

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE FARMÁCIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO LEITE E
DERIVADOS

Aryadne Andiana Alves

Efeito da aplicação de filmes biodegradáveis contendo extratos de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e sálvia (*Salvia officinalis* L.) na estabilidade da manteiga em tablete

Juiz de Fora

2020

Aryadne Andiará Alves

Efeito da aplicação de filmes biodegradáveis contendo extratos de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e sálvia (*Salvia officinalis* L.) na estabilidade da manteiga em tablete

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Fonseca da Silva

Coorientadora: Profa. Dra. Rejiane Avelar Bastos Silva

Juiz de Fora

2020

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Alves, Aryadne Andiara .

Efeito da aplicação de filmes biodegradáveis contendo extratos de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e sálvia (*Salvia officinalis* L.) na estabilidade da manteiga em tablete / Aryadne Andiara Alves. -- 2020.

97 f.

Orientador: Paulo Henrique Fonseca da Silva

Coorientadora: Rejjane Avelar Bastos Silva

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Farmácia e Bioquímica. Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, 2020.

1. Embalagem Ativa. 2. Conservação. 3. Oxidação. I. Silva, Paulo Henrique Fonseca da , orient. II. Silva, Rejjane Avelar Bastos, coorient. III. Título.

Aryadne Andiara Alves

Efeito da aplicação de filmes biodegradáveis contendo extratos de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e sálvia (*Salvia officinalis* L.) na estabilidade da manteiga em tablete

Dissertação de Mestrado submetida ao Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados.

Aprovada em 20 de outubro de 2020

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Henrique Fonseca da Silva – Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

p/ Profa. Dra. Rejiane Avelar Bastos Silva – Coorientadora
Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – Campus Barbacena

p/ Prof. Dr. Gerson de Freitas Silva Valente
Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – Campus Barbacena

p/ Dr. João Pablo Fortes Pereira
Universidade Federal de Juiz de Fora

p/ Profa. Dra. Denise Sobral
EPAMIG - Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Ao Raphael, meu filho, dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Juiz de Fora, ao Instituto de Laticínios Cândido Tostes/EPAMIG, à Embrapa Gado de Leite e ao Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia, pela oportunidade do mestrado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação, pelos conhecimentos adquiridos.

Ao Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – Campus Barbacena, seus colaboradores e todo o corpo docente do curso de Tecnologia em Alimentos, por permitirem o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador Paulo Henrique Fonseca da Silva. Obrigada Paulo por acreditar no meu potencial e pelo acolhimento. Neste período de orientação, pude lidar com um profissional incrível e um ser humano admirável, juntos conseguimos estabelecer uma relação de amizade e confiança, seu apoio e tranquilidade foram determinantes para a conclusão da pesquisa.

À minha coorientadora Rejiane Avelar Bastos Silva. Obrigada Rejiane por todo empenho e generosidade, você foi fundamental nesta pesquisa. Desde a graduação sempre esteve ao meu lado, apoiando nossos projetos e no mestrado não foi diferente, suas colocações foram impecáveis e agregaram grandiosamente à pesquisa. Não tenho como agradecer por tudo que fez.

Aos professores dos Instituto Giovana, Wellington, Gerson e José Emílio pela ajuda no desenvolvimento das atividades, por sanar dúvidas e realizarem considerações pertinentes à pesquisa.

Às funcionárias do Instituto Federal Flávia, Vanézia e Paula, pelo acolhimento e auxílio no desenvolvimento das atividades.

Ao João Pablo, por generosamente realizar as análises de perfil de ácidos graxos.

Ao Raphael, meu filho, por me alegrar com sua leveza e ser minha inspiração. Te amo.

Aos meus pais, Márcia e Aloisio. Agradeço a vocês por sempre acreditarem nos meus objetivos, sem questionar minhas escolhas. Devo essa e todas outras conquistas a vocês, meus principais incentivadores. Mãe, tenho certeza de que suas orações foram imprescindíveis para a conclusão deste ciclo.

Ao Carlos, meu marido. Obrigada por não me deixar desanimar, por me aconselhar e sempre ajudar em tudo que está a seu alcance. Você foi um alicerce fundamental e sem seu apoio eu não teria conseguido. Te amo.

Aos colegas do Instituto, José Lucas, Bianca, Anderson, Nathaly e Maria Elaine pela ajuda nas atividades e pela parceria.

Aos colegas do Mestrado do Leite, pelo companheirismo e amizade. Agradeço em especial às amigas Fábria, Luisa e Juliene. Superar os momentos difíceis sabendo que poderia contar com vocês fez toda diferença, quero tê-las para sempre em minha vida.

À Fernanda e ao Fernando pela generosidade e parceria. O apoio de vocês me impulsionou a buscar as melhores escolhas, obrigada por continuarem torcendo por mim.

Ao Genilson pela amizade, por ajudar no transporte das amostras e pelas caronas. Obrigada pela ajuda e paciência.

Às amigas Camila e Lívia pelos momentos de descontração durante minha estadia na casa de vocês. Obrigada por serem gentis em meio à tantas dificuldades e por tornarem meus dias em Juiz de Fora mais felizes.

Aos meus amigos de Carla, Pedro e Giovani, pelo apoio na fase inicial do mestrado, muito obrigada pelo acolhimento.

Agradeço a Deus, por sempre ser meu refúgio, por fortalecer minha fé de que tudo daria certo e me conceder discernimento para superar os momentos difíceis.

E por fim, à todas as pessoas que de alguma forma foram importantes tanto na minha trajetória quanto no desenvolvimento da pesquisa.

RESUMO

A qualidade da manteiga é afetada por reações de degradação durante o armazenamento, que podem ser reduzidas com o uso de antioxidantes naturais. A adição dos antioxidantes pode ser feita em embalagens ativas que ao interagirem com o produto retardam esses efeitos. Esse trabalho foi organizado em três capítulos, o primeiro com introdução e o referencial teórico, o segundo com o artigo resultante da pesquisa e o terceiro com direcionamentos para esforços futuros. O objetivo deste trabalho foi elaborar filmes biodegradáveis contendo extratos de alecrim e sálvia e aplicá-los como embalagem ativa em manteiga em tablete. Utilizou-se o delineamento DCCR com três variáveis independentes: concentração de extrato de alecrim, concentração de extrato de sálvia e tempo. As manteigas foram embaladas com filmes e armazenadas a 5°C, 15°C e 15°C com filmes e papel couchê por 60 dias. Caracterizou-se os filmes pela avaliação visual, cor, umidade, solubilidade, espessura, permeabilidade à gordura, transmitância e absorbância. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). Analisou-se a manteiga pelo índice de peróxidos, acidez e compostos fenólicos. Avaliou-se a estabilidade da coloração dos filmes e manteigas no armazenamento. Os dados foram analisados por regressão múltipla e apresentados os fatores e interações que tiveram efeito linear significativo ($p < 0,05$). Os extratos influenciaram nas características dos filmes, principalmente maiores concentrações de sálvia. Nas análises das manteigas e dos filmes, menores concentrações de extrato de alecrim combinados com maiores concentrações de extrato de sálvia, mostram-se mais eficientes retardando reações de deterioração. Concluiu-se que, a utilização de embalagens ativas com extratos de alecrim e sálvia em manteigas é viável e benéfica à sua conservação durante o armazenamento. Indica-se filmes associados à embalagem de papel couchê em substituição ao alumínio das embalagens tradicionais, pelo apelo biodegradável e pela maior conservação do produto.

Palavras-chave: Embalagem ativa. Conservação. Oxidação.

ABSTRACT

Butter quality is affected by degradation reactions during storage, which can be reduced with the use of natural antioxidants. The addition of antioxidants can be done in active packages that, when interacting with the product, delay these effects. This work was organized into three chapters, the first with an introduction and the theoretical framework, the second with the article resulting from the research and the third with directions for future efforts. The objective of this work was to elaborate biodegradable films containing extracts of rosemary and sage and apply them as active packaging in tablet butter. The DCCR design was used with three independent variables: rosemary extract concentration, sage extract concentration and time. The butters were packed with films and stored at 5°C, 15°C and 15°C with films and coated paper for 60 days. The films were characterized by visual evaluation, color, moisture, solubility, thickness, fat permeability, transmittance and absorbance. The results were submitted to analysis of variance and means compared by the Scott-Knott test ($p < 0.05$). The butter was analyzed by the peroxide index, acidity and phenolic compounds. The color stability of films and butters during storage was evaluated. Data were analyzed by multiple regression and the factors and interactions that had a significant linear effect ($p < 0.05$) were presented. The extracts influenced the characteristics of the films, mainly higher concentrations of sage. In the analyzes of butters and films, lower concentrations of rosemary extract combined with higher concentrations of sage extract proved to be more efficient in delaying deterioration reactions. It was concluded that the use of active packaging with rosemary and sage extracts in butter is viable and beneficial to its conservation during storage. Films associated with coated paper packaging are indicated, replacing the aluminum used in traditional packaging, due to the biodegradable appeal and greater conservation of the product.

Keyword: Active packaging. Conservation. Oxidation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de produção de manteiga	26
Figura 2 - Esquema geral do processo de oxidação lipídica	30
Figura 3 – Estrutura química dos ácidos carnósico, carnosol, rosmanol e epirosmanol.....	36

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Curva de contorno para o índice de peróxidos da manteiga em tablete revestida com embalagem ativa armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de -solução filmogênica.....58
- Gráfico 2 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5, MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta índice de peróxidos.....59
- Gráfico 3 - Curva de contorno para acidez da manteiga em tablete revestida com embalagem ativa armazenada a 15°C (MF15) em função das concentrações de alecrim e sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica.....62
- Gráfico 4 - Curva de contorno para acidez da manteiga em tablete revestida com embalagem ativa armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica.....63
- Gráfico 5 - Curva de contorno para acidez da manteiga em tablete revestida com embalagem ativa armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica.....64
- Gráfico 6 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5 e MF15, e dos seus controles para a variável resposta acidez.....65
- Gráfico 7 - Curva de contorno para compostos fenólicos da manteiga em tablete revestida com embalagem ativa armazenada a 15°C (MF15) em função das concentrações de alecrim e sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica.....66
- Gráfico 8 - Curva de contorno para compostos fenólicos da manteiga em tablete revestida com embalagem ativa armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica.....67
- Gráfico 9 - Curva de contorno para compostos fenólicos da manteiga em tablete revestida com embalagem ativa armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica.....68
- Gráfico 10 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5 e MF15, e dos seus controles para a variável resposta compostos fenólicos.....69

Gráfico 11 - Curva de contorno para luminosidade Luminosidade da manteiga embalada armazenada a 5°C (MF5) em função das concentrações de alecrim e sálvia em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	70
Gráfico 12 - Curva de contorno para luminosidade Luminosidade da manteiga embalada armazenada a 5°C (MF5) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	71
Gráfico 13 - Curva de contorno para luminosidade Luminosidade da manteiga embalada armazenada a 5°C (MF5) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	71
Gráfico 14 - Curva de contorno para luminosidade Luminosidade da manteiga embalada armazenada a 15°C (MFP15) em função das concentrações de alecrim e sálvia em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	72
Gráfico 15 - Curva de contorno para luminosidade Luminosidade da manteiga embalada armazenada a 15°C (MFP15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	73
Gráfico 16 - Curva de contorno para luminosidade Luminosidade da manteiga embalada armazenada a 15°C (MFP15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	73
Gráfico 17 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5, MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta Luminosidade da manteiga embalada.....	74
Gráfico 18 - Curva de contorno para o eixo a* da manteiga embalada armazenada a 5°C (MF5) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	75
Gráfico 19 - Curva de contorno para o eixo a* da manteiga embalada armazenada a 15°C (MFP15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	76
Gráfico 20 - Curva de contorno para o eixo b* da manteiga embalada armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	77
Gráfico 21 - Curva de contorno para o eixo b* da manteiga embalada armazenada a 15°C (MFP15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	78

Gráfico 22 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5, MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta a* da manteiga embalada.....	78
Gráfico 23 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5, MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta b* da manteiga embalada.....	79
Gráfico 24 - Curva de contorno para o eixo luminosidade da manteiga armazenada a 5°C (MF5) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	80
Gráfico 25 - Curva de contorno para o eixo Luminosidade da manteiga armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	81
Gráfico 26 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5, MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta Luminosidade da manteiga.....	82
Gráfico 27 - Curva de contorno para o eixo b* da manteiga armazenada a 5°C (MF5) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL ¹ de solução filmogênica.....	84
Gráfico 28 - Curva de contorno para o eixo b* da manteiga armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	85
Gráfico 29 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5, MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta a* da manteiga....	85
Gráfico 30 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5, MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta b* da manteiga....	86
Gráfico 31 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5 e MF15, e dos seus controles para a variável resposta perda de cor da manteiga....	87
Gráfico 32 - Curva de contorno da perda de cor dos filmes da manteiga armazenada a 5°C (MF5) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim e concentrações de sálvia em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	89
Gráfico 33 - Curva de contorno da perda de cor dos filmes da manteiga armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim e concentrações de sálvia em mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica.....	89

- Gráfico 34 - Curva de contorno da perda de cor dos filmes da manteiga armazenada a 15°C (MFP15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim e concentrações de sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica.....90
- Gráfico 35 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta perda de cor dos filmes.....91

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1 - Composição aproximada em porcentagem total de ácidos graxos presentes no leite bovino.....	24
Tabela 2 - Atributos mínimos de qualidade da manteiga	25
Tabela 3 - Etapas realizadas no tratamento do creme antes da produção da manteiga	27

Capítulo II

Tabela 1 - Níveis e valores das variáveis independentes do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR)	48
Tabela 2 - Resultados das análises de caracterização dos filmes produzidos	53
Tabela 3 - Resultados da transmitância (porcentagem) dos filmes produzidos	55
Tabela 4 - Resultados da absorvância (UA) dos filmes produzidos	56
Tabela 5 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável resposta índice de peróxidos das manteigas MF5, MF15 e MFP15	57
Tabela 6 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável resposta acidez das manteigas MF5 e MF15.....	61
Tabela 7 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável compostos fenólicos das manteigas MF5 e MF15	66
Tabela 8 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável Luminosidade (L) das manteigas embaladas MF5, MF15 e MFP15	70
Tabela 9 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável a* das manteigas embaladas MF5, MF15 e MFP15	75
Tabela 10 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável b* das manteigas embaladas MF15 e MFP15	77
Tabela 11 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável Luminosidade (L) das manteigas MF5, MF15 e MFP15	80
Tabela 12 - Equações de regressão e coeficiente de determinação das variáveis a* e b* das manteigas MF5, MF15 e MFP15	83
Tabela 13 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável resposta ΔE da manteiga e dos filmes MF15 e MFP15	86

Tabela 14 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável resposta ΔE da manteiga e dos filmes MF5, MF15 e MFP15.....	88
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

BHA	Butilhidroxianisol
BHT	Butilhidroxitolueno
BOD	Câmara incubadora
DCCR	Delineamento Composto Central Rotacional
INS	Sistema Internacional de Numeração de Aditivos Alimentares
MF15	Manteigas embaladas com filme armazenadas a 15°C
MF5	Manteigas embaladas com filme armazenadas a 5°C
MFP15	Manteigas embaladas com filme e papel couchê armazenadas a 15°C
ONU	Organização das Nações Unidas
PG	Propilgalato
TBHQ	Terc-butil-hidroquinona
UA	Unidades de absorbância
UV	Luz Ultravioleta

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentual
<	Menor
±	Mais ou menos
≤	Menor ou igual
≥	Maior ou igual
°D	Graus Dornic
¹ O ₂	Oxigênio Singlete
³ O ₂	Oxigênio Triplete Eletrônico
a *	Eixo que varia do verde para vermelho
b*	Eixo que varia do azul para amarelo
C14	Ácido Mirístico
C16	Ácido Palmítico
C16:0	Ácido Palmítico
C18	Ácido Esteárico
C18: 1	Ácido Oleico
C18:2	Ácido Linoleico
C18:3	Ácidos Linolênico
C4	Ácido Butírico
C4:0	Ácido Butírico
cm	Centímetro
g	Gramas
k	Velocidade de reação
L	Eixo de luminosidade que varia do branco ao preto
Lux	Unidade de iluminamento e densidade de intensidade luminosa
m/m	Massa por massa
m/v	Massa por volume
Máx.	Máximo
mEq. de Peróxido.kg ⁻¹	Miliequivalentes de peróxido por quilo gramas
mEq.kg ⁻¹	Miliequivalentes de peróxido por quilo gramas
mg.g ⁻¹	Miligramas por grama
mg.kg ⁻¹	Miligramas por quilo gramas
mg.mL ⁻¹	Miligramas por mililitro

milimoles. $100^{-1}g$	Milimoles por cem gramas
Min.	Mínimo
mL	Mililitro
mL. $100mL^{-1}$	Mililitros por cem mililitros
mm	Milímetro
nm	Nanômetros
°C	Graus Celsius
p/v	Peso por volume
pH	Potencial Hidrogeniônico
R ²	Coefficiente de variação explicada
R ² (aj)	Coefficiente de determinação de ajuste do modelo
R ² (pred)	Coefficiente de determinação de predição do modelo
rpm	Rotações por minuto
v/v	Volume por volume
ΔE	Perda de cor
μg.mL ⁻¹	Micrograma por mililitro

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	21
1 INTRODUÇÃO.....	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
2.1 MANTEIGA.....	23
2.1.1 Matéria-prima.....	23
2.1.2 Conceito.....	25
2.1.3 Processamento.....	26
2.1.4 Tipos de deterioração.....	28
2.1.4.1 Fotoxidação.....	28
2.1.3.2 Lipólise.....	29
2.1.3.3 Auto-oxidação.....	29
2.2 ADITIVOS.....	31
2.2.1 Antioxidantes.....	32
2.3 ALECRIM (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).....	33
2.4 SÁLVIA (<i>Salvia officinalis</i> L.).....	35
2.5 FILMES BIODEGRADÁVEIS ATIVOS.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
CAPÍTULO II.....	44
ARTIGO.....	44
Efeito da aplicação de filmes biodegradáveis contendo extratos de alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) e sálvia (<i>Salvia officinalis</i> L.) na estabilidade da manteiga em tablete.....	44
CAPÍTULO III.....	97
Direcionamento para esforços futuros.....	97

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial é de 7,6 bilhões de habitantes com expectativa de atingir 8,6 bilhões de habitantes em 2030 (ONU, 2019). Como resultado, é preciso que a quantidade de alimentos produzidos seja suficiente para atender a essa demanda. Além do aumento da população, nota-se que, devido à praticidade, os consumidores ingerem quantidade significativa de alimentos processados e de maior valor agregado. Impulsionada por essa tendência, a indústria de alimentos é desafiada a atender os consumidores fornecendo a quantidade de alimentos necessária com a qualidade requerida (DOS SANTOS; LOURENZANI; LOURENZANI, 2019).

A qualidade dos alimentos está relacionada com a obtenção da matéria-prima, processo produtivo, transporte e armazenamento. Além disso, o método de conservação utilizado nessas etapas é fundamental para a garantia da qualidade. Os aditivos alimentares são considerados eficientes na manutenção das características adequadas dos alimentos. Estes podem desempenhar muitas funções e são amplamente utilizados na forma sintética ou natural. A incorporação dos aditivos sintéticos nos últimos anos tem sido associada a problemas de saúde, em contrapartida, os consumidores demonstram-se preocupados com o consumo seguro e saudável de alimentos, sendo os aditivos naturais substitutos adequados (GONÇALVES *et al.*, 2019). Os aditivos naturais provenientes de plantas têm seus efeitos bioativos comprovados e nos últimos anos são incorporados nos alimentos (CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2018).

Os extratos de alecrim e sálvia podem atuar nos alimentos como antimicrobianos e antioxidantes naturais, inibindo ou retardando as reações de oxidação lipídica. Estudos comprovam a eficiência desses substitutos aos antioxidantes sintéticos mais utilizados, como o butilhidroxianisol (BHA) e butilhidroxitolueno (BHT) (DALMARCO, 2012).

Devido à ação antioxidante, é interessante a aplicação destes extratos em produtos com alto teor de gordura, como a manteiga. Este produto lácteo durante o armazenamento pode apresentar problemas no sabor e no odor. Este é um processo de deterioração causado pela oxidação lipídica, provocada pela exposição dos ácidos graxos insaturados ao oxigênio da atmosfera e à luz (ARAÚJO, 2004). Sendo assim, tal aplicação poderá atuar na conservação da manteiga, aumentando a vida de prateleira e influenciando positivamente na manutenção da

qualidade. Estes extratos podem ser adicionados aos alimentos diretamente nas formulações ou ainda, aplicados sobre os alimentos como nas embalagens ativas, por exemplo.

As embalagens ativas, em geral, são desenvolvidas utilizando biopolímeros a partir de polissacarídeos, proteínas, lipídios e derivados. Os filmes podem ser obtidos através de produtos renováveis permitindo a sua rápida degradação, além de apresentar como principal vantagem o aumento da vida útil dos alimentos, melhorando assim a sua qualidade (LUCENA *et al.*, 2017). A fécula de mandioca é uma matéria-prima com potencial na elaboração de filmes comestíveis, é um material de baixo custo e forma películas resistentes e transparentes que proporcionam eficiente barreira a gases. Além disso, podem ser incorporados aditivos alimentares, como os antioxidantes (LUVIELMO; LAMAS, 2012; SILVA *et al.*, 2019).

Partindo desse pressuposto, o objetivo deste trabalho foi elaborar filmes biodegradáveis contendo extratos de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e sálvia (*Salvia officinalis* L.) e aplicá-los como embalagem ativa em manteiga em tablete. Os filmes foram caracterizados quanto à avaliação visual, cor, umidade, solubilidade, espessura, permeabilidade à gordura, transmitância e absorbância. A manteiga foi avaliada quanto ao índice de peróxidos, a acidez e compostos fenólicos. Além disso, avaliou-se a estabilidade da coloração dos filmes e das manteigas durante o armazenamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A manteiga é um produto de fácil degradação por suas propriedades, deste modo, são apresentadas suas características, as reações de degradação que podem ocorrer no produto e formas de minimizar tais processos.

2.1 MANTEIGA

A manteiga é um produto altamente apreciado devido às suas características sensoriais agradáveis. O consumo de manteiga no Brasil e no mundo vem aumentando, atualmente o consumo nacional é de 88,92 toneladas com expectativa de atingir 91,40 toneladas em 2023. Já o consumo mundial é de 3.808,85 toneladas e projeções sugerem que em 2023 atingirá 3.887,48 toneladas (OECD, 2020).

2.1.1 Matéria-prima

A matéria-prima utilizada para a fabricação da manteiga é o creme do leite que contém a gordura. Os lipídeos do leite bovino estão presentes na forma de glóbulos como uma emulsão do tipo óleo em água. A síntese da gordura acontece no retículo endoplasmático das células epiteliais secretoras dos alvéolos e são revestidas com um material de superfície formado por proteínas e lipídeos polares. Durante a secreção, as gotículas do leite são envoltas com a membrana plasmática da célula. Este material da membrana é composto principalmente lipídios polares e proteínas associadas e ligadas à membrana (HEID; KEENAN, 2005).

A origem desses lipídeos pode estar relacionada à alimentação do animal e à microbiota do rúmen. A gordura do leite é uma matriz complexa, composta por aproximadamente 400 ácidos graxos diferentes, porém a maioria destes estão presentes em quantidades ínfimas e apenas aproximadamente 15 ácidos graxos em proporções consideráveis. O comprimento da cadeia, assim como, o número e orientação das ligações insaturadas diferem os ácidos graxos. A variação da composição dos ácidos graxos está relacionada à genética (raça e seleção), estágio de lactação, mastite, fermentação ruminal, alimentação (relacionados à ingestão de fibras, energia e gorduras alimentares) ou a fatores sazonais e regionais (JENSEN, 2002; MÅNSSON, 2008).

A gordura do leite é composta majoritariamente por triacilgliceróis (cerca de 98%), os demais lipídeos são diacilglicerol (cerca de 2%), colesterol (menos de 0,5%), fosfolipídios

(cerca de 1%) e ácidos graxos livres (cerca de 0,1%) (MANSBRIDGE; BLAKE, 1997; MÅNSSON, 2008).

Os triacilgliceróis são moléculas apolares constituídas de glicerol e três moléculas de ácidos graxos esterificados. Os ácidos graxos podem apresentar diferentes tamanhos de cadeias C4 a C18. Aqueles de cadeia longa são derivados a partir da circulação sanguínea e reservas energéticas dos animais, já os ácidos graxos de cadeia média e curta, C4 a C14 e uma pequena proporção de C16, são derivados da síntese de “*novo*”, a partir do acetato e do β -hidroxibutirato (BAUMAN; GRIINARI, 2001).

Dentre os ácidos graxos presentes no leite, ressaltam-se os saturados representando aproximadamente 60% do total, em particular os ácidos graxos de cadeia curta como o butírico (C4:O) que é o mais abundante. Estes ácidos graxos são responsáveis pelo *flavor* e aroma desejáveis em alguns produtos lácteos. Os demais ácidos graxos saturados são os de cadeia média e longa e o ácido palmítico (C16:O) está presente em maior proporção. A gordura do leite também é composta pelos ácidos graxos monoinsaturados, dos quais o mais prevalente é ácido oleico (C18: 1). Em menor proporção estão os poli-insaturados, ocorrendo principalmente como linoleico (C18:2) e ácidos linolênico (C18:3) (Tabela 1) (MANSBRIDGE; BLAKE, 1997; ARAÚJO, 2004).

Tabela 1 - Composição aproximada em porcentagem total de ácidos graxos presentes no leite bovino

Ácido graxo	Leite Bovino (%)	Fórmula
4:0 Ác. Butírico	3.6	CH ₃ -(CH ₂) ₂ -COOH
6:0 Ác. Caprótico	2.0	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -COOH
8:0 Ác. Caprílico	1.3	CH ₃ -(CH ₂) ₆ -COOH
10:0 Ác. Cáprico	2.6	CH ₃ -(CH ₂) ₈ -COOH
Total cadeia curta	9.5	
12:0 Ác. Láurico	3.0	CH ₃ -(CH ₂) ₁₀ -COOH
14:0 Ác. Mirístico	11.2	CH ₃ -(CH ₂) ₁₂ -COOH
16:0 Ác. Palmítico	29.0	CH ₃ -(CH ₂) ₁₄ -COOH
18:0 Ác. Esteárico	13.0	CH ₃ -(CH ₂) ₁₆ -COOH
Total saturado	56.2	
16:1 Ác. Palmitoleico	2.6	CH ₃ -(CH ₂) ₅ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH
18:1 Ác. Oleico	24.4	CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH
18:1 Trans	3.0	CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH
Total monoinsaturado	30.0	
18:2 Ác. Linoleico	2.6	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH(CH ₂) ₇ -COOH
18:3 Ác. Linolênico	1.7	CH ₃ -CH ₂ -(CH=CH-CH ₂) ₃ -(CH ₂) ₆ -COOH
Total poli-insaturado	4.3	

Fonte: Araújo (2004).

2.1.2 Conceito

A manteiga é elaborada por meio de bateção, com a aglomeração dos glóbulos de gordura e separação da fase líquida, denominada leitelho. A gordura constitui cerca de 80% da fração total do produto (WALSTRA; WOUTERS; GEURTS, 2006). De acordo com Brasil (1996), manteiga é:

Produto gorduroso obtido exclusivamente pela bateção e malaxagem, com ou sem modificação biológica de creme pasteurizado derivado exclusivamente do leite de vaca, por promessa tecnologicamente adequados. A matéria gorda da manteiga deverá estar composta exclusivamente de gordura láctea (BRASIL, 1996).

A manteiga pode ser classificada em Extra e Primeira Qualidade de acordo com a Norma FIL 99A: 1987. A manteiga tipo Extra deve conter teor de sal igual ou menor a 2,0%, além da ausência de corantes vegetais. Já a manteiga de Primeira Qualidade deve apresentar teor de sal igual ou menor a 2,5% e neste caso a adição de corantes vegetais é facultativa (BRASIL, 1996; SILVA, 1996).

Tabela 2 - Atributos mínimos de qualidade da manteiga

Requisitos	Limites	Manteiga Extra	Manteiga Primeira Qualidade
Matéria Gorda (% m/m)	Min. 82	≥ 83	≥ 80
Umidade (% m/m)	Máx. 16	Máx. 16	Máx. 16
Extrato Seco Desengordurado (% m/m)	Máx. 2	Máx. 2	Máx. 2
Acidez na gordura (milimoles.100 ⁻¹ g de mat. gorda)	Máx. 3	≤ 3	≤ 8
Índice de Peróxido (mEq. de Peróxido.kg ⁻¹ mat. gorda)	Máx. 1	Máx. 1	Máx. 1

Fonte: Brasil (1996).

Com relação às características sensoriais do produto, ela deve apresentar consistência sólida e pastosa à temperatura de 20°C; textura lisa uniforme, untuosa, com distribuição uniforme de água (umidade); coloração branco amarelado sem manchas ou pontos de outra coloração; sabor suave característico, sem sabor estranho; e aroma delicado, sem odor estranho (BRASIL, 1996).

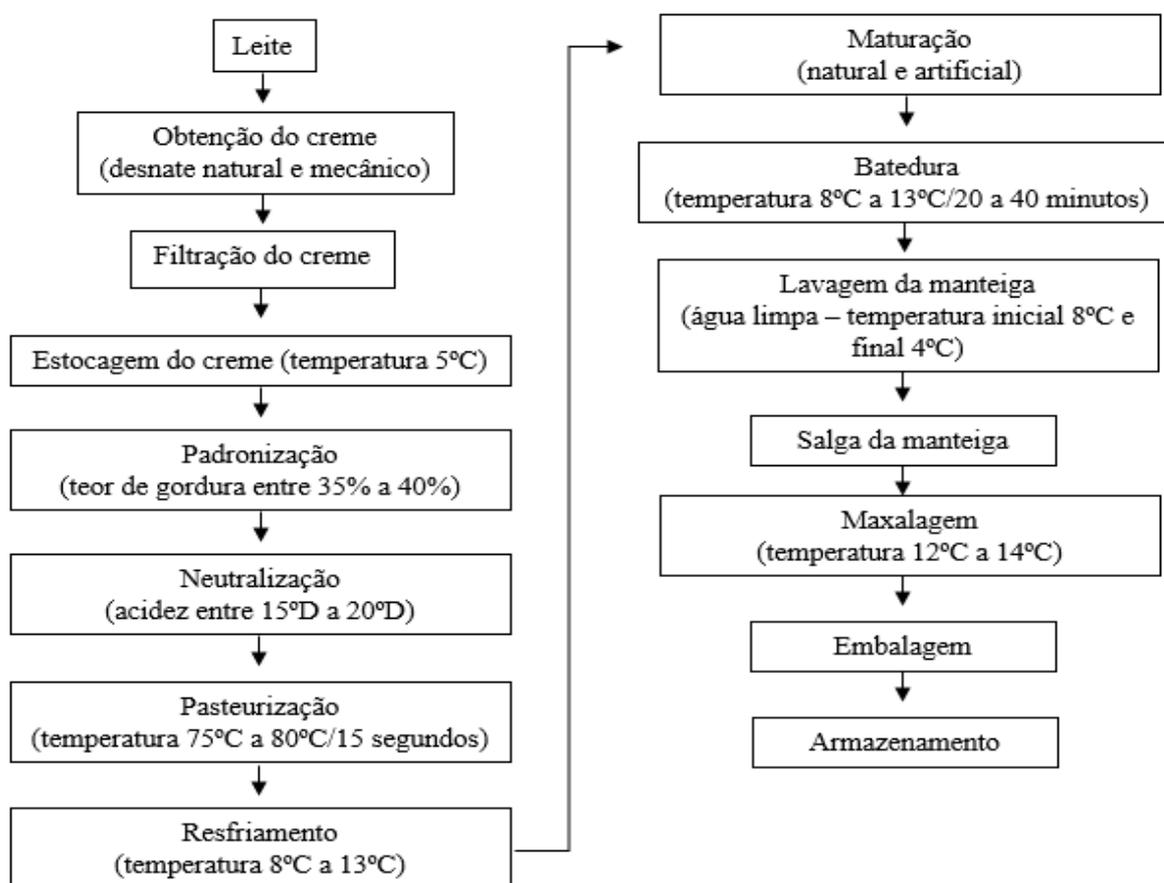
Os atributos físico-químicos de qualidade da manteiga devem atender alguns padrões mínimos de qualidade quanto à matéria gorda, à umidade, ao extrato seco desengordurado, à acidez e ao índice de peróxido, como pode ser observado na Tabela 2.

Além do creme, a manteiga pode ser adicionada de cloreto de sódio e fermentos lácteos selecionados, para o caso de manteigas maturadas. É permitida a adição de corantes naturais e sintéticos, além dos coadjuvantes de tecnologia como sais neutralizantes, desde que sejam utilizados nas quantidades regulamentadas (BRASIL, 1996).

2.1.3 Processamento

Para a produção da manteiga várias etapas são necessárias, Silva (1996) sugere o fluxograma geral de produção de manteigas, como é apresentado na Figura 1:

Figura 1 - Fluxograma de produção de manteiga



Fonte: Silva (1996).

O creme pode ser obtido de maneira natural e por ação mecânica. Para a obtenção do creme natural, o leite deve ficar em repouso por 24 horas para haver a separação do creme. A desvantagem dessa metodologia é a demora na obtenção do creme podendo causar alteração nas características e qualidade do produto, além de favorecer o crescimento de microrganismos

e apresentar menor rendimento com relação ao método mecânico. A utilização da desnatadeira (processo mecânico) pode reduzir o tempo do processo de desnate, diminuir a contaminação microbiana e aparecimento de odores e sabores estranhos. É ideal que esse processo seja realizado em temperaturas de 30°C a 35°C. A filtração do creme para eliminar sujidades deve ser realizada. (SILVA, 1996; AMBRÓSIO; GUERRA; MANCINI FILHO, 2001).

Para a obtenção da manteiga com maior qualidade, sabor, aroma e conservação, algumas etapas de tratamento do creme (Tabela 3) devem ser seguidas:

Tabela 3 - Etapas realizadas no tratamento do creme antes da produção da manteiga

Etapas	Condições
Estocagem	O armazenamento deve acontecer à 5°C, com o objetivo de evitar o crescimento de microrganismos nos casos onde o creme precisa ser armazenado.
Padronização	Deve-se adicionar água ou leite desnatado e até a quantidade de gordura entre 35% a 40% a fim de garantir a qualidade e máximo rendimento do processo.
Neutralização	Deve-se proceder com a adição de bicarbonato de sódio ou carbonato de sódio ou hidróxido de cálcio até tingir a acidez ideal de 15°D a 20°D, a fim de evitar o desenvolvimento de odores e sabores indesejáveis na manteiga.
Pasteurização	Submeter o creme à temperatura de 75°C a 80°C durante 10 a 15 segundos, para que ocorra a eliminação dos microrganismos presentes, garantindo a conservação do produto.
Resfriamento	Resfriar o creme após a pasteurização. A manteiga comum deve atingir temperatura de 8°C a 13°C e a manteiga maturada 20°C.
Maturação	Proceder com a adição de microrganismos específicos a 3% do volume total de creme. Realizada para aprimorar a qualidade sensorial da manteiga através da adição de microrganismo ou do desenvolvimento dos microrganismos presentes naturalmente no creme.

Fonte: Silva (1996).

Após a maturação, o creme deve ser resfriado, seguindo para a bateção à temperatura de 8°C a 13°C, feita em bateadeira. Esse processo permite que os glóbulos de gordura se unam formando a manteiga, além de proporcionar a separação da fase líquida, o leiteiro. Posteriormente, a manteiga deve ser lavada a fim de remover todos os resíduos de leiteiro, usando água na temperatura entre 4°C e 8°C, para evitar o amolecimento da manteiga. A salga acontece em seguida, sendo essa etapa opcional de acordo com o tipo de produto desejado (SILVA, 1996; QUEIRÓS, 2015).

A massa obtida passa então pela etapa de malaxagem, onde os grãos são amassados. O processo é realizado em temperatura entre 12°C a 14°C. Por fim, a manteiga é acondicionada em embalagens de papel, plástico ou lata, de acordo com a finalidade e o período de armazenamento. O produto deve ser armazenado sob refrigeração, para evitar deterioração que pode ser de origem microbiana ou não microbiana (SILVA, 1996; QUEIRÓS, 2015).

2.1.4 Tipos de deterioração

A qualidade da manteiga pode estar relacionada à procedência da matéria-prima, ao tratamento térmico do creme, à presença de microrganismos e aos procedimentos de obtenção da manteiga, segundo as boas práticas de fabricação. Assim, a qualidade e vida de prateleira deste produto podem estar relacionados à contaminação microbiana ou não microbiana. Sendo um alimento de alto teor de gordura, a degradação dos ácidos graxos é a mais comumente observada. A degradação não microbiana pode acontecer por meio da fotoxidação, lipólise (rancidez hidrolítica) e auto-oxidação (rancidez oxidativa) (AUGUSTA; SANTANA, 1998; FERNANDES *et al.*, 2012).

2.1.4.1 Fotoxidação

É um processo oxidativo que acontece nos ácidos graxos insaturados, pode ser ocasionado pela exposição à luz, oxigênio e fotossensores. Riboflavina, clorofila e mioglobina (fotossensores) são componentes responsáveis pela iniciação do processo e estão naturalmente presentes na manteiga. É um mecanismo que independe da ação dos radicais livres e da pressão do oxigênio, além disso, não é afetada pela ação de antioxidantes (ARAÚJO, 2004).

O oxigênio naturalmente se encontra no estado triplete eletrônico ($^3\text{O}_2$) com baixa energia, ele contém dois elétrons em rotações paralelas e se encontram em dois orbitais distintos. A absorção de luz e energia causados por radicais ativos, radiação, luz ultravioleta (UV), aquecimento, entre outras, leva à excitação de sensores, o excesso de energia desses fotossensores é então transferido para o oxigênio triplete ($^3\text{O}_2$) convertendo-o em singlete ($^1\text{O}_2$). O oxigênio singlete é extremamente reativo e consegue reagir com a molécula de lipídeo, que se encontra em estado singlete, formando assim, os peróxidos (ARAÚJO, 2004).

2.1.3.2 Lipólise

Durante o armazenamento e processamento, a fração lipídica pode ser lentamente hidrolisada pela água à temperatura elevada, sendo este um processo físico ou por enzimas lipolíticas naturais ou que foram produzidas por microrganismos (ARAÚJO, 2004).

Sabe-se que fatores como temperatura de armazenamento, processamento e transporte de leite exercem efeito sobre a diversidade de microrganismos que podem crescer e levando à deterioração do leite. Os psicrotróficos crescem mesmo em baixas temperaturas e são capazes de produzir enzimas proteolíticas e lipolíticas, resistentes ao tratamento térmico, que atuam na degradação das gorduras, afetando a qualidade e a vida de prateleira dos produtos (SAAD; OMBARAK; RABOU, 2019).

A reação de lipólise em leite e derivados acarreta a rancificação. A manteiga especificamente, ao ser degradada pelas lipases extracelulares, produzidas por alguns tipos de microrganismos, ocasiona a liberação de ácidos graxos livres de cadeia curta (4-10 carbonos) devido à sua polaridade elevada. Estes ácidos graxos provocam alterações indesejáveis nos produtos, principalmente *off-flavor* (ORDOÑEZ-PEREDA *et al.*, 2007; ARAÚJO, 2004).

O leite apresenta naturalmente os ácidos graxos livres, porém em baixa proporção com relações aos demais. A atuação das lipases, hidrolisando os triacilgliceróis, provoca aumento da fração dos mesmos. A produção de ácidos graxos de cadeia curta resulta em sabor e odor de ranço, enquanto os de cadeia longa produzem sabor e odor de sabão. Além disso, os ácidos graxos insaturados podem ser oxidados a cetonas e aldeídos provocando sabor oxidado e metálicos nos produtos (ORDOÑEZ-PEREDA *et al.*, 2007; ARAÚJO, 2004).

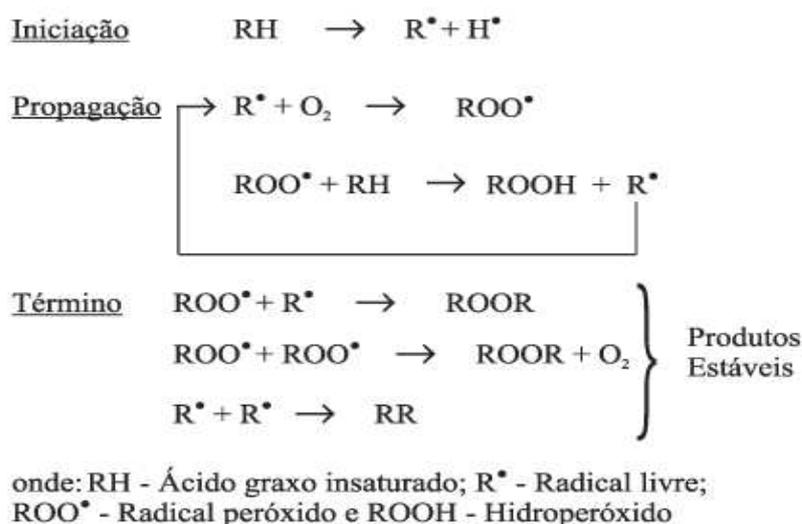
2.1.3.3 Auto-oxidação

O processo de auto-oxidação acontece entre o oxigênio atmosférico e os ácidos graxos insaturados, resultando na formação de peróxidos. O processo de oxidação acontece em três fases: iniciação, propagação e terminação (Figura 2) (ARAÚJO, 2004).

O início do processo de oxidação é ocasionado pela ação de uma forma externa de energia, como a luz, calor, radiação e reações químicas, a qual irá atuar sobre o hidrogênio do carbono alílico na molécula do ácido graxo favorecendo a formação de radicais livres. O elétron removido do carbono (radical livre) é altamente instável e rapidamente procura outro átomo para transferir a energia inicial, no caso o oxigênio atmosférico, tornando-o altamente instável e sendo necessário que este libere também o excesso de energia acumulada. A reação de

propagação leva à formação de diversos peróxidos, ela acontece em cadeia e não cessa até que os substratos oxigênio e ácidos graxos insaturados estejam esgotados. Na fase final da reação, chamada de terminação, os radicais formados combinam-se formando produtos não reativos que conferem ao produto características indesejáveis de *flavor* e cor (FENNEMA, 2000; ARAÚJO, 2004).

Figura 2 - Esquema geral do processo de oxidação lipídica.



Fonte: Adaptado de Fennema (2000).

O grau de oxidação e a composição do ácido graxo influenciam diretamente a natureza dos *off-flavors* produzidos. Além disso, as condições de oxidação também podem afetar os compostos voláteis gerados e as propriedades sensoriais do produto (FENNEMA, 2000).

A oxidação lipídica é considerada uma das principais degradações dos alimentos, que contém alto teor de gordura, como na manteiga. Isso leva à redução da qualidade nutricional, pois o processo de oxidação degrada importantes vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos insaturados. Além disso, acarreta o desenvolvimento de características desagradáveis ao consumidor como coloração, *flavor* e odores indesejáveis, além da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos (aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonetos, ésteres, furanos e lactonas, por exemplo) impedindo a comercialização e consumo dos alimentos (DEJONG; LANARI, 2009; TAKAMOTO; TEIXEIRA FILHO; GODOY, 2009; SOUZA *et al.*, 2017; ARSHAD *et al.*, 2020).

Visando minimizar as reações de degradação, causadas pela formação dos radicais livres, a utilização de aditivos, especificamente os antioxidantes, é uma das alternativas mais

utilizadas pela indústria de alimentos (GRAMZA-MICHAŁOWSKA; KMIĘCIK, 2016; YASHIN *et al.*, 2017).

2.2 ADITIVOS

Alimentos naturais ou processados tendem, com o armazenamento, a sofrerem processos de degradação, por isso a indústria de alimentos utiliza aditivos para aumentar a vida de prateleira de seus produtos (FRANCO; NAVARRO; MARTÍNEZ-PINILLA, 2019). A utilização dos aditivos traz também a vantagem de garantir a comercialização dos produtos em diferentes países e durante todo o ano, minimizando a sazonalidade dos alimentos e garantindo a flexibilidade de comercialização (DOS SANTOS; LOURENZANI; LOURENZANI, 2019).

Aditivos são compostos adicionados aos produtos para desempenhar funções específicas, como colorir, adoçar ou preservar alimentos (VALLUZZI *et al.*, 2019). Segundo Brasil (1997):

Aditivo alimentar é qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, mas com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento. Ao agregar-se poderá resultar em que o próprio aditivo ou seus derivados se convertam em um componente de tal alimento. Esta definição não inclui os contaminantes ou substâncias nutritivas que sejam incorporadas ao alimento para manter ou melhorar suas propriedades nutricionais (p. 2).

De acordo com a legislação, os aditivos alimentares podem ser sintéticos ou naturais e são adicionados aos alimentos atuando na preservação do sabor, melhoria a textura ou aparência dos produtos. A utilização e quantidades devem ser limitadas a alimentos específicos, em condições específicas e ao menor nível para alcançar o efeito desejado (BRASIL, 1997).

As substâncias utilizadas são classificadas de acordo com a sua função tecnológica ao longo do processamento de alimentos, sendo os aditivos sensoriais, aditivos tecnológicos e aditivos de conservação. Incluídos aos aditivos com fins de conservação, estão os antioxidantes (BRASIL, 1997).

2.2.1 Antioxidantes

Antioxidante é “a substância que retarda o aparecimento de alteração oxidativa nos alimentos” (BRASIL, 1997). Os antioxidantes podem ser de acordo com seu mecanismo de ação, primários ou secundários. Ou ainda, naturais ou sintéticos (SUCUPIRA *et al.*, 2012).

Antioxidantes primários ou doadores, chamados antioxidantes preventivos, agem inativando a formação de peróxidos ao se ligarem aos radicais livres, ou seja, o hidrogênio antioxidante interrompe ou diminuindo a sequência da reação (por exemplo, compostos fenólicos, tocoferóis). Os antioxidantes secundários ou aceitadores, são chamados antioxidantes de quebra de cadeias, pois protegem os lipídeos ligando-se ao oxigênio livre ou participando da quebra da reação em cadeia da auto-oxidação (GRAMZA-MICHAŁOWSKA; KMIECIK, 2016).

Os agentes antioxidantes naturais são compostos de classes químicas produzidas naturalmente pelas plantas através do metabolismo secundário do vegetal e que são extraídas para a utilização na forma de extratos ou óleos essenciais (DE MENEZES FILHO; DE OLIVEIRA FILHO; CASTRO, 2020).

Os antioxidantes sintéticos são substâncias químicas utilizados nos alimentos sendo as mais comuns: butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT), terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e propilgalato (PG). A ação do BHA é mais eficiente em gorduras animais e o uso do BHT é limitada a óleos insaturados de vegetais ou sementes. Já o PG é muito utilizado em alimentos frios, massas e biscoitos e o TBHQ é o melhor antioxidante para óleos de fritura. O uso destas substâncias tem sido relatado como desencadeador de diversas doenças como: efeitos carcinogênicos, alterações hepáticas e a redução do nível de hemoglobina. O TBHQ não é permitido no Canadá e na Comunidade Econômica Europeia. No Brasil, o uso destes antioxidantes é controlado pelo Ministério da Saúde (VIANA; ARENARI, 2019).

Nota-se que a indústria de alimentos busca outras substâncias que exerçam o efeito antioxidante, porém que estejam associados a uma vida mais saudável e segura, e que esses compostos tenham alto potencial, sejam baratos e biologicamente ativos em baixas concentrações (GRAMZA-MICHAŁOWSKA; KMIECIK, 2016). Como alternativa aos antioxidantes artificiais, diversos compostos naturais vêm sendo estudados, tendo sua capacidade antioxidante comprovada e viabilizando seu uso como aditivos naturais. Dentre os antioxidantes naturais pode-se citar o ácido ascórbico, carotenoides e os compostos fenólicos (SUCUPIRA *et al.*, 2012; CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2017).

A maioria dos compostos fenólicos, além da capacidade antioxidante, podem apresentar atividades biológicas como capacidade antimicrobiana e antitumoral. Os compostos fenólicos podem ser divididos em classes: ácidos hidroxibenzóicos, ácido hidroxicinâmico, cumarina, ligninas, chalconas, flavonóides e xantonas (SHAHIDI, 2015).

Sobre a estrutura dessas substâncias, elas possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Alguns exemplos de fenóis são os flavonoides, ácidos fenólicos, cumarinas, taninos, ligninas e tocofenóis. Esses compostos são oriundos do metabolismo secundário das plantas e apresentam funções relacionadas ao crescimento e reprodução, atuam como agente antipatogênico e contribuem para a pigmentação. Além disso, situações de estresse como, infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros podem desencadear a produção desses compostos. O metabolismo das plantas atua produzindo esses compostos a partir de substâncias como a fenilalanina e a tirosina. Já nos alimentos são responsáveis pela coloração, adstringência e aroma e atuam na estabilidade oxidativa (SHAHIDI, 2015; GRAMZA-MICHAŁOWSKA; KMIECIK, 2016; SHAHIDI *et al.*, 2019).

Existem vários extratos e óleos essenciais de plantas usadas com o propósito de reduzir a velocidade de reações de oxidação. Por apresentarem alto teor de compostos fenólicos e excelente fonte de antioxidantes, destacam-se o alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e a sálvia (*Salvia officinalis* L.) (FRANCO; NAVARRO; MARTÍNEZ-PINILLA, 2019).

2.3 ALECRIM (*Rosmarinus officinalis* L.)

O *Rosmarinus officinalis* L., popularmente conhecido como alecrim, é um vegetal cuja origem nativa é a região do Mediterrâneo (OLIVEIRA; VEIGA, 2019). Pertence à família Lamiaceae, possui atualmente cerca de 236 a 258 gêneros e de 6970 a 7193 espécies, das quais se subdividem em 7 famílias. O Brasil possui cerca de 20 gêneros e 232 espécies nativas de alecrim (JOLY, 2002).

A utilização do alecrim está amplamente difundida em preparações culinárias, na forma de temperos, porém suas propriedades vinculadas à melhoria da saúde também são relevantes. Os estudos sobre estes benefícios são reportados desde 1950, sendo atribuídos principalmente aos compostos fenólicos presentes na planta que atua com ação antibacteriana, citotóxica, antimutagênica, antioxidante, propriedades anti-inflamatórias e quimiopreventivas (CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2018; CUTRIM *et al.*, 2019).

Estes compostos fenólicos conferem efeitos positivos para a saúde humana, como: **extrato etanólico**: hipoglicemiante, antiespasmódico, anticâncer; **ácido rosmarínico, extrato metanólico e óleo essencial-QT-cineol**: inibição das enzimas acetilcolinesterase e butirilcolinesterase; **óleo essencial -QT-cânfora**: repelente de mosquito; **carnosol e ácido carnósico**: inibição da 5-lipoxigenase e supressão da resposta pró-inflamatória; **ácido carnósico**: efeito neuroprotetor; **carnosol**: inibição da ativação de NF-kappa B; **ácido micromérico, ursólico e oleanólico**: ação anti-inflamatória tópica; **óleo essencial**: ação hipoglicemiante; **12-metóxitransácido carnósico, ácido carnósico e carnosol**: atividade antimicrobiana; **extrato metanólico, ácido carnósico, sesamol, carnosol e ácido rosmarínico**: atividade antioxidante (OLIVEIRA; VEIGA, 2019, p.3).

Estudos realizados usando rosmaridifenol evidenciaram sua atividade antioxidante é similar à do BHT. Já o ácido carnósico e o ácido rosmarínico foram os componentes de maior atividade antioxidante presentes no alecrim. Além disso, foi comprovado que o ácido rosmarínico tem atividade antioxidante comparável com a do ácido cafeíco (SCHULER, 1990; MALDONADO *et al.*, 2014; ANDRADE *et al.*, 2018). O efeito antioxidante dos componentes do alecrim, recebem pela indústria de alimentos, mérito superior aos antioxidantes sintéticos BHA e BHT (DALMARCO, 2012). Em um estudo comparativo de extratos de alecrim e vários antioxidantes sintéticos e naturais de alimentos, evidenciou-se que o extrato de alecrim é o extrato que “tem uma eficácia maior que os compostos sintéticos usados para o mesmo fim” (MIRA-SÁNCHEZ; CASTILLO-SÁNCHEZ; MORILLAS-RUIZ, 2020).

A planta empregada para a produção de extratos e óleos essenciais, transfere seus componentes para solventes utilizados no processo. A composição química do óleo essencial e/ou extrato é dependente diretamente das condições climáticas e de cultivos, podendo também ser influenciados pela parte da planta usada, tipo de preparação do material (*in natura* ou seco) e método de extração empregado (CUTRIM *et al.*, 2019).

O uso do alecrim como aditivo alimentar foi aprovado nos Estados Unidos, no Japão e na China sendo definido como “substância composta principalmente por ácido carnósico, carnosol e rosmanol, obtido das flores e folhas do alecrim”. Nos Estados Unidos, o extrato de alecrim já é aplicado em produtos como gorduras, óleos, batatas processadas, gomas de mascar, produtos de panificação, carnes processadas, sopas, molhos, *snacks* e como pó seco e dispersível em água (OLIVEIRA; VEIGA, 2019; GUO *et al.*, 2016).

No Brasil, recentemente, a utilização do extrato de alecrim foi regulamentada como aditivo alimentar (INS 392) na função de antioxidante, para uso em óleos de peixe, no limite máximo de 0,05 g por 100 mL, equivalente a 0,005 g por 100 mL de ácido carnósico e carnosol

e em óleos vegetais, exceto azeite de oliva e óleos virgens, no limite máximo de 0,03 g por 100 mL, equivalente a 0,003 g por 100 mL de ácido carnósico e carnosol (BRASIL, 2019).

Um estudo realizado por Chammen *et al.* (2015), avaliou o uso de extratos de alecrim, como antioxidante natural, na estabilidade de óleo utilizado na fritura durante o tratamento térmico. O extrato foi adicionado na concentração de 0,08% em uma mistura de óleo de soja e óleo de girassol. Após a realização das análises observou-se que a adição de extrato de alecrim reduziu o índice de peróxidos em 38% após 30 horas de aquecimento. Os óleos avaliados com a adição dos extratos resistiram à oxidação, além de manterem a concentração de ácidos graxos insaturados após as 30 horas de aquecimento. O estudo concluiu que o óleo adicionado de extrato de alecrim apresentou maior estabilidade e maior qualidade do que o óleo sem adição do extrato, reforçando assim outros estudos sobre a propriedade antioxidante do alecrim.

Similarmente às propriedades do alecrim, a sálvia (*Salvia officinalis* L.) vem sendo utilizada na indústria de alimentos, devido aos seus compostos bioativos.

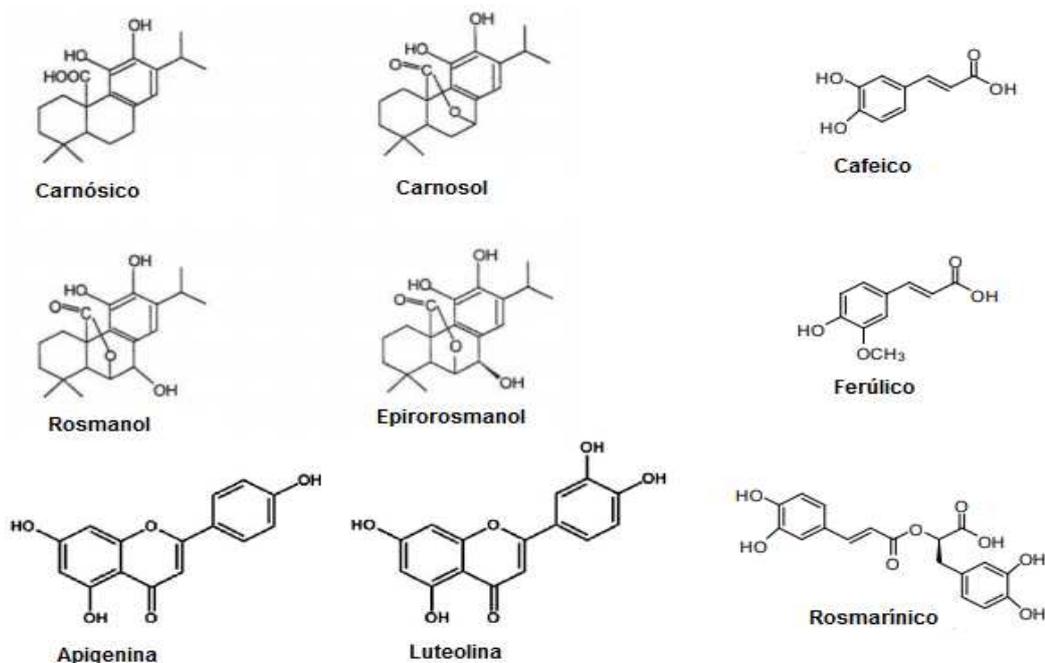
2.4 SÁLVIA (*Salvia officinalis* L.)

A sálvia (*Salvia officinalis* L.) pertence à família Lamiaceae. É um arbusto perene, aromático, nativo da região Norte do Mediterrâneo. Existem 900 espécies diferentes do gênero *Salvia*, porém *Salvia officinalis* L. é o que produz a maior quantidade de óleo essencial e é mais amplamente cultivado para fins comerciais (SHARMA; SCHAEFER, 2019).

Além da ampla utilização como aromatizante e na culinária, a sálvia apresenta outras propriedades que vem sendo exploradas, como no tratamento de gripes, insônia, infecções da pele, feridas e dores de cabeça, por exemplo, devido à presença de substâncias que lhe conferem propriedade antisséptica, fungicida, antioxidante e anti-inflamatória (SEPAHVAND *et al.*, 2014; SHARMA; SCHAEFER, 2019).

Os principais componentes com potencial bioativo na sálvia são os terpenóides e os polifenóis. Os principais terpenóides encontrados no óleo essencial de sálvia são o alfa e beta-tujona, cânfora e 1,8-cineol. A fração de polifenóis é dividida em três grupos principais: ácidos fenólicos (rosmarínico, ferúlico e ácido cafeico), flavonoides (luteolina e apigenina) e os diterpenos fenólicos (ácido carnósico, carnosol, rosmanol e epirosmanol) (Figura 3) (PAVIĆ *et al.*, 2019).

Figura 3 – Estrutura química dos ácidos carnósico, carnosol, rosmanol e epirorosmanol



Fonte: Shahidi (1997).

Estudo realizado por Sojic *et al.* (2017) comparou a atuação do óleo essencial e do extrato de sálvia quanto à sua capacidade antioxidante e antimicrobiana em salsicha fresca de porco. Os resultados mostraram que tanto o óleo essencial quanto o extrato retardaram a oxidação lipídica na salsicha, o que pode ser explicado pela presença de monoterpenos oxigenados na composição da sálvia. Na análise da atividade antimicrobiana verificou-se redução no número total de bactérias aeróbicas mesófilas.

Quando comparada ao alecrim, a sálvia apresenta maior poder antioxidante ainda que os compostos fenólicos presentes nas duas plantas sejam os mesmos. Entretanto, a diferença no poder de impedir reações de oxidação está na proporção de compostos fenólicos encontradas nas duas espécies, que é diferente (UPADHYAY; MISHA, 2014).

A quantidade de compostos fenólicos e o rendimento da extração dependem do tipo de solvente, devido às diferenças nos potenciais antioxidantes e à polaridade dos compostos. Os solventes orgânicos, como água, etanol, éter e metanol, são frequentemente utilizados para o isolamento dos compostos bioativos e o etanol e água são os mais empregados para a extração de antioxidantes por razões de higiene e de abundância, respectivamente (ANDREO; JORGE, 2006).

Diante do pressuposto, a aplicação de extratos com ação antioxidante, como da sálvia e do alecrim, pode ser associado ao desenvolvimento de embalagens ativas em alimentos que tendem à oxidação lipídica.

2.5 FILMES BIODEGRADÁVEIS ATIVOS

Os consumidores demandam cada vez mais por alimentos com características frescas, que contenham menor conteúdo de aditivos e conservantes sintéticos, tenham apelo ambiental e sejam seguros. Atendendo a esses anseios, pesquisadores e indústrias atuam no desenvolvimento de tecnologias alternativas de processamento e soluções de embalagem mais ecológicas, modernas, práticas e de baixo custo (LANDIM *et al.*, 2016; ESPITIA; FUENMAYOR; OTONI, 2019).

As embalagens exercem função fundamental na indústria alimentícia, pois atuam diretamente na conservação dos alimentos. Além disso, mantém a qualidade e segurança dos mesmos, já que atuam como barreira contra fatores externos responsáveis pela deterioração química, física e microbiológica. As embalagens podem ser feitas de diferentes materiais e nelas estão contidas informações sobre o produto para os consumidores (FANG *et al.*, 2017).

A maioria das embalagens de alimentos são feitas com materiais de baixo custo, principalmente o plástico. Por isso, aprimorar as embalagens com novas tecnologias é um desafio e neste sentido, as embalagens ativas surgem com uma alternativa (FONTOURA; CALIL; CALIL, 2016).

As embalagens ativas referem-se a tecnologias que permitem uma interação entre a embalagem e o alimento. Diversas tecnologias estão inseridas no conceito de embalagens ativas como atmosfera modificada, absorvedores de oxigênio, de dióxido de carbono, de umidade, de odor estranho e de etileno, embalagens antimicrobianas e antioxidantes, emissores de gases, além de sistemas de alívio de pressão e os que auto-resfriam ou auto-aquecem (FONTOURA; CALIL; CALIL, 2016; SARANTÓPOULOS; COFCEWICZ, 2016).

Os constituintes dessas embalagens, no caso seus aditivos, são incluídos no material e/ou no espaço livre da embalagem e irão atuar na melhoria dos aspectos sensoriais, aumentando a segurança, vida útil e qualidade dos alimentos. Essa interação é benéfica e agrega valor ao alimento (FONTOURA; CALIL; CALIL, 2016; SARANTÓPOULOS; COFCEWICZ, 2016).

Uma das alternativas no desenvolvimento de embalagens ativas está no uso de matérias primas naturais e biodegradáveis para a produção das embalagens, que podem ser adicionadas dos aditivos naturais, como os antioxidantes, por exemplo.

Segundo Ribeiro e Lima (2009),

Biodegradabilidade é a capacidade de um material ser degradado sob a ação de elementos vivos, sendo necessário levar em consideração o meio onde ocorrem as reações para que a biodegradação aconteça. Neste meio devem ser considerados todos os parâmetros físicos (temperatura, pressão...), a composição química da água, do ar e do solo, além dos parâmetros biológicos (ação dos animais, vegetais e microrganismos) que se mostram interdependentes (p. 7).

Embalagens biodegradáveis de polímeros naturais podem ser desenvolvidas a partir de diferentes materiais e a degradação desses acontece em semanas ou meses pela ação de microrganismos. A fécula de mandioca é uma matéria-prima com potencial na elaboração de filmes comestíveis, é um material de baixo custo e forma películas resistentes e transparentes que proporcionam eficiente barreira a gases. Além disso, podem ser incorporados os aditivos alimentares como os antioxidantes, com o objetivo de aumentar a vida de prateleira dos alimentos e suas características sensoriais (LUVIELMO; LAMAS, 2012; SILVA *et al.*, 2019).

Em estudo recente, ao se avaliar filmes ativos de fécula de mandioca com extrato de erva-mate como agente antioxidante, verificou-se que a fécula de mandioca como base dos filmes apresentou-se resistente à tração e alongamento na ruptura, sendo descrito como elástico, flexível e moldável. Além disso, os compostos fenólicos e a atividade antioxidante empregados foram preservados, sendo ao final da avaliação, maiores do que o controle (sem extrato) (KNAPP *et al.*, 2019).

Pesquisas similares demonstram o potencial de filmes de fécula de mandioca contendo extrato de alecrim. A aplicação destes filmes foi simulada por Piñeros-Hernandez *et al.* (2017) e eles verificaram que à medida que o conteúdo de polifenóis aumentava, os filmes mostravam um aumento em sua atividade antioxidante. Além disso, os filmes contendo a maior concentração de extrato apresentaram melhores propriedades de barreira à luz UV. Também foram realizados testes de migração e verificou-se que após sete dias, apesar de pequena, houve migração para matriz gordurosa.

Diante do exposto, pesquisas são escassas combinando os extratos de sálvia e alecrim em filmes de fécula de mandioca. Além disso, não se tem conhecimento sobre o efeito desses filmes em matrizes gordurosas, como a manteiga, por longos períodos de armazenamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBRÓSIO, C. L. B; GUERRA, N. B; MANCINI FILHO, J. Características de identidade, qualidade e estabilidade da manteiga de garrafa. Parte I - Características de identidade e qualidade. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 314-320, set-dez. 2001.
- ANDRADE, M. A. *et al.* Characterization of rosemary and thyme extracts for incorporation into a whey protein based film. **Food Science and Technology**, Portugal, v. 92, n. 41, p. 497-508, 2018.
- ANDREO, D.; JORGE, N. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 319-336, 2006.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos teoria e prática**. 4 ed., Viçosa: Editora UFV. p. 594, 2004.
- ARSHAD, R. *et al.* Exploring the potential of active edible coating on the shelf stability of dairy products. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 57, n. 1. p. 8, 2020.
- AUGUSTA, I. M.; SANTANA, D. Avaliação da qualidade de manteigas comercializadas no estado do Rio de Janeiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 4, p. 379-381, 1998.
- BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. **Livestock Production Science**, v. 70, n. 1-2, p. 15-29, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146, de 7 de março de 1996. Aprova os regulamentos técnicos de identidade e qualidade dos produtos lácteos. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 11 março 1996.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares – definições, classificação e emprego. **Diário Oficial [da] União**, Poder Executivo, Brasília, DF, de 28 de outubro de 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº 281, de 29 de abril de 2019. Autoriza o uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em diversas categorias de alimentos. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 02 de maio de 2019.
- BRITO, D. A. *et al.* Mecanismo de geração de ERO'S e a participação dos principais nutrientes como agente antioxidante em praticantes esportivos. **Revista Eletrônica da Reunião Anual de Ciência**, v. 8, n. 1, 2018.
- CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 71, p. 107-120, 2018.
- CHAMMEM, N. *et al.* Improvement of vegetable oils quality in frying conditions by adding rosemary extract. **Industrial Crops and Products**, Orsay, França, v. 74, n. 11, p. 592–599, 2015.

CHANG, S. S. *et al.* Natural antioxidants from rosemary and sage. **Journal of Food Science**, New Jersey, v. 42, n. 4, p. 1102-1106, 1977.

CUTRIM, E. S. M. *et al.* Avaliação da atividade antimicrobiana e antioxidante dos óleos essenciais e extratos hidroalcoólicos de *Zingiber officinale* (Gengibre) e *Rosmarinus officinalis* (Alecrim). **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 1, p. 60-81, 2019.

DALMARCO, J. B. **Estudo das propriedades químicas e biológicas de *Rosmarinus officinalis* L.** Orientador: Moacir Geraldo Prezzoti. 2012. 132 f. Tese (Doutorado em Química Analítica) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

DEJONG, S.; LANARI, M. C. Extracts of olive polyphenols improve lipid stability in cooked beef and pork: Contribution of individual phenolics to the antioxidant activity of the extract. **Food Chemistry**, v. 116, n.4, p.892–897, 2009.

DE MENEZES FILHO, A. C. P.; DE OLIVEIRA FILHO, J. G.; CASTRO, C. F. de S. Avaliações antioxidante e antifúngica dos óleos essenciais de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne e *Hymenaea courbaril* L. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 8, n. 2, p. 104-114, 2020.

DOS SANTOS, E. J.; LOURENZANI, W. L.; LOURENZANI, A. E. B. S. Coordenação do sistema agroindustrial do urucum na microrregião de Dracena, estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 1, p. 110-123, 2019.

ESPITIA, P. J. P.; FUENMAYOR, C. A.; OTONI, C. G. Nanoemulsions: Synthesis, Characterization, and Application in Bio-Based Active Food Packaging. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 1, p. 264-285, 2019.

FANG, Z. *et al.* Active and intelligent packaging in meat industry. **Trends Food Science Technology**, v. 61. n. 5, p. 60–71, 2017.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2 ed. Zaragoza: Editora Acribia S.A. p. 1258, 2000.

FERNANDES, R. V. B. *et al.* Avaliação dos parâmetros físico-químicos de manteigas do tipo comum. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 10, n. 2, p. 171-176, 2012.

FONTOURA, D. R. S.; CALIL, R. M.; CALIL, E. M. B. A importância das embalagens para alimentos-aspectos socioeconômicos e ambientais. **Atas de Saúde Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 138-160, 2016.

FRANCO, R.; NAVARRO, G.; MARTÍNEZ-PINILLA, E. Antioxidants versus Food Antioxidant Additives and Food Preservatives. **Antioxidants**, v. 8, n. 11, p. 542, 2019.

GANTNER, M. *et al.* Antioxidant effect of sage (*Salvia officinalis* L.) extract on turkey meatballs packed in cold modified atmosphere. **CyTA-Journal of Food**, v. 16, n. 1, p. 628-636, 2018.

GONÇALVES, M. C. *et al.* Estudo comparativo da legislação vigente para aditivos em produtos lácteos no Brasil, Estados Unidos da América e Europa. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 4, n. 1, p. 95-111, 2019.

GRAMZA-MICHAŁOWSKA, A.; KMIĘCIK, D. **Functional aspects of antioxidants in traditional food**. *Functional Properties of Traditional Foods*. Springer, Boston, MA, p. 3-7, 2016.

GUO, Q. *et al.* Antioxidant efficacy of rosemary ethanol extract in palm oil during frying and accelerated storage. **Industrial Crops and Products**, v. 94, p. 82–88, 2016.

HEID, H. W.; KEENAN, T. W. Intracellular origin and secretion of milk fat globules. **European Journal of Cell Biology**, v. 84, n. 2-3, p. 245-258, 2005.

JENSEN, R. G. The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. **Journal Dairy Science**, v. 85, p. 295–350, 2002.

JOLY A. B. **Botânica**: introdução a taxonomia vegetal. 13ª Ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional; p. 808, 2002.

KNAPP, M. A. *et al.* Yerba mate extract in active starch films: Mechanical and antioxidant properties. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 43, n. 3, p. 1-12, 2019.

LANDIM, A. P. M. Sustainability concerning food packaging in Brazil. **Polímeros**, v. 26, n. especial, p. 82-92, 2016.

LUCENA, C. A. A. de *et al.* Desenvolvimento de biofilmes à base de xilana e xilana/gelatina para produção de embalagens biodegradáveis. **Polímeros**, v. 27, n. SPE, p. 35-41, 2017.

LUVIELMO, M. M.; LAMAS, S. V. Revestimento comestível em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n.1, p. 8-15. 2012.

MALDONADO, E. K. G. *et al.* Quantificação dos compostos fenólicos de *Rosmarinus officinalis* L. (alecrim). **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 35, Supl. 1, 2014.

MANSBRIDGE, R. J.; BLAKE, J. S. Nutritional factors affecting the fatty acid composition of bovine milk. **British Journal of Nutrition**, v. 78, n. 1, p. S37-S47, 1997.

MÅNSSON, H. L. Fatty acids in bovine milk fat. **Food & Nutrition Research**, v. 52, n. 1, p. 1-3, 2008.

MIRA-SÁNCHEZ, M. D.; CASTILLO-SÁNCHEZ, J.; MORILLAS-RUIZ, J. M. Comparative study of rosemary extracts and several synthetic and natural food antioxidants. Relevance of carnosic acid/carnosol ratio. **Food Chemistry**, v. 309, p. 39, 2020.

OLIVEIRA, J. C. A.; VEIGA, R. da S. Impacto do uso do alecrim - *Rosmarinus officinalis* L.- para a saúde humana. **Brazilian Journal of Natural Sciences**, v. 2, n. 1, p. 12-12, 2019.

ORDOÑEZ-PEREDA, J. A. *et al.* **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal.** Trad. MURAD, F. Porto Alegre: Artmed. v. 2, p.279, 2007.

PAVIĆ, V. *et al.* Extraction of carnosic acid and carnosol from sage (*Salvia officinalis* L.) leaves by supercritical fluid extraction and their antioxidant and antibacterial activity. **Plants**, v. 8, n. 1, p. 16, 2019.

Perspectivas Agrícolas OECD-FAO 2014-2023. **Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD)**, Paris, França, 15 de jan, 2020. Disponível em: <<https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?QueryId=58652&vh=0000&vf=0&l&il=&lang=en#>> Acesso em: 15 jan. 2020.

PIÑEROS-HERNANDEZ, D. *et al.* Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 63, p. 488-495, 2017.

QUEIRÓS, M. D. S. **Efeito da adição de oleína da gordura do leite nas características da manteiga.** Orientadora: Mirna Lúcia Gigante. 2015. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

RIBEIRO, M. L. O; LIMA, E. G. Revisão da aplicação de produtos biopolímeros obtidos pela reciclagem de plásticos em design. **Revista Iberoamericana Polímeros**, Paraná, v. 10, n.5, p. 244-259, 2009.

SAAD, M. A.; OMBARAK, R. A.; RABOU, H. S. A. Effect of nisin and lysozyme on bacteriological and sensorial quality of pasteurized milk. **Journal of Advanced Veterinary and Animal Research**, v. 6, n. 3, p. 403-408, 2019.

SALEVIĆ, A. *et al.* Physicochemical, Antioxidant and Antimicrobial Properties of Electrospun Poly (ϵ -caprolactone) Films Containing a Solid Dispersion of Sage (*Salvia officinalis* L.) Extract. **Nanomaterials**, v. 9, n. 2, p. 270, 2019.

SARANTÓPOULOS, C.; COFCEWICZ, L. S. Embalagens ativas para produtos perecíveis. **Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens**, São Paulo, v. 28, n.3, p. 1-12, 2016.

SCHULER, P. Natural antioxidants exploited commercially. **Journal Food Antioxidants**, Londres, v. 5, n. 2, p. 99-170, 1990.

SEPAHVAND, R. *et al.* Chemical composition, antioxidant activity and antibacterial effect of essential oil of the aerial parts of *Salvias clareoides*. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, Tunisia, v. 7, n. 1, p. 491-496, 2014.

SHAHIDI, F. Handbook of antioxidants and food preservation. **Food Science, Technology and Nutrition**, Cambridge, v. 1, n. 1, p. 1-14, 2015.

SHAHIDI, F. *et al.* Phenolic compounds in agri-food by-products, their bioavailability and health effects. **Journal of Food Bioactive**, v. 5, p. 57-119, 2019.

SHAHIDI, F. **Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications.** The American Oil Chemists Society, 1997.

SHARMA, Y.; SCHAEFER, J. F. J. Ethnobotany, phytochemistry, cultivation and medicinal properties of Garden sage (*Salvia officinalis* L.). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, n. 3, p. 3139-3148, 2019.

SILVA, F. T. **Manual de produção de manteiga.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, p. 16, 1996.

SILVA, M. C. S. *et al.* Avaliação das propriedades físico-químicas e mecânicas de filmes de fécula de mandioca incorporado com cafeína irradiada. **DESAFIOS - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal Do Tocantins**, v. 6, n. Especial, p. 91-99, 2019.

SOJIC, B. *et al.* The effect of essential oil and extract from sage (*Salvia officinalis* L.) herbal dust (food industry by-product) on the oxidative and microbiological stability of fresh pork sausages. **Journal Food Science and Technology**, Servia, v. 89, n. 7, p. 749-755, 2017.

SOUZA D. M. *et al.* Antioxidative effect of *Arthrospira platensis* biomass on the lipid oxidation. **Revista Visa em Debate, Sociedade, Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 3, p. 76-83, 2017.

SUCUPIRA, N. R. *et al.* Methods for measuring antioxidant activity of fruits. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 14, n. 4, p. 263-269, 2012.

TAKAMOTO, E.; TEIXEIRA FILHO, J.; GODOY, H. D. Validação de metodologia para determinação simultânea dos antioxidantes sintéticos em óleos vegetais, margarinas e gorduras hidrogenadas por CLAE/UV. **Química Nova**, v. 32, n. 5, p. 1189-1194, 2009.

UNITED NATIONS (ONU). Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Population Prospects 2019: Highlights.** p. 5, 2019.

UPADHYAY, R.; MISHRA, H. N. Antioxidant activity measurement of oleoresin from rosemary and sage. **Industrial Crops and Products**, v. 61, n. 31, p. 453-459, 2014.

VALLUZZI, R. L. *et al.* Allergy to food additives. **Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology**, v. 19, n. 3, p. 256-262, 2019.

VIANA, M. V.; ARENARI, V. S. Antioxidantes sintéticos utilizados em indústrias alimentícias e a possível substituição por antioxidantes naturais. **Revista de Trabalhos Acadêmicos-Universo Campos dos Goytacazes**, v. 1, n. 12, 2019.

WALSTRA, P.; WOUTERS, J. T. M.; GEURTS, T. J. **Dairy Science and Technology.** 2 ed. New York: CRC, p. 768, 2006.

YASHIN, A. *et al.* Antioxidant activity of spices and their impact on human health: A review. **Antioxidants**, v. 6, n. 3, p. 70, 2017.

CAPÍTULO II

ARTIGO

Efeito da aplicação de filmes biodegradáveis contendo extratos de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e sálvia (*Salvia officinalis* L.) na estabilidade da manteiga em tablete

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi elaborar filmes biodegradáveis contendo extratos de alecrim e sálvia e aplicá-los como embalagem ativa em manteiga em tablete. Utilizou-se o delineamento composto central rotacional com três variáveis independentes: concentração de extrato de alecrim, concentração de extrato de sálvia e tempo. As manteigas foram embaladas com filmes e armazenadas a 5°C, 15°C e 15°C com filmes e papel couchê por 60 dias. Os filmes foram caracterizados quanto à avaliação visual, cor, umidade, solubilidade, espessura, permeabilidade à gordura, transmitância e absorbância. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). A manteiga foi avaliada quanto ao índice de peróxidos, acidez e compostos fenólicos. Avaliou-se a estabilidade da coloração dos filmes e das manteigas durante o armazenamento. Os dados foram analisados por regressão múltipla e apresentados os fatores e interações que tiveram efeito linear significativo ($p < 0,05$). A adição dos extratos influenciou nas características dos filmes, principalmente maiores concentrações do extrato de sálvia. Com relação às análises das manteigas e dos filmes, menores concentrações de extrato de alecrim combinados com maiores concentrações de extrato de sálvia mostram-se mais eficientes para retardar as reações de deterioração da manteiga. Concluiu-se que, a utilização de embalagens ativas com extratos de alecrim e sálvia em manteigas é viável e favorável à conservação da manteiga durante o armazenamento.

Palavras-chave: Embalagem ativa. Conservação. Oxidação.

Introdução

A população mundial é de 7,6 bilhões de habitantes com expectativa de aumento nos próximos anos (ONU, 2019). Como resultado, a demanda por alimentos é crescente. Além do aumento da população, devido à praticidade, os consumidores ingerem quantidade significativa de alimentos processados e de maior valor agregado. Neste sentido, a indústria de alimentos é desafiada a atender os consumidores, fornecendo a quantidade de alimentos necessária com a qualidade requerida (DOS SANTOS; LOURENZANI; LOURENZANI, 2019).

A qualidade dos alimentos pode ser mantida com a utilização de aditivos alimentares, que são adicionados com intuito de evitar reações de deterioração, como por exemplo os antioxidantes que são usados em produtos gordurosos, que podem apresentar problemas no sabor e no odor, causada pela oxidação lipídica e provocada pela exposição dos ácidos graxos insaturados ao oxigênio da atmosfera e à luz (ARAÚJO, 2004).

Esses antioxidantes podem ser artificiais ou naturais, sendo que os artificiais mais utilizados são: butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT), terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e propilgalato (PG) (VIANA; ARENARI, 2019). No entanto, nota-se que, aditivos sintéticos têm sido associados a problemas de saúde e os consumidores demonstram-se preocupados com o consumo seguro e saudável de alimentos, por isso, os aditivos naturais são substitutos adequados (GONÇALVES *et al.*, 2019).

Dentre as substâncias naturais utilizadas como antioxidantes destacam-se o alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e a sálvia (*Salvia officinalis* L.) que são vegetais que contém comprovadamente antioxidantes naturais, devido à presença dos compostos fenólicos (PIÑEROS-HERNANDEZ *et al.*, 2017; PAVIĆ *et al.*, 2019; SALEVIĆ *et al.*, 2019; MIRA-SÁNCHEZ; CASTILLO-SÁNCHEZ; MORILLAS-RUIZ, 2020). Os compostos fenólicos são substâncias eficientes no combate à oxidação lipídica em alimentos (SHAHIDI, 2015). Porém, adicionar esses vegetais às formulações dos alimentos pode descaracterizar o produto, devido à quantidade necessária para se obter o efeito desejado. Por isso, a aplicação dos seus extratos por meio das embalagens ativas é uma alternativa que tem sido amplamente utilizada (OUDJEDI *et al.*, 2019).

As embalagens ativas são tecnologias que permitem a interação entre a embalagem e o alimento, atuando na melhoria dos aspectos sensoriais, agregando valor, aumentando a segurança, conservação, vida útil e qualidade dos alimentos (FONTOURA; CALIL; CALIL, 2016; SARANTÓPOULOS; COFCEWICZ, 2016). A incorporação dos extratos antioxidantes de origem vegetal às embalagens é realizada utilizando como base polímeros biodegradáveis, como por exemplo, a fécula de mandioca que é uma matéria-prima utilizada na produção de filmes, é considerada um material de baixo custo e que forma películas resistentes e transparentes que proporcionam barreira eficiente (LUVIELMO; LAMAS, 2012; SILVA *et al.*, 2019).

Diante do exposto, pesquisas são escassas combinando os extratos de sálvia e alecrim em filmes de fécula de mandioca. Além disso, não se tem conhecimento sobre o efeito desses filmes em matrizes gordurosas, como a manteiga, no período de armazenamento. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver filmes de fécula de mandioca contendo alecrim e

sálvia e aplicá-los como embalagens ativas em manteiga a fim de verificar sua influência sobre a estabilidade do produto.

Material e Métodos

Preparo dos extratos

As folhas desidratadas de alecrim e sálvia foram obtidas no comércio de Barbacena, Minas Gerais, Brasil, e em seguida, foram trituradas em processador (Black&Decker, Towson, EUA). Os extratos de alecrim e sálvia foram preparados de acordo com Santos, Shetty e Miglioranza (2014), com modificações. O solvente foi etanol (Lioserum Chemicals, Ribeirão Preto, Brasil) na concentração de 40% (v/v) diluído em água destilada. Utilizou-se para o extrato de alecrim a proporção 1:10 (m/v) e para o extrato de sálvia 1:15 (m/v), determinadas por meio de pré-testes. As misturas foram acondicionadas em béquer revestidos com papel laminado e seguiram para capela de fluxo (Lucadema, São José do Rio Preto, Brasil) onde ficaram sob agitação de 2000 rpm em agitador magnético (Cienlab, Campinas, Brasil) durante 4 horas à temperatura de 30°C. Após a extração, as amostras foram filtradas a vácuo (Prismatec Ltda, Porto Alegre, Brasil) e armazenadas em frascos de vidro a -18°C e ao abrigo de luz.

Determinou-se o teor de fenólicos dos extratos com base no método de Folin-Ciocalteu de acordo Waterhouse (2002), com modificações. Foram transferidos 0,5 mL dos extratos aos tubos de ensaio, em seguida adicionou-se 2,5 mL da solução de Folin-Ciocalteu (Êxodo Científica, Sumaré, Brasil) 10% (v/v) e 2,0 mL da solução de carbonato de sódio (Synth, Diadema, Brasil) 4% (p/v). Os tubos foram agitados para homogeneização e mantidos em repouso por 2 horas ao abrigo de luz. A quantificação dos compostos fenólicos foi realizada pela leitura de absorbância em espectrofotômetro (Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda, Freguesia do Ó, Brasil) no comprimento de onda 750 nm utilizando curva padrão de ácido gálico (Dinâmica Química Contemporânea Ltda, Indaiatuba, Brasil) ($0 \mu\text{g.mL}^{-1}$ – $190 \mu\text{g.mL}^{-1}$) em etanol p.a.

Produção da embalagem ativa

As embalagens foram produzidas a base de fécula de mandioca. Esta foi adicionada em quantidade suficiente para obter 4% (p/v) de fécula no filme após a adição dos extratos. A fécula foi adicionada à água e a solução foi aquecida em banho-maria e gelatinizada a 80°C por 2

minutos. O gel formado foi resfriado e ao atingir 45°C foi adicionado o glicerol (Proquimios Comércio e Indústria Ltda, Rio de Janeiro, Brasil) na proporção 0,025 g de glicerol.g⁻¹ de fécula. Prosseguiu-se com o resfriamento e a 30°C as diferentes concentrações dos extratos de sálvia e alecrim foram adicionados, de acordo com o delineamento estatístico (Tabela 1). Para formação do filme foi transferido 10 mL de solução filmogênica às placas de poliestireno (9 cm de diâmetro) e secos em câmara climática (Venâncio, Venâncio Aires, Brasil) a 30°C com circulação de ar por 20 horas. Foram elaborados filmes controles seguindo o mesmo procedimento explicado acima, porém sem adição dos extratos.

Delineamento estatístico

Para determinar as concentrações dos extratos aplicados e o tempo de armazenamento dos tratamentos foi utilizado o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), com três variáveis independentes: concentração de extrato de alecrim, concentração de extrato de sálvia e tempo de armazenamento. Em relação ao tempo de armazenamento foi utilizado os pontos axiais de zero e 60 dias. Os pontos axiais das variáveis independentes concentração de extrato de alecrim e sálvia foram de 0 mL a 9 mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica, os quais foram determinados com pré-testes, verificando-se as concentrações que permitiriam melhor formação dos filmes. A partir dos resultados, observou-se que concentrações acima das utilizadas no presente estudo dificultaram o processo de secagem e formação do filme. A tabela 1 apresenta os ensaios obtidos.

Tabela 1 - Níveis e valores das variáveis independentes do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR)

Ensaio	X ₁	X ₂	X ₃	Extrato de alecrim (mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica)	Extrato de sálvia (mL.100mL ⁻¹ de solução filmogênica)	Tempo de armazenamento (Dias)
1	-1	-1	-1	1,82	1,82	12
2	1	-1	-1	7,18	1,82	12
3	-1	1	-1	1,82	7,18	12
4	1	1	-1	7,18	7,18	12
5	-1	-1	1	1,82	1,82	48
6	1	-1	1	7,18	1,82	48
7	-1	1	1	1,82	7,18	48
8	1	1	1	7,18	7,18	48
9	-1,68	0	0	0	4,5	30
10	1,68	0	0	9	4,5	30
11	0	-1,68	0	4,5	0	30
12	0	1,68	0	4,5	9	30
13	0	0	-1,68	4,5	4,5	0
14	0	0	1,68	4,5	4,5	60
15	0	0	0	4,5	4,5	30
16	0	0	0	4,5	4,5	30
17	0	0	0	4,5	4,5	30

X₁, X₂ e X₃ - variáveis independentes codificadas

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Equação 1:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i x_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{j=1}^3 \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon$$

Sendo:

Y = resposta analisada;

X_i = valores das variáveis codificadas;

β = parâmetros do modelo de regressão estimulados através do método dos mínimos quadrados;

ε = erro aleatório.

Caracterização dos filmes

Os filmes 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13 (Tabela 1) e controle foram caracterizados quanto à análise visual, permeabilidade a gordura, cor, umidade, espessura, solubilidade, absorvância e transmitância à luz. Foram realizadas três repetições. Os demais tratamentos (5, 6, 7, 8, 14,

15, 16, 17) não foram caracterizados, uma vez que foram elaborados com as mesmas concentrações de extratos dos tratamentos analisadas, diferindo apenas no tempo de armazenamento da manteiga. Os filmes acompanhados do papel couchê não foram caracterizados, pois desejava-se verificar apenas a influência das diferentes concentrações de extrato sobre as propriedades dos filmes e a influência do papel couchê na estabilidade da manteiga.

Realizou-se a análise visual e tátil dos filmes de acordo com Berbari *et al.* (2011) com modificações. Foram atribuídas classificações, sendo (1) para muito desuniforme, (2) para presença de desuniformidade sem comprometer a continuidade do filme e (3) para totalmente uniforme.

A permeabilidade à gordura foi avaliada de acordo com Oliveira *et al.* (1996) com modificações. Os filmes (60 mm x 60 mm) foram distribuídos sobre papel manteiga, em seguida foram colocados dois discos de flanela (20 mm) de diâmetro sobre os filmes. Após, adicionou-se pesos de 60 g sobre os discos de flanela até a estabilização da temperatura da estufa (DeLeo, Porto Alegre, Brasil) em 40°C. Em seguida, os pesos foram removidos e adicionados com contagotas seis gotas de óleo vegetal de soja nas flanelas. Recolou-se os pesos sobre os discos e a cada uma hora acompanhou-se a permeabilidade no papel durante 5 horas.

A coloração inicial dos filmes foi medida instrumentalmente com o colorímetro CR-400 (Konica Minolta Sensing Americas Inc, Ramsey, EUA), onde tem-se o L para a luminosidade de preto (zero) para branco (cem), a * de verde (valores negativos) para vermelho (valores positivos) e b* de azul (valores negativos) para amarelo (valores positivos).

A porcentagem de umidade e a solubilidade em água dos filmes foi determinada de acordo com a metodologia de Costa *et al.* (2017). A espessura dos filmes foi determinada com auxílio de espessímetro (Mitutoyo, Miyazaki, Japão), em quinze pontos distintos de cada filme. Avaliou-se os filmes no espectrofotômetro quanto à absorvância (UA) e transmitância (%), para isso, os filmes foram cortados e inseridos na cubeta e em seguida, realizou-se a leitura dos índices de 220 nm a 280 nm.

Composição da manteiga

A manteiga utilizada foi tipo extra com sal, adquirida de laticínio na cidade de Barbacena, Minas Gerais, Brasil, no dia de fabricação. A manteiga foi caracterizada quanto à umidade, a gordura, o extrato seco total e extrato seco desengordurado, à acidez e ao índice de peróxidos, de acordo com Instituto Adolfo Lutz (2008).

Embalagem e armazenamento da manteiga em tablete

Os filmes produzidos com extratos e sem adição de extratos (controle) foram utilizados para embalar 10g de manteiga, dois dias após a fabricação. Foram determinadas três condições distintas de armazenamento: manteigas apenas com os filmes foram armazenadas a 5°C (MF5) e a 15°C (MF15). Além disso, avaliou-se manteigas armazenadas também a 15°C, porém com embalagem dupla, a primeira embalagem, em contato com a manteiga, foram os filmes ativos e a segunda embalagem, protegendo os filmes, foi de papel couchê (12 cm x 12 cm) (MFP15). Foram avaliados tratamentos controles em todas as formas de armazenamento com a utilização dos filmes sem extratos.

O armazenamento foi feito em ambiente com umidade relativa de $70\pm 2\%$ por 60 dias e em condições aceleradas em BOD (Lucadema, São José do Rio Preto, Brasil) sob incidência de luz com intensidade média de 1100 ± 100 lux, medida em 12 pontos em cada câmara com utilização de luxímetro LD-400 (Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda, Freguesia do Ó, Brasil). Testes acelerados permitem a utilização de até 60°C, porém altas temperaturas poderiam fundir a manteiga, optou-se então, pelo armazenamento sob incidência de luz, que age como catalisador das reações de oxidação e aceleram o processo (ANTONIASSI, 2001).

Análises da manteiga e dos filmes

Nos tempos de armazenamento estabelecidos no delineamento (Tabela 1) realizou-se as análises de acidez, índice de peróxidos, compostos fenólicos e cor. A perda de coloração nas manteigas foi calculada a partir da diferença verificada no início e ao final do armazenamento. A acidez e o índice de peróxidos foram determinados de acordo com Instituto Adolfo Lutz (2008). Os tratamentos controles foram avaliados em todos os tempos do delineamento.

Os compostos fenólicos foram extraídos da manteiga de acordo com Rufino *et al.* (2007), com modificações. Foi utilizado 10 g de amostra aquecida a 50°C em estufa para fusão. Foram adicionados 10 mL de metanol p.a. (Neon Comercial, Suzano, Brasil) e a mistura foi agitada com agitador magnético por 1h. A solução obtida foi centrifugada (modelo 204-NR, Fanem Ltda, Carandiru, Brasil) a 185 x g por 5 minutos e o sobrenadante foi retirado. Foram transferidos 0,5 mL do sobrenadante aos tubos de ensaio onde em seguida, adicionou-se 2,5 mL da solução de Folin-Ciocalteu 10% (v/v) e 2,0 mL da solução de carbonato de sódio 4% (p/v). Os tubos foram agitados para homogeneização e mantidos em repouso por 2 horas ao abrigo de luz. A quantificação dos compostos fenólicos foi realizada por meio de leitura de absorbância

em espectrofotômetro no comprimento de onda 750 nm utilizando curva padrão de ácido gálico ($0 \mu\text{g}.\text{mL}^{-1} - 190 \mu\text{g}.\text{mL}^{-1}$) em etanol p.a (WATERHOUSE, 2002).

A cor da manteiga, da manteiga embalada com filmes e dos filmes foi determinada instrumentalmente com o colorímetro, por meio dos eixos L, a* e b*. Os mesmos valores foram utilizados para verificar a perda de coloração (Equação 2), da manteiga e dos filmes, tendo sido medida a cor inicial destes, anteriormente.

$$\text{Equação 2. } \Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Sendo:

ΔE = Perda de coloração;

ΔL = Luminosidade final - Luminosidade inicial;

Δa = Eixo a* final – Eixo a* inicial;

Δb : Eixo b* final – Eixo b* inicial.

Análise dos resultados

Os dados obtidos na caracterização dos filmes foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), para identificar se as diferentes concentrações de extratos de alecrim e sálvia afetaram as propriedades dos filmes.

Com relação aos resultados das análises realizadas nas manteigas e nos filmes, a partir do delineamento, utilizou-se a metodologia de superfície de resposta para avaliar o efeito das concentrações dos extratos e tempo de armazenamento sobre as variáveis dependentes: concentração de acidez, índice de peróxidos, compostos fenólicos, cor e perda de coloração das manteigas, assim como nos filmes onde foram avaliadas a cor e a perda de coloração.

Os resultados foram analisados por meio de regressão múltipla que descreve os efeitos das variáveis em modelos polinomiais de segunda ordem. Foram apresentados apenas os fatores e interações que tiveram efeito linear significativo ($p < 0,05$) sobre as variáveis dependentes. A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para testar a adequação dos modelos. As análises de regressão foram realizadas e os gráficos de contorno foram plotadas com auxílio do software Minitab 19.

Outro critério adotado para avaliar adequabilidade dos modelos completos foram os coeficientes de determinação. O coeficiente de variação explicada (R^2) determina a porcentagem de variações presentes na resposta que podem ser explicadas pelo modelo. O coeficiente de determinação para o modelo ajustado (R^2 de ajuste) demonstra quanto o modelo se ajusta aos dados experimentais. O coeficiente de determinação de predição (R^2 de predição) indica quão útil os modelos obtidos são para prever observações futuras nas mesmas condições desta pesquisa. Valores dos coeficientes R quadráticos iguais ou superiores a 0,7 são considerados satisfatórios.

Resultados e Discussão

Compostos fenólicos do extrato

O teor de compostos fenólicos, em equivalente de ácido gálico, presente no extrato alcóolico de alecrim e sálvia foi de 2,92 mg.mL⁻¹ e 1,32 mg.mL⁻¹, respectivamente. Santos, Shetty e Miglioranza (2014), ao avaliarem o teor de compostos fenólicos de extratos de alecrim e sálvia obtiveram 2,44 mg.mL⁻¹ e 2,28 mg.mL⁻¹, respectivamente, em equivalente de ácido gálico. López-Córdoba *et al.*, (2017) verificaram no extrato de alecrim concentração de 2,40 mg.mL⁻¹ de compostos fenólicos e Souza *et al.* (2018) ao avaliarem o teor de compostos fenólicos de extrato de sálvia obtiveram 20,8 mg.g⁻¹. Diferenças nos teores de compostos fenólicos, bem como na composição podem ser atribuídas a fatores ambientais (luz ultravioleta e temperatura), genéticos, condições de cultivo e colheita, além de serem influenciadas pelos métodos de extração, tipos e quantidade de solventes utilizados no processo (ABANDANSARIE; ARIAI; LANGERODI, 2019).

Caracterização dos filmes

Todos os filmes apresentaram nota três na avaliação visual, ficou evidente que todos apresentaram ótima continuidade e uniformidade. Com relação à permeabilidade à gordura, todos os filmes apresentaram-se impermeáveis. A impermeabilidade à gordura é um índice importante, porque produtos gordurosos são sensíveis à temperatura e facilmente fundem com pequenas oscilações, sendo assim, embalagens com boa barreira irão protegê-los. Os resultados das análises da cor, umidade, espessura e solubilidade estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados das análises de caracterização dos filmes produzidos

Ensaio	Cor L	Cor a*	Cor b*	Umidade (%)	Espessura (mm)	Solubilidade (%)
1	86,33±0,62 ^a	-1,64±0,05 ^a	15,73±1,45 ^b	15,43±0,47 ^a	0,04±0,81 ^b	6,44±1,44 ^b
2	85,89 ±1,51 ^a	-0,65±0,15 ^a	18,62±2,56 ^b	16,37±0,44 ^a	0,05±0,98 ^b	7,38±0,93 ^b
3	85,37±1,61 ^a	-1,42±0,20 ^a	22,78±1,80 ^a	13,01±1,57 ^b	0,04±1,14 ^b	7,61±1,86 ^b
4	82,23±1,46 ^b	-0,25±0,20 ^a	23,25±2,67 ^a	15,29±0,19 ^a	0,06±1,24 ^a	9,56±0,55 ^a
9	82,89±1,67 ^b	-1,54±0,11 ^a	22,57±2,94 ^a	13,82±2,36 ^b	0,07±1,87 ^a	7,68±0,87 ^b
10	79,67±4,43 ^b	2,46±1,67 ^a	27,00±4,27 ^a	13,28±1,19 ^b	0,06±1,92 ^a	8,47±0,77 ^a
11	87,14±1,40 ^a	-0,37±0,18 ^a	19,00±1,72 ^b	14,37±2,04 ^b	0,05±1,30 ^b	7,41±1,19 ^b
12	76,6±4,33 ^b	1,86±2,07 ^a	29,99±4,06 ^a	13,55±0,81 ^b	0,05±1,73 ^b	9,10±1,38 ^a
13	79,99±2,62 ^b	0,55±0,49 ^a	25,24±4,45 ^a	15,65±0,93 ^a	0,06±0,74 ^a	7,01±1,56 ^b
C*	90,79±0,26 ^a	-0,65±0,14 ^a	9,41±0,60 ^c	14,28±1,07 ^b	0,06±1,46 ^a	2,06±1,71 ^c

*C: Controle, sem a adição de extratos. *Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A coloração dos filmes com relação ao parâmetro L, mostrou tendência à tonalidade branca, verificando-se valores próximos a 100. No entanto, os filmes 1, 2, 3 e 11, que receberam menor quantidade dos extratos, tenderam mais ao branco ($p < 0,05$), assim como o filme controle, ou seja, a incorporação dos extratos escureceu os filmes.

Com relação ao parâmetro b*, todos os filmes apresentaram valores positivos, porém o controle exibiu menor valor que os demais. Pode-se inferir que a adição dos extratos modificou a tonalidade dos filmes, que tenderam mais à coloração amarelada. Nota-se que, os tratamentos 1, 2 e 11, cuja concentração de extrato de sálvia foi menor, a tendência ao amarelo também foi menor, sendo assim, o extrato de sálvia provavelmente contém maior quantidade de pigmentos responsáveis pela coloração amarelada quando comparado ao extrato de alecrim. Os filmes quanto ao parâmetro a*, que varia do verde ao vermelho, não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$). Comportamento similar foi verificado em estudo testando separadamente os extratos de alecrim e sálvia em filmes de quitosana (SOUZA *et al.*, 2018).

A umidade dos filmes variou de 13,01% (m/m) a 16,37% (m/m). De acordo com Mali *et al.*, (2004), os teores de umidade podem variar dependendo da interação entre os aditivos incorporados e o tipo de plastificante utilizado, influenciando no aumento ou na redução da umidade dos filmes de amido. De modo geral, não foi verificada associação entre a adição de extratos e os teores de umidade, provavelmente as variações notadas referem-se às interações da água com o amido, em que possivelmente houve maior ou menor absorção de água nas regiões amorfas do grânulo, resultando na variação da umidade final dos filmes.

Jancikova *et al.* (2019) produziram filmes utilizando furcellarana, gelatina hidrolisada e extrato de alecrim, e obtiveram teores de umidade semelhantes ao deste estudo variando de 10,30% (m/m) a 14,17% (m/m) de umidade. Dantas *et al.*, (2015) produziram filmes de amido de mandioca adicionados de polpa de acerola para verificar propriedades antioxidantes e obteve valores de umidade variando de 10,93% (m/m) a 19,69% (m/m).

Com relação à espessura dos filmes, os valores variaram de 0,04 mm a 0,07 mm, houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Não foi observada relação direta entre a quantidade de extratos adicionada e a espessura dos filmes, deste modo, possivelmente as modificações do amido decorrentes do processo de gelatinização resultaram nas diferenças observadas. A gelatinização do amido acontece quando os grânulos são expostos à água e temperatura elevada, levando à dilatação dos grânulos. Este inchamento pode variar (10% a 20%) durante o processo (DENARDIN; SILVA, 2009), o que pode resultar em uma estrutura mais ou menos espessa e ainda na maior ou menor umidade do filme.

No estudo de Dantas *et al.* (2015), avaliando filmes de amido de mandioca com polpa de acerola, os filmes apresentaram espessura 0,08 mm a 0,2 mm. A espessura deve ser avaliada, porque evidencia e reafirma a uniformidade e continuidade dos filmes. Essa característica é considerada fundamental e de difícil controle, e o efeito das variações dessa propriedade dos filmes nem sempre é considerado (SOARES; SILVA; DE OLIVEIRA, 2016).

A solubilidade dos filmes comestíveis indica sua integridade em ambientes aquosos, maiores porcentagens de solubilidade, proporcionam menor resistência à água e maior biodegradabilidade. Em contrapartida, menor solubilidade do filme é benéfico para o armazenamento (ZHANG; ZHAO, 2017). Nesta pesquisa, as porcentagens de solubilidade variaram de 2,06% (m/m) a 9,56% (m/m). Pode-se perceber que a solubilidade esteve diretamente relacionada com a concentração de extrato utilizada. O controle evidenciou a menor solubilidade, já os filmes 4, 10 e 12, com as maiores concentrações de extratos, evidenciaram maior solubilidade dos filmes. Ao incorporar quantidades maiores de extratos, houve o aumento da quantidade de água no meio, por se tratar de extratos hidroalcoólicos. De acordo com Denardin e Silva (2009), quando as moléculas de amido são aquecidas em excesso de água, a estrutura cristalina do grânulo é rompida, e as moléculas de água formam pontes de hidrogênio entre a amilose e amilopectina, expondo seus grupos hidroxil, o que causa um aumento na solubilidade do grânulo. Similarmente, em estudo com filmes utilizando amido de feijão e extrato de *maqui* berry verificou-se que o controle apresentou solubilidade de 25,00% (m/m) e o aumento da concentração de extrato, resultou gradativamente, no aumento da porcentagem até 32,25% (m/m) (BAEK; KIM; SONG, 2019).

A Tabela 3 apresenta as porcentagens de transmitâncias dos filmes elaborados. Os desvios padrões foram inferiores a 1,67. Para todos os comprimentos de onda avaliados, o controle apresentou maior porcentagem de transmitância de luz ultravioleta. No comprimento de onda 220 nm, as transmitâncias dos tratamentos com extratos foram iguais ($p < 0,05$). No comprimento de onda de 240 nm, 260 nm e 280 nm, os filmes 1 e 11 apresentaram maior transmitância do que os demais, estes filmes receberam as menores concentrações de extrato de sálvia, pode-se inferir que a coloração do extrato de sálvia foi fundamental para menores valores de transmitância. O extrato de sálvia contém pigmentos como clorofila, β -caroteno e xantofilas (GARGULAK *et al.*, 2019), estes pigmentos resultam no escurecimento dos extratos e sabe-se que quão mais escuro o filme menor a transmitância. O escurecimento dos filmes também pode estar associado à adição do extrato de alecrim, de acordo Jancikova *et al.* (2019), a adição de extrato de alecrim em filmes de biopolímeros pode impedir a penetração da luz ultravioleta, portanto, esse tipo de filme pode ser usado para embalagens de alimentos com a intenção de proteger contra a reações fotoquímicas em produtos alimentares.

Tabela 3 - Resultados da transmitância (porcentagem) de luz dos filmes produzidos

(nm)	Ensaio									
	1	2	3	4	9	10	11	12	13	C*
220	4,87 ^b	3,37 ^b	3,23 ^b	3,10 ^b	2,00 ^b	3,07 ^b	4,37 ^b	3,17 ^b	3,17 ^b	10,93 ^a
240	5,73 ^b	1,77 ^c	1,27 ^c	0,87 ^c	0,77 ^c	1,03 ^c	4,40 ^b	1,03 ^c	1,23 ^c	23,17 ^a
260	14,53 ^b	4,87 ^c	2,83 ^c	0,37 ^c	1,37 ^c	1,96 ^c	11,33 ^b	1,43 ^c	2,90 ^c	39,13 ^a
280	20,33 ^b	9,63 ^c	6,97 ^c	0,63 ^c	2,90 ^c	5,67 ^c	19,23 ^b	4,07 ^c	7,23 ^c	47,07 ^a

*C: Controle, sem a adição de extratos. *Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Jancikova *et al.* (2019) produziram filmes utilizando furcellarana, gelatina hidrolisada e extrato de alecrim, e verificaram a mesma tendência a depender do comprimento de onda. Comportamento semelhante foi verificado em filmes utilizando amido de feijão e extrato de *maqui* berry. Tais resultados tendem a influenciar positivamente no armazenamento, estendendo o prazo de validade dos produtos e impedindo a oxidação lipídica quando usado para embalagens de alimentos (BAEK; KIM; SONG, 2019).

Transmitância e absorvância são variáveis que se relacionam. De acordo com Angelo e Jorge (2007), os fenólicos simples possuem absorção máxima entre 220 nm e 280 nm, porém sua absorção é afetada pela natureza do solvente empregado e o pH da solução. Deste modo,

mensurou-se a absorvância dos filmes, que consiste na capacidade de o material absorver a luz ultravioleta, nos mesmos comprimentos de onda. A tabela 4 apresenta os valores de absorvância dos filmes. Os desvios padrões foram inferiores a 240,76.

Tabela 4 - Resultados da absorvância (UA) de luz dos filmes produzidos

(nm)	Ensaio									
	1	2	3	4	9	10	11	12	13	C*
220	1324 ^b	1467 ^b	1489 ^b	1518 ^b	2019 ^b	1518 ^b	1367 ^b	1497 ^b	1504 ^b	364 ^a
240	1100 ^b	1755 ^d	1907 ^d	2056 ^d	2214 ^d	1981 ^d	1373 ^c	1987 ^d	1906 ^d	0,63 ^a
260	0,84 ^a	1319 ^b	1614 ^b	2465 ^d	1898 ^c	1720 ^b	360 ^a	1990 ^c	1552 ^b	0,41 ^a
280	0,70 ^a	376 ^a	870 ^b	2217 ^c	1792 ^c	1248 ^b	0,73 ^a	1535 ^c	1151 ^b	0,33 ^a

*C: Controle, sem a adição de extratos. *Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

No comprimento de onda 220 nm, todos os filmes apresentaram absorvância ($p < 0,05$) igual, exceto o controle apresentou menor absorvância de luz ultravioleta. No comprimento de onda 240 nm e 260 nm, a menor absorvância foi do controle, seguido do filme 1 e do filme 11, estes últimos têm em comum que para ambos as porcentagens de extrato de sálvia adicionadas foram as menores. No comprimento de onda 280 nm, além dos filmes controle, 1 e 11, foi observada menor absorvância ($p < 0,05$) no filme 2, este filme também recebeu baixa concentração de extrato de sálvia, reafirmando a tendência já observada.

Relacionando a transmitância e a absorvância dos filmes, os ensaios 1 e 11 apresentaram maior transmitância do que os demais neste comprimento de onda, evidenciando que estes filmes não oferecem boa barreira à luz ultravioleta, por não absorverem luz e transmiti-la mais. É desejável que a transmitância de luz ultravioleta dos filmes seja em menor intensidade, para evitar processos de degradação como a oxidação lipídica nos alimentos (BAEK; KIM; SONG, 2019) e que a absorvância seja a menor possível para não comprometer a ação de compostos com potencial antioxidante dos compostos fenólicos que foram adicionados aos filmes (ANGELO; JORGE, 2007).

Caracterização da manteiga

A manteiga analisada no tempo inicial apresentou $9,7 \pm 0,8\%$ (m/m) de umidade, $88,24 \pm 0,2\%$ (m/m) de gordura, $1,86 \pm 0,2\%$ (m/m) de extrato seco desengordurado, $1,56 \pm 0,02$

milimoles.100g⁻¹ de matéria gorda de acidez e 0,82±0,01 mEq. de peróxido.kg⁻¹ matéria gorda. Sendo todos os valores de acordo com os exigidos pela legislação (BRASIL, 1996).

Índice de peróxidos na manteiga

A interação tempo x tempo teve efeito linear significativo ($p < 0,05$) sobre o índice de peróxidos nas manteigas MF5 (Tabela 5). O coeficiente de variação explicada (R^2) foi de 0,54. O coeficiente de determinação para o modelo ajustado (R^2 de ajuste) foi 0,52 e o coeficiente de determinação de predição (R^2 de predição) foi de 0,07. Deste modo, as poucas variações presentes na resposta podem ser explicadas pelo modelo, este ajusta pouco aos dados experimentais e o modelo gerado não é útil para fazer predições em relação a novas observações, nas mesmas condições deste estudo. Os valores de R quadráticos possivelmente foram baixos, devido ao fato de que apenas a interação tempo x tempo apresentou efeito linear significativo ($p < 0,05$).

Tabela 5 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável resposta índice de peróxidos das manteigas MF5, MF15 e MFP15

Variáveis respostas	Equações de regressão	R ²	R ² (aj)	R ² (pred)
Índice de peróxidos da manteiga MF5	0,10 + 0,707 Tempo – 0,01057 Tempo X Tempo	0,58	0,52	0,07
Índice de peróxidos da manteiga MF15	-2,68 + 0,753 Alecrim + 1,345 Dias – 0,01909 Tempo X Tempo	0,83	0,78	0,68
Índice de peróxidos no da manteiga MFP15	0,08 + 0,1174 Tempo	0,51	0,48	0,36

R²: coeficiente de variação explicada; R² (aj): coeficiente de determinação de ajuste do modelo; R² (pred): coeficiente de determinação de predição do modelo

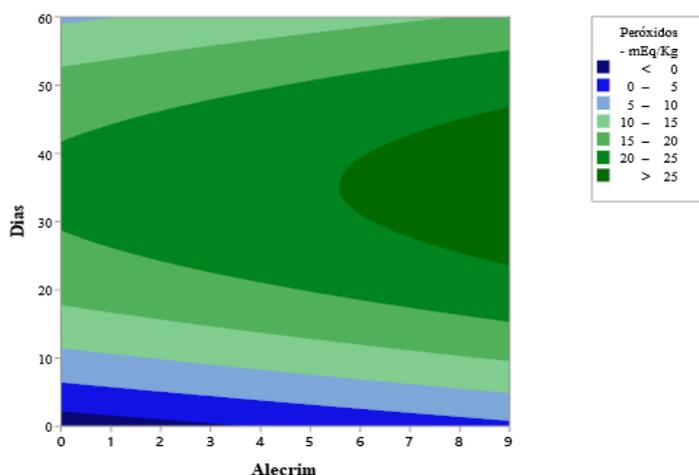
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os fatores alecrim e tempo, e a interação tempo x tempo tiveram efeito linear significativo ($p < 0,05$) sobre o índice de peróxidos nas manteigas MF15 (Tabela 5). Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,83), ajuste (0,79) e predição (0,68) foram considerados satisfatórios, se ajustam bem aos dados experimentais com alta predição, portanto, o modelo é considerado eficiente para simular novas observações.

Nota-se na curva de contorno para o índice de peróxidos da manteiga MF15 (Gráfico 1) que concentrações elevadas de alecrim, até 9 mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica, nos primeiros dias de armazenamento (até o 10º dia) proporcionaram menores valores de índice de

peróxidos. Nessas mesmas concentrações, até o 20º dia aproximadamente, o índice de peróxidos foi aumentando gradativamente. Os antioxidantes naturais retardam ou inibem a deterioração de óleos e gorduras nos estágios iniciais, impedindo a reação. Porém, verifica-se que eles são eficientes apenas por curto período específico. Esta hipótese se baseia na ideia de que os antioxidantes fenólicos inibem a peroxidação em detrimento de sua própria bioatividade. Assim, estes compostos reagem com os radicais livres no lugar dos lipídeos, decompondo-se e deteriorando-se com o tempo (ERICKSON, 2002).

Gráfico 1 - Curva de contorno para o índice de peróxidos da manteiga em tablete revestida com embalagem ativa armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A partir do 30º dia, nota-se que concentrações de alecrim de até 6 mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica foram mais eficientes para evitar o aumento do índice. Porém concentrações acima de 9 mL.100mL⁻¹, até aproximadamente 48º dia, impulsionaram o aumento do índice de peróxido. Alguns compostos presentes no extrato de alecrim podem apresentar ação pró-oxidante, suprimindo sua capacidade antioxidante, quando a concentração dos extratos aumenta em certos níveis (CASTAÑEDA-ARRIAGA *et al.*, 2018). A partir do 45º dia, houve uma redução gradativa do índice, em concentrações menores que 9 mL.100mL⁻¹ de alecrim. De acordo com Freire, Mancini Filho e Ferreira (2013), no processo de oxidação, o índice de peróxidos atinge um valor máximo e, em seguida, declina, a temperatura ocasiona a formação de hidroperóxidos que se decompõem rapidamente dando origem a produtos secundários de oxidação.

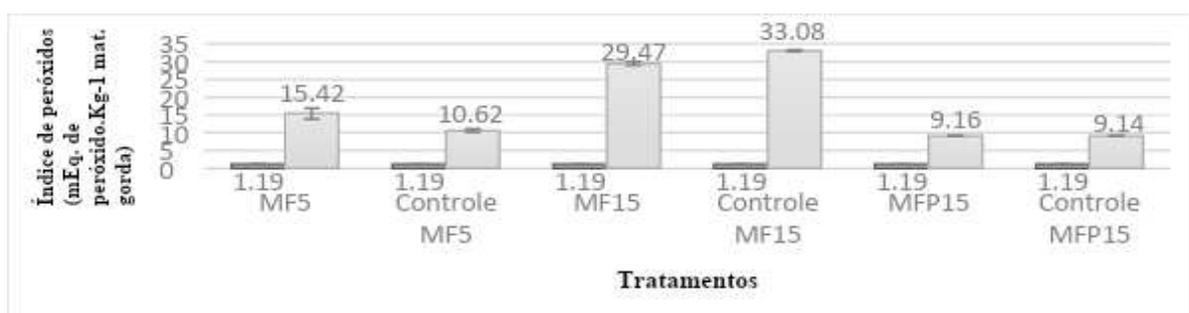
Analisando o comportamento do índice de peróxidos das manteigas MF15, juntamente com as concentrações de extratos utilizadas e as condições de armazenamento, pode-se inferir que concentrações menores de até 3 mL.100mL⁻¹ conferem maior inibição de formação dos compostos primários da oxidação lipídica (Gráfico 1).

Em estudo sobre o efeito de extrato alcoólico de alecrim sobre estabilidade oxidativa de manteiga, Santos, Shetty e Miglioranza (2014) verificaram que houve aumento na proteção contra a oxidação em todos os tratamentos com o aumento da temperatura e no decorrer do armazenamento. Porém, nas amostras armazenadas a 60°C com concentração de 1250 mg.kg⁻¹ verificaram efeito pró-oxidante. O maior efeito antioxidante foi observado com a concentração intermediária de alecrim, reduzindo a formação de peróxidos.

Nas manteigas MFP15, observa-se que apenas o fator tempo apresentou efeito linear significativo ($p < 0,05$) sobre o índice de peróxidos (Tabela 5). Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,51), ajuste (0,48) e predição (0,36) foram considerados pouco precisos, com baixo ajuste aos dados experimentais, portanto, o modelo pode não ser preciso para simular novas observações. Os valores de índices menores que 0,7 pode estar associado ao fato de que o modelo considerou apenas o fator tempo, que exerceu efeito significativo.

Ao analisar o Gráfico 2, nota-se que, em comparação com o controle, as formas de armazenamento foram determinantes para impulsionar ou retardar os efeitos da oxidação dos lipídeos. Na manteiga MF5, o controle evidenciou menor índice de peróxidos do que os tratamentos avaliados, que continham diferentes concentrações de extrato.

Gráfico 2 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5, MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta índice de peróxidos



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

De acordo com Castañeda-Arriaga *et al.* (2018) apesar dos antioxidantes serem utilizados como defesa ao estresse oxidativo, eles também podem exibir efeitos pró-oxidantes, dependendo condições ambientais. Além disso, segundo Niki (2002) os diferentes tipos de radicais livres gerados nos alimentos, além de como, onde e quão intensamente esses compostos atuam, podem influenciar na atividade antioxidantes dos extratos. A concentração do antioxidante também pode influenciar diretamente na reatividade com o radical livre. Isso porque, além de reagirem com os antioxidantes, os radicais livres podem reagir rapidamente com muitas moléculas biológicas impedindo a ação dos antioxidantes.

No armazenamento das manteigas MF15, verifica-se que, possivelmente a luz, o oxigênio livre e a temperatura impulsionaram à formação dos radicais livres e conseqüentemente ao aumento dos índices de peróxidos. Observa-se, também, maior atividade antioxidante dos tratamentos contendo extratos quando comparado ao controle (Gráfico 2). Supõe-se que a maior temperatura possa ter influência na permeabilidade do filme e no contato entre o filme e a manteiga provocando maior transferência e difusão de compostos fenólicos refletindo nos resultados observados na temperatura de armazenamento a 15 °C.

As manteigas MFP15 apresentaram valores de peróxidos menores que os demais tratamentos avaliados (Gráfico 2). Deste modo, pode-se inferir que a embalagem de papel foi determinante para minimizar o efeito do estresse oxidativo, causando, principalmente, pela exposição à luz.

Gonçalves e Baggio (2012) avaliaram o efeito de diferentes embalagens na conservação de manteigas comerciais e observaram que a manteiga embalada em plástico transparente, sem barreira à luz, apresentou maior índice de peróxidos ($1,80 \pm 0,36 \text{ mEq.kg}^{-1}$) comparado a manteigas acondicionadas em embalagens metalizadas que fornecem barreira à luz ($0,35 \pm 0,24 \text{ mEq.kg}^{-1}$).

Acidez

Os valores de acidez mensuram os ácidos graxos livres, que além de se formarem pela hidrólise das gorduras pelas lipases naturais, podem ser produtos finais do processo de oxidação (CARVALHO *et al.*, 2003).

O fator tempo e a interação tempo x tempo tiveram efeito linear significativo ($p < 0,05$) sobre a acidez nas manteigas MF5 (Tabela 6). O coeficiente de variação explicada (R^2) foi de 0,77. O coeficiente de determinação para o modelo ajustado (R^2 de ajuste) foi 0,73 e o coeficiente de determinação de predição (R^2 de predição) foi de 0,60. Isso demonstra que o

modelo se ajusta bem aos dados experimentais, sendo útil para fazer previsões em relação a novas observações, nas mesmas condições deste estudo.

Os fatores alecrim e tempo, e as interações tempo x tempo e sálvia x tempo tiveram efeito linear significativo ($p < 0,05$) sobre a acidez das manteigas MF15 (Tabela 6). Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,96), ajuste (0,95) e predição (0,90) foram considerados extremamente satisfatórios, se ajustam bem aos dados experimentais com alta predição, portanto, o modelo é considerado eficiente para simular novas observações. Com relação às manteigas MFP15, observa-se que não houveram efeitos significativos ($p < 0,05$) sobre a variável resposta acidez, ou seja, nenhum fator contribuiu para o aumento ou redução deste índice, por isso nenhum modelo foi gerado.

Tabela 6 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável resposta acidez das manteigas MF5 e MF15

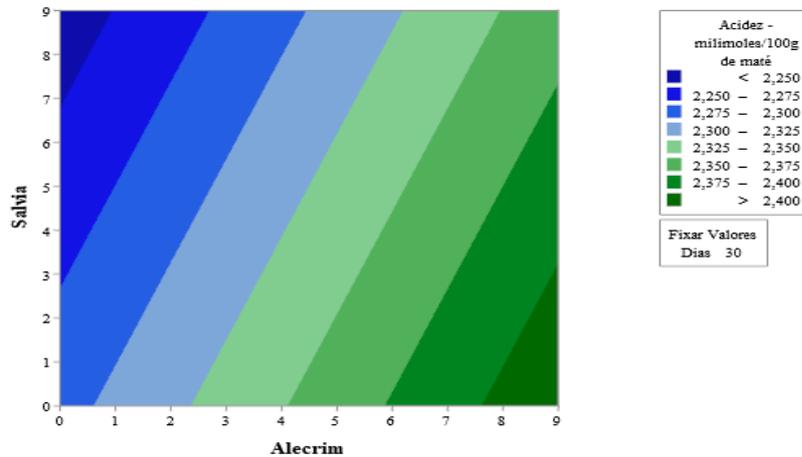
Variáveis respostas	Equações de regressão	R ²	R ² (aj)	R ² (pred)
Acidez da manteiga MF5	$1,381 + 0,040185 \text{ Tempo} - 0,0000425 \text{ Tempo X Tempo}$	0,77	0,73	0,60
Acidez da manteiga MF15	$1,6785 + 0,01424 \text{ Alecrim} - 0,0529 \text{ Sálvia} + 0,03518 \text{ Tempo} - 0,000492 \text{ Tempos X Tempo} + 0,001560 \text{ Sálvia X Tempo}$	0,96	0,95	0,90

R²: coeficiente de variação explicada; R² (aj): coeficiente de determinação de ajuste do modelo; R² (pred): coeficiente de determinação de predição do modelo

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Nota-se que, com relação a interação alecrim x sálvia (Gráfico 3), os menores valores de acidez são observados em maiores concentrações de sálvia combinado com baixas concentrações de alecrim. Pode-se inferir que a utilização de valores de sálvia entre 7 mL.100mL⁻¹ e 9 mL.100mL⁻¹ combinados com porcentagens de alecrim de até 2 mL.100mL⁻¹, resultam em valores de acidez menores que 2,30 milimoles.100⁻¹g de matéria gorda por até 30 dias.

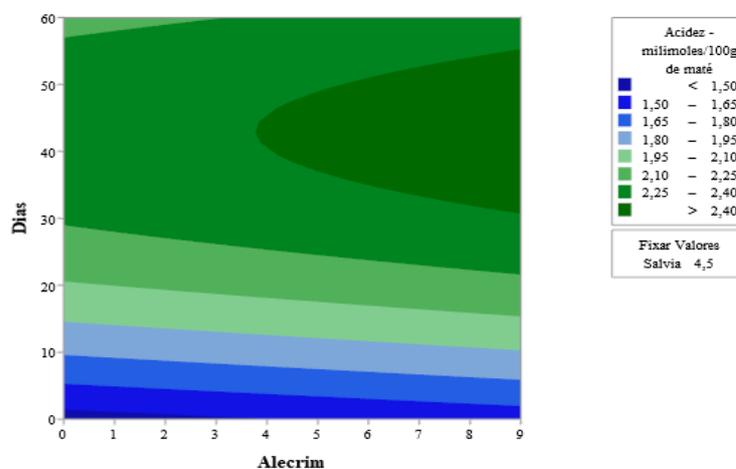
Gráfico 3 - Curva de contorno para acidez da manteiga em tablete revestida com embalagem ativa armazenada a 15°C (MF15) em função das concentrações de alecrim e sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Analisando a influência da concentração de alecrim em função dos dias (Gráfico 4), verifica-se que, até o 10º dia a utilização de concentrações de alecrim até 9 mL.100mL⁻¹, proporcionam menores valores de acidez. Posteriormente, até o 30º dia, ocorreu um aumento gradativo na acidez, porém os teores se mantiveram estáveis independente da concentração de alecrim. De acordo com Abbas *et al.* (2017), a atividade das enzimas lipolíticas causa uma hidrólise gradual da gordura do leite e há a tendência ao crescimento do valor de ácidos graxos livres em amostras de manteiga, como consequência da decomposição hidrolítica da gordura em ácidos graxos livres.

Gráfico 4 - Curva de contorno para acidez da manteiga em tablete revestida com embalagem ativa armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica

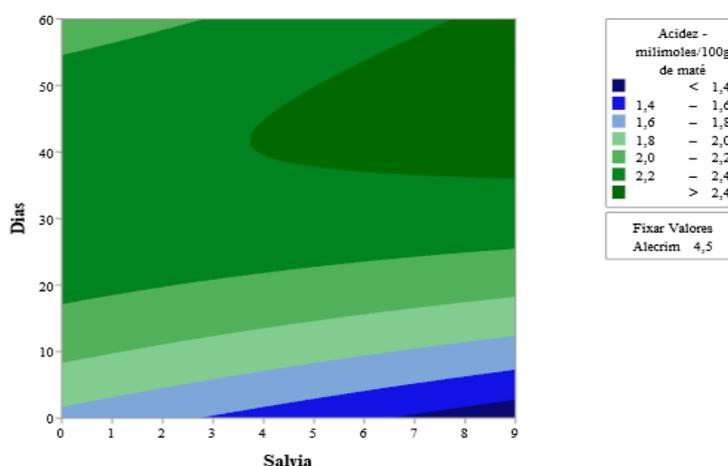


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Entre o 40º dia e o 50º dia, valores acima de 4 mL.100mL⁻¹ de alecrim impulsionaram o aumento da acidez e foi neste tempo que se observou os maiores teores deste índice. Castañeda-Arriaga *et al.* (2018) relata que antioxidantes podem, em certas condições ambientais e em determinadas concentrações, exercer efeito pró-oxidante. Após este tempo, independente da concentração de alecrim, a acidez se manteve estável. Erickson (2002) salienta que a ação antioxidante permanece por um período específico, posteriormente, estes compostos se decompõem.

A relação dos dias de armazenamento com a concentração de sálvia (Gráfico 5), demonstra que, concentrações de 7 mL.100mL⁻¹ a 9 mL.100mL⁻¹ resultam em menores valores de acidez até o 10º dia de armazenamento. Menores concentrações de sálvia, no decorrer dos dias, resultaram no aumento da acidez das amostras até 40 dias. Após este tempo, efeito contrário foi notado, maiores concentrações de sálvia acarretaram o aumento da acidez até o final do armazenamento. O aumento da acidez em óleos e gorduras altera a qualidade do produto durante o armazenamento, a presença de ácidos graxos livres interfere diretamente nas características sensoriais, como a cor, textura e odor do produto (NADEEM *et al.*, 2015).

Gráfico 5 - Curva de contorno para acidez da manteiga em tablete revestida com embalagem ativa armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

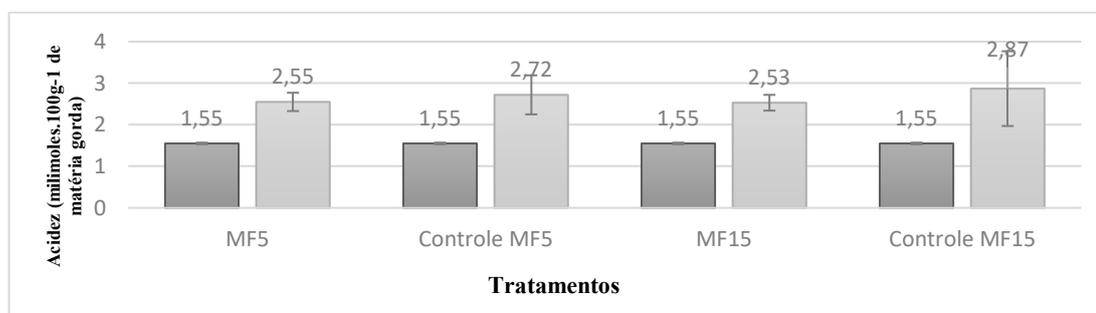
Brandão *et al.* (2015) avaliou o armazenamento de manteiga controle, manteiga adicionada de 0,005% de óleo essencial de orégano e manteiga controle embalada com filme biodegradável contendo 1% de óleo essencial de orégano. Neste caso, os autores não encontraram diferenças significativas na acidez nos tratamentos avaliados. Porém, a manteiga embalada apresentou processos oxidativos, resultando em maior quantidade de malonaldeído em todos os tempos. Os monoaldeídos, assim como outros compostos (hidrocarbonetos, álcoois, furanos, cetonas e compostos ácidos) são produtos da etapa final do processo de oxidação e produzem características indesejáveis de cor, aroma e sabor, além de toxicidade ao organismo (ERICKSON, 2002).

Similarmente ao comportamento observado na presente pesquisa com os valores de acidez, Méndez-Cid *et al.* (2017) ao analisar manteigas armazenadas por nove meses nas temperaturas de 4°C e 12°C, com dois tratamentos, controle (sem sal) e manteiga com sal, verificou que altas temperaturas provocaram aumento da oxidação, resultando em maiores valores de índice de peróxidos e acidez titulável em manteigas.

É possível afirmar que o aumento na acidez das manteigas MF5 e MF15 foi correspondente ao aumento do tempo de armazenamento. No decorrer do armazenamento, nota-se pouca variação nos índices de acidez (Gráfico 6). As manteigas contendo os tratamentos apresentarem valores de acidez crescentes no decorrer do armazenamento, entretanto, os controles evidenciaram maiores valores, deste modo, pode-se inferir que os extratos atuaram na

conservação dos mesmos. A aplicação dos filmes biodegradáveis, inclusive o controle, foram eficientes para garantir que os valores de acidez fossem inferiores a 3,0 milimoles.100⁻¹g de matéria gorda, conforme estabelece a legislação (BRASIL, 1996).

Gráfico 6 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5 e MF15, e dos seus controles para a variável resposta acidez



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Observa-se que o índice de peróxidos e a acidez das manteigas podem estar relacionadas. Como mencionado anteriormente, a temperatura e o tempo de armazenamento aumentaram estes índices e em contrapartida, o contato com os extratos foi fundamental para a redução dos teores de ambos.

Compostos Fenólicos

A interação tempo x tempo teve efeito linear significativo ($p < 0,05$) sobre o teor de compostos fenólicos nas manteigas MF5 (Tabela 7). O coeficiente de variação explicada (R^2) foi de 0,49. O coeficiente de determinação para o modelo ajustado (R^2 de ajuste) foi 0,41 e o coeficiente de determinação de predição foi de 0,20, isso implica que o modelo não ajustou bem as variáveis, não sendo ideal como preditor para novas observações, nas mesmas condições deste estudo. Os baixos valores obtidos para essas variáveis, deve-se provavelmente, ao fato de que o modelo envolveu apenas um fator (tempo).

Tabela 7 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável compostos fenólicos das manteigas MF5 e MF15

Variáveis respostas	Equações de regressão	R ²	R ² (aj)	R ² (pred)
Compostos fenólicos das manteigas MF5	$2,801 - 0,0423 \text{ Tempo} + 0,000844 \text{ Tempo} \times \text{Tempo}$	0,49	0,41	0,20
Compostos fenólicos das manteigas MF15	$3,665 - 0,0845 \text{ Alecrim} - 0,3188 \text{ Sálvia} - 0,0515 \text{ Tempo} + 0,03924 \text{ Sálvia} \times \text{Sálvia} + 0,000764 \text{ Tempo} \times \text{Tempo} + 0,00304 \text{ Alecrim} \times \text{Tempo}$	0,84	0,76	0,58

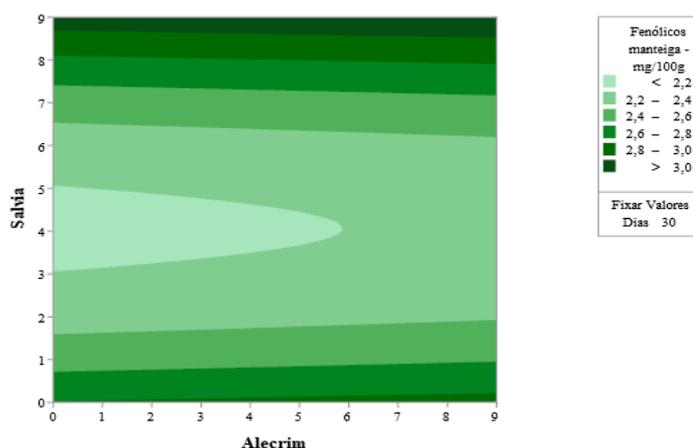
R²: coeficiente de variação explicada; R² (aj): coeficiente de determinação de ajuste do modelo; R² (pred): coeficiente de determinação de predição do modelo

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Em contrapartida, o fator tempo, e as interações sálvia x sálvia, tempo x tempo e alecrim x tempo, tiveram efeito linear significativo ($p < 0,05$) sobre os compostos fenólicos das manteigas MF15 (Tabela 7). Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,84), ajuste (0,77) e predição (0,58) foram considerados satisfatórios. O modelo ajusta bem aos dados experimentais e pode ser considerado eficiente para simular novas observações. Não houve efeito linear significativo ($p < 0,05$) para nenhum fator nas manteigas MFP15, sendo assim, nenhum modelo foi gerado.

A interação concentração de sálvia e concentração de alecrim (Gráfico 7) sugere que, independente da concentração do extrato de alecrim, é possível se obter altos valores de compostos fenólicos, porém quando combinado com o extrato de sálvia em concentrações entre 2 e 6 mL.100mL⁻¹, obtém-se os menores teores de compostos fenólicos.

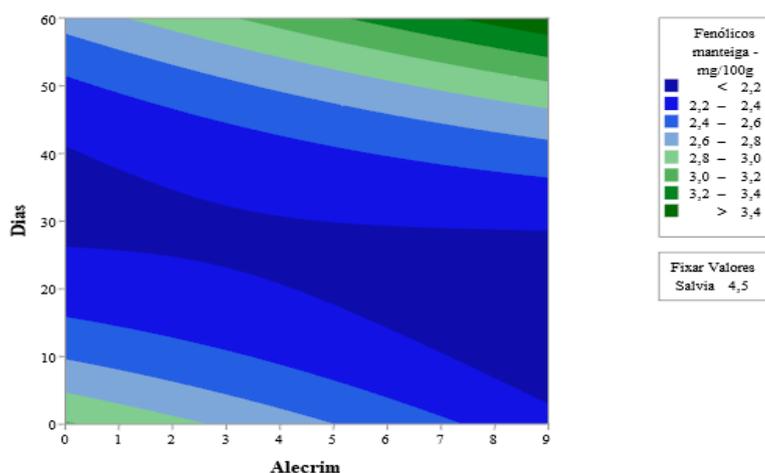
Gráfico 7 - Curva de contorno para compostos fenólicos da manteiga em tablete revestida com embalagem ativa armazenada a 15°C (MF15) em função das concentrações de alecrim e sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Nota-se relacionando alecrim e tempo de armazenamento (Gráfico 8) na manteiga MF15, na fase inicial do armazenamento, que os maiores valores de compostos fenólicos foram observados nas manteigas embaladas em filmes com concentração inferiores a 2 mL.100mL⁻¹. Ao final do armazenamento, os maiores teores são observados nas amostras que receberam filmes com concentração de alecrim acima de 2 mL.100mL⁻¹.

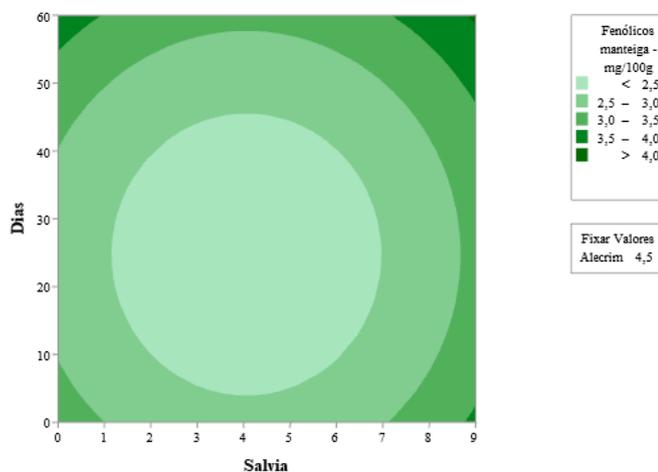
Gráfico 8 - Curva de contorno para compostos fenólicos da manteiga em tablete revestida com embalagem ativa armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Ao analisar a interação concentração de sálvia e tempo (Gráfico 9), pode-se inferir que durante todo o armazenamento, concentrações medianas de entre 2 mL.100mL⁻¹ e 6 mL.100mL⁻¹ de sálvia, proporcionaram os menores teores de compostos fenólicos.

Gráfico 9 - Curva de contorno para compostos fenólicos da manteiga em tablete revestida com embalagem ativa armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica

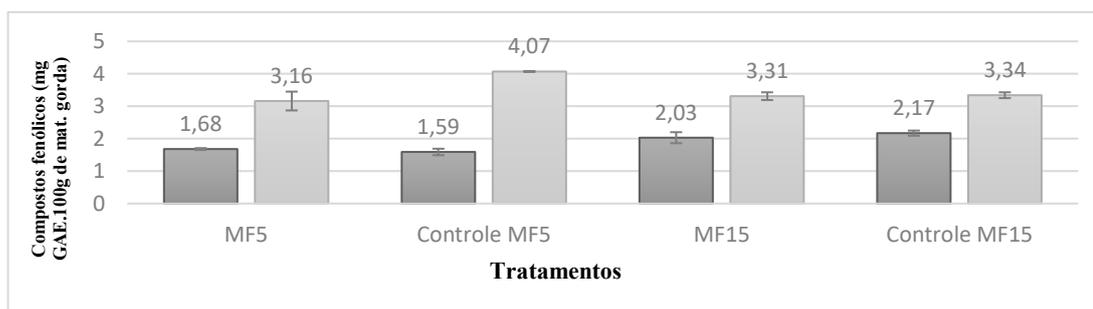


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os maiores teores de compostos fenólicos foram encontrados ao final do armazenamento nas manteigas embaladas com os filmes em concentrações superiores a 6 mL.100mL⁻¹, para ambos extratos, deste modo, pode-se inferir que, a utilização dos filmes contendo os extratos resultou no aumento do teor de compostos fenólicos.

Nota-se que os tratamentos com tratamentos quando comparado com o controle (Gráfico 10), apresentam valores de compostos fenólicos bastante similares. Tal fato deve-se à composição do leite, que naturalmente possui em sua constituição alguns polifenóis. De acordo com O'Connell e Fox (2001), embora os compostos fenólicos sejam encontrados em quantidades consideráveis no leite de ruminantes, sua significância na qualidade do produto e nutrição humana ainda não foram elucidadas. A maioria dos compostos, sua variação e composição derivam da alimentação animal. Além disso, uma proporção deles podem ser produtos do catabolismo de aminoácidos. No leite bovino, os principais compostos fenólicos são: fenol, *o*-Cresol, *p*-Cresol, *m*-Cresol, 2-Ethylphenol, thymol e carvacrol.

Gráfico 10 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5 e MF15, e dos seus controles para a variável resposta compostos fenólicos



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os compostos fenólicos podem desempenhar muitas funções nos alimentos (cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa). Os resultados da análise de compostos fenólicos na manteiga sugeriram que, em termos quantitativos, a aplicação dos tratamentos não aumentou o teor de compostos fenólicos na manteiga. Porém, a adição dos extratos nos filmes teve como objetivo desempenhar a função de antioxidante e manter a estabilidade oxidativa na manteiga.

Cor dos filmes

Os atributos de cor (L, a*, b*) analisados nos filmes, não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$). Deste modo, as concentrações utilizadas, bem como o tempo de armazenamento não influenciaram significativamente na cor dos filmes.

Cor das manteigas embaladas

O fator tempo e as interações tempo x tempo e alecrim e sálvia tiveram efeito linear significativo ($p < 0,05$) sobre a luminosidade nas manteigas MF5 (Tabela 8). O coeficiente de variação explicada (R^2) foi de 0,70. O coeficiente de determinação para o modelo ajustado (R^2 de ajuste) foi 0,56 e o a determinação de predição (R^2 de predição) foi 0,30. Isso implica que o modelo ajusta pouco aos dados experimentais e pode não prever bem novas observações.

Tabela 8 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável Luminosidade (L) das manteigas embaladas MF5, MF15 e MFP15

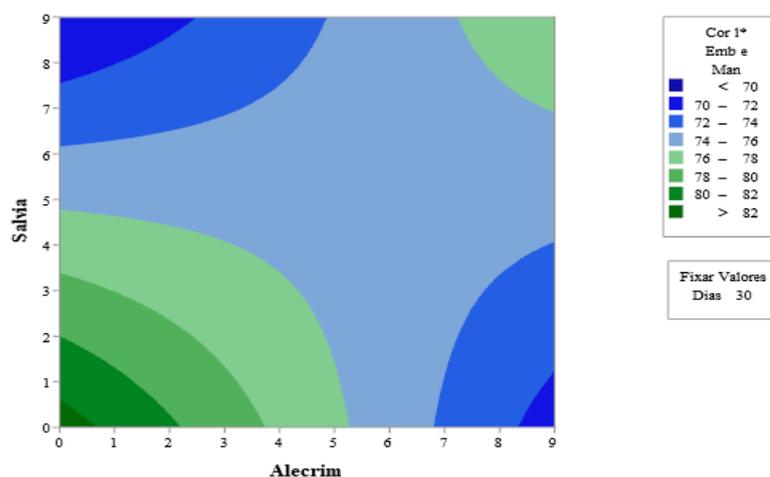
Variáveis respostas	Equações de regressão	R ²	R ² (aj)	R ² (pred)
Cor L da manteiga embalada MF5	$88,97 - 1,312 \text{ Alecrim} - 1,446 \text{ Sálvia} - 0,323 \text{ Tempo} + 0,00401 \text{ Tempo X Tempo} + 0,2396 \text{ Alecrim X Sálvia}$	0,70	0,56	0,30
Cor L da manteiga embalada MF15	$79,91 - 0,388 \text{ Tempo} + 0,00629 \text{ Tempo X Tempo}$	0,30	0,20	0,27
Cor L da manteiga embalada MFP15	$72,41 + 1,001 \text{ Alecrim} + 0,544 \text{ Sálvia} - 0,2204 \text{ Tempo} + 0,00723 \text{ Tempo X Tempo} - 0,0364 \text{ Alecrim X Tempo} - 0,0237 \text{ Sálvia X Tempo}$	0,86	0,78	0,44

R²: coeficiente de variação explicada; R² (aj): coeficiente de determinação de ajuste do modelo; R² (pred): coeficiente de determinação de predição do modelo

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

De modo geral as amostras mostram tendência à maior luminosidade (Gráfico 11). Verifica-se que proporcionalmente, as amostras com concentrações tanto de sálvia como de alecrim de até $5 \text{ mL} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ mostraram-se com maior luminosidade. Efeito contrário foi observado nas amostras com concentrações superiores a essa para ambas as ervas, em que houve tendência à tonalidade mais escura. Tal fato confirma-se com as observações de luminosidade verificadas na caracterização dos filmes, onde filmes com concentrações elevadas de extratos, demonstraram luminosidade também mais tendenciosa ao escuro.

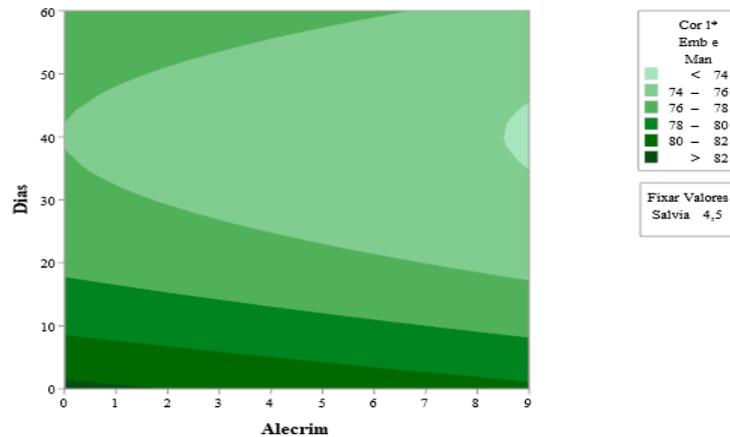
Gráfico 11 - Curva de contorno para luminosidade da manteiga embalada armazenada a 5°C (MF5) em função das concentrações de alecrim e sálvia em $\text{mL} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

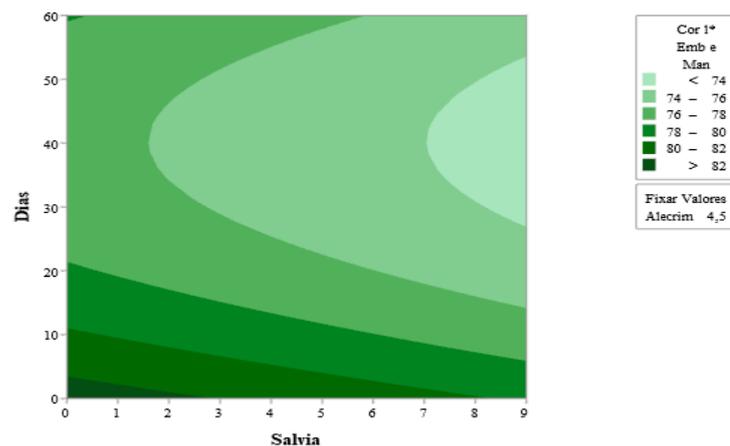
A interação tempo e alecrim (Gráfico 12) mostra que, concentrações elevadas de até 9 mL.100mL⁻¹ até o 20º dia proporcionaram tonalidade tendendo ao branco. Após 20 dias, a tonalidade das amostras ficou mais escuro com o aumento da concentração de alecrim. A tendência ao escuro intenso foi observada por volta de 40 dias nas concentrações superiores a 8 mL.100mL⁻¹ de alecrim. Comportamento similar foi observado na interação tempo e sálvia (Gráfico 13), porém, neste caso, a tendência ao escuro intenso foi observada entre 30 e 40 dias nas concentrações superiores a 7 mL.100mL⁻¹ de alecrim.

Gráfico 12 - Curva de contorno para luminosidade da manteiga embalada armazenada a 5°C (MF5) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 13 - Curva de contorno para luminosidade da manteiga embalada armazenada a 5°C (MF5) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



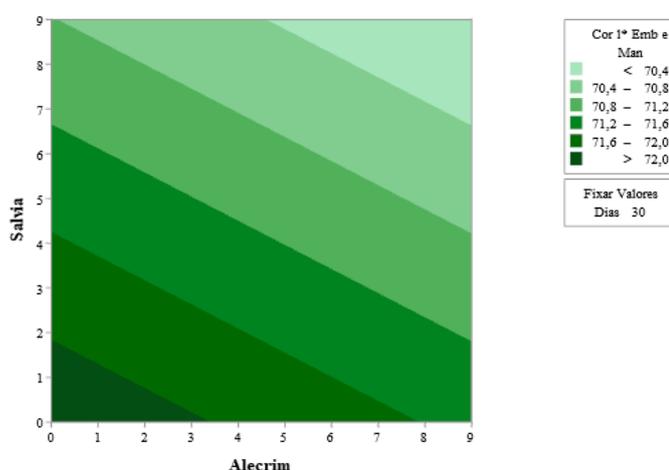
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Deste modo, pode-se inferir que, para manteigas embaladas com filmes armazenadas a 5°C conservarem a luminosidade, devem ser utilizadas concentrações inferiores a 5 mL.100mL⁻¹ de alecrim e de sálvia, que resultam na coloração maior luminosidade, obtendo-se valores superiores a 78,0 para a luminosidade característicos da manteiga.

A interação tempo x tempo teve efeito linear significativo ($p < 0,05$) sobre a luminosidade das manteigas MF15 (Tabela 8). Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,30), ajuste (0,20) e predição (0,02) foram considerados baixos, indicando que o modelo se ajusta pouco aos dados experimentais. Nas manteigas MFP15, houve efeito do fator tempo e das interações alecrim x tempo e sálvia x tempo (Tabela 8). Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,86), ajuste (0,78) e predição (0,44) foram considerados satisfatórios, se ajustam bem aos dados experimentais e o modelo pode ser utilizado para simular novas observações.

Para as manteigas MFP15 (Gráfico 14), é possível afirmar que concentrações menores que 3 mL.100mL⁻¹ de sálvia e alecrim proporcionam maior tendência ao branco na coloração da manteiga. O aumento na proporção de ambas as ervas resulta, gradativamente, na tendência a uma menor luminosidade.

Gráfico 14 - Curva de contorno para luminosidade da manteiga embalada armazenada a 15°C (MFP15) em função das concentrações de alecrim e sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica

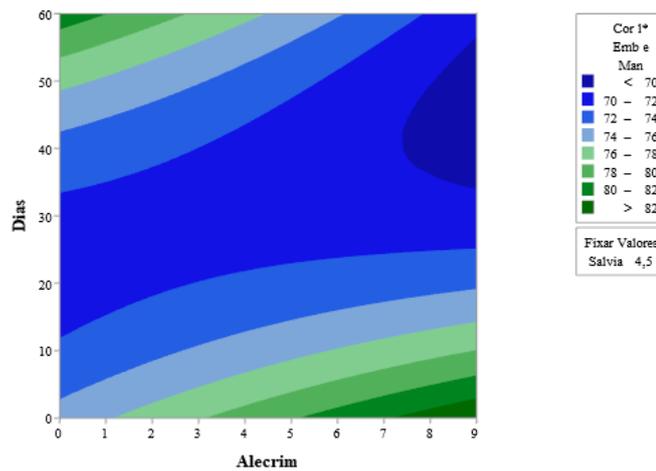


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Associando tempo com o teor de alecrim (Gráfico 15), pode-se inferir que, maiores teores de alecrim na fase inicial do armazenamento resultam em maior luminosidade das amostras e que ao final do armazenamento, as amostras com menores concentrações de alecrim

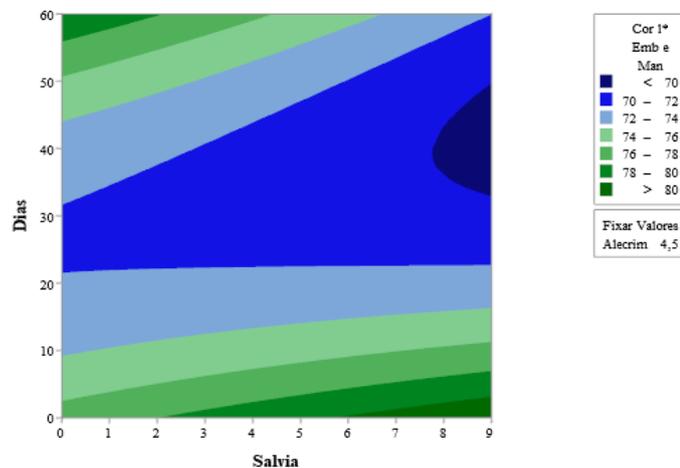
nos filmes revelaram essa mesma tendência. Mesmo comportamento foi observado na interação tempo e sálvia (Gráfico 16). Maiores teores de sálvia na fase inicial do armazenamento resultam na coloração maior luminosidade das amostras e no final do armazenamento, as amostras com menores concentrações de sálvia tendem à maior luminosidade.

Gráfico 15 - Curva de contorno para luminosidade da manteiga embalada armazenada a 15°C (MFP15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

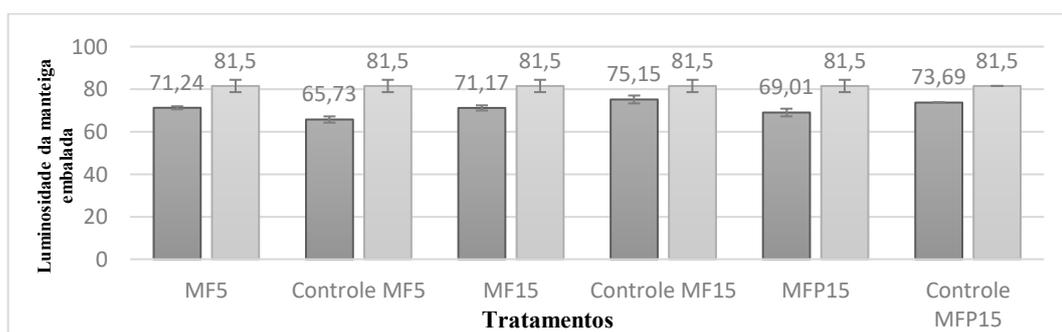
Gráfico 16 - Curva de contorno para luminosidade da manteiga embalada armazenada a 15°C (MFP15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A luminosidade das manteigas, nas diferentes formas de armazenamento, mostrou-se com pouca variação (Gráfico 17). Brandão *et al.* (2015), utilizou filmes biodegradáveis contendo óleo essencial de orégano para revestir manteigas e obteve valores de luminosidade da manteiga na faixa de $85,218 \pm 0,851$, comportamento similar ao do presente estudo, tendendo à maior luminosidade. Souza *et al.* (2018) analisou filmes de quitosana contendo separadamente os extratos de alecrim e verificou luminosidade de 89,2 e 90,1, respectivamente.

Gráfico 17 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5, MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta Luminosidade da manteiga embalada



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

No eixo a^* , valores negativos indicam tendência ao verde, enquanto valores positivos indicam tendência ao vermelho. A interação sálvia x tempo teve efeito linear significativo ($p < 0,05$) sobre o parâmetro a^* das manteigas MF5 (Tabela 9). Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,36), ajuste (0,21) e predição (0,00). Nas manteigas MF15, a interação tempo x tempo teve efeito linear significativo ($p < 0,05$). Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,37), ajuste (0,28) e predição (0,00). Em ambas formas de armazenamento, os modelos obtidos foram considerados baixos, indicando que se ajustam pouco aos dados experimentais e não são ideais para projeções futuras. Já na manteiga MFP15, o fator tempo e a interação tempo x sálvia tiveram efeito linear significativo ($p < 0,05$). Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,66), ajuste (0,56) e predição (0,54), foram considerados satisfatórios, se ajustam bem aos dados experimentais e o modelo pode ser utilizado para simular novas observações.

Tabela 9 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável a* das manteigas embaladas MF5, MF15 e MFP15

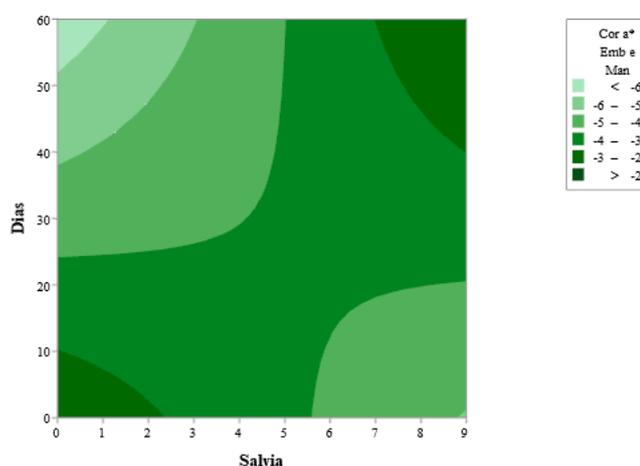
Variáveis respostas	Equações de regressão	R ²	R ² (aj)	R ² (pred)
Cor a* da manteiga embalada MF5	$-2,259 - 0,312 \text{ Sálvia} - 0,0722 \text{ Tempo} + 0,01379 \text{ Sálvia X Tempo}$	0,36	0,21	0,00
Cor a* da manteiga embalada MF15	$-2,934 - 0,1236 \text{ Tempo} + 0,001754 \text{ Tempo X Tempo}$	0,37	0,28	0,00
Cor a* da manteiga embalada MFP15	$-0,476 - 0,500 \text{ Sálvia} - 0,1104 \text{ Tempo} + 0,01767 \text{ Sálvia X Tempo}$	0,66	0,56	0,54

R²: coeficiente de variação explicada; R² (aj): coeficiente de determinação de ajuste do modelo; R² (pred): coeficiente de determinação de predição do modelo

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A manteiga MF5 tendenciou mais ao verde quando em concentrações superiores a 6 mL.100mL⁻¹ de sálvia, até o 20º dia (Gráfico 18). No final do armazenamento, concentrações de até 4 mL.100mL⁻¹ de sálvia apresentaram maior tendência à coloração esverdeada, possivelmente, os filmes com concentrações elevadas de extratos sofreram maior degradação dos pigmentos naturais. Nota-se na caracterização, que os filmes com concentrações maiores de extratos apresentaram menor transmitância e maior absorbância. Possivelmente, alta absorbância da luz ultravioleta pode ter afetado mais os compostos responsáveis pelos pigmentos naturais, já que eles são sensíveis à ação da luz.

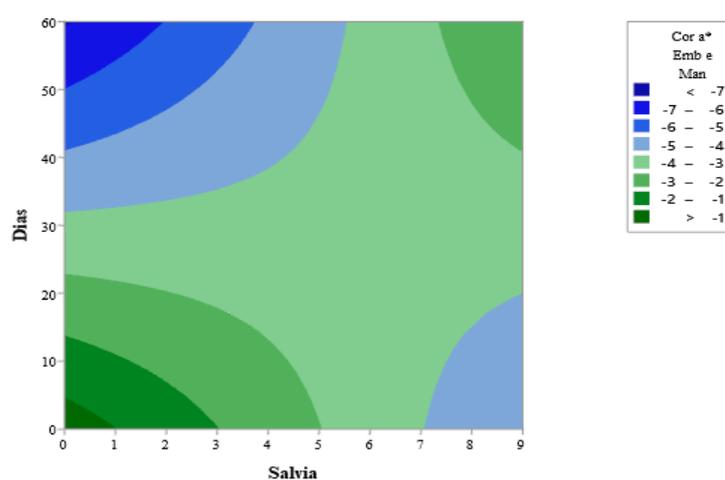
Gráfico 18 - Curva de contorno para o eixo a* da manteiga embalada armazenada a 5°C (MF5) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O Gráfico 19 apresenta a curva de contorno da manteiga MFP15 para a^* . Verifica-se que até o 30º dia de armazenamento, em valores superiores a 5 mL.100mL⁻¹ sálvia, há maior tendência à coloração verde e com o decorrer do armazenamento, observa-se maior tendência ao verde em concentrações inferiores a essa. Pode-se inferir que, o mesmo fenômeno presenciado com as amostras MF5 ocorreu com MFP15.

Gráfico 19 - Curva de contorno para o eixo a^* da manteiga embalada armazenada a 15°C (MFP15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A análise de variância não evidenciou efeito linear significativo ($p < 0,05$) sobre o parâmetro b^* das manteigas MF5 (Tabela 10). Nas manteigas MF15, houve efeito linear significativo ($p < 0,05$) do fator tempo e das interações sálvia x sálvia e sálvia x tempo. Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,80), ajuste (0,74) e predição (0,60).

Já na manteiga MFP15, houve efeito linear significativo ($p < 0,05$) das interações alecrim x alecrim e alecrim x tempo (Tabela 10). Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,78), ajuste (0,70) e predição (0,43). Em ambas formas de armazenamento, os modelos obtidos foram considerados satisfatórios, se ajustam bem aos dados experimentais e o modelo pode ser utilizado para simular novas observações.

Tabela 10 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável b* das manteigas embaladas MF15 e MFP15

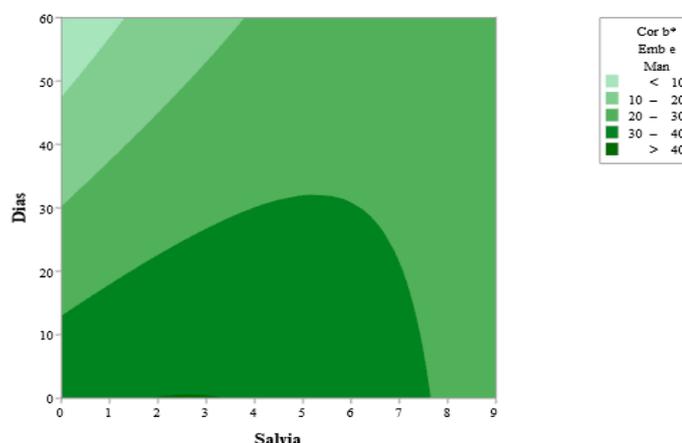
Variáveis respostas	Equações de regressão	R ²	R ² (aj)	R ² (pred)
Cor b* da manteiga embalada MF15	$37,55 + 2,09 \text{ Sálvia} - 0,581 \text{ Tempo} - 0,403 \text{ Sálvia X Sálvia} + 0,0667 \text{ Sálvia X Tempo}$	0,80	0,74	0,60
Cor b* da manteiga embalada MFP15	$30,27 - 0,366 \text{ Alecrim} + 0,1563 \text{ Tempo} + 0,1895 \text{ Alecrim X Alecrim} - 0,03614 \text{ Alecrim X Tempo}$	0,78	0,70	0,43

R²: coeficiente de variação explicada; R² (aj): coeficiente de determinação de ajuste do modelo; R² (pred): coeficiente de determinação de predição do modelo

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Ao analisar a curva de contorno da variável b* da manteiga MF15 (Gráfico 20), nota-se que, até o 10º dia, em concentrações de até 7 mL.100mL⁻¹ de sálvia, as amostras apresentaram maior tendência ao amarelo. Após este período e até 30 dias, a tendência permaneceu, porém, em concentrações variando de 4 mL.100mL⁻¹ a 7 mL.100mL⁻¹. Nas outras condições de concentração, a tonalidade amarela foi menos intensa. Provavelmente, os compostos presentes nos filmes foram se degradando com o decorrer do armazenamento, de modo que, a manutenção da coloração amarelada foi verificada apenas até o 10º dia e isso se deve principalmente à exposição a luz e à temperatura.

Gráfico 20 - Curva de contorno para o eixo b* da manteiga embalada armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica

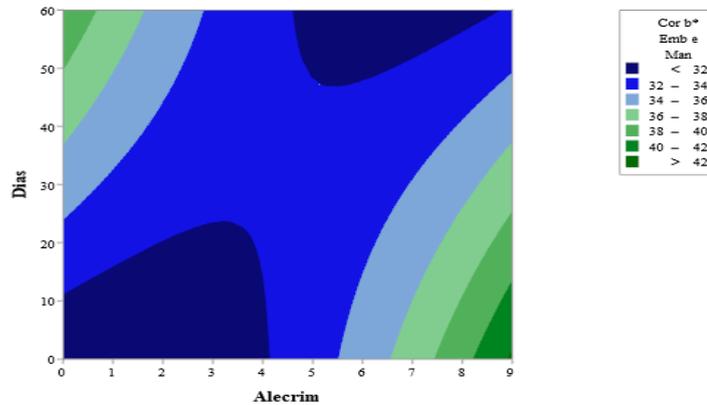


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A interação tempo e alecrim da manteiga MFP15 para a variável b* (Gráfico 21), demonstrou que, na fase inicial do armazenamento, em concentrações superiores a 4

mL.100mL⁻¹, tem-se a coloração mais intensa do amarelo e ao final do armazenamento o a tendência ao amarelo é verificada em concentrações inferiores a 1 mL.100mL⁻¹.

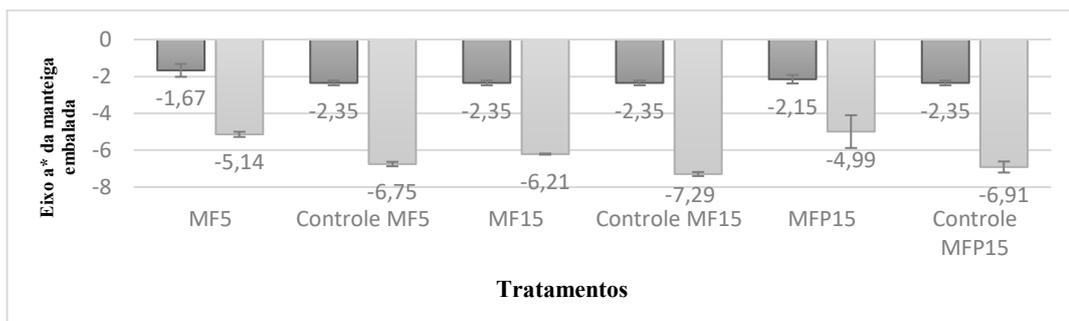
Gráfico 21 - Curva de contorno para o eixo b* da manteiga embalada armazenada a 15°C (MFP15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

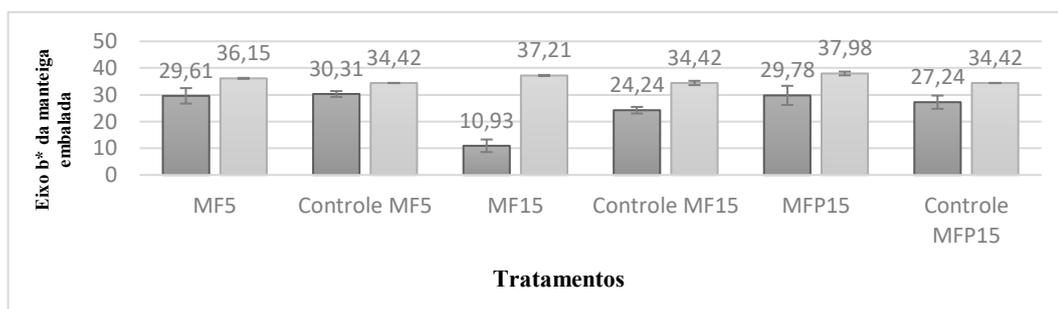
Os controles, mesmo com filmes sem extratos, apresentaram também a tendência verde amarelada (Gráficos 22 e 23). Pode-se inferir que houve influência da manteiga para a obtenção destes valores, isso pode ser associado ao fato de que o principal pigmento do leite é o β -caroteno. Estes compostos são sensíveis à luz, calor e presença de oxigênio, sendo assim, reações químicas podem ter contribuído para essa tendência (SCHIOZER; BARATA, 2013).

Gráfico 22 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5, MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta a* da manteiga embalada



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 23 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5, MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta b^* da manteiga embalada



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

É válido salientar o menor valor obtido no controle da manteiga embalada MF15 para parâmetro b^* ($10,93 \pm 2,36$). Essas amostras evidentemente sofreram maior estresse pela exposição à luz e ao calor e isso foi refletido no valor referido e na coloração amarela menos acentuada dessas amostras (SCHIOZER; BARATA, 2013).

Brandão *et al.* (2015), utilizou filmes biodegradáveis contendo óleo essencial de orégano para revestir manteigas e obteve valores dos eixos a^* e b^* das manteigas na faixa de $-2,726 (\pm 0,331)$ para o verde, e de $32,006 (\pm 0,686)$ para o amarelo, afirmando assim, a coloração clara e amarela típica do produto.

A coloração esverdeada, provavelmente, deve-se aos extratos presentes na composição dos filmes, utilizados para embalar as manteigas. Jancikova *et al.* (2019) em seus estudos, caracterizou filmes de furcellarana, gelatina hidrolisada e extrato de alecrim e afirmou que essa tendência ao verde amarelado é proveniente da adição do extrato de alecrim devido à sua composição que contém pigmentos naturais como clorofilas, β -caroteno e luteína, deste modo, tal inferência se aplica também a adição do extrato de sálvia (GARGULAK *et al.*, 2019).

Cor das manteigas

A interação alecrim x tempo teve efeito linear significativo ($p < 0,05$) sobre a luminosidade nas manteigas MF5 (Tabela 11). O coeficiente de variação explicada (R^2) foi de 0,39. O coeficiente de determinação para o modelo ajustado (R^2 de ajuste) foi 0,25 e o a determinação de predição (R^2 de predição) foi 0,00. Isso implica que o modelo ajusta pouco aos dados experimentais e não prediz novas observações.

Tabela 11 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável Luminosidade (L) das manteigas MF5, MF15 e MFP15

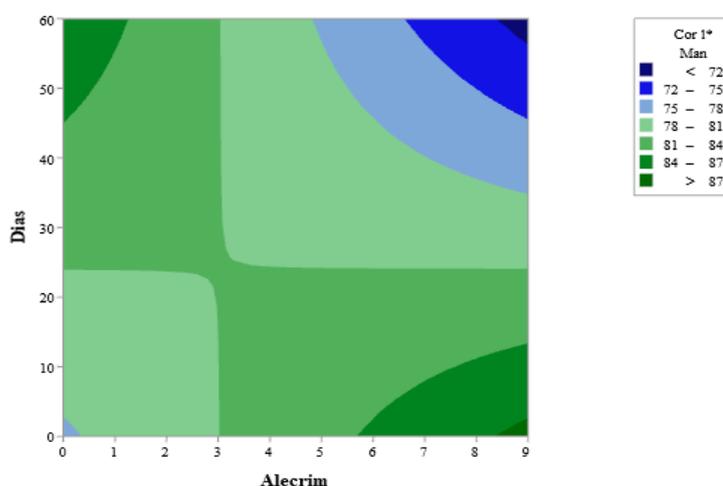
Variáveis respostas	Equações de regressão	R ²	R ² (aj)	R ² (pred)
Cor L da manteiga MF5	$77,61 + 1,127 \text{ Alecrim} + 0,142 \text{ Tempo} - 0,0469 \text{ Alecrim X Tempo}$	0,39	0,25	0,00
Cor L da manteiga MF15	$84,54 - 0,587 \text{ Alecrim} - 0,3101 \text{ Tempo} + 0,1897 \text{ Alecrim X Alecrim} + 0,00665 \text{ Tempo X Tempo} - 0,03238 \text{ Alecrim X Tempo}$	0,86	0,80	0,61
Cor L da manteiga MFP15	$87,01 - 0,521 \text{ Tempo} + 0,00736 \text{ Tempo X Tempo}$	0,41	0,32	0,20

R²: coeficiente de variação explicada; R² (aj): coeficiente de determinação de ajuste do modelo; R² (pred): coeficiente de determinação de predição do modelo

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A interação tempo e concentração de alecrim (Gráfico 24) demonstra que, a luminosidade da manteiga MF5 variou consideravelmente durante o armazenamento. Porém, verifica-se que ao final do armazenamento as manteigas que foram armazenadas com filme em concentrações maiores a $5 \text{ mL} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ de extrato de alecrim apresentaram tonalidade mais escura. Possivelmente, pode ter havido migração dos componentes responsáveis pela coloração dos filmes para as manteigas, devido a menor oxidação dos componentes de cor.

Gráfico 24 - Curva de contorno para o eixo luminosidade da manteiga armazenada a 5°C (MF5) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em $\text{mL} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ de solução filmogênica



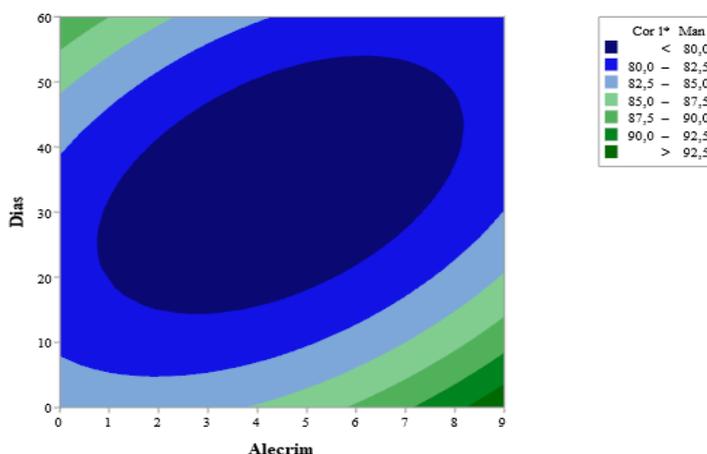
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O fator tempo e as interações alecrim x alecrim, tempo x tempo e alecrim x tempo tiveram efeito linear significativo ($p < 0,05$) sobre a luminosidade das manteigas MF15 (Tabela

11). Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,86), ajuste (0,80) e predição (0,61) foram considerados satisfatórios, se ajustam bem aos dados experimentais e o modelo pode ser utilizado para simular novas observações.

A luminosidade da manteiga MF15 representada na curva de contorno (Gráfico 25), evidencia que, até o 10º dia, as amostras embaladas com filmes em concentrações superiores a 4 mL.100mL⁻¹ de alecrim, apresentaram uma tonalidade com maior luminosidade e ao final do armazenamento as manteigas que receberam os filmes com menores concentrações, de até 4 mL.100mL⁻¹, evidenciaram maior luminosidade. Entre o período de 20 a 50 dias, as amostras com filmes em concentrações de 1 mL.100mL⁻¹ a 8 mL.100mL⁻¹ de alecrim, apresentaram tonalidade mais escura.

Gráfico 25 - Curva de contorno para o eixo luminosidade da manteiga armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

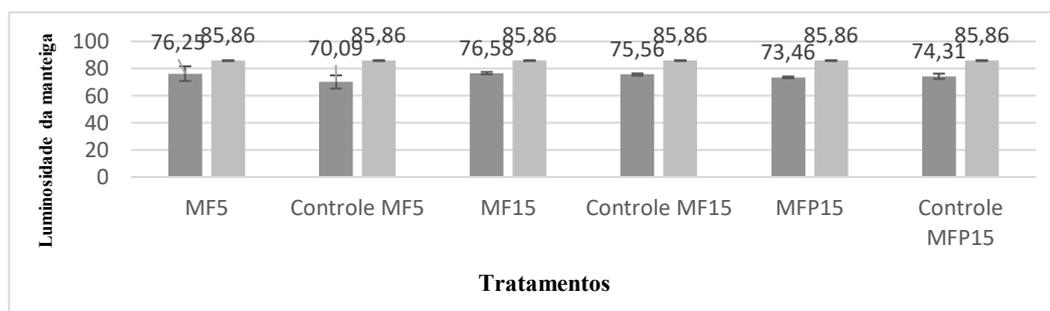
Possivelmente, a temperatura e a luz foram determinantes para este comportamento, de modo que, inicialmente a pigmentação intensa dos filmes conservou a coloração clara das manteigas, atuando como barreira a luz, visto que filmes com maiores concentrações de extratos apresentaram menor intensidade de absorvância. Porém, com o decorrer dos dias ocorreu a degradação dos pigmentos, por influência da temperatura e luz, e por isso, ao final do armazenamento, as amostras que receberam filmes com menor concentração de extrato se mantiveram mais claras. Tal fato confirma-se ao analisar os dados de transmitância e absorvância dos filmes com menores concentrações de extratos, estes mostram-se com maior

transmitância e menor absorbância de luz, tendendo a apresentar maior conservação de seus compostos.

Nas manteigas MFP15, houve efeito da interação tempo x tempo (Tabela 11). Os coeficientes de determinação foram para a porcentagem de variação (0,41), ajuste (0,32) e predição (0,20), indicando que o modelo ajusta pouco aos dados experimentais e não prediz com alta precisão novas observações.

Os valores obtidos para a luminosidade das manteigas, não apresentaram discrepâncias nas diferentes formas de armazenamento (Gráfico 26). Abid *et al.* (2017) ao analisar manteigas tunisianas enriquecidas com extratos antioxidantes de tomate, obteve luminosidade das manteigas variando de $68,13 \pm 2,00$ a $100 \pm 1,20$ ao longo de 60 dias, valores que corroboram com a presente pesquisa. Pode-se afirmar que todas amostras tenderam ao branco, indicando maior luminosidade, o que pode ser resultante da degradação dos compostos responsáveis pela cor.

Gráfico 26 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5, MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta Luminosidade da manteiga



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Com relação ao parâmetro a^* (Tabela 12), o fator tempo e a interação tempo x tempo tiveram efeito linear significativo ($p < 0,05$) nas manteigas MF5. Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,81), ajuste (0,78) e predição (0,68) foram considerados satisfatórios, se ajustam bem aos dados experimentais e o modelo pode ser utilizado para simular novas observações.

Nas manteigas MF15, houve efeito da interação tempo x tempo (Tabela 12). Os coeficientes de determinação foram para a porcentagem de variação (0,38), ajuste (0,30) e predição (0,08), indicando que o modelo ajusta pouco aos dados experimentais e não prediz com alta precisão novas observações. Nas manteigas MFP15, o fator tempo e a interação tempo

x tempo tiveram efeito linear significativo ($p < 0,05$) (Tabela 12). Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,83), ajuste (0,81) e predição (0,77) foram considerados satisfatórios, se ajustam bem aos dados experimentais e o modelo pode ser utilizado para simular novas observações.

Tabela 12 - Equações de regressão e coeficiente de determinação das variáveis a^* e b^* das manteigas MF5, MF15 e MFP15

Variáveis respostas	Equações de regressão	R ²	R ² (aj)	R ² (pred)
Cor a^* manteiga MF5	$-4,990 - 0,0881 \text{ Tempo} + 0,001063 \text{ Tempo X Tempo}$	0,81	0,78	0,68
Cor a^* manteiga MF15	$-5,345 - 0,0912 \text{ Tempo} + 0,001239 \text{ Tempo X Tempo}$	0,38	0,30	0,08
Cor a^* manteiga MFP15	$-4,926 - 0,1052 \text{ Tempo} + 0,001237 \text{ Tempo X Tempo}$	0,83	0,81	0,77
Cor b^* da manteiga MF5	$41,27 - 1,253 \text{ Sálvia} - 0,2049 \text{ Tempo} + 0,0386 \text{ Sálvia X Tempo}$	0,31	0,15	0,00
Cor b^* da manteiga MF15	$41,15 - 3,33 \text{ Alecrim} - 0,1960 \text{ Tempo} + 0,378 \text{ Alecrim X Alecrim}$	0,53	0,42	0,27

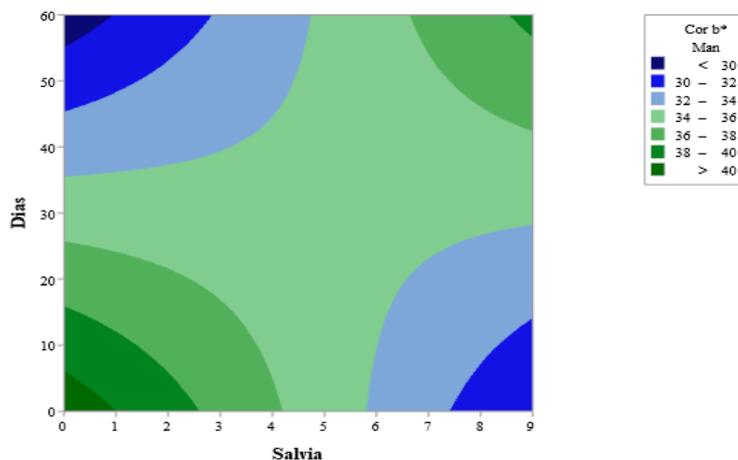
R²: coeficiente de variação explicada; R² (aj): coeficiente de determinação de ajuste do modelo; R² (pred): coeficiente de determinação de predição do modelo

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Analisando o parâmetro b^* , a interação sálvia x tempo teve efeito linear significativo ($p < 0,05$) nas manteigas MF5 (Tabela 12). Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,31), ajuste (0,15) e predição (0,00), indicando que o modelo ajusta pouco aos dados experimentais e não prediz com alta precisão novas observações.

A curva de contorno do parâmetro b^* das manteigas MF5 (Gráfico 27) indica que, no início do armazenamento, a coloração amarelada foi mais intensa em manteigas embaladas com filmes que continham concentração de extrato de sálvia de até $4 \text{ mL} \cdot 100\text{mL}^{-1}$. Ao final do armazenamento, manteigas embaladas com filmes em concentração de extrato de sálvia superiores a $4 \text{ mL} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ tiveram a tonalidade amarelo com menor degradação. Deste modo, podemos inferir que os filmes com maiores concentrações de sálvia foram eficientes para a manutenção da cor, possivelmente agindo como barreira à luz, fato que se confirmou com os dados de absorvância e transmitância. Essa proteção pode ter sido fundamental para retardar ou evitar o contato da manteiga com a luz e o que desencadearia reações de degradação dos β -carotenos.

Gráfico 27 - Curva de contorno para o eixo b* da manteiga armazenada a 5°C (MF5) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Verifica-se que no início do armazenamento, a coloração amarelada foi mais intensa em manteigas embaladas com filmes que continham concentração de extrato de sálvia de até 4 mL.100mL⁻¹. Ao final do armazenamento, manteigas embaladas com filmes em concentração de extrato de sálvia superiores a 4 mL.100mL⁻¹ tiveram a tonalidade amarela com menor variação. Deste modo, podemos inferir que os filmes com maiores concentrações de sálvia foram eficientes para a manutenção da cor, possivelmente agindo como barreira à luz, fato que se confirmou com os dados de absorvância e transmitância. Essa proteção pode ter sido fundamental para retardar ou evitar o contato da manteiga com a luz e o que desencadearia reações de degradação dos β -carotenos, principal pigmento do leite (GARCIA *et al.*, 2008).

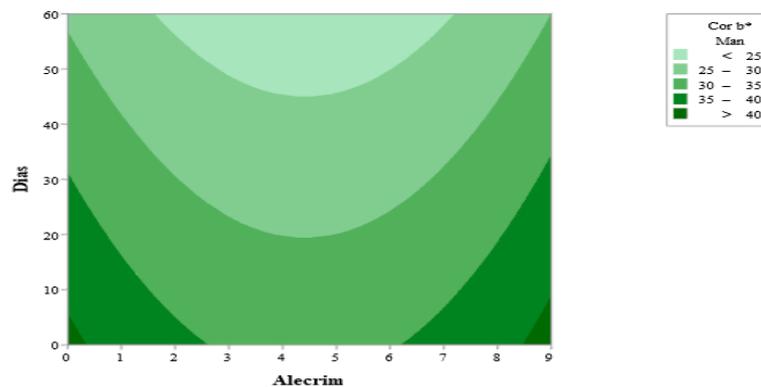
As degradações das cores dos carotenoides são intensificadas pela presença de luz e calor, tal fato deve-se, possivelmente à hipótese de que os carotenos são descoloridos pela remoção de hidrogênio e isso abala toda a estrutura do cromóforo, dando origem a radicais peróxidos livres bastante instáveis. O sistema de ligações conjugadas confere cor aos carotenoides, mas também os tornam muito suscetíveis à isomerização e oxidação. Os principais fatores que tornam esses pigmentos sensíveis são a luz, calor, oxigênio, ácidos e em alguns casos ao álcali, por isso, estas condições devem ser evitadas (SCHIOZER; BARATA, 2013).

Nas manteigas MF15, houve efeito do fator tempo e da interação alecrim x alecrim ($p < 0,05$) (Tabela 12). Os coeficientes de determinação foram para a porcentagem de variação (0,53), ajuste (0,42) e predição (0,27), indicando que o modelo ajusta pouco aos dados

experimentais e não prediz com alta precisão novas observações. Nas manteigas MFP15, a análise de variância não indicou efeito si significativo ($p < 0,05$), sendo assim, nenhum modelo foi gerado.

Nota-se no eixo b^* das manteigas MF15 (Gráfico 28), que a intensidade do amarelo foi maior até o 30º dia, em concentrações inferiores a $3 \text{ mL} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ e superiores $6 \text{ mL} \cdot 100\text{mL}^{-1}$. Sendo assim, valores entre $3 \text{ mL} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ e $6 \text{ mL} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ contribuíram para menor intensidade do amarelo das amostras no decorrer do armazenamento.

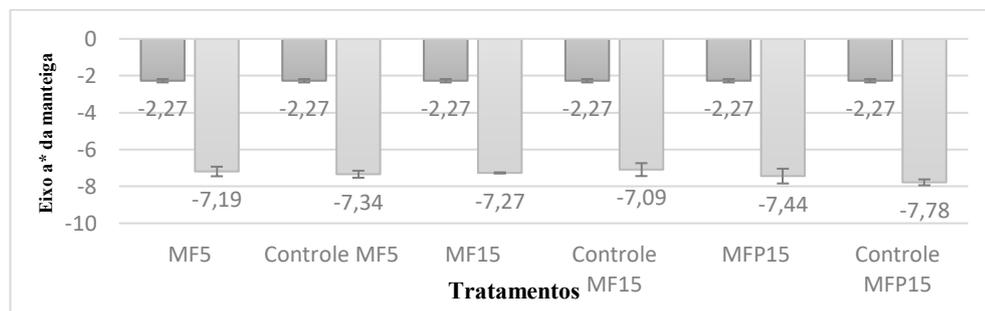
Gráfico 28 - Curva de contorno para o eixo b^* da manteiga armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim em $\text{mL} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

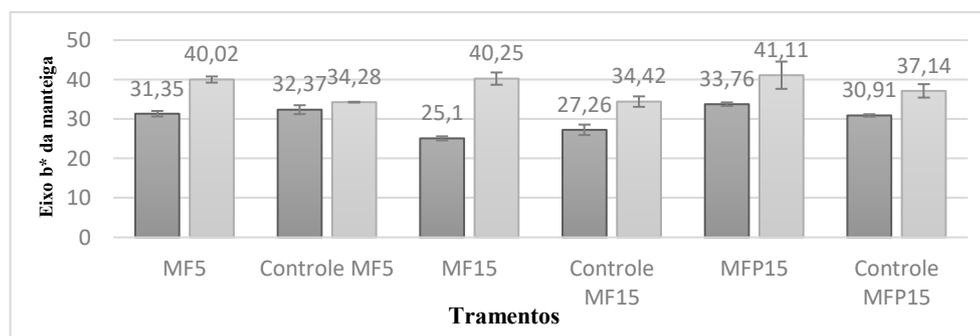
De modo geral, as amostras tenderam à coloração amarelo esverdeado (Gráficos 29 e 30). Abid *et al.* (2017) analisou manteigas em enriquecidas com extrato antioxidante de tomate e obteve para manteigas padrão, sem a adição de extratos, o parâmetro a^* variando de -0.68 ± 0.030 a -3.11 ± 0.121 e b^* variando de 39.60 ± 0.155 a 27.16 ± 0.221 .

Gráfico 29 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5, MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta a^* da manteiga



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 30 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5, MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta b^* da manteiga



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Perda de cor da manteiga e dos filmes

A Tabela 13 mostra as equações de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para a variável resposta perda de cor (ΔE) das manteigas.

Tabela 13 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável resposta ΔE da manteiga MF15 e MFP15

Variáveis respostas	Equações de regressão	R^2	R^2 (aj)	R^2 (pred)
ΔE da manteiga MF15	$14,34 - 3,284 \text{ Sálvia} + 0,306 \text{ Sálvia} \times \text{Sálvia}$	0,47	0,39	0,12
ΔE da manteiga MFP15	$1,74 + 0,561 \text{ Tempo} - 0,00868 \text{ Tempo} \times \text{Tempo}$	0,59	0,54	0,39

R^2 : coeficiente de variação explicada; R^2 (aj): coeficiente de determinação de ajuste do modelo; R^2 (pred): coeficiente de determinação de predição do modelo

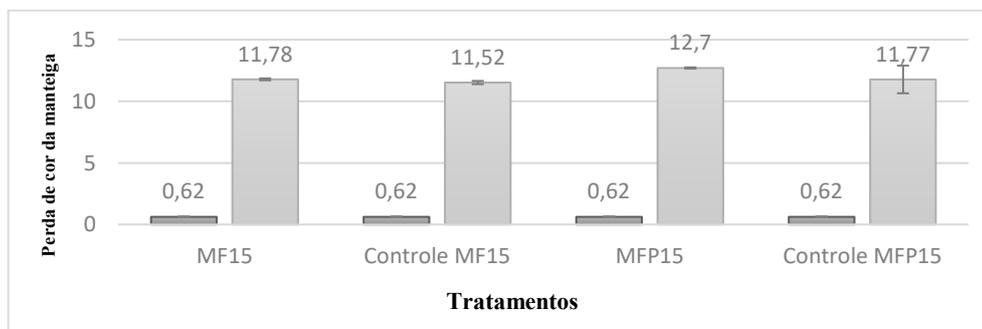
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A interação sálvia x sálvia teve efeito linear significativo ($p < 0,05$) nas manteigas MF15. Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,47), ajuste (0,39) e predição (0,12). Nas manteigas MFP15, houve efeito linear significativo ($p < 0,05$) da interação tempo x tempo. Os coeficientes de determinação foram para a porcentagem de variação (0,59), ajuste (0,54) e predição (0,39), indicando que o modelo ajusta pouco aos dados experimentais e não prediz com alta precisão novas observações. Nas manteigas MF5, a análise de variância não indicou efeito si significativo ($p < 0,05$).

Evidentemente, os tratamentos aplicados e os controles avaliados apresentaram valores próximos de perda de cor no decorrer do armazenamento (Gráfico 31), esses resultados demonstram que, visivelmente os consumidores poderiam não perceber o efeito da aplicação

dos filmes e isso é positivo pois não descaracteriza o produto. De acordo com São José *et al.* (2019), o aspecto visual está relacionado à cor e isso influencia na aceitabilidade do consumidor pelo produto.

Gráfico 31 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF5 e MF15, e dos seus controles para a variável resposta perda de cor da manteiga



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Méndez-Cid *et al.* (2017) não expressou numericamente a perda de cor em manteigas com e sem a adição de sal durante o armazenamento, porém os autores inferiram que o aumento na perda foi ligeiramente maior nas amostras salgadas e nas amostras armazenadas em temperatura mais alta. Deste modo, pode-se afirmar que a temperatura também foi determinante na presente pesquisa, pois apenas as manteigas a 15°C apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$). Provavelmente, a associação de perda de cor e temperatura está relacionada à degradação dos carotenoides, que são sensíveis à fatores ambientais, incluindo luz ultravioleta e temperatura (SCHIOZER; BARATA, 2013).

Com relação à perda de cor (ΔE) dos filmes (Tabela 14), as interações alecrim x alecrim, sálvia x sálvia e tempo x tempo, tiveram efeito linear significativo ($p < 0,05$) nos filmes das manteigas MF5. Os coeficientes de determinação para a porcentagem de variação (0,87), ajuste (0,79) e predição (0,35). Nos filmes das manteigas MF15, houve efeito linear significativo ($p < 0,05$) do fator tempo e das interações alecrim x alecrim, sálvia x sálvia e tempo x tempo. Os coeficientes de determinação foram para a porcentagem de variação (0,87), ajuste (0,80) e predição (0,37). E nos filmes das manteigas MFP15, houve efeito linear significativo ($p < 0,05$) das interações alecrim x alecrim, sálvia x sálvia e tempo x tempo. Sendo assim, os modelos foram considerados satisfatórios, se ajustam bem aos dados experimentais e os modelos podem ser utilizados para simular novas observações.

Tabela 14 - Equações de regressão e coeficiente de determinação da variável resposta ΔE dos filmes MF5, MF15 e MFP15

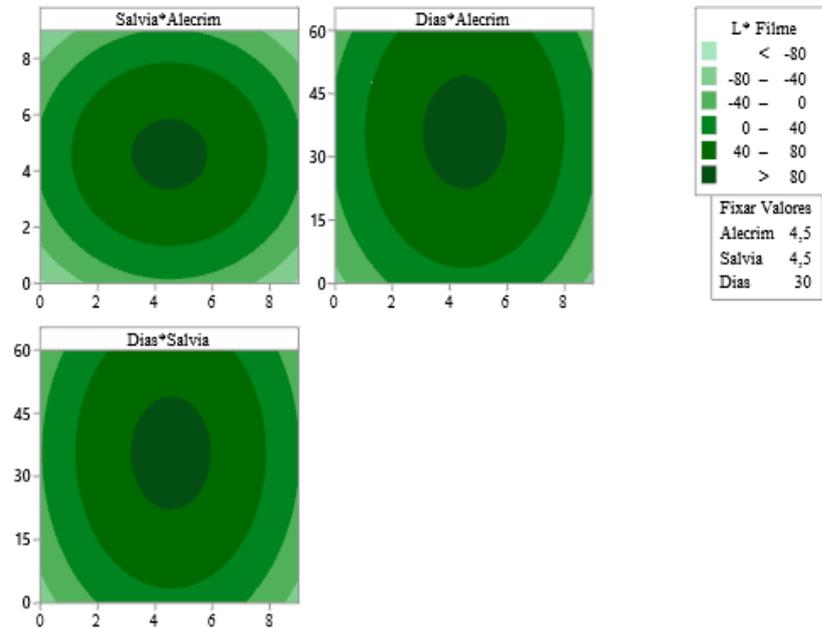
Variáveis respostas	Equações de regressão	R ²	R ² (aj)	R ² (pred)
ΔE dos filmes MF5	$-144,1 + 36,17 \text{ Alecrim} + 40,02 \text{ Sálvia} + 3,331 \text{ Tempo} - 4,001 \text{ Alecrim X Alecrim} - 4,377 \text{ Sálvia X Sálvia} - 0,0467 \text{ Tempo X Tempo}$	0,87	0,79	0,35
ΔE dos filmes MF15	$-146,0 + 37,44 \text{ Alecrim} + 38,69 \text{ Sálvia} + 3,352 \text{ Tempo} - 4,139 \text{ Alecrim X Alecrim} - 4,216 \text{ Sálvia X Sálvia} - 0,0465 \text{ Tempo X Tempo}$	0,87	0,80	0,37
ΔE dos filmes MFP15	$-147,1 + 37,28 \text{ Alecrim} + 39,63 \text{ Sálvia} + 3,543 \text{ Tempo} - 4,167 \text{ Alecrim X Alecrim} - 4,343 \text{ Sálvia X Sálvia} - 0,0506 \text{ Tempo X Tempo}$	0,86	0,78	0,31

R²: coeficiente de variação explicada; R² (aj): coeficiente de determinação de ajuste do modelo; R² (pred): coeficiente de determinação de predição do modelo

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

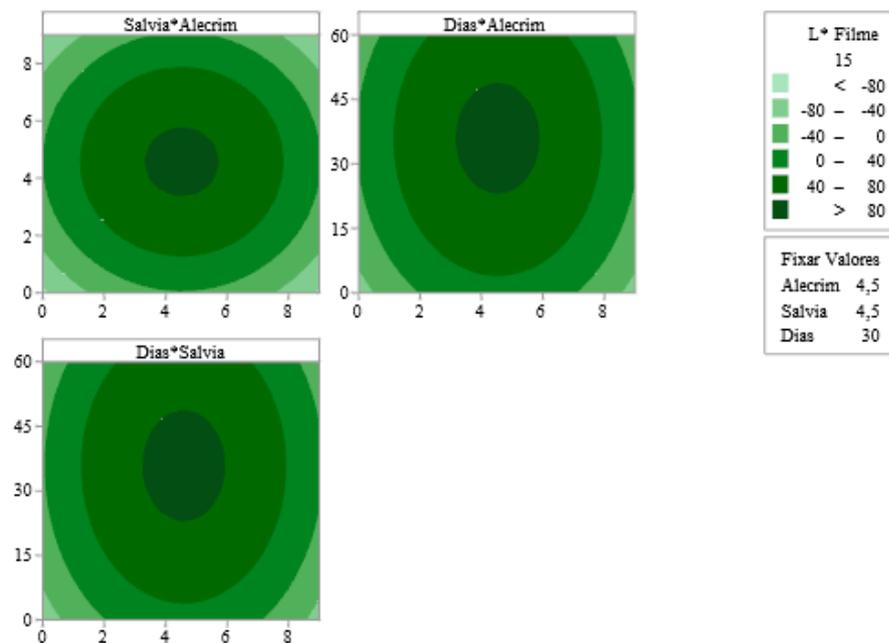
Observa-se que, a influência das concentrações dos extratos de alecrim, sálvia no decorrer do tempo foi similar nas três formas de armazenamento (Gráfico 32, Gráfico 33 e Gráfico 34). De modo geral, no gráfico interação sálvia e alecrim, os valores médios de 3 mL.100mL⁻¹ a 5 mL.100mL⁻¹ de extrato de sálvia, bem como extrato de alecrim contribuíram para a menor perda de cor no decorrer de 60 dias. Concentrações superiores ou inferiores às referidas resultaram na maior perda de cor neste período de armazenamento. Com relação ao efeito da interação tempo com as concentrações de extratos de alecrim, nota-se que, entre o 30° e 45° dia de armazenamento, a utilização das concentrações médias supracitadas de alecrim resultou na menor perda de luminosidade. Concentrações superiores ou inferiores às referidas resultaram na maior perda de cor dos filmes. O mesmo comportamento foi verificado na interação concentração de sálvia e tempo de armazenamento. Provavelmente, concentrações inferiores a 3 mL.100mL⁻¹ não foram suficientes para evitar a oxidação dos compostos responsáveis pela coloração e concentrações acima de 5 mL.100mL⁻¹, exerceram efeito pró-oxidante dessas substâncias.

Gráfico 32 - Curva de contorno da perda de cor dos filmes da manteiga armazenada a 5°C (MF5) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim e concentrações de sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



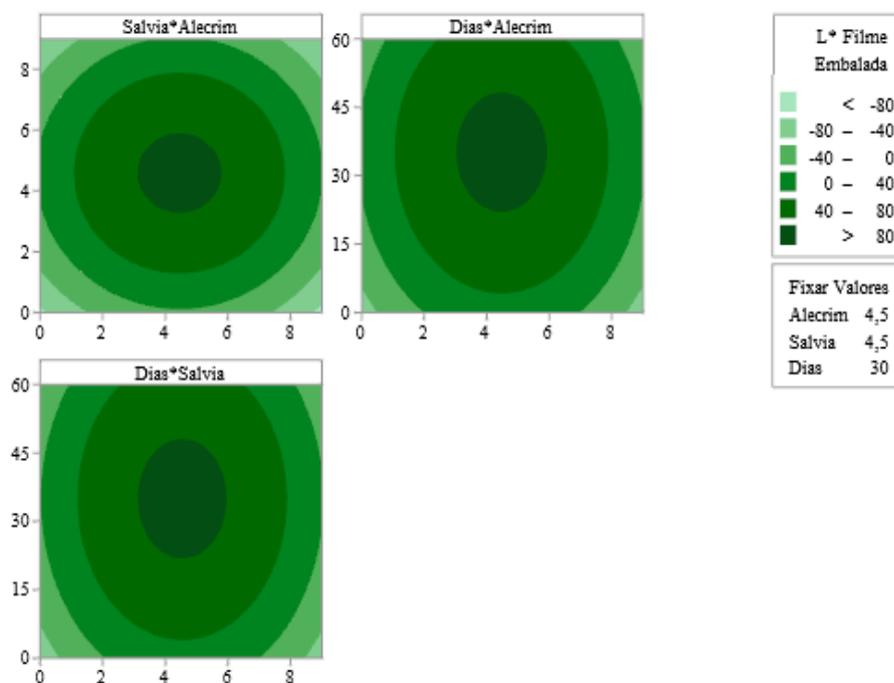
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 33 - Curva de contorno da perda de cor dos filmes da manteiga armazenada a 15°C (MF15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim e concentrações de sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

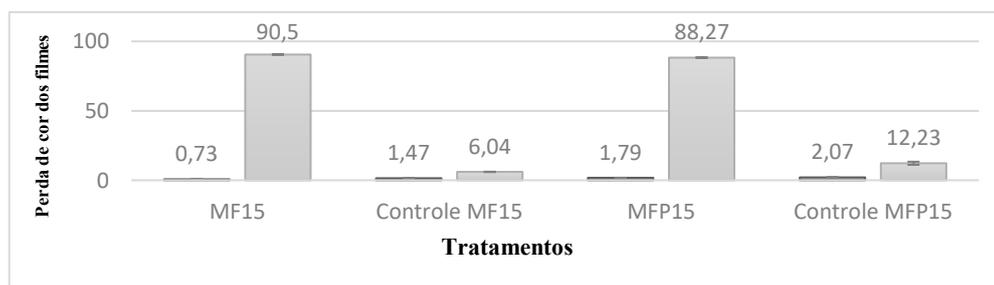
Gráfico 34 - Curva de contorno da perda de cor dos filmes da manteiga armazenada a 15°C (MFP15) em função do tempo de armazenamento em dias e das concentrações de alecrim e concentrações de sálvia em mL.100mL⁻¹ de solução filmogênica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A perda de cor nos controles foi evidentemente menor (Gráfico 35), isso deve-se à coloração dos filmes apenas com a fécula de mandioca e glicerol sem a adição dos extratos. Como verificado na caracterização dos filmes, os controles tendem à coloração branca opaca e essa tendência se manteve mesmo após o decorrer do armazenamento. Com relação à perda de cor dos filmes que receberam os extratos, pode-se inferir que, possivelmente, houve a degradação dos pigmentos naturais característicos dos extratos, clorofilas, β -caroteno, luteína e xantofilas, pela ação da luz, calor e oxigênio (SCHIOZER; BARATA, 2013; GARGULAK *et al.*, 2019; JANCIKOVA *et al.*, 2019).

Gráfico 35 - Valores mínimos (cinza escuro) e máximos (cinza claro) dos tratamentos MF15 e MFP15, e dos seus controles para a variável resposta perda de cor dos filmes



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Ao caracterizar filmes de quitosana com os compostos antioxidantes ascorbato/metilcelulose, Tan *et al.*, (2019) encontrou perda de cor em seus filmes variando de $33,29 \pm 0,02$ a $53,39 \pm 0,17$. Diferenças nos valores de perdas de cor podem ser atribuídas à composição dos filmes, que diferem.

Conclusão

As propriedades dos filmes foram influenciadas pela adição dos extratos. A incorporação do extrato de sálvia em concentrações elevadas, resultou na obtenção de filmes mais escuros, com maior absorvância e menor transmitância. Com relação à manteiga, menores concentrações de alecrim de até $4 \text{ mL} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ combinadas com altas concentrações de sálvia superiores a $7 \text{ mL} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ resultaram em menores valores de índice de peróxidos e acidez, e proporcionaram maior conservação da cor das manteigas ao final do armazenamento. Em contrapartida, para se obter altos valores de compostos fenólicos na manteiga são necessárias altas concentrações de extrato de alecrim.

Indica-se que as manteigas sejam embaladas em filmes com altas concentrações de extrato de sálvia combinadas com baixas concentrações de extrato de alecrim e recebam a embalagem secundária de papel couchê. Comercialmente, as embalagens de manteigas contêm papel couchê associadas ao papel laminado, sugere-se, a partir destes resultados, a substituição do alumínio pelos filmes biodegradáveis e bioativos.

Referências

- ABANDANSARIE, S. S. R.; ARIAI, P.; LANGERODI, M. C. Effects of encapsulated rosemary extract on oxidative and microbiological stability of beef meat during refrigerated storage. **Food Science & Nutrition**, v. 7, n. 12, p. 3969-3978, 2019.
- ABBAS, F. *et al.* Changes in the Quality and Oxidation Indices of Cows and Buffaloes Butter During Cold Storage. **Ismailia Journal of Dairy Science & Technology**, v. 5, n. 1, p. 1-7, 2017.
- ABID, Y. *et al.* Storage stability of traditional Tunisian butter enriched with antioxidant extract from tomato processing by-products. **Food Chemistry**, v. 233, p. 476-482, 2017.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Phenolic compounds in foods-A brief review. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, v. 66, n. 1, p. 01-09, 2007.
- ANTONIASSI, R. Métodos de avaliação da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 1-28, 2001.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos teoria e prática**. 4 ed. Viçosa: Editora UFV. p. 594, 2004.
- BAEK, S.; KIM, S.; SONG, K. B. Cowpea starch films containing *maqui berry* extract and their application in salmon packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 22, p. 1-7, 2019.
- BERBARI, S. A. G. *et al.* Utilização de coberturas comestíveis para redução de absorção de gordura em produtos estruturados pré-fritos congelados de mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 3, p. 172-180, 2011.
- BRANDÃO, Y. B. *et al.* Avaliação físico-química e sensorial de manteiga adicionada de óleo essencial de orégano e em embalagem biodegradável. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 17, n. 2, p. 307-320, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146, de 7 de março de 1996. Aprova os regulamentos técnicos de identidade e qualidade dos produtos lácteos. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 11 março 1996. 50 p.
- CARVALHO, P. de O. *et al.* Aplicação de lipases microbianas na obtenção de concentrados de ácidos graxos poliinsaturados. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 75-80, 2003.
- CASTAÑEDA-ARRIAGA, R. *et al.* Comprehensive Investigation of the Antioxidant and Pro-oxidant Effects of Phenolic Compounds: A Double-Edged Sword in the Context of Oxidative Stress?. **The Journal of Physical Chemistry B**, v. 122, n. 23, p. 6198-6214, 2018.
- COSTA, D. M. A. *et al.* Desenvolvimento e caracterização de filmes à base de amido de feijão maciçar (*Vigna Unguiculata*). **Holos**, v. 7, p. 2-16, 2017.

- DANTAS, E. A. et al. Caracterização e avaliação das propriedades antioxidantes de filmes biodegradáveis incorporados com polpas de frutas tropicais. **Ciência Rural**, v. 45, n. 1, p. 142-148, 2015.
- DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. da. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 945-954, 2009.
- DOS SANTOS, E. J.; LOURENZANI, W. L.; LOURENZANI, A. E. B. S. Coordenação do sistema agroindustrial do urucum na microrregião de Dracena, estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 1, p. 110-123, 2019.
- ERICKSON, M. C. Lipid oxidation of muscle foods. In: AKOH, C. C.; MIN, D. B. **Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology**. 2 ed. Ney York, p. 409–433, 2002.
- FERNANDES, R.; ANAMI, J. M.; STEFFENS, C. A. MAÇÃ: COMPOSTOS FENÓLICOS E SAÚDE. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, v. 8, n. 2, p. 29-33, 2019.
- FONTOURA, D. R. S.; CALIL, R. M.; CALIL, E. M. B. A importância das embalagens para alimentos-aspectos socioeconômicos e ambientais. **Atas de Saúde Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 138-160, 2016.
- FREIRE, P. C. M.; MANCINI-FILHO, J.; FERREIRA, T. A. P. de C. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. **Revista de Nutrição**, v. 26, n. 3, p. 353-358, 2013.
- FREITAS, C. A. S. de *et al.* Estabilidade dos carotenoides, antocianinas e vitamina C presentes no suco tropical de acerola (*Malpighia emarginata* DC.) adoçado envasado pelos processos hot-fill e asséptico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 942-949, 2006.
- GARCIA, R. V. *et al.* Aceitabilidade e preferência sensorial do queijo de coalho de leite búfala, de leite cabra e de leite de vaca. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 63, n. 363, p. 12-16, 2008.
- GARGULAK, M. *et al.* Phytotoxicity of silver nanoparticles (AgNPs) prepared by green synthesis using sage leaves (*Salvia officinalis*). In: **Proceedings of the International Conference of Sensors and Nanotechnology of the Institute of Electrical and Electronic Engineers 2019**, Penang, Malaysia, jul, p. 1-15, 2019. Disponível em: <https://rgu-repository.worktribe.com/output/823201/phytotoxicity-of-silver-nanoparticles-agnps-prepared-by-green-synthesis-using-sage-leaves-salvia-officinalis>. Acesso em: 03 mar. 2020.
- GONÇALVES, M. C. *et al.* Estudo comparativo da legislação vigente para aditivos em produtos lácteos no Brasil, Estados Unidos da América e Europa. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 4, n. 1, p. 95-111, 2019.
- GONÇALVES, M. F. D.; BAGGIO, S. R. Evaluation of quality of butter from different provenance. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 3, p. 629-635, 2012.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. São Paulo, 2008.

- JANCIKOVA, S. *et al.* Furcellaran/gelatin hydrolysate/rosemary extract composite films as active and intelligent packaging materials. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 131, p. 19-28, 2019.
- LÓPEZ-CÓRDOBA, A *et al.* Cassava starch films containing rosemary nanoparticles produced by solvent displacement method. **Food Hydrocolloids**, v. 71, p. 26-34, 2017.
- LUVIELMO, M. M.; LAMAS, S. V. Revestimento comestível em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n.1, p. 8-15. 2012.
- MALI, S. *et al.* Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. **Carbohydrate Polymers**, v. 56, n. 2, p. 129-135, 2004.
- MEHDIZADEH, T. *et al.* Effect of walnut kernel septum membranes hydroalcoholic extract on the shelf life of traditional butter. **Heliyon**, v. 5, n. 3, p. e01296, 2019.
- MÉNDEZ-CID, F. J. *et al.* Changes in the chemical and physical characteristics of cow's milk butter during storage: Effects of temperature and addition of salt. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 63, n.17, p. 121-132, 2017.
- MIRA-SÁNCHEZ, M. D.; CASTILLO-SÁNCHEZ, J.; MORILLAS-RUIZ, J. M. Comparative study of rosemary extracts and several synthetic and natural food antioxidants. Relevance of carnosic acid/carnosol ratio. **Food Chemistry**, v. 309, p. 39, 2020.
- NADEEM, M. *et al.* Enhancement of the Oxidative Stability of Whey Butter through Almond (*Prunus dulcis*) Peel Extract. **Journal of food processing and preservation**, v. 39, n. 6, p. 591-598, 2015.
- NIKI, E. Antioxidant activity: are we measuring it correctly? **Nutrition**, v. 18, n.6, p. 17-19, 2002.
- O'CONNELL, J. E.; FOX, P. F. Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: a review. **International Dairy Journal**, v. 11, n. 3, p. 103-120, 2001.
- OLIVEIRA, L. M. *et al.* **Ensaio para avaliação de embalagens plásticas flexíveis**. Campinas: ITAL, Centro de Tecnologia de Embalagem, CETEA, 1996.
- OUJEDI, K. *et al.* New active antioxidant multilayer food packaging films containing Algerian Sage and Bay leaves extracts and their application for oxidative stability of fried potatoes. **Food Control**, v. 98, p. 216-226, 2019.
- PAVIĆ, V. *et al.* Extraction of carnosic acid and carnosol from sage (*Salvia officinalis* L.) leaves by supercritical fluid extraction and their antioxidant and antibacterial activity. **Plants**, v. 8, n. 1, p. 16, 2019.
- PIÑEROS-HERNANDEZ, D. *et al.* Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 63, p. 488-495, 2017.

QUEIRÓS, M. S.; GRIMALDI, R.; GIGANTE, M. L. Addition of olein from milk fat positively affects the firmness of butter. **Food Research International**, v. 84, p. 69-75, 2016.

RUFINO, M. D. S. M. et al. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS. **Comunicado Técnico**. Fortaleza: Embrapa, p. 128, 2007.

SALEVIC', A. *et al.* Physicochemical, antioxidant and antimicrobial properties of electrospun poly (ϵ -caprolactone) films containing a solid dispersion of sage (*Salvia officinalis* L.) extract. **Nanomaterials**, v. 9, n. 2, p. 270, 2019.

SANTOS R. D.; SHETTY, K.; MIGLIORANZA, L. H. S. Oxidative stability of butter with added phenolics from Lamiaceae herbs and in vitro evaluation of potential cytotoxicity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 3, p. 768-775, 2014.

SÃO JOSÉ, J. F. B. de *et al.* Development and characterization of active film with omega-3 as a proposal for enrichment of butter. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 39, supl. 1, p. 304-308, 2019.

SARANTÓPOULOS, C.; COFCEWICZ, L. S. Embalagens ativas para produtos perecíveis. **Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens**, v. 28, n.3, p. 1-12, 2016.

SCHIOZER, A. L.; BARATA, L. E. S. Estabilidade de Corantes e Pigmentos de Origem Vegetal. **Revista Fitos**, v. 3, n. 02, p. 6-24, 2013.

SHAHIDI, F. **Handbook of antioxidants and food preservation**. Food Science, Technology and Nutrition, Cambridge, v. 1, n. 1, p. 1 -14, 2015.

SILVA, M. C. S. *et al.* Avaliação das propriedades físico-químicas e mecânicas de filmes de fécula de mandioca incorporado com cafeína irradiada. **DESAFIOS – Revista Interdisciplinar da Universidade Federal Do Tocantins**, v. 6, n. Especial, p. 91-99, 2019.

SOARES, D. S. B.; SILVA, E. A. N.; DE OLIVEIRA, T. M. Aplicação de filmes biodegradáveis de proteínas do soro de leite. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 3, n. 3, p. 1-5, 2016.

SOARES, N. R. *et al.* Estabilidade de Manteigas Enriquecidas com Carotenoides de Pimentão e Abóbora. **Revista INGI-Indicação Geográfica e Inovação**, v. 3, n. 4, p. 490-502, 2019.

SOUZA, V. G. L. *et al.* Antioxidant migration studies in chitosan films incorporated with plant extracts. **Journal of Renewable Materials**, v. 6, n. 5, p. 548-558, 2018.

TAN, W. et al. Physical and antioxidant properties of edible chitosan ascorbate films. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 67, n. 9, p. 2530-2539, 2019.

UNITED NATIONS (ONU). Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Population Prospects 2019: Highlights**. p. 5, 2019.

VIANA, M. V.; ARENARI, V. S. Antioxidantes sintéticos utilizados em indústrias alimentícias e a possível substituição por antioxidantes naturais. **Revista de Trabalhos Acadêmicos-Universo Campos dos Goytacazes**, v. 1, n. 12, 2019.

WATERHOUSE, A. L. Determination of total phenolics. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, v. 6, n. 1, p. 1-8, 2002.

ZHANG, S.; ZHAO, H. Preparation and properties of zein–rutin composite nanoparticle/corn starch films. **Carbohydrate polymers**, v. 169, p. 385-392, 2017.

CAPÍTULO III

Direcionamento para esforços futuros

A estratégia de associar embalagens biodegradáveis aos antioxidantes naturais, para a conservação de manteigas, sugere um forte apelo de mercado, tendo em vista que é crescente a preocupação dos consumidores com questões relacionadas à sustentabilidade e à busca por produtos naturais.

Na presente pesquisa, buscou-se demonstrar a viabilidade da utilização dessas embalagens em manteiga. Resultados positivos e promissores foram obtidos e com isso, surge a necessidade de mais pesquisas relacionadas ao tema.

Possivelmente, os padrões microbiológicos podem ser afetados pela adição dos extratos às embalagens, sendo assim, essa vertente poderá ser explorada e trará o conhecimento sobre as propriedades antimicrobiana dos extratos sobre este produto.

Como verificado, os atributos físico-químicos foram influenciados pela incorporação dos extratos nas embalagens, porém o detalhamento da composição lipídica indicaria os compostos resultantes das reações de degradação e possibilitaria inferir em qual fase do processo de oxidação dos lipídeos, as substâncias presentes nos extratos atuaram como antioxidantes, a partir da identificação dos compostos finais.

A aceitação por parte dos consumidores é imprescindível para a inserção do produto no mercado, deste modo, a análise sensorial poderá indicar aprimoramentos necessários às concentrações a fim de tornar o produto atrativo e palatável. Paralelamente a esse teste, possíveis protótipos de design de embalagens podem ser apresentados aos consumidores, verificando a percepção deles quanto à quantidade ideal de comercialização e à forma de apresentação comercial.

Para a implementação do processo de fabricação dos filmes em larga escala e utilização comercial, novas tecnologias devem ser desenvolvidas, visto que nessa pesquisa preparou-se individualmente os filmes e verificou-se o desgaste das placas descartáveis com o decorrer das repetições.