de gordura e GES variaram em todos os níveis de mistura dos sais quando adicionado de cultura homofermentativa (A) ou de cultura adjunta (B). Não foi possível observar que a substituição do NaCl pelo KCl teve efeito neste componente e tão pouco a inclusão da cultura adjunta. O queijo produzido neste estudo apresentou classificação quanto ao teor de gordura como semigordo a gordo (BRASIL, 1996).

Não foi observado efeito da redução do sódio e adição de cultura adjunta nos teores de proteína e cloretos neste estudo. Gomes et al. (2018) também não observaram alteração neste parâmetro em seu estudo com o mesmo tipo do queijo desenvolvido neste trabalho. Os teores de cloretos nos queijos apresentaram 70% inferior ao que foi incorporado, o que permite observar que houve lixiviação do sal neste estudo.

Os valores da atividade de água aumentaram com a substituição do NaCl por KCl com fermento homofermentativo, enquanto os tratamentos maturados por cultura adjunta demonstraram aumento na atividade de água a partir de 70% de redução do NaCl (T2). A adição da cultura adjunta contribuiu na estabilidade no valor deste parâmetro em até 50% de redução do sódio.

Com a substituição do sódio pelo potássio houve redução de 70% nos queijos adicionados de cultura homofermentativa (T2A) conforme proposto no estudo. Por outro lado, os queijos produzidos com culturas adjuntas tiveram uma redução de quase 80% do teor de sódio. De acordo com a Resolução nº 54 (BRASIL, 2012), os queijos que tiveram redução de 50% de sódio, para ambos os fermentos lácticos aplicados, podem ser classificados como queijo de muito baixo teor de sódio por apresentarem-se inferior a 40 mg por porção do queijo (30 g), pois, se extrapolasse a porção para 100 g o limite deveria encontrar-se inferior a 133,2 mg. No caso do lote de queijos que receberam culturas adjuntas (B), mesmo o tratamento controle que não recebeu KCl na massa, apresentou a mesma classificação para os queijos que tiveram redução do sódio. O que permite mencionar que houve problemas na extração do sódio neste tratamento. Embora o teor de sódio e potássio neste estudo tenham apresentado níveis próximos aos obtidos por Katsuda et al. (2017a).

As análises microbiológicas de todos os tratamentos apresentaram contagens de coliformes e estafilococos abaixo dos limites para queijos com alta umidade conforme determinado na composição proximal neste estudo.

Os provadores não identificaram diferença estatística entre os tratamentos com diferentes teores de sal e adição de cultura adjunta relativa ao sabor (de queijo e salgado), textura e aceitação global (Tabela 2).

Tabela 2 – Média das notas atribuídas a 50 provadores para cada atributo dos queijos, sendo C (A e B) 100 % NaCl, T1 (A e B) 50:50% NaCl e KCl, e T2 (A e B) 30:70% NaCl e KCl respectivamente

Formulação	Sabor de queijo	Sabor salgado	Textura	Aceitação global
CA	7,00±1,85 ^a	7,00±1,82 ^a	8,00±1,93 ^a	7,00±1,59 ^a
T1A	7,00±1,89 ^a	6,50±2,06 ^a	8,00±1,97 ^a	7,00±1,77 ^a
T2A	7,00±1,94 ^a	6,00±1,93 ^a	7,00±1,99 ^a	7,00±1,52 ^a
CB	8,00±1,59 ^a	7,00±1,62 ^a	7,00±1,75 ^a	7,80±1,68 ^a
T1B	7,30±1,97 ^a	7,00±1,96 ^a	8,00±1,77 ^a	8,00±1,59 ^a
T2B	7,00±1,49 ^a	7,00±1,89 ^a	7,00±1,84 ^a	7,00±1,51 ^a

Fonte: Autoria própria (2019).

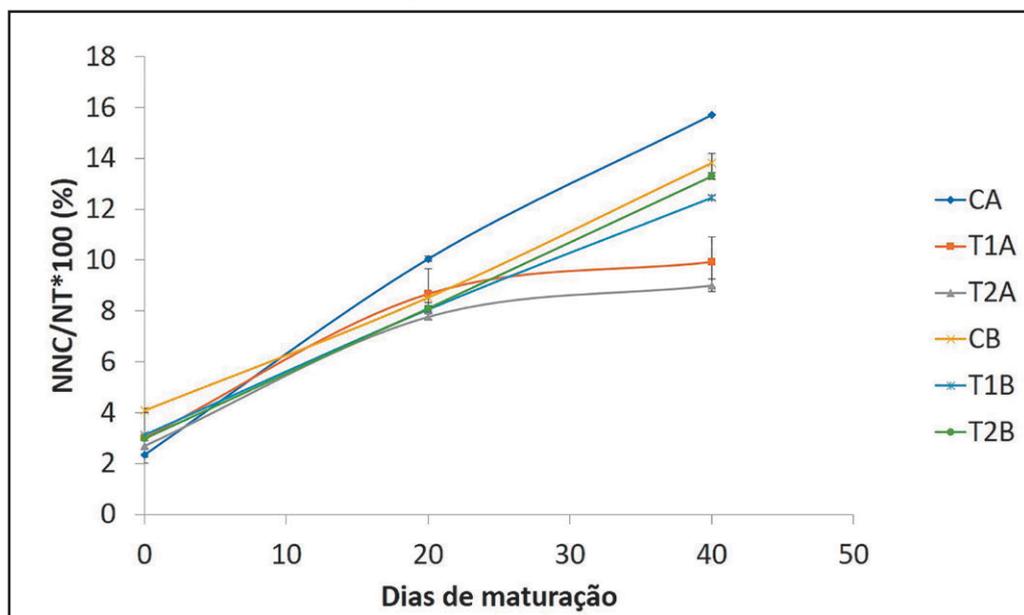
As notas atribuídas para os queijos com culturas homofermentativas apresentaram menor aceitação comparado aos mesmos níveis de sais nos queijos Minas padrão analisados sensorialmente por Katsuda et al. (2018). Neste estudo os provadores perceberam uma ligeira perda no gosto salgado de queijos que tiveram redução nas concentrações de sódio com fermento homofermentativo, em especial o T2A, atribuindo menor nota comparado aos queijos com culturas adjuntas. Alguns provadores mencionaram que o queijo com 70% de redução do sódio maturado com cultura homofermentativa (T2A) apresentou gosto amargo e metálico. Este gosto não foi mencionado pelos provadores em queijos elaborados com cultura adjunta, possivelmente por mascarar o gosto devido à sua característica de produzir aroma e maior atividade proteolítica.

Os provadores não detectaram diferenças significativas na textura dos queijos avaliados neste estudo, uma vez que em virtude do tempo de maturação não foi possível promover atividades proteolíticas que contribuam com aumento na maciez. De acordo com Katsuda et al. (2017b), ao substituir NaCl por KCl em proporções acima de 40 % em queijo Minas padrão com 20 dias de maturação, os provadores notaram perceptível aumento da maciez do queijo, o que melhorou a aceitação dos mesmos.

No tempo inicial o fermento láctico e a substituição do sal parecem não ter afetado a solubilidade do nitrogênio caseico (Figura 1).

Com o avançar do tempo de maturação todos os tratamentos apresentaram o mesmo comportamento crescente da fração nitrogenada. Aos 40 dias de maturação o tratamento CA apresentou maior índice de extensão de proteólise, enquanto os queijos com culturas adjuntas, independente dos níveis de redução de sódio apresentaram o mesmo comportamento de proteólise, o que permite observar que a redução do sódio parece não afetar a atividade proteolítica primária.

Figura 1-Evolução do índice de extensão de proteólise (NNC/NT) ao longo dos 40 dias de maturação



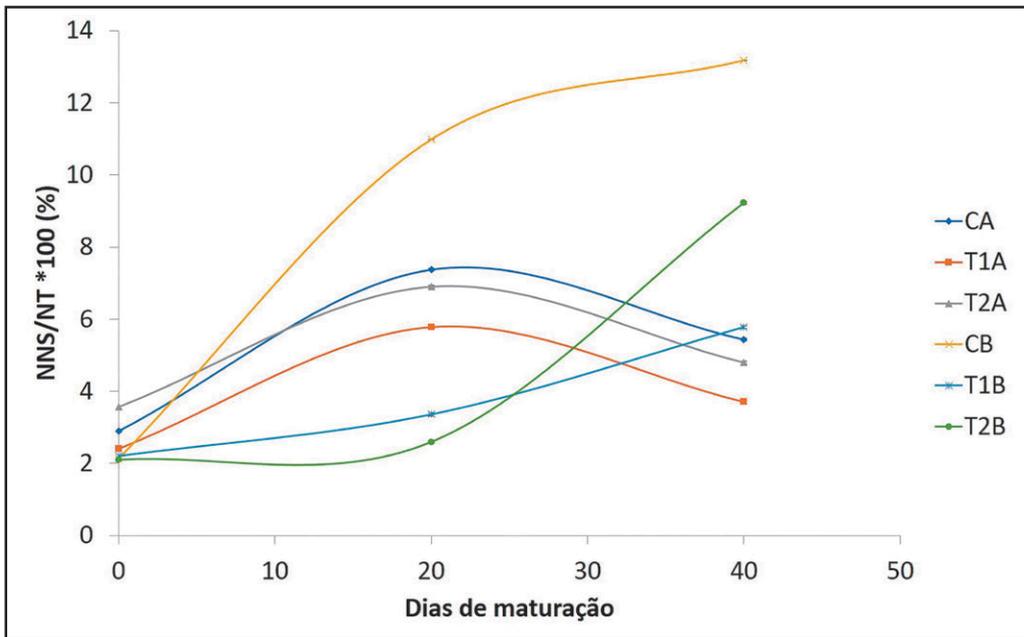
Fonte: Autoria própria (2019).

A proteólise primária ou índice de extensão ocorre principalmente pela atuação das enzimas residuais do coagulante e não pelas bactérias ácido lácticas (WOLFSCHOON-POMBO, 1983; FOX et al., 2000). Gomes-Santis et al. (2018) não observaram efeito da adição da cultura adjunta e redução do sódio no índice de extensão de proteólise.

A maioria dos tratamentos apresentaram os mesmos índices de NNS/NT similares, exceto o tratamento T2A que apresentou significativamente superior (Figura 2).

Aos 20 dias de maturação o queijo adicionado de cultura adjunta (CB) apresentou maior atividade proteolítica, comparado aos demais tratamentos. Enquanto os queijos adicionados de culturas homofermentativas tiveram o mesmo comportamento, embora o queijo CA tenha apresentado aumento no índice de profundidade de proteólise. Os queijos maturados com cultura adjunta e substituintes de cloreto de sódio apresentaram menores atividades proteolíticas neste período.

Figura 2 - Evolução do índice de profundidade de proteólise (NNS/NT) ao longo dos 40 dias de maturação



Fonte: Autoria própria (2019).

Analisando o índice de profundidade de maturação observa-se que após os 20 dias, somente o tratamento CA apresentou aumento no índice de profundidade. Os demais tratamentos apresentaram queda significativa da proteólise secundária nos queijos elaborados com o fermento homofermentativo (A) comparado à cultura adjunta (B). O que parece ter ocorrido uma estabilidade na atividade proteolítica neste tempo de maturação. Silva (2014) constatou que o índice de profundidade apresentou-se estável ao longo de 45 dias de maturação ao utilizar o mesmo tipo de fermento homofermentativo mesofílico no queijo Minas Padrão. Gomes-Santis et al. (2018) observaram o efeito da adição da cultura

adjunta sobre o índice de profundidade de proteólise ao longo do tempo, com aumento significativo. Porém não houve efeito significativo sobre a substituição do NaCl por KCl. Quanto maior a atividade proteolítica maior a concentração de peptídeos menores e aminoácidos, o que contribui com o aroma dos queijos (FOX et al., 2000).

Portanto, a adição da cultura lática adjunta contribuiu com a aceitação sensorial, bem como promoveu maior atividade proteolítica o que pode ser uma proposta promissora na aplicação em queijos com substituição de sódio pelo potássio.

4. CONCLUSÃO

A substituição do NaCl por KCl contribuiu com o aumento da atividade de água e redução do teor de sódio, enquadrando sua classificação como queijos de muito baixo teor de sódio de acordo com a legislação para alimentos hipossódicos. Não houve efeito nas características físico-químicas nos queijos adicionados de culturas adjuntas.

Os queijos adicionados de culturas adjuntas aliados à redução de sódio não apresentaram diferença estatística comparado aos queijos maturados por fermento mesófilo homofermentativo com as mesmas proporções da mistura dos sais de cloretos.

A adição das culturas adjuntas não afetou o índice de extensão de proteólise, mas houve efeito significativo no índice de profundidade de proteólise, em especial após 40 dias de maturação.

O uso de culturas adjuntas pode ser uma alternativa promissora para mascarar o sabor residual do cloreto de potássio em queijos de média maturação.

AGRADECIMENTOS

Os nossos agradecimentos ao CNPq e à Fundação Araucária pela concessão da bolsa. Em especial ao Laboratório Multiusuário da UTFPR no Câmpus Londrina pelo apoio instrumental no desenvolvimento das análises físico-químicas. Agradecemos ao Instituto Federal do Paraná Londrina pela realização das análises dos minerais.

REFERÊNCIAS

ARDÖ, Y. Flavour and texture in low-fat cheese. In: LAW, B. A. **Microbiology and biochemistry of cheese and fermented milk**. London, Blackie Academic & Professional, 1997. p. 208-218.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 17. ed. Washington, DC: AOAC, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146 de 07 de março de 1996. **Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do queijo**. Diário Oficial da União, 11 de março de 1996.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 54 de 12 de Novembro de 2012. **Regulamento técnico sobre informação nutricional complementar**. Diário Oficial da União, Seção 1, n. 219, Brasília, DF, 13 de novembro de 2012.

DE VUYST, L.; TSAKALIDOU, E. Streptococcus macedonicus, a multi-functional and promising species for dairy fermentations. **International Dairy Journal**, v. 18, p. 476-485, 2008.

DRAKE, M. A.; SWANSON, B. G. Reduced and low fat cheese technology: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 6, n. 11, p. 366-369, 1995.

FELÍCIO, T. L. et al. Cheese. What is its contribution to the sodium intake of Brazilians? **Appetite**, v. 66, p. 84-88, 2013.

FOX, P. F. et al. **Fundamentals of Cheese Science**. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers Inc., 587 p., 2000.

FURTADO, m. m. Quesos típicos de Latinoamérica. São Paulo: Fonte Comunicações e Editora Ltda.: [s.n], 2005.

GOMES-SANTIS, V. B. et al. Minas Padrão cheese with low sodium and fat: a physicochemical and sensory evaluation. In: HENRIQUES, M. H. F.; PEREIRA, C.J.D. **Cheese production, consumption and health benefits**. New York: Nova Science Publishers. 2018, Chapter 4, p. 97-128.

GRIPON, J. C. et al. Role of proteolytic enzymes of *Streptococcus lactis*, *Penicillium roquefort* and *Penicillium caseicolum* during cheese ripening. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 60, n. 10, p. 1532-1538, 1977.

GUINNE, T. P. Salting and the Role of the Salt in Cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 57, p. 99-109, 2004.

HOIER, E. et al. The Production, Application and Action of Lactic Cheese Starter Cultures. In: LAW, B. A; TAMIME, A. Y (Ed). **Technology of cheesemaking**. 2 ed. Westmorland: Blackwell Publishing Ltd, 2010. p. 166-178.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JOHNSON, M. E.; et al. Reduction of Sodium and Fat Levels in Natural and Processed Cheeses: Scientific and Technological Aspects. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 8, p. 252-268, 2009.

KATSUDA, M. S. et al. Queijo Minas Padrão com reduzido teor de sódio: efeito na composição e textura. In: Leite, D. B. G.; Frasson, A.C. **Desafios da Ciência e Tecnologia de Alimentos 3**. Curitiba: Atena, 2017a, p.157-167.

_____. Aceitação sensorial de queijo Minas Padrão com reduzido teor de sódio. In: LEITE, D. B. G.; FRASSON, A. C. **Desafios da Ciência e Tecnologia de Alimentos 3**. p. 8-16, Curitiba: Atena, 2017b.

_____. Aceitação sensorial de queijo Minas padrão com teor de sódio reduzido. In: OLIVEIRA, A. F. **Tópicos em ciência e tecnologia de alimentos: Resultados de pesquisas acadêmicas**. v.4, São Paulo: Editora Blucher, p. 313-334, 2018.

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

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2008.

VAKALERIS, D. G.; PRICE, W. C. Rapid spectrophotometric method for measuring cheese ripening. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 42, n. 2, p. 264-276, 1959.

VILLANUEVA, N. D. M.; PETENATE, A. J.; DA SILVA, M. A. A. P. **Performance of the Hybrid Hedonic Scale As Compared to the Traditional Hedonic**, Self-adjusting and Ranking Scales. *Food Quality and Preference*, v. 16. Issue 8, p. 691-703, 2005.

WOLFSCHOON-POMBO, A. F. Índices de proteólise em alguns queijos brasileiros. **Boletim do leite**, v. 51, p. 1-8 1983.

ZACARCHENCO, P. B.; VAN DENDER, A. G. F.; REGO, R. A. **Brasil dairy trends 2020**. Campinas: ITAL, 1. ed., 2017.