

Qualidade de hambúrguer misto com alecrim como substituto de antioxidante sintético: caracterização físico-química

Quality of blended hamburger with rosemary as a substitute for synthetic antioxidant: physicochemical characterization

Calidad de la hamburguesa mixta con romero como sustituto del antioxidante sintético: caracterización físicoquímica

Recebido: 13/05/2022 | Revisado: 23/06/2022 | Aceito: 30/06/2022 | Publicado: 09/07/2022

Marcela Rios de Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0389-2545>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Brasil
E-mail: riomarcela@gmail.com

Érika Silva Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2494-2556>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Brasil
E-mail: riomarcela@gmail.com

Julio Cezar Nunes da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0915-399X>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Brasil
E-mail: julicostacg@gmail.com

Elaine Carvalho de Morais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0489-2213>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Brasil
E-mail: elainemorais.morais@gmail.com

Erika Cristina Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4592-8016>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Brasil
E-mail: rodrigueserikac07@gmail.com

Nágela Farias Magave Picanço

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0187-8256>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Brasil
E-mail: nagela.magave@ifmt.edu.br

Peter Bitencourt Faria

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2890-5472>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: peterbfvet@yahoo.com.br

Jorge Luiz Brito de Faria

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7066-6823>
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: hulk@fisica.ufmt.br

Ricardo Dalla Villa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0696-4727>
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
E-mail: ricardo.villa@ufmt.br

Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de Faria

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3439-6109>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Brasil
E-mail: rozilaine.faria@ifmt.edu.br

Resumo

O objetivo deste estudo foi elaborar um hambúrguer misto com alecrim como substituto dos antioxidantes sintéticos e avaliar as características físico-químicas e de oxidação durante 120 dias de armazenamento. Os hambúrgueres foram preparados usando cortes de carne e filés de peito de frango em um delineamento inteiramente casualizado. Foi considerado como tratamento a substituição (massa substituinte/massa produto) do antioxidante sintético por alecrim. A qualidade do hambúrguer foi avaliada a partir dos parâmetros físico-químicos de oxidação pelo método TBARS, parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*), e pH dos hambúrgueres armazenados por 30, 45, 60, 90 e 120 dias. Os compostos cânfora, 1,8-cineole e α -pineno foram os majoritários no óleo essencial identificado pela espectroscopia GC/MS e Espectroscopia RAMAN. Na análise da atividade antioxidante total, o óleo essencial apresentou menor atividade

(38%) que o extrato hidroalcoólico (93,8%), ambos para concentrações de 100µg/mL. Aos 30 dias de armazenamento, não houve diferença de luminosidade entre os tratamentos ($p>0,05$), indicando que a adição da erva aromática não influenciou este parâmetro. A quantificação do conteúdo de dialdeído malônico (mg de MDA/kg de amostra) indicou que os tratamentos que utilizavam erva aromática fresca ou seca apresentaram valores mais baixos ($p<0,05$) dos compostos da oxidação, sendo estatisticamente iguais ao tratamento com eritorbato de sódio. A adição de alecrim no produto de carne, tanto na forma de erva fresca quanto de erva seca, no nível apresentado substitui o antioxidante eritorbato de sódio, contribuindo assim para o fornecimento de um produto livre de aditivo sintético.

Palavras-chave: *Rosmarinus officinalis* L. syn. *Salvia rosmarinus* Spenn.; Produto cárneo; Vida de prateleira; Óleo essencial; Extrato hidroalcoólico.

Abstract

The objective of this study was to elaborate a blended hamburger with rosemary as a substitute for synthetic antioxidants and to evaluate the physicochemical characteristics and oxidation during 120 days of storage. The burgers were prepared using beef cutlets and chicken breast fillets in an entirely randomized design. It was considered as treatment the replacement (w/w) of the synthetic antioxidant by rosemary. The quality of the hamburger was evaluated from the physical-chemical parameters of oxidation by the TBARS method, color parameters (L^* , a^* , b^*), and pH of the hamburgers under storage for 30, 45, 60, 90 and 120 days. The compounds camphor, 1,8-cineole and α -pinene were the majority in the essential oil identified by GC/MS and RAMAN spectroscopy. In the analysis of total antioxidant activity the essential oil showed lower activity (38%) than the hydroalcoholic extract (93.8%), both for concentrations of 100µg/mL. At 30 days of storage, there was no difference in luminosity between treatments ($p>0.05$), indicating that the addition of the aromatic herb did not influence this parameter. The quantification of the malonic dialdehyde content (mg of MDA/kg of sample) indicated that the treatments that used fresh or dried aromatic herb presented lower values ($p<0.05$) of the compounds from the oxidation, being statistically equal to the treatment with sodium erythorbate. The addition of rosemary in the meat product, both in the form of fresh herb and dried herb, in the presented level replaces the antioxidant sodium erythorbate, thus contributing to the provision of a product free of synthetic additive.

Keywords: *Rosmarinus officinalis* L. syn. *Salvia rosmarinus* Spenn.; Meat product; Shelf life; Essential oil; Hydroalcoholic extract.

Resumen

El objetivo de este estudio fue elaborar una hamburguesa mixta con romero como sustituto de los antioxidantes sintéticos y evaluar las características fisicoquímicas y la oxidación durante 120 días de almacenamiento. Las hamburguesas se prepararon utilizando chuletas de vacuno y filetes de pechuga de pollo en un diseño totalmente aleatorio. Se consideró como tratamiento la sustitución p/p) del antioxidante sintético por el romero. La calidad de la hamburguesa se evaluó a partir de los parámetros físico-químicos de oxidación por el método TBARS, los parámetros de color (L^* , a^* , b^*) y el pH de las hamburguesas bajo almacenamiento durante 30, 45, 60, 90 y 120 días. Los compuestos alcanfor, 1,8-cineol y α -pineno fueron los mayoritarios en el aceite esencial identificados por GC/MS y espectroscopia RAMAN. En el análisis de la actividad antioxidante total el aceite esencial mostró una actividad menor (38%) que el extracto hidroalcohólico (93,8%), ambos para concentraciones de 100µg/mL. A los 30 días de almacenamiento, no hubo diferencias en la luminosidad entre los tratamientos ($p>0,05$), lo que indica que la adición de la hierba aromática no influyó en este parámetro. La cuantificación del contenido de dialdeído malónico (mg de MDA/kg de muestra) indicó que los tratamientos que utilizaron hierba aromática fresca o seca presentaron valores más bajos ($p<0,05$) de los compuestos de la oxidación, siendo estadísticamente iguales al tratamiento con eritorbato de sodio. La adición de romero en el producto cárnico, tanto en forma de hierba fresca como de hierba seca, en el nivel presentado sustituye al antioxidante eritorbato sódico, contribuyendo así a la obtención de un producto libre de aditivo sintético.

Palabras clave: *Rosmarinus officinalis* L. syn. *Salvia rosmarinus* Spenn.; Producto cárnico; Vida útil; Aceite esencial; Extracto hidroalcohólico.

1. Introdução

O consumo de alimentos processados e congelados tem aumentado consideravelmente devido às necessidades impostas pela vida moderna, onde o tempo de preparo dos alimentos é fator limitante. Porém, os consumidores estão cada vez mais atentos aos alimentos de boa qualidade, livre de conservantes e aditivos químicos (Silva, et al., 2021). Nesta perspectiva, os antioxidantes naturais, como compostos fenólicos muito presentes em especiarias recebem grande ênfase em um possível uso racional na linha de produção de indústrias alimentícias, por conferir sabores agradáveis e por apresentarem compostos

como carotenóides, tocoferóis, polifenóis, vitamina C e catequinas, entre outros (Javanmardi, et al., 2003; Jaworska, et al., 2021; Marins, et al., 2021).

O alecrim (*Rosmarinus officinalis* L. syn. *Salvia rosmarinus* Spenn.) é uma erva aromática muito apreciada, tanto devido às suas propriedades terapêuticas (Macedo, et al., 2020) quanto pelo sabor característico e agradável na elaboração de diversos pratos (Ribeiro, et al., 2019). Recentemente têm-se procurado incorporar princípios ativos encontrados nos vegetais na alimentação, principalmente em produtos processados buscando melhorar a saudabilidade (Machado, et al., 2021).

O hambúrguer é um alimento que se tornou popular devido à praticidade que representa (Dal Bosco, et al., 2019), pois possui nutrientes que alimentam e saciam a fome rapidamente, o que combina com o estilo de vida dos tempos atuais (Marins, et al., 2021). O principal componente é a carne moída que durante o processo de moagem, sofre incorporação de grande quantidade de oxigênio devido à ruptura dos tecidos, acelerando, portanto, o processo de oxidação lipídica. O hambúrguer misto (42% carne de frango e 20% carne bovina), com percentual considerável de carne de frango está mais susceptível a oxidação.

A carne de frango é rica em ácidos graxos poliinsaturados, compostos extremamente susceptíveis à oxidação, originando principalmente radicais livres que aceleram o processo oxidativo com a formação de óxidos de colesterol e alteração da composição de ácidos graxos (Bragagnolo & Mariutti, 2009). Além disso, as modificações sensoriais que ocorrem durante o processo de oxidação podem alterar significativamente o produto final tornando-o inaceitável pelo consumidor.

Testes como índice de peróxidos, ácidos graxos livres, anisidina, Kreis, TBARS (substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico) e compostos voláteis são utilizados no controle de qualidade de óleo, gorduras e produtos que contenham, por fornecerem informações valiosas e essenciais a respeito do estado oxidativo do alimento analisado (Pereira, 2009).

Apesar de suas limitações, o método mais usual na avaliação da oxidação lipídica em carnes e produtos cárneos é o teste de TBARS, devido à sua simplicidade e rapidez. O teste de TBARS quantifica o dialdeído malônico (MDA), um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo. Particularmente para carnes, pescados e derivados, a informação do número de TBARS é bastante relevante. Processo envolvido na elaboração de produtos cárneos que incluam moagem, mistura e cozimentos favorecem a formação do malonaldeído, sendo fundamental o emprego do teste na avaliação da qualidade do produto final (Pereira, 2009).

A busca por produtos isentos de antioxidantes sintéticos tem motivado a indústria de alimentos em utilizar insumos naturais que apresentem compostos bioativos. Considerando que o alecrim é uma especiaria há muito tempo utilizada na elaboração de diversos pratos bem como sua ampla aplicação em produtos cárneos, é possível que a adição do extrato ou o óleo essencial de alecrim apresentem propriedades antioxidantes. Senso assim, objetiva-se neste estudar aplicar o alecrim em diversas formas em hambúrguer misto e avaliar a estabilidade durante período de armazenamento.

2. Metodologia

Os ingredientes para elaboração dos hambúrgueres foram adquiridos em mercado local (Cuiabá/MT), as ervas frescas (*Rosmarinus officinalis* L. syn. *Salvia rosmarinus* Spenn.) obtidas de um produtor em Chapada dos Guimarães/MT (15°25'52.3"S, 55°47'18.9"W) no período chuvoso na região. Para a obtenção das ervas secas, as ervas frescas foram lavadas em água corrente, sanitizadas com hipoclorito de sódio (160 mg/L de cloro ativo), dispostas em superfície telada para desidratação, ao abrigo do sol, em temperatura ambiente (temperatura média: 30°C, umidade relativa média: 60%) durante 7 dias.

O óleo essencial foi extraído das folhas frescas cortadas, em sistema de hidrodestilação e coletado em aparato Clevenger modificado, seguindo metodologia de Tepe et al. (2005) com adaptações para 2 horas de extração, a 70°C. O óleo

obtido encaminhado para cromatografia gasosa foi desidratado com Na_2SO_4 anidro, acondicionado em frasco escuro e armazenado em freezer a -18°C até o momento da análise e utilização na formulação. O óleo para a formulação dos hambúrgueres e para análise no espectrômetro Raman foi retirado diretamente do sistema de hidrodestilação.

Os componentes majoritários do óleo foram caracterizados por cromatografia gasosa acoplado ao espectrômetro de massa (CG/EM) conforme Tepe et al. (2005) e os espectros Raman obtidos em equipamento modelo LabRam HR 800 (HORIBA©) com CCD refrigerado a ar tipo Peltier a -70°C utilizando lente objetiva 10x. Aquisição e processamento dos dados no cromatógrafo foram feitas com software Chemstation e comparação dos espectros por NIST (NIST Chemistry WebBook, 2022).

2.1 Delineamento e modelo experimental

O experimento foi desenvolvido buscando avaliar a atividade química da presença/ausência do alecrim desidratado ou fresco, óleo essencial de alecrim, antioxidante sintético BHT e eritorbato de sódio, em delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos na proporção massa tratamento/massa hambúrguer então denominados T1 (erva seca a 0,1%), T2 (erva fresca a 0,1%), T3 (óleo essencial a 0,1%), T4 (erva seca a 0,05% e óleo essencial a 0,05%), T5 (BHT a 0,01%), T6 (eritorbato de sódio a 0,1%) e T7 (ausência dos elementos anteriores), em três repetições (Tabela 1). A idealização dos tratamentos justificou-se como uma alternativa viável para utilização na indústria buscando a formulação de hambúrgueres sem a presença de antioxidante sintético. Todas as análises foram realizadas em triplicata. A qualidade físico-química dos hambúrgueres foi avaliada durante 120 dias.

2.2 Caracterização da atividade antioxidante do alecrim

Para verificação de atividade antioxidante do extrato de alecrim, 200g de folhas frescas foram imersas em solução etanol/água na proporção 1:1 até completa exaustão. O material obtido foi filtrado e submetido a aquecimento em banho maria até evaporação do solvente. O extrato obtido foi acondicionado em frasco escuro e armazenado em freezer a -18°C até o momento da análise.

A avaliação da atividade antioxidante radicalar total (AA) do extrato hidroalcoólico de alecrim e do óleo essencial foram desenvolvidos conforme Silva (2008) e Oliveira et al. (2014) pelo método DPPH.

A oxidação dos hambúrgueres foi avaliada pelo teste de TBARS seguindo a metodologia descrita por Tarladgis, Watts e Younathan (1960). A curva padrão, cálculo de recuperação e valor de K (fator de conversão) da oxidação lipídica e o cálculo do índice das amostras foi feito conforme a equação proposta por Queiroz (2006) e metodologia proposta por Raharjo et al., (1992).

2.3 Preparo dos hambúrgueres

Os hambúrgueres foram elaborados em uma indústria de processamento de carne seguindo a sequência: trituração da matéria prima cárnea (filé de peito de frango e recorte bovino), adição de água, pimenta branca, sal, alho em pó, fosfato para salmoura, cebola congelada, proteína de soja texturizada, corante de caramelo IV, aroma de fumaça. A erva/óleo/antioxidante adicionados conforme cada tratamento, embalados individualmente em embalagem de polietileno, acondicionados em ultrafreezer (-20°C) por 24h e posteriormente armazenados em incubadora tipo BOD a -8°C até o momento das análises.

2.4 Parâmetros físico-químicos

As amostras foram retiradas para análise de acordo com o tempo de armazenamento (0,7, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 dias). Para casualizar e diminuir a interferência de posição na incubadora, foi realizado rodízio entre as prateleiras com o

material armazenado. Foram realizadas as análises físico-químicas pH pela metodologia AOAC (2012), cor pela metodologia AMSA (2012), atividade antioxidante pelo teste de TBARS, para cada tempo de armazenamento.

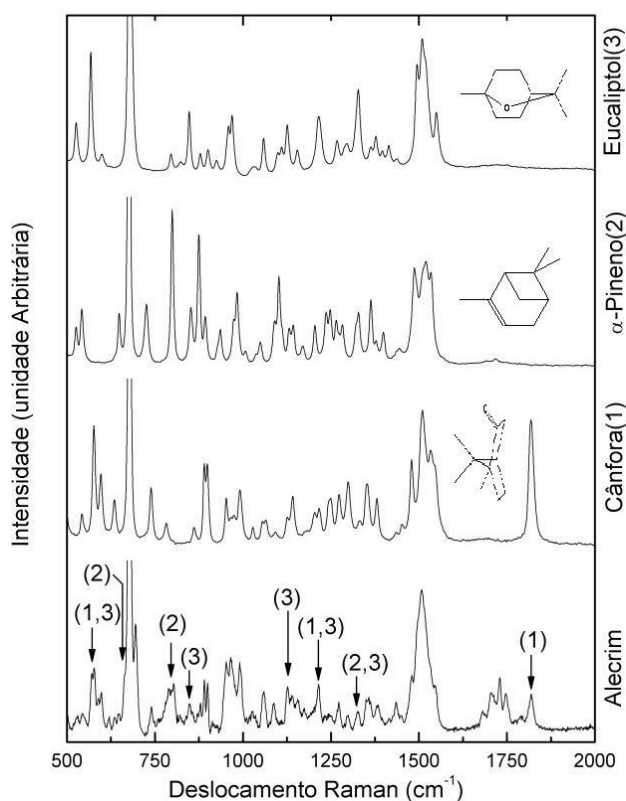
2.5 Análise dos dados

Os dados obtidos da espectroscopia Raman são apresentados em gráfico deslocamento x intensidade, todos os valores obtidos das análises físico-químicas foram transformados em raiz (X+1) e submetidos a análise de variância (ANOVA) para cada tempo de armazenamento e posteriormente submetidos ao teste de normalidade Lilliefors. Quando significativos pelo teste F da ANOVA, as médias foram comparadas pelo teste de Skott Knott ($p < 0,05$) com auxílio do programa Assistat 7.7.

3. Resultados e Discussão

Os compostos majoritários foram identificados por comparação com a literatura (Prins et al., 2006). Verificou-se a presença dos compostos cânfora, eucaliptol (1,8 cineol) e α -pineno como componentes majoritários, respectivamente conforme intensidade do pico. A presença destes compostos foi confirmada através da espectroscopia Raman (Figura 1).

Figura 1. Espectro Raman do OE de alecrim com picos característicos para cânfora (1), α -pineno (2) e eucaliptol (3).



Fonte: Autores.

Resultados encontrados por Bauer, et al. (1997) e Tebaldi (2008), apontam o α -pineno, 1,8 cineol e a cânfora como constituintes majoritários no óleo essencial de alecrim. Boix, et al. (2010), encontraram como principais componentes, entre os 25 compostos identificados, β -pineno (7,0%), mirceno (9,52%), 1,8 cineol (14,02%), cânfora (33,17%) e verbenona (8,6%). Schulz, et al. (2005) observou intensidade de bandas características para as estruturas de 1-8 cineol, cânfora e alfa-pineno em óleo essencial de Lamiaceas, o que reforça a aplicação da espectroscopia Raman neste tipo de análise, corroborando assim com

a sustentabilidade pela ausência de solventes orgânicos na identificação dos compostos majoritários e a não destruição da amostra.

Trabalho realizado por Atti-Santos, et al., (2005) encontraram como principais componentes α -pineno (40,55% a 45,10%), 1,8 cineol (17,40% a 19,35%), canfeno (4,73 a 6,06%), verbenona (2,32% a 3,86%) e borneol (2,24% a 3,10%), resultado também encontrado por Santoyo, et al., (2005), no qual 80% do óleo de alecrim avaliado continha α -pineno, 1,8 cineol, cânfora, verbenona e borneol.

A variabilidade química do óleo essencial, entre outros fatores, está condicionada a variável ecológica e condições geográficas, idade da planta, época da colheita e metodologia diferente da sua extração (Bagamboula et al., 2004) havendo necessidade de padronizar a sua composição quando houver variação condicionada a esses fatores (Prakash, et al., 2015). Estas variações aparentes no perfil químico dos óleos podem influenciar no seu potencial de atividade biológica (Burt, 2004) dificultando a aplicação como conservantes naturais em alimentos.

A Espectroscopia Raman pode ser utilizada como uma ferramenta para o controle de qualidade, para a identificação composicional ou para detecção de falsificação ou mudanças que ocorrem durante o processamento de alimentos (Jentzsch & Ciobotă, 2014; Yaseen, et al., 2017).

Na análise de atividade antioxidante total (AA), o óleo essencial apresentou menor atividade (38%) em comparação com o extrato hidroalcoólico (93,8%), ambos para concentração de 100ug/mL. A presença de compostos polares no extrato hidroalcoólico influenciou na melhor neutralização dos radicais DPPH. As propriedades antioxidantes dos extratos da folha de alecrim são atribuídas ao seu grande conteúdo de compostos fenólicos como ácido gálico, catequinas, quercetina e canferol entre outros, os quais podem desempenhar atividade antioxidante similar aos antioxidantes sintéticos (Pereira, et al., 2017; Ghasemi, et al., 2022). No entanto, resultados obtidos por Wang, et al. (2008) demonstraram maior atividade antioxidante do óleo essencial de alecrim. Conforme Mata, et al. (2007) e Andrade, et al., (2013) a diversidade de atividade antioxidante que os óleos essenciais apresentam podem estar relacionadas com o tipo de método utilizado na avaliação bem como na composição apresentada pelo óleo essencial.

Para os tempos 0, 7, 15 e 30 todos os tratamentos apresentaram pH estatisticamente iguais ($p > 0,05$) assim como observado em estudo de Jaworska, et al. (2021) onde o valor de pH se manteve constante. Porém, aos 45 dias de armazenamento os tratamentos em que foram utilizados o alecrim apresentaram menores valores de pH em comparação com os demais tratamentos (Tabela 1) o que demonstra que através deste parâmetro os hambúrgueres adicionados de erva e/ou óleo estavam mais adequados. Vale ressaltar que nos demais tempos de análise somente os componentes presentes no óleo essencial não foram suficientes para evitar um aumento do pH. Segundo Lücke (2000), a elevação do pH deve-se à presença de compostos básicos resultantes das reações de descarboxilação e desaminação de alguns aminoácidos pelas enzimas presentes na carne.

A efetividade da estabilização da cor bem como a baixa oxidação de produtos cárneos que receberam extrato de alecrim foi relatada a partir de levantamento realizado por Shah, et al. (2014) e Biswas, et al. (2021) e observaram que os extratos de plantas podem ser boa alternativa para substituição dos aditivos sintéticos. No entanto, apesar das demonstrações e comprovação da atividade antioxidante desses compostos é necessário que a legislação permita essa completa substituição garantindo a oferta de um produto de melhor saudabilidade para o consumidor. No entanto, Munekata, et al. (2020) ressaltam que é necessário garantir a estabilidade desses extratos adicionados nos produtos cárneos durante todas as etapas do processamento na indústria.

Tabela 1. Valores médios \pm desvio padrão do pH das amostras de hambúrgueres em relação ao tempo de armazenamento.

Tratamento	Tempo (dias)			
	45	60	90	120
T1	6,28 \pm 0,01d	6,34 \pm 0,05b	6,18 \pm 0,07b	6,61 \pm 0,10a
T2	6,31 \pm 0,00c	6,30 \pm 0,06b	6,16 \pm 0,02b	6,57 \pm 0,04a
T3	6,33 \pm 0,01b	6,41 \pm 0,05a	6,26 \pm 0,05b	6,49 \pm 0,04a
T4	6,27 \pm 0,01e	6,29 \pm 0,08b	6,24 \pm 0,02b	6,98 \pm 0,54a
T5	6,34 \pm 0,01a	6,43 \pm 0,01a	6,28 \pm 0,04b	6,41 \pm 0,14a
T6	6,32 \pm 0,01b	6,43 \pm 0,02a	6,49 \pm 0,20a	6,66 \pm 0,15a
T7	6,33 \pm 0,01b	6,41 \pm 0,04a	6,28 \pm 0,04b	6,53 \pm 0,04a
*CV (%)	0,06	0,38	0,61	1,46

Os dados na tabela são originais, porém os *CV (coeficiente de variação) apresentados são dos dados após transformação. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$). T1: 0,1% de erva seca, T2: 0,1% de erva fresca, T3: 0,1% de óleo essencial, T4: 0,05% de erva seca e 0,05% de óleo essencial, T5: 0,01% de BHT, T6: 0,1% de eritorbato de sódio e T7: sem antioxidante. Fonte: Autores (2022).

Não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) para os valores médios de L^* (luminosidade) e b^* para os tempos 0, 7, 15 e 30 (Tabela 2), apresentando variação a partir de 45 dias. Munekata, et al. (2020) observaram estabilidade da cor e da oxidação de produtos cárneos que receberam extratos vegetais em vários estudos relatados na literatura. Exceto T5, todos os tratamentos apresentaram valores altos de a^* o que proporciona a adição de ervas bem como óleo essencial na manutenção da cor do produto proporcionando ao consumidor a aquisição de produtos livres de aditivos sintéticos.

Tabela 2. Valores médios \pm desvio padrão da luminosidade (L^*) e índice de vermelho (a^*) e índice de amarelo (b^*) das amostras de hambúrgueres em relação ao tempo de armazenamento.

Tratamento	Tempo (dias)				
	30	45	60	90	120
L^*					
T1	55,82 \pm 3,77a	54,98 \pm 2,01a	53,61 \pm 0,67a	53,11 \pm 2,06a	54,42 \pm 4,59a
T2	52,76 \pm 0,55a	56,12 \pm 2,61a	55,24 \pm 1,17a	49,88 \pm 2,75a	51,22 \pm 0,90a
T3	55,13 \pm 0,68a	52,52 \pm 1,68b	55,21 \pm 0,97a	51,77 \pm 0,81a	52,53 \pm 2,21a
T4	55,95 \pm 0,82a	56,49 \pm 0,98a	52,31 \pm 0,77b	54,69 \pm 3,79a	50,37 \pm 2,01a
T5	53,69 \pm 1,60a	52,60 \pm 2,26b	54,46 \pm 0,69a	55,08 \pm 2,75a	51,14 \pm 2,08a
T6	52,63 \pm 2,43a	49,96 \pm 3,30b	49,61 \pm 2,88b	52,78 \pm 2,28a	50,74 \pm 0,41a
T7	55,67 \pm 1,66a	57,87 \pm 1,35a	54,39 \pm 2,21a	52,02 \pm 4,86a	51,01 \pm 2,14a
*CV%	1,76	1,97	1,45	2,8	2,24
a^*					
T1	7,88 \pm 0,94b	7,53 \pm 0,66a	8,53 \pm 1,43a	9,72 \pm 1,06a	8,08 \pm 0,75a
T2	9,63 \pm 0,52a	8,39 \pm 0,92a	7,58 \pm 0,48a	8,76 \pm 0,48a	8,45 \pm 0,38a
T3	8,48 \pm 0,76b	9,00 \pm 0,76a	8,02 \pm 1,12a	9,37 \pm 0,79a	7,61 \pm 0,49a
T4	9,07 \pm 0,45a	7,62 \pm 0,21a	8,86 \pm 0,69a	8,08 \pm 0,55a	8,51 \pm 1,36a
T5	8,41 \pm 0,11b	9,16 \pm 0,80a	8,50 \pm 0,95a	8,68 \pm 0,95a	8,66 \pm 0,95a
T6	9,27 \pm 0,36a	9,19 \pm 0,85a	9,59 \pm 0,73a	6,14 \pm 0,20c	7,77 \pm 1,65a
T7	7,93 \pm 0,61b	8,38 \pm 0,82a	9,01 \pm 0,71a	7,60 \pm 0,34b	7,50 \pm 0,87a
*CV%	3,15	3,97	4,88	3,59	5,71

	b*				
T1	24,24± 1,07a	23,17± 0,91b	25,59± 3,11a	28,63± 1,78a	25,62± 0,95a
T2	25,15± 0,98a	25,27± 0,54a	24,36± 2,27a	26,96± 1,71a	28,06± 2,99a
T3	24,13± 2,08a	24,84± 1,46a	26,64± 2,66a	29,39± 1,20a	27,39± 3,22a
T4	25,35± 0,50a	22,63± 0,30b	26,55± 3,47a	25,31± 0,26b	28,49± 3,94a
T5	24,37± 0,37a	24,67± 0,38a	26,31± 3,02a	27,23± 2,08a	28,36± 3,53a
T6	24,63± 1,07a	23,74± 1,39b	27,20± 1,50a	20,93± 0,46c	25,22± 5,10a
T7	23,77± 0,39a	25,44± 1,07a	26,63± 3,64a	23,73± 2,49b	27,66± 1,30a
*CV%	2,13	1,92	5,34	3,02	5,92

Os dados na tabela são originais porém os *CV (coeficiente de variação) apresentados são dos dados após transformação. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott. T1: 0,1% de erva seca, T2: 0,1% de erva fresca, T3: 0,1% de óleo essencial, T4: 0,05% de erva seca e 0,05% de óleo essencial, T5: 0,01% de BHT, T6: 0,1% de eritorbato de sódio e T7: sem antioxidante. Fonte: Autores (2022).

Análise da atividade antioxidante

Não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre as médias dos tratamentos para os valores de TBARS (expressos em mg de dialdeído malônico/kg de amostra) até 60 dias de armazenamento (Tabela 3). Vale ressaltar que valores de TBARS entre 0,6 e 2,0 mg de malonaldeído/kg demonstram alterações relacionadas à oxidação lipídica pouco perceptíveis sensorialmente (Terra, et al., 2006; Choi, et al., 2010; Mercadante, et al., 2010; Trindade, et al., 2010; Morais, et al., 2013). Mesmo assim, em comparação com os tratamentos que não receberam o alecrim, a adição da erva manteve a estabilidade oxidativa do produto. Marins, et al. (2021) observaram comportamento semelhante da atividade antioxidante do alecrim em hambúrguer de suíno e recomenda novos estudos em outros tipos de produto cárneo.

Tabela 4. Valores médios de TBARS expressos em mg de dialdeído malônico/kg de amostra de amostra em relação ao tempo de armazenamento dos hamburgueres

Tratamento	Tempo (dias)		
	60	90	120
T1	0,38 ± 0,02b	0,90 ± 0,17a	1,88 ± 0,16a
T2	0,49 ± 0,12b	0,79 ± 0,29a	1,67 ± 0,58a
T3	0,67 ± 0,12a	1,15 ± 0,36a	2,19 ± 0,20a
T4	0,53 ± 0,02b	0,82 ± 0,10a	1,14 ± 0,27a
T5	0,74 ± 0,02a	1,33 ± 0,09a	1,61 ± 0,48a
T6	0,50 ± 0,17b	0,46 ± 0,37a	1,40 ± 0,82a
T7	0,63 ± 0,13a	1,06 ± 0,09a	1,96 ± 0,54a
*CV%	3,38	6,53	9,32

Os dados na tabela são originais porém os *CV apresentados são dos dados após transformação. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Scott-Knott. T1: 0,1% de erva seca, T2: 0,1% de erva fresca, T3: 0,1% de óleo essencial, T4: 0,05% de erva seca e 0,05% de óleo essencial, T5: 0,01% de BHT, T6: 0,1% de eritorbato de sódio e T7: sem antioxidante. Fonte: Autores (2022).

A busca por aditivos mais naturais adicionados em alimentos tem sido uma preocupação dos consumidores, pois há relatos de danos à saúde condicionados a aditivos sintéticos como o BHT e BHA realizados por Shah, et al. (2014) em artigo de revisão. Em geral, o alecrim é adicionado em alimentos como aromatizante em vários pratos (Oluwatuyi, et al., 2004). No entanto, alguns trabalhos têm reportado a atividade antioxidante do óleo essencial de diversas ervas condicionadas a presença

do β -pineno e de polifenóis como ácido caféico, quercetina, luteolina e epigallocatequinas, compostos muito comuns em ervas aromáticas como orégano e sálvia (Munekata, et al., 2020). Todos os tratamentos em que a erva esteve presente, tanto fresca quanto seca, exceto para T6 (eritorbato de sódio) apresentaram menores valores de oxidação dos ácidos graxos, provavelmente devido à presença de polifenóis nas folhas do alecrim.

4. Conclusão

Os hambúrgueres em que foram adicionados alecrim em substituição aos antioxidantes sintéticos apresentaram estabilidade oxidativa, de cor e de pH até 60 dias de armazenamento, o que possibilita a utilização dessa erva em produtos cárneos. Reforça-se a necessidade da avaliação microbiológica do produto com a adição da erva, uma vez que a estabilização dos parâmetros físico-químicos não garante a qualidade final para o mercado consumidor em relação ao desenvolvimento microbiano. Assim, sugere-se o estudo do desenvolvimento microbiológico de hambúrgueres adicionados de alecrim, tanto na forma óleo essencial quanto em extrato hidroalcoólico.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao CNPq pela concessão das bolsas e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso pela infraestrutura e Edital IFMT/PROPE 34/2013.

Referências

- AMSA. Meat color measurement guidelines, Champaign, IL: American Meat Science Association, 2012.
- Andrade M.A., Cardoso, M. G., de Andrade, J., Silva, L.F., Teixeira M.L., Resende, J.M.V., Figueiredo, A.C.S., & Barroso, J.G. (2013). Chemical Composition and Antioxidant Activity of essential Oils from *Cinnamodendron dinisii* Schwacke and *Siparuna guianensis* Aublet. *Antioxidants*, 2, 384-397. 10.3390/antiox2040384
- AOAC. Association of official analytical chemists. Official methods of analysis - AOAC Internacional. 19th ed. Maryland: USA, 2012.
- Atti-Santos, A.C., Rossato, M., Pauletti, G.F., Rota, L.D., Rech, J.C., Pansera, M.R., Agostini, F., Serafini, L.A., & Moyna, P. (2005). Physico-chemical evaluation of *Rosmarinus officinalis* L. essential oils. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48, 1035-1039. 10.1590/S1516-89132005000800020
- Bagamboula, C.F., Uyttendaele, M., & Debevere, J. (2004). Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and p-cymene towards *Shigella sonnei* and *S. flexneri*. *Food Microbiology*, 21, 33-42. 10.1016/S0740-0020(03)00046-7
- Bauer, K., Garbe, D., & Surburg, H. (1997). Common fragrance and flavor materials: preparation, properties and uses. 3. ed. Germany: Wiley-VCH.
- Biswas, O., Kandasamy, P., Patnaik, S., Lorenzo, J.M., & Das, A.K. (2021). Effect of phytochemicals on quality and safety aspects of meat and meat products. Effect of phytochemicals on quality and safety aspects of meat and meat products. *Indian Journal of Animal Health*, 60. 10.36062/ijah.2021.spl.02921
- Boix, Y.F., Victório, C.P., Lage, C.L.S., & Kuster, R.M. (2010). Volatile compounds from *Rosmarinus officinalis* L. and *Baccharis dracunculifolia* DC. Growing in southeast coast of Brazil. *Química Nova*, 33, 255-257. 10.1590/S0100-40422010000200004
- Bragagnolo, N., & Mariutti, B.R.L. (2009). A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum* L.) como antioxidantes naturais. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 68, 1-11. 10.53393/rial.2009.v68.32736
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in food - a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94, p. 223- 253. 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022
- Choi, Y.-S., Choi, J.-H., Han, D.-J., Kim, H.-Y., Lee, M.-A., Jeong, J.-Y., Chung, H.-J., & Kim, C.-J. (2010). Effects of replacing pork back fat with vegetable oils and rice bran fiber on the quality of reduced-fat frankfurters. *Meat Science*, 84, 557-563. 10.1016/j.meatsci.2009.10.012
- Dal Bosco, A., Mattioli, S., Matics, Z., Szendrő, Z., Gerencsér, Z., Mancinelli, A. C., Kovács, M., Cullere, M., Castellini, C., & Dalle Zotte, A. (2019). The antioxidant effectiveness of liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) extract administered as dietary supplementation and/or as a burger additive in rabbit meat. *Meat Science*, 158. 10.1016/j.meatsci.2019.107921
- Ghasemi, B., Varidi, M.J., Varidi, M., Kazemi-Taskooh, Z. & Emami, S. A. (2022). The effect of plant essential oils on physicochemical properties of chicken nuggets. *Food Measure*, 16, 772–783. 10.1007/s11694-021-01204-1
- Javanmardi, J., Stushnoff, C., Locke, E., & Vivanco, J.M. (2003). Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. *Food Chemistry*, 83, 547-550. 10.1016/S0308-8146(03)00151-1

- Jaworska, D., Rosiak, E., Kostyra, E., Jaszczyk, K., Wroniszewska, M., & Przybylski, W. (2021). Effect of Herbal Addition on the Microbiological, Oxidative Stability and Sensory Quality of Minced Poultry Meat. *Foods*, 10, 1537. 10.3390/foods10071537
- Jentzsch, P.V. & Ciobotă, V. (2014). Raman spectroscopy as an analytical tool for analysis of vegetable and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, 29, 287-295. 10.1002/ffj.3203
- Lücke, F.-K. (2000). Utilization of microbes to process and preserve meat. *Meat Science*, 56, 105-115. 10.1016/S0309-1740(00)00029-2
- Machado, W.R.C., Filippin, A.P., Silva, L.M., Silva, H.D.M., & Hoffmann, R. M.M. (2021) Incorporação de compostos fenólicos em produtos alimentícios: uma revisão. *Brazilian Journal of Development*, 7, 46470-46499. 10.34117/bjdv7n5-184
- Marins, A. R. De, Sartorelli, A., Silva, L. A. Da, Campos, T. A. F. De, Artilha, C. A. F., Silva, N. M. Da, Feihmann, A. C., Gomes, R. G., & Marinho, M. T. (2021). Influência da adição de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e orégano (*Origanum vulgare*) na estabilidade lipídica, textura e características sensoriais de hambúrguer suíno. *Research, Society and Development*, [S.1], 10, e201101119477. 10.33448/rsd-v10i11.19477
- Mata, A.T., Proença, C., Ferreira, A.R., Serralheiro, M.L.M., Nogueira, J.M.F., & Araújo, M.E.M. (2007). Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of five plants used as portuguese food spices. *Food Chemistry*, 103, 778-786, 2007. 10.1016/j.foodchem.2006.09.017
- Mercadante, A.Z., Capitani, C.D., Decker, E.A., & Castro, I.A. (2010). Effect of natural pigments on the oxidative stability of sausages stored under refrigeration. *Meat Science*, 84, 718-726. 10.1016/j.meatsci.2009.10.031
- Morais, C.S.N., Morais Junior, N.N., Vicente-Neto, J., Ramos, E.M., Almeida, J., Roseiro, C., Santos, C., Gama, L.T., & Bressan, M.C. (2013). Mortadella sausage manufactured with *Caiman yacare* (*Caiman crocodilus yacare*) meat, pork backfat, and soybean oil. *Meat Science*, 95, 403-411. 10.1016/j.meatsci.2013.04.017
- Munekata, P.E.S., Rocchetti G., Pateiro, M., Lucini, L., Domínguez, R., & Lorenzo, J. M. (2020). Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: an overview. *Current Opinion in Food Science*, 31:81–87. 10.1016/j.cofs.2020.03.003
- NIST Chemistry WebBook, NIST Standard Reference Database Number 69, Eds. P.J. Linstrom and W.G. Mallard. Disponível em <https://webbook.nist.gov/> Acesso em 31 dez 2021.
- Oliveira, R.T., Junior, J.M., Nascimento, D.V., & Stefani, R. (2014). Phytochemical screening and comparison of DPPH radical scavenging from different samples of coffee and yerba mate beverages. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4.
- Oluwatuyi, M., Kaatz, G. W., & Gibbons, S. (2004). Antibacterial and resistance modifying activity of *Rosmarinus officinalis*. *Phytochemistry*, 65, 3249–3254. 10.1016/j.phytochem.2004.10.009
- Pereira, D., Pinheiro, R.S., Heldt, L.F.S., De Moura, C., Bianchin, M., Almeida, J.F., Dos Reis, A.S., & Ribeiro, I.S., Haminiuk, C.W.I., Carpes, S.T. (2017). Rosemary as natural antioxidant to prevent oxidation in chicken burgers. *Food Science and Technology*, 37(1), 17-23. 10.1590/1678-457X.31816
- Pereira, G. M. (2009). *Aplicação de antioxidantes naturais em carne mecanicamente separada (CMS) de aves*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5669/PEREIRA%20MARLENE%20GOMES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 05 mai 2022.
- Prakash, B., Kedia, A., Mishra, P.K., & Dubey, N.K. (2015). Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of agri-food commodities – Potentials and challenges. *Food Control*, 47, 381-391. 10.1016/j.foodcont.2014.07.023
- Prins, C.L., Lemos, C.S.L., & Freitas, S.P. (2006). Efeito do tempo de extração sobre a composição e o rendimento do óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 8, 92-95. Disponível em https://www1.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Botanica/RBPM-RevistaBrazileiradePlantasMediciniais/artigo17_v8_n4_p092-095.pdf. Acesso 10 mai 2022.
- Queiroz, A.M.P. (2006). *Efeitos do tripolifosfato de sódio sobre as características microbiológicas, físico químicas e vida de prateleira em lingüiça fresca de frango*. Dissertação (Mestrado em Ciência Veterinária). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/6758/000534693.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 05 mai 2022
- Raharjo, S., Sofos, J.N., & Schmidt, G.R. (1992). Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 2182-2185. Disponível em <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00023a027>. Acesso em 10 mai 2022.
- Ribeiro, J. S., Santos, M. J. M. C., Silva, L. K. R., Pereira, L. C. L., Santos, I. A., da Silva Lannes, S. C., & da Silva, M. V. (2019). Natural antioxidants used in meat products: A brief review. *Meat Science*, 148, 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.016>
- Schulz, H., Özkan, G., Baranska, M., Krüger, H., & Özcan, M. (2005). Characterisation of essential oil plants from Turkey by IR and Raman spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 39, 249-256. 10.1016/j.vibspec.2005.04.009
- Shah, M. A.; Bosco, S. J. D., & Mir, S.A. (2014). Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science*, 98, 21-33. 10.1016/j.meatsci.2014.03.020
- Silva, A.M. (2008). *Estudo químico e biológico de plantas da família Eriocaulaceae*. Tese (Doutorado em Química)- Universidade Estadual Paulista- Instituto de Química.
- Silva, B.D., Bernardes, P.C., Pinheiro, P.F., Fantuzzi, E., & Roberto, C.D. (2021). Chemical composition, extraction sources and action mechanisms of essential oils: Natural preservative and limitations of use in meat products. *Meat Science*, 176, 108463. 10.1016/j.meatsci.2021.108463
- Tarladgis, B.G., Watts, B.M., & Younathan, M.T.A. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *The Journal of the American Oil Chemists Society*, 37, 44-48. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02630824>

Tebaldi, V. M. R. (2008). Análise e potencial de uso de óleos essenciais no controle de *Pseudomonas* sp. e na formação de biofilme por *Pseudomonas aeruginosa*. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Tepe, B., Daferera, D., Sokmen, A., Sokmen, M., & Polissiou, M. (2005). Antimicrobial and antioxidante activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (Lamiaceae). *Food Chemistry*, 90, 333 -340. 10.1016/j.foodchem.2003.09.013

Terra, N.N., Cichoski, A.J., & Freitas, R.J.S. (2006). Valores de nitrito e TBARS durante o processamento e armazenamento de paleta suína curada, maturada e fermentada. *Ciência Rural*, 36, 965-970. 10.1590/S0103-84782006000300037

Trindade, M.A., Thomazine, M., Oliveira, J.M., Balieiro, J.C.C., & Favaro-Trindade, C.S. (2010). Estabilidade oxidativa, microbiológica e sensorial de mortadelas contendo óleo de soja, armazenada a 0°C durante 60 dias. *Brazilian Journal of Food Technology*, 13, 165-173. 10.4260/BJFT2010130300022

Wang, W., Wu, N., Zu, Y.G., & Fu, Y.J. (2008). Antioxidative activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil compared to its main components. *Food Chemistry*, 108, 1019–1022.

Yaseen, T.; Sun, D.-W., & Cheng, J.H. (2017). Raman imaging for food quality and safety evaluation: Fundamentals and applications- review. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 177-189. 10.1016/j.tifs.2017.01.012