REVISTA
DO INSTITUTO DE LATICÍNIOS CÂNDIDO TOSTES
v. 78, n. 3, jul-set 2023

Revisão DOI: 10.14295/2238-6416.v78i3.943

USO DE ANTIOXIDANTES NATURAIS EM QUEIJO MINAS FRESCAL – REVISÃO

Use of natural antioxidants in Minas Frescal cheese – Review

Tatiana Labre da Silva[1], Fernanda de Jorge Gouvêa[1]*

RESUMO

O queijo Minas Frescal é relevante fonte nutricional na dieta, e seu consumo é expressivo e crescente. Entretanto, os ácidos graxos insaturados e colesterol presentes em sua fração lipídica são suscetíveis à oxidação, com implicações em questões de saúde devido a perdas na qualidade e formação de compostos nocivos aos consumidores. Em virtude da importância dos lácteos, associado à valorização da qualidade alimentar em consonância com práticas limpas de produção, destaca-se a importância da fração lipídica, com identificação da composição de ácidos graxos e teor de colesterol. A indústria de alimentos utiliza várias estratégias para o uso dos antioxidantes a fim de reduzir a oxidação lipídica e aumentar o prazo de validade. As ervas e especiarias são ingredientes naturais que têm sido amplamente utilizadas não apenas como aromatizante de alimentos, mas também por seus atributos de saúde. O presente estudo trata-se de uma revisão de literatura sobre a composição lipídica do queijo Minas Frescal e o uso de aditivos naturais para a proteção à oxidação lipídica. Assim, o uso de fontes vegetais no queijo Minas Frescal, além de conferir sabor, aroma e cor, são opções de conservantes naturais em substituição aos aditivos sintéticos, com presença de compostos antioxidantes, antimicrobianos e anticancerígenos, com potencial proteção às reações indesejáveis, atendendo à demanda dos consumidores por alimentos saudáveis.

Palavras-chave: ácidos graxos; colesterol; conservante; oxidação lipídica.

---

1 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Br 465, Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: labrerural@gmail.com

*Autor para correspondência

Recebido / Received: 01/04/2023
Aprovado / Approved: 03/08/2023

ABSTRACT

Minas Frescal cheese is a relevant nutritional source in the diet, and its consumption is expressive and growing. However, the unsaturated fatty acids and cholesterol present in its lipid fraction are susceptible to oxidation, with implications for health issues, due to quality losses and the formation of harmful compounds for consumers. Due to the importance of dairy products associated with the enhancement of food quality and clean production practices, it is important to the lipid fraction, identifying the composition of fatty acids and cholesterol content. The food industry uses different strategies for the use of antioxidants to reduce lipid oxidation and increase shelf life. Herbs and spices are natural ingredients widely used not only as a food flavoring but also for their health attributes. The present study is a literature review on the lipid composition of Minas Frescal cheese and the use of natural additives to protect against lipid oxidation. Thus, the use of vegetable sources in Minas Frescal cheese, in addition to providing flavor, aroma, and color, is an option for natural preservatives to replace synthetic additives, and presents antioxidant, antimicrobial, and anticancer compounds, with protective potential against undesirable reactions, corroborating to consumer demand for healthy food.

Keywords: cholesterol; fatty acids; lipid oxidation; preservative.

INTRODUÇÃO

A oxidação lipídica é uma das principais vias responsáveis pelas alterações da qualidade de alimentos, e acarreta perdas nutricionais e sensoriais, com formação de compostos oxidados potencialmente deletérios à saúde (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2017). Dessa forma, torna-se necessário o controle dos processos oxidativos em alimentos, o que pode ser alcançado pelo uso de antioxidantes. Os antioxidantes sintéticos são amplamente utilizados pela indústria alimentícia e representam uma alternativa prática e viável. No entanto, estudos relatam os efeitos deletérios à saúde associados ao consumo desses aditivos. Assim, é crescente a tendência pela substituição de antioxidantes sintéticos por antioxidantes naturais, os quais podem ser amplamente encontrados na natureza (OLIVEIRA *et al*., 2018).

Os produtos de origem animal, a exemplo dos lácteos, são alimentos com relevante importância nutricional e influenciam a saúde humana, devido à presença de fração lipídica com compostos poli-insaturados, a exemplo dos ácidos graxos e colesterol (MALDONADO-PEREIRA *et al*., 2018). Estes produtos, quando expostos a fatores oxidantes, sofrem perdas nutricionais e sensoriais, e ocorre a geração de compostos denominados produtos da oxidação do colesterol (OLIVEIRA *et al*., 2018).

A produção mundial de leite por espécie é composta por cerca de 81% de leite de vaca, 15% de leite de búfala e 4% restante de leites de ovelha, cabra e camela. A produção leiteira é crescente, com previsão de 1,7% de acréscimo ao ano na próxima década. Adicionalmente, projeta-se a elevação do consumo de 1% ao ano por pessoa, principalmente os lácteos frescos e queijos. (OECD/FAO, 2020). Dentre os produtos lácteos, destaca-se o queijo, que é amplamente consumido e apresenta alto teor de ácidos graxos e outros compostos relacionados à composição nutricional, com implicações de saúde, condições que estimulam as estratégias tecnológicas no beneficiamento do leite para garantia da qualidade final (VILLAMIL *et al*., 2021).

Segundo a Portaria n° 352 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 1997), "o queijo Minas frescal é um queijo fresco obtido por coagulação enzimática do leite com coalho e/ou outras enzimas coagulantes apropriadas, complementada ou não com ação de bactérias lácticas específicas; classificado como queijo semigordo de alta umidade, a ser consumido fresco, de consistência branda e macia, com ou sem olhaduras mecânicas, de cor esbranquiçada, de sabor suave a levemente

ácido, sem ou com crosta fina, de forma cilíndrica, e com peso de 0,3 a 5 kg".

Devido às características nutricionais e ao crescente consumo do queijo Minas Frescal, diferentes fontes vegetais foram utilizadas na sua fabricação, para agregar sabor, aroma e cor a este produto. O uso de fontes vegetais está associado à redução de reações oxidativas e manutenção da qualidade; e têm sido usadas como estratégias para a substituição de aditivos sintéticos na fabricação de queijos frescais. De acordo com Granato *et al*. (2018), o uso de extratos de ervas em queijos eleva a ingestão de bioativos e reduz a oxidação lipídica, adicionalmente conferem estabilidade microbiológica, opção para a indústria de alimentos em resposta às demandas dos consumidores.

Neste contexto, o uso de fontes vegetais na fabricação de queijos Minas Frescal representa relevante estratégia para incremento sensorial associado ao potencial tecnológico como aditivo natural. Desta forma, a presente revisão de literatura foi realizada com o objetivo de abordar as características da composição lipídica do leite de vaca e de queijo Minas Frescal e fatores relacionados à oxidação lipídica, com identificação de recursos para a utilização de condimentos como aditivos naturais.

COMPOSIÇÃO LIPÍDICA DO LEITE DE VACAS

O leite possui elevado valor nutricional, com importância econômica e social, devido a sua composição, geração de empregos e renda. Este alimento é fundamental para crianças com dieta de baixa ingestão de energia e proteína e representa relevante fonte de aminoácidos essenciais, energia, cálcio, magnésio, e vitamina B_{12} (Alimentarius – OECD/FAO, 2020). Adicionalmente, o leite também é uma fonte de ácidos graxos essenciais, de ácido linoleico conjugado (CLA), com ácidos graxos anticancerígenos e antioxidantes (HÖJER *et al*., 2012).

Santiago *et al*. (2019) mensuraram na composição do leite de vaca (g/100g de leite) teores de: 3,90 a 3,95 de proteínas, 4,54 a 4,64 de lactose, 12,02 a 12,43 de sólidos totais e 1,96 a 2,04 de colesterol total (mg/100 ml), e variação no perfil de ácidos graxos sob influência da alimentação, com teores superiores de ácidos graxos poli-insaturados e ácido linoleico (CLA) em dieta com silagem de capim elefante *(Cenchrus purpureus)* e de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) e CLA no pastejo de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*).

O leite de vaca contém de 3 a 4 gramas de gordura/100g de leite (OECD-FAO, 2018), com predomínio do ácido palmítico, seguido do oleico e esteárico (ALI *et al*., 2020; LIU *et al*., 2020a). Na Tabela 1 estão listadas as proporções de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados presentes na fração lipídica do leite de vaca. Em relação ao teor de colesterol no leite de vaca, Pignata *et al*. (2014) identificaram 13,10±0,60 mg/100 mL e Karrar *et al*. (2022) quantificaram 2,03 mg por grama de lipídio.

Tabela 1. Proporção de ácidos graxos (g/100g) presentes na fração lipídica do leite de vaca

Referência	AGS	AGMI	AGPI
OECD (FAO, 2018)	65-75	-	-
Liu *et al*. (2020a)	70	25	5
Ali *et al*. (2020)	63,82±0,25	27,14±0,01	4,09±0,10
Butler *et al.* (2011)	-	3,94 - 3,18	-

AGS= ácidos graxos saturados; AGMI=ácidos graxos monoinsaturados; AGPI=ácidos graxos poli-insaturados.

Dentre os 26 ácidos graxos identificados na porção lipídica do leite de vaca, houve predomínio do ácido palmítico (30,04%), seguidos do oleico (22,05%) e esteárico (16,93%), com variação de 0,026 e 0,042 na razão AGPI/AGS, 18,32 e 19,28 para ω^6/ω^3, e colesterol (mg/mL) entre 4,45 e 6,24 (COSTA *et al*., 2018).

A composição de ácidos graxos do leite é complexa e substancial para o consumo, cuja manipulação é estratégica para a indústria de

laticínios no incremento da saúde (GONZÁLEZ-ARROJO *et al*., 2015), a exemplo do CLA, utilizado para o enriquecimento de alimentos (ANDRADE *et al*., 2012). Entretanto, os ácidos graxos apresentam efeitos específicos no desenvolvimento de doenças cardiovasculares (MUEHLHOFF *et al*., 2013), como hipercolesterolemia ou aterogenicidade, superior para os AGS: C12:0, C14:0 e C16:0, cujos índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (TI) indicam o potencial para estimular agregação plaquetária (SOARES *et al*., 2019). Em relação a esses índices, Pignata *et al.* (2014) identificaram no leite de vacas valores de 3,77±0,05 e 3,94±0,32 para IA e IT, respectivamente.

Em estudo realizado por Butler *et al.* (2011), teores superiores de ácidos graxos benéficos no leite de vaca, oriundo de sistema orgânico, foram identificados quando comparado ao sistema convencional, incluindo os AGPI, ácido linoleico conjugado cis-9,trans-11 (7,4 vs. 5,6 g/kg) e ácido α-linolênico (6,9 vs.4,4 g/kg). De acordo com os pesquisadores, a composição da gordura é influenciada pelo sistema de manejo, estação do ano e períodos de amostragem, em que mudanças no clima alteram a composição do leite através da forragem, disponibilidade, qualidade e consumo.

Liu *et al.* (2020a) estudaram a composição do leite de vacas submetidas a sistemas de produção a pasto, convencional e orgânico, com forte influência da composição de ácidos graxos do volumoso. De acordo com os pesquisadores, a ingestão de volumoso com elevados níveis de polifenol oxidase aumentou a velocidade de transferência de C18:3 ω^3 e C18:2 ω^6 da forragem para o leite, com passagem pelo rúmen de seus principais constituintes sem biohidrogenação, tais como: C18:3 ω^3, C18:2 ω^6, e C18:1 ω^9, decorrente de estágios iniciais de maturação, o que facilitou a ingestão devido a maior taxa de passagem das partículas pelo rúmen.

De acordo com Manuelian *et al*. (2022), fatores como raça e ingredientes da dieta influenciaram a composição do leite de vacas Holstein-Friesian orgânico (ORG) e convencional (CONV), em rebanhos com dietas semelhantes e na mesma área geográfica. Os resultados mostraram que a gordura total não diferiu significativamente entre os sistemas de cultivo, contudo, os teores AGPI, ácidos graxos ω^3 e cis foram superiores no ORG do que CONV. Quanto aos teores isolados de ácidos graxos, apenas C16:1 ω^9 diferiu, inferior no ORG do que no CONV.

O tecido adiposo é o principal local de armazenamento de energia e está associado ao tecido hepático, com predomínio de lipídios como os ácidos graxos e triacilgliceróis. Diversos fatores em destaque à nutrição, nível de restrição alimentar, genética, estado fisiológico e o ambiente regulam a biossíntese, degradação e armazenamento de ácidos graxos nos tecidos corporais, assim como sua secreção no leite de ruminantes (VARGAS, 2019). Na glândula mamária, os ácidos graxos de cadeia curta e média são sintetizados, enquanto os de cadeia longa são absorvidos no sangue, oriundos dos alimentos e depósitos de gordura. Esses processos apresentam relação direta entre a forragem e a composição de ácidos graxos de cadeia longa no leite, em comparação aos ácidos graxos de cadeia curta e média. O ácido esteárico (C18:0), de origem alimentar ou formado durante a biohidrogenação, pode ser absorvido no trato digestivo e transferido para a glândula mamária, onde é dessaturado para ácido oleico (C18:1 ω^9) (LIU *et al.*, 2020b).

Adicionalmente, os ácidos graxos quando balanceados na dieta das vacas leiteiras podem ser benéficos para a fertilidade e para a elevação de AGPI-ω^3 no leite. As fontes lipídicas da dieta são processadas pela microbiota do rúmen, com biohidrogenação de parte dos ácidos graxos insaturados, o que reduz a toxicidade de AGI à microbiota ruminal e promove o acesso de ácidos graxos específicos no intestino (BIONAZ *et al*., 2020).

De acordo com Schwendel *et al*. (2015), fatores como a qualidade e a proporção de volumoso concentrado, insumos e a suplementação animal influenciaram o perfil de ácidos graxos do leite de vaca (g/100g de lipídios), com predomínio do ácido palmítico (32,79), seguido do oleico (15,79) e mirístico (12,29). Os

pesquisadores observaram teores superiores de ácido linoleico C18:2 ω^6 cis e α-linolênico C18:3 ω^3 em sistemas orgânicos de produção de vacas leiteiras devido à taxa de passagem superior de C18:3 ω^3, C18:2 ω^6 e C18:1 ω^9 pelo rúmen. No sistema convencional de produção, teores superiores para ácido vacênico e CLA foram identificados.

Em relação à influência da alimentação, Soares *et al*. (2019) utilizaram palma forrageira (50%) na dieta de vacas leiteiras, e identificaram fermentação mais rápida de carboidratos. O teor de fibras inferior na dieta resultou na redução do pH ruminal e aumento da taxa de passagem. Em consequência, teor inferior de ácido esteárico e superior de CLA e C18:1 *trans* foram mensurados no leite, compostos intermediários, presentes em decorrência de prejuízo à atividade dos microrganismos responsáveis pelas etapas finais de biohidrogenação dos ácidos graxos.

A composição da gordura é o fator que mais impacta o queijo quanto ao sabor e qualidade, e está relacionada à dieta, raça, tempo de amadurecimento do volumoso, condições edafoclimáticas e fatores ambientais. Os ácidos graxos têm efeitos nos parâmetros sensoriais, como cor, textura, sabor (rançoso e picante) e composição nutricional do queijo. A qualidade do leite utilizado e do processo de fabricação do queijo influenciam os ácidos graxos presentes no produto, o que resulta em efeitos específicos à saúde dos consumidores (GONZÁLEZ-MARTÍN *et al*., 2020). Adicionalmente, fatores envolvidos na fabricação de queijo Minas Frescal, como o tratamento térmico e/ou coalhada, adição de culturas iniciadoras e amadurecimento, influenciaram os processos de lipólises, durante o processamento, com variações no perfil de ácidos graxos do produto (PRANDINI *et al*., 2011).

Karrar *et al*. (2022) detalharam os perfis de ácidos graxos (AG), ácidos graxos sn-2 e esteróis presentes no leite de diferentes espécies (camelas, vacas, muares, cabras e iaques). Para todas as espécies, os ácidos graxos oleico (C18:1, ω^9), palmítico (C16:0) e mirístico (C14:0) foram majoritários, e o colesterol foi o principal esterol observado em todas as fontes de leite, fatores que auxiliam na compreensão das características funcionais e nutricionais da gordura do leite de diferentes espécies, substrato significativo na dieta humana.

Em associação às características funcionais e nutricionais dos alimentos, há uma crescente preocupação em relação a atividade pecuária e a sustentabilidade, com avanços tecnológicos e a adoção de melhores práticas de produção, a fim de reduzir seus impactos no meio ambiente, incluindo as emissões de carbono (CHIRONE *et al*., 2022). A demanda dos consumidores por tecnologias limpas de produção impulsiona a fronteira do desenvolvimento de novos produtos na indústria de alimentos. Devido a elevada qualidade da composição do leite e seus produtos, os sistemas de produção de lácteos tem despertado crescente atenção e aprimoramento (LAURSEN *et al*., 2022).

OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Os alimentos fornecem nutrientes e atuam em funções sensoriais e regulação fisiológica. Os lipídios estão entre os principais componentes dos alimentos, e são importantes componentes funcionais e estruturais das células (WANG *et al*., 2023). Estes, desempenham papéis importantes na nutrição humana, fonte concentrada de energia e de ácidos graxos essenciais, como o linoleico e linolênico, associados ao aumento da permeabilidade da membrana, fragilidade capilar, e nutrição na alimentação infantil cuja deficiência está relacionada ao nanismo, desenvolvimento de tecidos, absorção de gorduras solúveis, vitaminas e compostos bioativos, tais como os carotenoides (RODRIGUEZ-AMAYA; SHAHIDI, 2021). O colesterol também é um constituinte lipídico de células de mamíferos, precursor de várias moléculas, conhecidas como produtos da oxidação do colesterol (MALDONADO-PEREIRA *et al*., 2018).

Os lipídios são facilmente oxidados, com efeitos adversos na qualidade dos alimentos e saúde humana (WANG *et al*., 2023). Os lipídios insaturados sofrem deterioração oxidativa iniciada por radicais durante a oxidação lipídica, um dos

problemas mais significativos de qualidade e desperdício de alimentos. A oxidação lipídica resulta em sabores indesejáveis, aldeídos tóxicos, e a co-oxidação de proteínas e compostos de cor (BAYRAM; DECKER, 2023), principal causa de alterações na fração lipídica, com decomposição oxidativa, hidrólise, isomerização, reação de ciclização e polimerização, o que afeta o sabor, digestibilidade e a segurança (LIU *et al.*, 2023).

A auto-oxidação, reação espontânea de lipídios com o oxigênio atmosférico, é o mecanismo auto catalítico de radicais livres, que consiste em três estágios: iniciação, propagação e término, cuja etapa limitante é a formação de radicais livres (iniciação) mediados por luz, calor, metais ou enzimas. Dentre as três etapas da auto-oxidação, na iniciação ocorre a formação de radicais livres. O radical alquil lipídico é formado pela abstração do hidrogênio do carbono adjacente ao que possui uma ligação dupla (alílico). A etapa de propagação apresenta elevado consumo de oxigênio, com acréscimo nos teores de peróxidos e hidroperóxidos, associado a alteração sensorial dos alimentos, enquanto na etapa de terminação há redução dos níveis de hidroperóxidos, com alterações sensoriais e físicas relevantes (RODRIGUEZ-AMAYA; SHAHIDI, 2021).

A oxidação do colesterol segue um mecanismo de auto-oxidação semelhante aos AGPIs, em um modelo cinético de primeira ordem para formação de óxidos de colesterol (MARIANO *et al.*, 2022). Contudo, a decomposição do colesterol pode ocorrer por outras rotas; hidrocarbonetos, aldeídos, cetonas e álcoois também podem ser formados durante a degradação do colesterol, conforme elucidado por Oliveira *et al.* (2020).

Os lipídios podem sofrer alterações oxidativas durante o processamento, embalagem e armazenamento dos alimentos (WANG *et al.*, 2023). Na presença de oxigênio, luz, calor e íons metálicos, estes podem induzir a geração de radicais livres que atacam a molécula de glicerol para arrebatar o hidrogênio, e formar hidroperóxidos (LIU *et al.*, 2023). A redução do pH é outro fator que gera um ambiente pró-oxidante (CARVALHO *et al.*, 2021).

Os lipídios oxidados, quando ingeridos, são responsáveis pelo aparecimento de doenças cardiovasculares, síndromes metabólicas, anemia, câncer, declínio do sistema imunológico e doenças degenerativas do sistema nervoso, assim como o envelhecimento (KIMURA-OVANDO, 2020). Li *et al.* (2022) identificaram correlação entre a oxidação elevada de ácidos graxos e o efeito anti-apoptose em câncer de mama metastático triplo negativo, relacionado à quimioresistência das células.

Dentre as atividades biológicas observadas na presença de óxidos de colesterol, as principais são: citotóxicas, carcinogênicas e pró-oxidativas (CAIS-SOKOLIŃSKA; RUDZIŃSKA, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018), assim como processos inflamatórios, aterogênese, alterações nas propriedades da membrana celular e desenvolvimento de doenças crônicas degenerativas, como Alzheimer, Parkinson e Huntington (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

A exemplo de oxidação de lipídios em produto lácteo, o estudo realizado por Cais-Sokolińska; Rudzińska (2018) demonstraram a formação de óxidos de colesterol na manteiga, após processamento por 10 horas sob refrigeração (3ºC). Os pesquisadores observaram 1,97±0,13 de POC's (mg/kg de gordura), correspondentes a 1,47 de 7β-hidroxi-colesterol e 0,50±0,06 de 5,6α-epoxi-colesterol. Contudo, após 10 horas de refrigeração, os teores de 7β-hidroxi-colesterol reduziram para 0,61, e de 5,6α-epoxi-colesterol elevaram para 1,40±0,07. Tal ocorrência sinaliza para a importância do monitoramento da qualidade do leite durante o processamento, assim como para o uso de estratégias para prevenção ou controle de alterações na qualidade e segurança dos produtos lácteos.

CONSERVANTES "BIO-BASED" EM QUEIJO FRESCAL

Em relação ao uso de produtos naturais nos alimentos, os consumidores estão mais conscientes sobre a relação entre seus hábitos alimentares e estado nutricional, o que impulsiona a preferência por ingredientes naturais, em substituição aos compostos sintéticos. Neste

cenário, empresas alimentícias estão aprimorando a fabricação de produtos com uso parcial ou total de aditivos naturais, devido às suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas, associados aos aspectos sensoriais. A exemplo do setor de laticínios, que investiu nesse segmento de alimentos saudáveis, com iogurtes, leites fermentados, queijos (processados ou não), sorvetes, e outras formulações à base de leite, adicionados de extratos de ervas (chá verde, Roselle, chá branco e extrato aquoso de capim-limão), para atrair a atenção dos consumidores e impulsionar a venda (GRANATO *et al*., 2018).

A incorporação de antioxidantes exógenos nos alimentos é necessária, em contrapartida a demanda por produtos mais saudáveis. A preocupação crescente com a saúde relacionada ao uso de antioxidantes sintéticos estimula a indústria de alimentos a identificar alternativas para minimizar a oxidação lipídica, e assim melhorar a qualidade e segurança alimentar (BAYRAM; DECKER, 2023). Atualmente, antioxidantes sintéticos comumente usados na indústria de alimentos incluem o BHA (2,6-di-terc-butil-4-metilfenol) (WANG *et al.*, 2023), e devido ao alto custo e efeitos negativos à saúde, com consequências cancerígenas e toxicológicas, fontes de antioxidantes naturais são requisitadas para inibir a oxidação, reduzir os custos e agregar atributos de qualidade aos alimentos (HADIDI *et al*., 2022).

Entre os aditivos naturais utilizados nos alimentos, os antioxidantes estão entre os mais comuns. Antioxidante é um termo utilizado para compostos que bloqueiam a peroxidação lipídica e outras reações oxidativas para a manutenção do frescor e extensão da vida útil dos produtos alimentícios (YANG *et al*., 2018). Os antioxidantes capturam os radicais produzidos pela oxidação e os neutralizam (WANG *et al*., 2023). A indústria alimentícia emprega combinações de antioxidantes com diferentes mecanismos de ação, como atividade de eliminação de radicais livres, capacidade quelantes e atividade de extinção de oxigênio singleto. Entretanto, diversos fatores influenciam a transferência de radical entre antioxidantes, tais como: atividade antioxidante/pro oxidante; termodinâmica; solubilidade e polaridade dos antioxidantes; distribuição de antioxidantes na matriz alimentar devido a presença de micelas e membranas. Já a ocorrência de interações está sob influência da estrutura química; concentração e proporção de antioxidantes; tipo de alimento; interação de antioxidantes (BAYRAM; DECKER, 2023).

Fontes vegetais são utilizadas na fabricação de queijos, devido às suas propriedades aromáticas ou por auxiliarem nos processos tecnológicos, seja no preparo de enzimas de coagulação do leite, ou nas embalagens de queijo; além da presença de fitoquímicos com propriedades antimicrobianas contra patógenos e deteriorantes. Estes, atuam tanto na preservação da microbiota responsável pela coagulação e amadurecimento do leite, como com propriedades antioxidantes, que agem como conservantes naturais para o leite cru e derivados lácteos (DUPAS *et al*., 2020).

As ervas e especiarias provenientes de diferentes partes da planta são utilizadas para conferir aroma e sabor aos alimentos, e apresentam propriedades terapêuticas como antioxidante, anti-inflamatória, antidiabética, anti-hipertensiva e atividades antimicrobianas. Portanto, a adição de ervas e especiarias em diferentes formas (ou seja, pó, fresco, extrato, óleos essenciais) no queijo Minas Frescal possibilita a entrega de produtos lácteos funcionais com valor nutricional e medicinal, além de atuação como portadores de nutracêuticos. Adicionalmente, melhoraram a aparência e atratividade dos alimentos para os consumidores (EL-SAYED; YOUSSEF, 2019).

Os vegetais contêm metabólitos secundários, a exemplo dos compostos fenólicos, compostos nitrogenados, carotenoides, ácido ascórbico e tocoferóis, com capacidade antioxidante associada a menor incidência e mortalidade por doenças crônicas, especialmente câncer, em humano (LUIZA KOOP *et al.*, 2022). Os principais bioativos encontrados nos vegetais são os flavonoides, antocianinas, curcumina, betalaínas, os carotenoides e esteróis, produtos com o alto valor nutricional e nutracêutico, além

de atividades biológicas como antioxidante, anticancerígeno e antimicrobiano (REGUENGO *et al.*, 2022).

Tajkarimi *et al*. (2010) utilizaram óleos essenciais (0,05% - 0,1%) de ervas em produtos lácteos e identificaram efeitos antimicrobianos comparáveis aos aditivos sintéticos, contra patógenos como *Samonella, Escherichia coli* 0_{157}:H_7*, Listeria monocytogenes, Bacillus cereus e Staphylococcus aureus.* De acordo com os pesquisadores, a aplicação de ervas, especiarias e óleos essenciais desafiam pela limitação de referências, efeitos no alimento, forte odor e alto custo.

Fontes vegetais são raramente adicionadas em quantidades superiores a 1% da coalhada, e incluem pimentão vermelho, preto e verde, tomilho, cravo, cominho, salsa, páprica, cebola/alho, cebolinhas, e menos comumente estragão, orégano, noz-moscada, sementes ou farelo de mostardas, urtiga, manjericão e raiz-forte (HAYALOGLU; FARKYE, 2011).

O uso de catequinas e galato de epigalocatequinas do chã verde, adicionadas durante a fabricação de queijo, não alterou a composição, pH e rendimento do queijo, contudo elevou os fenólicos totais e a atividade antioxidante após digestão *in vitro* (RASHIDINEJAD *et al*., 2016). De acordo com Dannenberg *et al*. (2016), o uso de óleo essencial de pimenta rosa em queijo fresco tipo Minas foi promissor como conservante "bio-based", alternativa para a substituição de conservantes sintéticos.

Nanopartículas de pó de espinafre (0,5, 1,0, 1,5, 2%) foram utilizadas no queijo fresco ultrafiltrado, a fim de elevar os teores de minerais, fibras, fenólicos e atividade antioxidante, e incremento do valor biológico e nutricional. Após quatro semanas de armazenamento refrigerado (5±2ºC), os teores de sólidos totais, proteínas e acidez atingiram valores máximos, com parâmetros sensoriais mais satisfatórios com 0,5 e 1% de inclusão (EL-SAYED, 2020).

El-Sayed; Ibrahim (2021) utilizaram pó de raiz de rabanete na fabricação de queijo, o que resultou em valores superiores para a composição química, exceto para o teor de gordura; com incremento sensorial e boa capacidade antioxidante, considerado fonte adequada de ingrediente natural para agregar qualidade sensorial e nutricional a este produto lácteo. De acordo com os pesquisadores, o uso de ingredientes vegetais atende à demanda por alimentos funcionais, com melhoria das características de saúde pública relacionadas ao consumo de queijos processados.

O uso de vegetais em pó (cogumelo, batata doce, ervilha, aipo, alho-poró e salsa) em queijos (2,5%, 5%, 7,5% e 10%) não afetou a aceitação geral, mais satisfatório a 5% e 7,5%, dentre os níveis de inclusão. Novos produtos lácteos com mistura de vegetais, além dos benefícios nutricionais, devido à elevação dos teores de sólidos totais, carboidratos e fibras, elevam a ingestão de componentes promotores de saúde associado ao incremento da qualidade sensorial (FARAHAT *et al*., 2021).

Na fabricação artesanal de queijos, as ervas e especiarias podem ser enroladas ou esmagadas, a exemplo do alho, pimenta, sálvia, cebolinha e alecrim, ou pode ser usada a planta inteira, diretamente na superfície do queijo, para aromatizar e/ou fins estéticos. Contudo, o conhecimento empírico tradicional é útil na escolha de plantas a serem usadas em ensaios bio-guiados, cujas investigações científicas são fundamentais para o alcance de soluções para preservação de alimentos que sejam inovadoras (DUPAS *et al*., 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de fontes vegetais é opção de conservantes naturais na confecção de queijos Minas Frescal, em substituição aos aditivos sintéticos, ingredientes com restrições de uso. Adicionalmente, eleva a ingestão de fitoquímicos e a preservação de lipídios bioativos, além de configurar tecnologia não térmica na fabricação de lácteos. Assim, diferentes formas de adição de ervas e especiarias a este produto lácteo são alternativas para prevenir a formação de produtos da oxidação de lipídios e reduzir a ingestão de compostos nocivos, associadas à manutenção da

qualidade nutricional e incremento das características sensoriais. Entretanto, requer estudos clínicos que apoiem o potencial funcional, assim como a avaliação da biodisponibilidade em modelos de digestão gastrointestinal, níveis de consumo seguros e atributos sensoriais para o adequado desenvolvimento do produto.

REFERÊNCIAS

ALI, A. H.; WEI, W.; WANG, X. Characterisation of bovine and buffalo anhydrous milk fat fractions along with infant formulas fat: Application of differential scanning calorimetry, Fourier transform infrared spectroscopy, and colour attributes. **LWT**, v. 129, p. 109542. 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109542

ANDRADE, J. C. *et al*. Production of conjugated linoleic acid by food-grade bacteria: A review. **International Journal of Dairy Technology**, v. 65, n. 4, p. 467-481. 2012. DOI: 10.1111/j.1471-0307.2012.00871.x

BAYRAM, I.; DECKER, E. A. Underlying mechanisms of synergistic antioxidant interactions during lipid oxidation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 133, p. 219-230. 2023. DOI: 10.1016/j.tifs.2023.02.003

BIONAZ, M.; VARGAS-BELLO-PÉREZ, E.; BUSATO, S. Advances in fatty acids nutrition in dairy cows: from gut to cells and effects on performance. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 11, n. 110, p. 1-36, 2020. DOI: 10.1186/s40104-020-00512-8

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria nº 352, de 4 de setembro de 1997. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Queijo Minas Frescal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**: seção 1, Brasília, DF, n. 172, p. 19.684, 08 set. 1997.

BUTLER, G. *et al*. Fat composition of organic and conventional retail milk in northeast England. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 1, p. 24-36. 2011. DOI: 10.3168/jds.2010-3331

CAIS-SOKOLIŃSKA, D.; RUDZIŃSKA, M. Short communication: Cholesterol oxidation products in traditional buttermilk. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 3829-3834. 2018. DOI: 10.3168/jds.2017-13942

CARVALHO, I. O. A. M. *et al*. The use of lemon juice and its role on polyunsaturated fatty acids and cholesterol oxides formation in thermally prepared sardines. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 104, e104087. 2021. DOI: 10.1016/j.jfca.2021.104087

CHIRONE, R. *et al*. Life Cycle Assessment of buffalo milk: A case study of three farms in southern Italy. **Journal of Cleaner Production**, v. 365, p. 132816. 2022. DOI 10.1016/j.jclepro.2022.132816

COSTA, E. N. *et al*. Fatty acid profile and milk cholesterol of crossbred holstein × zebu cows fed on whole cottonseed. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 29, n. 8, p. 1770-1775. 2018. DOI: 10.21577/0103-5053.20180053

DANNENBERG, G. S. *et al*. Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil from pink pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) in vitro and in cheese experimentally contaminated with Listeria monocytogenes. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 36, p. 120-127. 2016. DOI: 10.1016/j.ifset.2016.06.009

DUPAS, C. *et al*. Plants: A natural solution to enhance raw milk cheese preservation? **Food Research International**, v. 130, p. 108883, 2020. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108883

EL-SAYED, S. M.; IBRAHIM, O. A. Physicochemical characteristics of novel UF-Soft Cheese Containing Red Radish Roots Nanopowder. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 33, p. 101980. 2021. DOI: 10.1016/j.bcab.2021.101980

EL-SAYED, S. M. Use of spinach powder as functional ingredient in the manufacture of UF-Soft cheese. **Heliyon**, v. 6, n. 1, p. 03278. 2020. DOI 10.1016/j.heliyon. 2020.e03278

EL-SAYED, S. M.; YOUSSEF, A. M. Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. **Heliyon**, v. 5, n. 6, p. e01989, 2019. DOI 10.1016/j.heliyon.2019.e01989

FARAHAT, E. S. A. *et al.* Innovative vegetables-processed cheese: I. Physic-chemical, rheological, textural and acceptability attributes. **Food Bioscience**, v. 42, p. 101128, 2021. DOI 10.1016/j.fbio.2021.101128

GONZÁLEZ-ARROJO, A. *et al.* Microwave-Assisted Methodology Feasibility for One-Step Extraction and Transmethylation of Fatty Acids in Milk for GC-Mass Spectrometry. **Food Analytical Methods**, v. 8, p. 2250-2260, 2015. DOI: 10.1007/s12161-015-0108-8

GONZÁLEZ-MARTÍN, M. I. *et al*. The determination of fatty acids in cheeses of variable composition (cow, ewes, and goat) by means of near infrared spectroscopy. **Microchemical Journal**, v. 156, p. 104854. 2020. DOI: 10.1016/j.microc.2020.104854

HADIDI, M. *et al.* M. Plant by-product antioxidants: Control of protein-lipid oxidation in meat and meat products. **LWT**, v. 169, p. 114003, 2022. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.114003

HAYALOGLU, A. A.; FARKYE, N. Y. Cheese with Added Herbs, Spices and Condiments. *In*: FUQUAY, J. W. **Encyclopedia of Dairy Sciences** 2ed. San Diego: Academic Press. 2011. p. 783-789.

HÖJER, A. *et al.* Effect of legume-grass silages and α-tocopherol supplementation on fatty acid composition and α-tocopherol, B-carotene and retinol concentrations in organically produced bovine milk. **Livestock Science**, v. 148, n. 3, p. 268-281, 2012. DOI: 10.1016/j.livsci.2012.06.016

KARRAR, E. *et al*. Fatty acid composition and stereospecificity and sterol composition of milk fat from different species. **International Dairy Journal**, v. 128, p. 105313. 2022. DOI 10.1016/j.idairyj.2021.105313

KIMURA-OVANDO, A. Functional foods. **Medicina Interna de Mexico**, v. 36, n. 2, p. S8-S10, 2020. DOI: 10.24245/mim.v36id.4964.

LAURSEN, A. K. *et al.* Texture and microstructure of heat and acid induced gels from buffalo and cow milk: Effect of thermal treatment and fat content of milk. **International Dairy Journal**, v. 129, p. 0-9, p. 105299. 2022. DOI: 10.1016/j.idairyj.2021.105299

LI, Y. J. *et al*. Fatty acid oxidation protects cancer cells from apoptosis by increasing mitochondrial membrane lipids. **Cell Reports**, v. 39, n. 9, p. 110870, 2022. DOI: 10.1016/j.celrep.2022.110870

LIU, Z. *et al*. Development of one-step sample preparation methods for fatty acid profiling of milk fat. **Food Chemistry**, v. 315, p. 126281. 2020a. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126281

LIU, N. *et al*. Dairy farming system markers: The correlation of forage and milk fatty acid profiles from organic, pasture and conventional systems in the Netherlands. **Food Chemistry**, v. 314, p. 126153. 2020b. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.126153

LIU, W. *et al.* Influence of cooking techniques on food quality, digestibility, and health risks regarding lipid oxidation. **Food Research International**, v. 167, p. 112685. 2023. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.112685

LUIZA KOOP, Betina; NASCIMENTO DA SILVA, Milena; DINIZ DA SILVA, Fabíola; THAYRES DOS SANTOS LIMA, Kennya; SANTOS SOARES, Lenilton; JOSÉ DE ANDRADE, Cristiano; AYALA VALENCIA, Germán; RODRIGUES

MONTEIRO, Alcilene. Flavonoids, anthocyanins, betalains, curcumin, and carotenoids: Sources, classification and enhanced stabilization by encapsulation and adsorption. Food Research International, v. 153, n. January, 2022. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110929.

MALDONADO-PEREIRA, L. *et al.* The role of cholesterol oxidation products in food toxicity. **Food and Chemical Toxicology**, v. 118, p. 908-939. 2018. DOI: 10.1016/j.fct.2018.05.059

MANUELIAN, C. L. *et al.* Detailed comparison between organic and conventional milk from Holstein-Friesian dairy herds in Italy. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 7, p. 5561-5572. 2022. DOI: 10.3168/jds.2021-21465

MARIANO, B. J. *et al*. Tatiana. Biquinho pepper (Capsium chinense): Bioactive compounds, in vivo and in vitro antioxidant capacities and anti-cholesterol oxidation kinetics in fish balls during frozen storage. **Food Bioscience**, v. 47, p. 101647. 2022. DOI: 10.1016/j.fbio.2022.101647

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: A review. **Food Research International**, v. 94, p. 90-100. 2017. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.02.003

MUEHLHOFF, E.; BENNETT, A.; MCMAHON, D. **Dairy products in human nutrition dairy products**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013.

OECD; FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dairy and dairy products. *In*: **OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027**. Roma: OECD Publishing. 2018. p. 163-174.

OECD; FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dairy and dairy products. *In*: **OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029**. Roma: OECD Publishing. 2020. p. 174-183.

OLIVEIRA, V. S. *et al*. Use of natural antioxidants in the inhibition of cholesterol oxidation: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, n. 6, p. 1465-1483. 2018. DOI: 10.1111/1541-4337.12386

OLIVEIRA, V. S. *et al*. Effect of aroeira (Schinus terebinthifolius Raddi) fruit against polyunsaturated fatty acids and cholesterol thermo-oxidation in model systems containing sardine oil (Sardinella brasiliensis). **Food Research International**, v. 132, p. 109091. 2020. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109091

PIGNATA, C. M. *et al.* Estudo comparativo da composição química, ácidos graxos e colesterol de leites de búfala e vaca. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 226-233. 2014.

PRANDINI, A.; SIGOLO, S.; PIVA, G. A comparative study of fatty acid composition and CLA concentration in commercial cheeses. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 1, p. 55-61, 2011. DOI: 10.1016/j.jfca.2010.04.004

RASHIDINEJAD, A. Food and bioproducts processing effect of liposomal encapsulation on the recovery and antioxidant properties of green tea catechins incorporated into a hard low-fat cheese following in vitro simulated gastrointestinal digestion. **Food and Bioproducts Processing**, v. 100, p. 238-245. 2016. DOI: 10.1016/j.fbp.2016.07.005

REGUENGO, L. M. *et al.* Agro-industrial by-products: Valuable sources of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 152, n. november 2021, 2022. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110871.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; SHAHIDI, F. Oxidation of lipids. *In*: RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; AMAYA-FARFAN, J. **Chemical Changes During Processing and Storage of Foods**: Implications for Food Quality and Human Health. London: Academic Press. 2021. p. 125-170.

SANTIAGO, B. M. *et al.* Effect of different roughages sources on performance, milk composition, fatty acid profile, and milk cholesterol content of feedlot feed crossbred cows (Holstein × Zebu). **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, n. 3, p. 599-604. 2019. DOI: 10.1007/s11250-018-1736-y

GRANATO, D. *et al*. Effects of herbal extracts on quality traits of yogurts, cheeses, fermented milks, and ice creams: a technological perspective. **Current Opinion in Food Science**, v. 19. p. 1-7. 2018. DOI: 10.1016/j.cofs.2017.11.013

SCHWENDEL, B. H. *et al*. Fatty acid profile differs between organic and conventionally produced cow milk independent of season or milking time. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 3, p. 1411-1425. 2015. DOI: 10.3168/jds.2014-8322

SOARES, C. Quality of cheese produced with milk from cows fed forage palm with different forages. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 311-322, 2019. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n1p311

TAJKARIMI, M. M.; IBRAHIM, S. A.; CLIVER, D. O. Antimicrobial herb and spice compounds in food. **Food Control**, v. 21, n. 9, p. 1199-1218, 2010. DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.02.003

VARGAS, J. A. C. Metabolism and function of lipids in the adipose and liver tissues of production ruminants: A review TT - Función y metabolismo de ácidos grasos en el tejido adiposo y hepático de rumiantes en producción: una revisión TT - Função e metabolismo de ácidos. **CES Medicina Veterinaria y Zootecnia**, v. 14, n. 2, p. 30-44. 2019

VILLAMIL, R. A. *et al*. Cheese fortification through the incorporation of UFA-rich sources: A review of recent (2010-2020) evidence. **Heliyon**, v. 7, n. 1, 2021. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05785

WANG, D. *et al.* Lipid oxidation in food science and nutritional health: A comprehensive review. **Oil Crop Science**, v. 8, n. 1, p. 35-44. 2023. DOI: 10.1016/j.ocsci.2023.02.002

YANG, C. S. *et al*. Antioxidants: Differing Meanings in Food Science and Health Science. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 12, p. 3063-3068, 2018. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b05830