



## USO DE EXTRATO DE ERVA-MATE COMO AGENTE ANTIOXIDANTE EM FILMES POLIMÉRICOS DE MATRIZ DE AMIDO

Casagrande, M. C.<sup>1\*</sup>; Da Silva, R. B.<sup>1</sup>; Köhn, C. R.<sup>2</sup>; Santana, R. M. C.<sup>1</sup>

1 – Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

2 – Departamento de Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

\*magalicanton@gmail.com

### RESUMO

Filmes biodegradáveis de matriz de amido, glicerol e ácido málico (0,5% m/m) com adição de extrato de erva-mate (20% m/m) foram preparados pela técnica de *casting*. A capacidade antioxidante dos filmes foi avaliada em amostras de carne bovina embaladas por 12 dias sob refrigeração, através da medição do índice TBARS (espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico), alterações colorimétricas e variação de pH. A incorporação de extrato de erva-mate acarretou menor índice de oxidação lipídica da carne em comparação ao controle, além de menor tendência ao escurecimento ( $L^*$ ) e maior predominância da coloração avermelhada ( $a^*$ ). Observou-se diminuição gradual do pH da carne, possivelmente devido à presença de ácido málico na formulação dos filmes e à degradação da carne durante o armazenamento. Os resultados encontrados sugerem que o extrato de erva-mate pode contribuir para a preservação de produtos cárneos, evidenciando seu potencial para uso em embalagens sustentáveis.

**Palavras-chave:** Filmes poliméricos; amido de batata; erva-mate; ácido málico; antioxidante

### INTRODUÇÃO

A incorporação de compostos bioativos em embalagens poliméricas constitui uma interessante estratégia para prolongar a vida útil de produtos alimentícios e melhorar a funcionalidade dos materiais de embalagem. A oxidação lipídica, uma das principais causas da deterioração dos alimentos, pode resultar em consequências

organolépticas indesejáveis, como perda de nutrientes, alterações de cor e formação de compostos nocivos. Para retardar este efeito, substâncias antioxidantes podem ser incorporadas em embalagens poliméricas para prevenir a oxidação de gorduras e óleos, que leva à rancificação. Nesse contexto, o uso de antioxidantes naturais é preferível, considerando-se a associação de aditivos sintéticos com efeitos negativos para a saúde humana ((1)), ((2)).

Como fonte antioxidante, a erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é reportada como agente inibidor de reações de oxidação lipídica, destacando-se por possuir elevado teor polifenólico ((3)). Por sua vez, o amido demonstra ser uma matriz polimérica eficaz para o transporte de antioxidantes e antimicrobianos, que podem ser liberados nos alimentos ou no ambiente circundante ((2)). Diante disso, essa pesquisa tem como objetivo investigar a viabilidade de incorporação de extrato de erva-mate em filmes poliméricos à base de amido de batata, estudando a possibilidade de difusão dos compostos antioxidantes ao alimento e propondo futuras aplicações em embalagens alimentícias descartáveis.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Materiais**

Para a realização deste trabalho, utilizou-se amido de batata fornecido pelo Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS - Farroupilha), glicerol P.A./ACS (NEON), ácido málico (DL) P.A. (Êxodo Científica) e erva-mate comercial (*Ilex paraguariensis*) adquirida em comércio local.

### **Preparação do extrato de erva-mate**

O extrato de erva-mate foi preparado por meio da infusão de 3 g de erva-mate peneirada em 100 g de água destilada na temperatura inicial de 70 °C, sob agitação ((3)), ((4)). Após 5 minutos, o líquido foi filtrado e resfriado até a temperatura ambiente.

### **Preparação dos filmes de amido de batata**

A matriz polimérica controle foi desenvolvida misturando-se 5 g de amido de batata (AB) em glicerol (1 g), ácido málico (0,5 g) e água destilada (93,5 g). A preparação da amostra contendo extrato de erva-mate (EM) foi baseada no método descrito por Jaramillo *et al.* (2015, 2016) e Hernandez *et al.* (2017), no qual uma fração de água destilada é substituída pela concentração desejada de extrato (20 g) ((3)), ((4)), ((5)). Os sistemas foram homogeneizados sob agitação constante em

temperatura de ~75 °C até que ocorresse a completa gelatinização do amido, sendo em seguida pesados e vertidos em placas poliméricas até atingirem a massa de 30 g. Após *casting*, as placas contendo os filmes foram conduzidas à estufa em temperatura de 30 °C por aproximadamente 24 h sob ventilação, produzindo filmes de espessura  $0,11 \pm 0,01$  mm. A formulação das amostras desenvolvidas está descrita na Tabela 1 e ilustrada na Figura 1.

Tabela 1 – Composição dos filmes desenvolvidos, em relação à massa seca.

| Base seca (m/m) (%) | Amido de batata | Glicerol | Ácido málico | Extrato de erva-mate |
|---------------------|-----------------|----------|--------------|----------------------|
| Controle            | 76,9            | 15,4     | 7,7          | 0                    |
| AB+EM               | 18,9            | 3,8      | 1,9          | 75,4                 |

Figura 1 – Aspecto visual dos filmes de matriz de amido-glicerol produzidos. a) formulação controle; b) formulação contendo 20% de extrato de erva-mate (AB+EM).



## Caracterização

### Índice de TBARS

A análise de TBARS seguiu a metodologia de Raharjo, Sofos e Schmidt (1992) ((6)), com modificações. Carne moída bovina (15 g) foi embalada nos filmes poliméricos produzidos e armazenada em incubadora em temperatura de 4 °C por

doze dias. A oxidação lipídica foi avaliada monitorando-se os níveis de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), sendo a formação de malonaldeído (MDA) um dos principais indicadores da degradação e consequentes alterações organolépticas da carne. Os resultados foram expressos em miligramas de malonaldeído (MDA) em relação a 1 quilo de amostra de carne, uma vez que a reação do MDA com o ácido tiobarbitúrico é capaz de formar um pigmento vermelho mensurado espectrofotometricamente no comprimento de onda 532 nm ((7)). As leituras foram realizadas em triplicata nos dias 0, 3, 6, 9 e 12.

### **Cor e luminosidade da carne**

As medições de cor das amostras de carne bovina em contato com os filmes poliméricos foram obtidas em triplicata utilizando um espectrofotômetro portátil BYK, de acordo com a norma ASTM D2244-15. Os resultados foram expressos no sistema de medição de cores CIELab (*Commission Internationale de l'Eclairage*), considerando os parâmetros adimensionais  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . A coordenada  $L^*$  denota a luminosidade da cor, variando de preto ( $L = 0$ ) a branco ( $L = 100$ ), o eixo  $a^*$  varia de verde ( $-a$ ) a vermelho ( $+a$ ), e o eixo  $b^*$  varia de azul ( $-b$ ) a amarelo ( $+b$ ).

### **pH da carne**

O pH das amostras de carne bovina foi determinado misturando-se 4 g de carne com 40 mL de água destilada, usando eletrodo conectado a medidor de pH digital (DIGIMED). As leituras foram realizadas em triplicata para todos os pontos do ensaio.

### **Análise estatística**

A análise de variância (ANOVA) foi calculada para todos os resultados. O teste de comparação de médias de Tukey foi aplicado para avaliar as diferenças médias com um intervalo de confiança de 95%.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

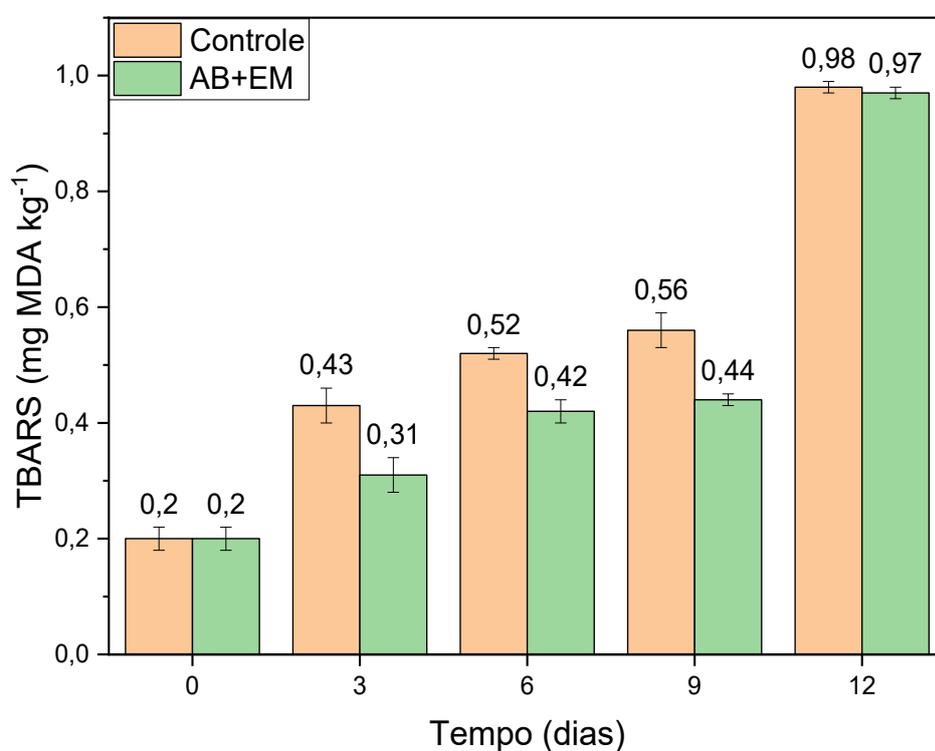
A oxidação lipídica foi analisada durante 12 dias em amostras de carne bovina crua embalada nos filmes poliméricos desenvolvidos, utilizando o método TBARS. A Tabela 2 quantifica o índice de malonaldeído (MDA) presente em 1 quilo de amostra, o qual é um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo do alimento ((8)). A Figura 2 demonstra graficamente os dados coletados.

Tabela 2 – Índice de malonaldeído (MDA) por quilo de carne embalada nos filmes poliméricos produzidos, durante 12 dias.

| <b>TBARS<br/>(mg MDA kg<sup>-1</sup>)</b> | <b>Dia 0</b>             | <b>Dia 3</b>             | <b>Dia 6</b>             | <b>Dia 9</b>             | <b>Dia 12</b>            |
|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Controle</b>                           | 0,20 ± 0,02 <sup>a</sup> | 0,43 ± 0,03 <sup>b</sup> | 0,52 ± 0,01 <sup>d</sup> | 0,56 ± 0,03 <sup>d</sup> | 0,98 ± 0,01 <sup>e</sup> |
| <b>AB+EM</b>                              | 0,20 ± 0,02 <sup>a</sup> | 0,31 ± 0,03 <sup>c</sup> | 0,42 ± 0,02 <sup>b</sup> | 0,44 ± 0,01 <sup>b</sup> | 0,97 ± 0,01 <sup>e</sup> |

<sup>a-e</sup> Letras diferentes indicam diferença significativa entre os resultados ( $p \leq 0,05$ ).

Figura 2 – Índice de malonaldeído (MDA) por quilo de carne embalada nos filmes poliméricos produzidos.



Ao longo do período de armazenamento, verificou-se aumento progressivo dos valores calculados, indicando o início do processo oxidativo do alimento. No último dia de análise, observou-se uma elevação considerável do índice TBARS, aproximadamente 100% superior à leitura anterior. A adição de extrato de erva-mate influenciou o índice TBARS até o quarto ponto de avaliação, resultando em valores significativamente inferiores ( $p \leq 0,05$ ) quando comparados ao grupo controle. Este efeito inibitório foi mais expressivo ao terceiro dia de ensaio, no qual ocorreu redução de aproximadamente 30% no índice do filme aditivado em relação ao controle. A erva-mate é uma matriz alimentar rica em compostos fenólicos, reconhecidos por sua

capacidade de inibir a formação de radicais livres e retardar a degradação para formas mais oxidantes, como o MDA ((9)). A eficácia da incorporação de extratos e óleos vegetais ricos em polifenóis como agentes antioxidantes em embalagens é largamente reportada em diversos estudos, que demonstram a melhora da estabilidade de alimentos suscetíveis à oxidação ((9)), ((10)), ((11)), ((12)).

É importante salientar que a legislação brasileira não estabelece um limite máximo de TBARS para produtos cárneos. No entanto, índices elevados prejudicam a aceitação do produto final, uma vez que os aromas de ranço em carnes são inicialmente percebidos em valores entre 0,5 a 2,0 mg MDA kg<sup>-1</sup> de carne. Apesar disso, valores de TBARS de até 1,59 mg MDA kg<sup>-1</sup> são considerados baixos e não representam prejuízos à saúde humana ((13)). Dessa forma, embora todas as leituras tenham se mantido inferiores a 1,00 mg MDA kg<sup>-1</sup>, as amostras embaladas em filmes aditivados com extrato de erva-mate apresentaram proteção contra aromas desagradáveis até o nono dia de teste (0,44 ± 0,01 mg MDA kg<sup>-1</sup>), enquanto a carne acondicionada nos filmes controle atingiu o índice de 0,5 mg MDA kg<sup>-1</sup> no sexto dia de análise (0,52 ± 0,01 mg MDA kg<sup>-1</sup>).

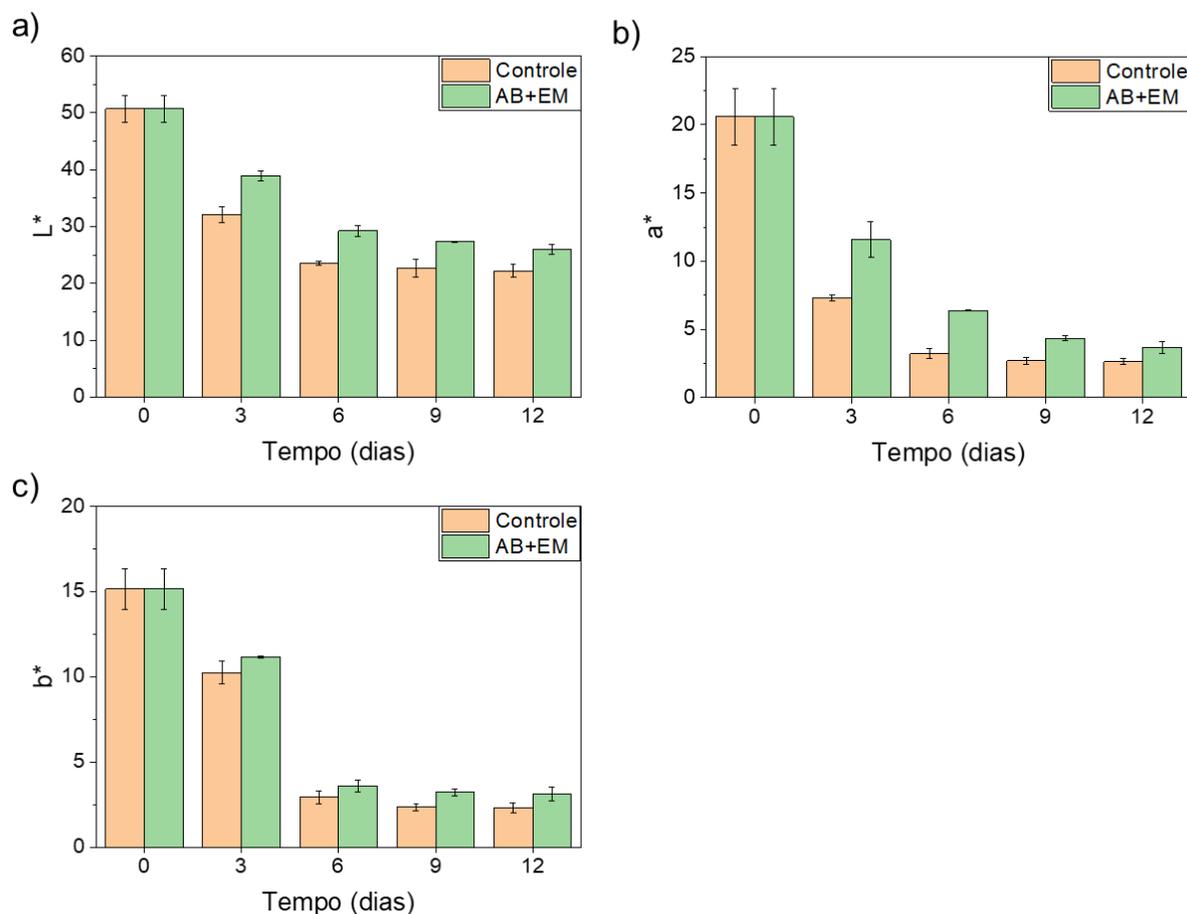
Para investigar se a incorporação de extrato de erva-mate exerce um papel na manutenção da coloração da carne bovina fresca, os aspectos colorimétricos das amostras foram determinados em todos os pontos de ensaio. A Tabela 3 mostra os resultados obtidos, representados graficamente pela Figura 3.

Tabela 3 – Parâmetros colorimétricos medidos na carne bovina embalada com os filmes produzidos.

| <b>L*</b>       | <b>Dia 0</b>              | <b>Dia 3</b>              | <b>Dia 6</b>               | <b>Dia 9</b>               | <b>Dia 12</b>               |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| <b>Controle</b> | 50,71 ± 2,38 <sup>a</sup> | 32,12 ± 1,41 <sup>b</sup> | 23,56 ± 0,32 <sup>ef</sup> | 22,67 ± 1,58 <sup>f</sup>  | 22,17 ± 1,16 <sup>f</sup>   |
| <b>AB+EM</b>    | 50,71 ± 2,38 <sup>a</sup> | 38,91 ± 0,85 <sup>c</sup> | 29,21 ± 0,93 <sup>bd</sup> | 27,32 ± 0,13 <sup>de</sup> | 25,96 ± 0,91 <sup>def</sup> |
| <b>a*</b>       | <b>Dia 0</b>              | <b>Dia 3</b>              | <b>Dia 6</b>               | <b>Dia 9</b>               | <b>Dia 12</b>               |
| <b>Controle</b> | 20,59 ± 2,09 <sup>a</sup> | 7,29 ± 0,23 <sup>b</sup>  | 3,19 ± 0,37 <sup>de</sup>  | 2,69 ± 0,27 <sup>de</sup>  | 2,63 ± 0,22 <sup>e</sup>    |
| <b>AB+EM</b>    | 20,59 ± 2,09 <sup>a</sup> | 11,58 ± 1,33 <sup>c</sup> | 6,39 ± 0,05 <sup>bd</sup>  | 4,33 ± 0,17 <sup>bde</sup> | 3,66 ± 0,43 <sup>bde</sup>  |
| <b>b*</b>       | <b>Dia 0</b>              | <b>Dia 3</b>              | <b>Dia 6</b>               | <b>Dia 9</b>               | <b>Dia 12</b>               |
| <b>Controle</b> | 15,16 ± 1,18 <sup>a</sup> | 10,24 ± 0,66 <sup>b</sup> | 2,93 ± 0,38 <sup>c</sup>   | 2,35 ± 0,21 <sup>c</sup>   | 2,33 ± 0,28 <sup>c</sup>    |
| <b>AB+EM</b>    | 15,16 ± 1,18 <sup>a</sup> | 11,15 ± 0,05 <sup>b</sup> | 3,61 ± 0,34 <sup>c</sup>   | 3,23 ± 0,19 <sup>c</sup>   | 2,98 ± 0,27 <sup>c</sup>    |

<sup>a-f</sup> Letras diferentes para cada parâmetro indicam diferença significativa entre os resultados (p ≤ 0,05).

Figura 3 – Parâmetros colorimétricos da carne embalada durante 12 dias de armazenamento. a) variação do eixo L\*: redução dos valores indica tendência ao escurecimento; b) variação do eixo a\*: valores positivos indicam tendência avermelhada; c) variação do eixo b\*: valores positivos indicam tendência amarelada.



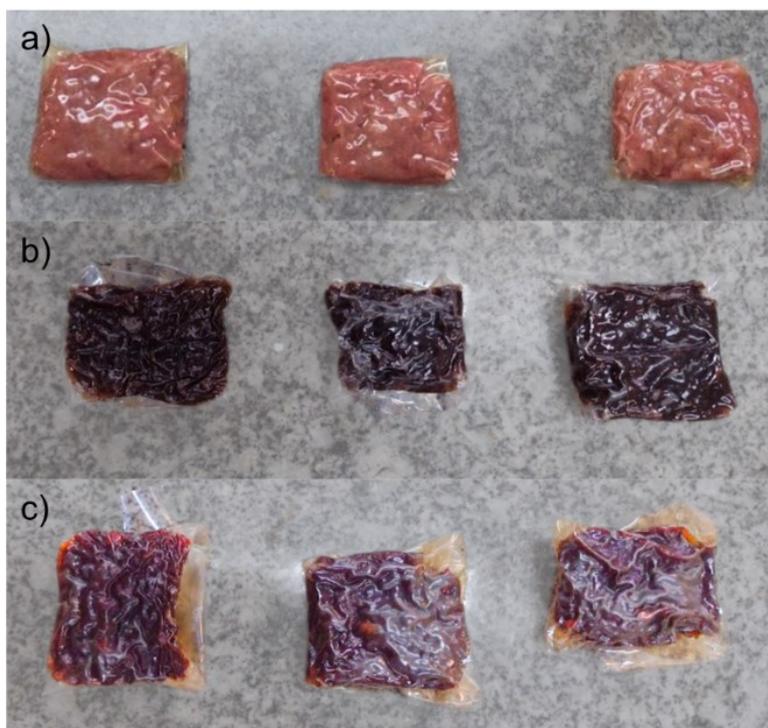
Todos os parâmetros colorimétricos sofreram diminuição gradual durante o período de armazenamento. A redução da coordenada L\*, que corresponde à análise de luminosidade, indica o escurecimento das amostras de carne bovina. Esse fenômeno está associado à diminuição de mioglobina na superfície da carne, bem como à desnaturação de proteínas da estrutura muscular ((14)). Vale ressaltar, entretanto, que as amostras embaladas em filme aditivado mostraram menor escurecimento do que o controle, com valores pelo menos 15% inferiores em todos os pontos do ensaio (Figura 3-a).

A mioglobina é o principal pigmento responsável pela coloração da carne bovina, atribuindo à carne uma tonalidade avermelhada. Com o aumento da penetração do oxigênio no alimento, esta proteína sofre oxidação e adquire a forma

química de metamioglobina, de coloração marrom ((15)). Esse processo está relacionado à diminuição da coordenada  $a^*$ , refletindo a redução da coloração vermelha da carne. Entre os parâmetros colorimétricos avaliados, o canal  $a^*$  demonstrou a maior diferença entre as formulações, com valor 50% superior para as amostras embaladas em filmes aditivados em comparação ao controle no sexto dia de leitura (Figura 3-b). Cabe mencionar que os filmes aditivados conferiram valores superiores ao controle em todos os pontos de análise, sugerindo que o extrato de erva-mate contribuiu para maior estabilidade da mioglobina da carne. Este resultado complementa o obtido no teste de TBARS, pois a incorporação de antioxidantes é capaz de retardar o processo de conversão do pigmento vermelho para pigmento marrom (12).

A Figura 4 ilustra as diferenças colorimétricas adquiridas entre as amostras no início do armazenamento (Figura 4-a) e ao final do período de avaliação. Nota-se um escurecimento mais acentuado (menor valor de  $L^*$ ) da carne embalada no filme controle (Figura 4-b), enquanto a carne acondicionada no filme aditivado com extrato de erva-mate manteve uma tonalidade avermelhada (maior valor de  $a^*$ ) (Figura 4-c).

Figura 4 – Amostras de carne bovina embaladas com os filmes produzidos, evidenciando as variações colorimétricas adquiridas no período de teste. a) início do ensaio; b) final do ensaio, filme controle; c) final do ensaio, filme AB+EM.



Não foram registrados valores significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ) entre as amostras para todos os pontos de análise da coordenada  $b^*$ , relacionada à tonalidade amarelada da carne. Observou-se uma redução considerável dos valores medidos entre o primeiro e sexto dia de armazenamento, mantendo-se estável nas leituras subsequentes (Figura 3-c). Este parâmetro está associado à atividade glicolítica e palidez muscular, e sua redução pode indicar a oxidação de gorduras e instabilidade de pigmentos ((16)).

O valor do pH da carne influencia sua conservação e propriedades, sendo considerado adequado no intervalo entre 5,4 e 5,8. Valores superiores podem diminuir a capacidade de retenção de água, enquanto valores muito baixos podem estar relacionados a uma maior cinética de oxidação da mioglobina e consequente aumento do valor de TBARS ((8)), ((14)), ((17)). A Tabela 4 descreve a variação do pH da carne durante o período de teste. Uma diminuição expressiva do pH foi observada desde o primeiro ponto de avaliação, coerente com os índices de TBARS calculados. Esta redução pode também ser explicada pela presença de ácido málico na formulação dos filmes, o qual possui ação inibidora contra leveduras e bactérias e acarreta efeito direto na diminuição do pH ((17)).

Tabela 4 – pH medido na carne embalada com os filmes produzidos, durante 12 dias.

| pH              | Dia 0                    | Dia 3                    | Dia 6                     | Dia 9                     | Dia 12                    |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Controle</b> | 5,44 ± 0,04 <sup>a</sup> | 4,87 ± 0,04 <sup>b</sup> | 4,67 ± 0,01 <sup>de</sup> | 4,62 ± 0,02 <sup>e</sup>  | 4,47 ± 0,06 <sup>f</sup>  |
| <b>AB+EM</b>    | 5,44 ± 0,04 <sup>a</sup> | 4,89 ± 0,02 <sup>b</sup> | 4,81 ± 0,04 <sup>bc</sup> | 4,75 ± 0,02 <sup>cd</sup> | 4,74 ± 0,01 <sup>cd</sup> |

<sup>a-f</sup> Letras diferentes indicam diferença significativa entre os resultados ( $p \leq 0,05$ ).

## CONCLUSÃO

Extrato de erva-mate (20% m/m) foi incorporado a uma matriz polimérica de amido de batata e ácido málico para avaliar a migração de compostos antioxidantes em amostras de carne bovina refrigerada. Verificou-se que a adição do extrato vegetal contribuiu para retardar a oxidação lipídica da carne em todos os pontos do ensaio, especialmente nos três primeiros dias de teste. As amostras embaladas nos filmes aditivados apresentaram menor tendência ao escurecimento ( $L^*$ ) e maior predominância da coloração avermelhada ( $a^*$ ), sugerindo maior estabilidade da mioglobina na carne. Ocorreu diminuição do pH, possivelmente associado ao início

do processo oxidativo e à utilização de ácido málico na formulação dos filmes. Os resultados encontrados indicam que a incorporação de extrato de erva-mate em filmes biodegradáveis de amido de batata auxiliou na prevenção da oxidação lipídica em hambúrgueres bovinos durante o período de armazenamento controlado, tornando o seu estudo promissor para futuras aplicações na indústria alimentícia.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores gostariam de agradecer ao Laboratório de Materiais Poliméricos (LaPol), ao Núcleo de Sustentabilidade (NS) e ao Laboratório de Compostos Bioativos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pela infraestrutura proporcionada, e ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS - Farroupilha) pelo fornecimento do amido de batata.

## **REFERÊNCIAS**

- (1) DOMÍNGUEZ, R.; BARBA, F. J.; GÓMEZ, B.; PUTNIK, P.; KOVACEVIC, D. B.; PATEIRO, M.; SANTOS, E. M.; LORENZO, J. M. Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review. *Food Research International*, v. 113, p. 93-101, 2018. doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.073
- (2) MENZEL, C. Improvement of starch films for food packaging through a three-principle approach: Antioxidants, cross-linking and reinforcement. *Carbohydrate Polymers*, v. 250, p. 116828, 2020. doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116828
- (3) JARAMILLO, C. M.; SELIGRA, P. G.; GOYANES, S.; BERNAL, C.; FAMÁ, L. Biofilms based on cassava starch containing extract of yerba mate as antioxidant and plasticizer. *Starch-Stärke*, v. 67, n. 9-10, p. 780-789, 2015. doi.org/10.1002/star.201500033
- (4) JARAMILLO, C. M.; GUTIÉRREZ, T. J.; GOYANES, S.; BERNAL, C.; FAMÁ, L. Biodegradability and plasticizing effect of yerba mate extract on cassava starch edible films. *Carbohydrate polymers*, v. 151, p. 150-159, 2016. doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.05.025
- (5) HERNANDEZ, D. P.; JARAMILLO, C. M.; CÓRDOBA, A. L.; GOYANES, S. Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as

- active food packaging. *Food Hydrocolloids*, v. 63, p. 488-495, 2017. doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.034
- (6) RAHARJO, S.; SOFOS, J. N.; SCHMIDT, G. R. 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*, v. 40, n. 11, p. 2182-2185, 1992. doi.org/10.1021/jf00023a027
- (7) GHANI, M. A.; BARRIL, C.; BEDGOOD JR., D. R.; PRENZLER, P. D. Measurement of antioxidant activity with the thiobarbituric acid reactive substances assay. *Food Chemistry*, v. 230, p. 195-207, 2017. doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.127
- (8) OSAWA, C. C.; DE FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. *Química Nova*, v. 28, n. 4, p. 655-663, 2005. doi.org/10.1590/S0100-40422005000400019
- (9) NISA, I. U.; ASHWAR, B. A.; SHAH, A.; GANI, A.; GANI, A.; MASOODI, F. A. Development of potato starch based active packaging films loaded with antioxidants and its effect on shelf life of beef. *Journal of Food Science and Technology*, v. 52, p. 7245-7253, 2015. doi.org/10.1007/s13197-015-1859-3
- (10) CAETANO, K. D. S.; LOPES, N. A.; COSTA, T. M. H.; BRANDELLI, A.; RODRIGUES, E.; FLÔRES, S. H.; OLIVERA, F. C. Characterization of active biodegradable films based on cassava starch and natural compounds. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 16, p. 138-147, 2018. doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.03.006
- (11) ESTACA, J. G.; MONTERO, P.; GIMÉNEZ, B.; GUILLÉN, M. C. G. Effect of functional edible films and high pressure processing on microbial and oxidative spoilage in cold-smoked sardine (*Sardina pilchardus*). *Food Chemistry*, v. 105, n. 2, p. 511-520, 2007. doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.006
- (12) AMIRI, E.; AMINZARE, M.; AZAR, H. H.; MEHRASBI, M. R. Combined antioxidant and sensory effects of corn starch films with nanoemulsion of *Zataria multiflora* essential oil fortified with cinnamaldehyde on fresh ground beef patties. *Meat Science*, v. 153, p. 66-74, 2019. doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.004
- (13) TERRA, N. N.; CICHOSKI, A. J.; DE FREITAS, R. J. S. Valores de nitrito e TBARS durante o processamento e armazenamento da paleta suína curada, maturada e fermentada. *Ciência Rural*, v. 36, n. 3, p. 965-970, 2006. doi.org/10.1590/S0103-84782006000300037

- (14) HUGHES, J. M.; CLARKE, F. M.; PURSLOW, P. P.; WARNER, R. D. Meat color is determined not only by chromatic heme pigments but also by the physical structure and achromatic light scattering properties of the muscle. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 19, n. 1, p. 44-63, 2019. doi.org/10.1111/1541-4337.12509
- (15) PASSETTI, R. A. C.; TORRECILHAS, J. A.; ORNAGHI, M. G.; MOTTIN, C.; GUERRERO, A. Determinação da coloração e a disposição de compra pelos consumidores da carne bovina. *Pubvet*, v. 10, n. 2, p. 179-189, 2016. doi.org/10.22256/pubvet.v10n2.179-189
- (16) FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; SAYAS-BARBERÁ, E.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A.; ARANDA-CATALÁ, V. Effect of sodium chloride, sodium tripolyphosphate and pH on color properties of pork meat. *Color Research & Application*, v. 29, n. 1, p. 67-74, 2003. doi.org/10.1002/col.10215
- (17) DREHMER, A. M. F. Quebra de peso das carcaças e estudo da vida de prateleira da carne suína. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, UFSM/RS, Santa Maria. 2005.

## USE OF YERBA MATE EXTRACT AS ANTIOXIDANT AGENT IN STARCH-BASED POLYMERIC FILMS

### ABSTRACT

Biodegradable films composed of starch, glycerol, and malic acid (0.5% w/w), with the incorporation of yerba mate extract (20% w/w), were produced by casting. The antioxidant capacity of the films was evaluated in ground beef over a 12-day period by measuring TBARS index (thiobarbituric acid reactive substances), colorimetric changes, and pH variation. The inclusion of yerba mate extract resulted in reduced lipid oxidation, less darkening ( $L^*$ ) and a more pronounced red coloration ( $a^*$ ) in the meat samples compared to the control. A gradual pH decline in the meat was observed, likely due to the presence of malic acid in the film formulation and the degradation of the meat during storage. These findings suggest that yerba mate extract may enhance the preservation of meat products, highlighting its potential for use in sustainable packaging.

**Keywords:** Polymeric films; potato starch; yerba mate; malic acid; antioxidant