

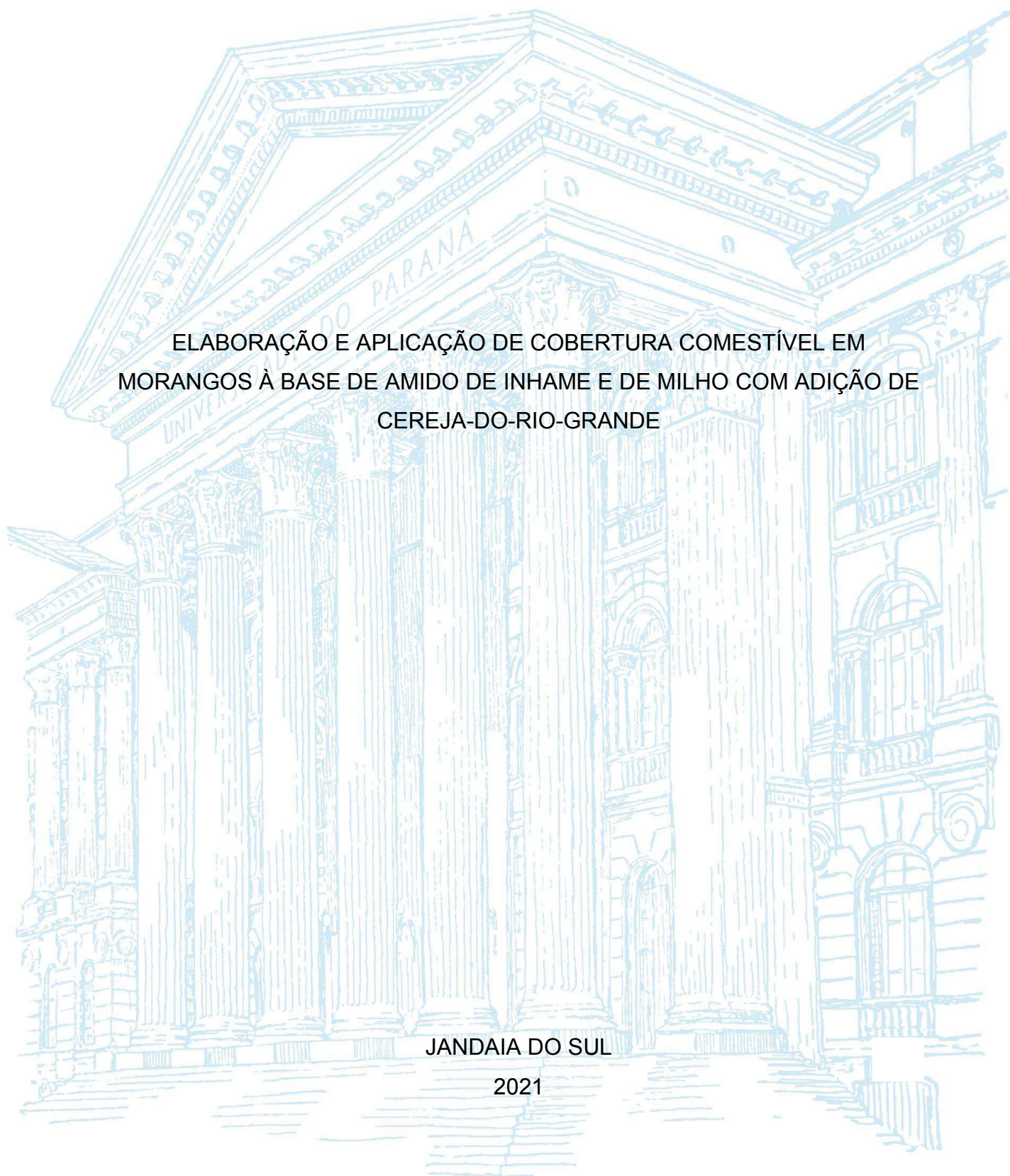
.UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LARYSSA ANA ALEXANDRE

ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DE COBERTURA COMESTÍVEL EM
MORANGOS À BASE DE AMIDO DE INHAME E DE MILHO COM ADIÇÃO DE
CEREJA-DO-RIO-GRANDE

JANDAIA DO SUL

2021



LARYSSA ANA ALEXANDRE

ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DE COBERTURA COMESTÍVEL EM
MORANGOS À BASE DE AMIDO DE INHAME E DE MILHO COM ADIÇÃO DE
CEREJA-DO-RIO-GRANDE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Luana Carolina Bosmuler Züge.

JANDAIA DO SUL

2021

Alexandre, Laryssa Ana
A381e Elaboração e aplicação de cobertura comestível em morangos à base de amido de inhame e de milho com adição de cereja-do-Rio-Grande. / Laryssa Ana Alexandre. – Jandaia do Sul, 2021.
46 f.

Orientadora: Profa. Dra. Luana Carolina Bosmuler Züge
Trabalho de Conclusão do Curso (graduação) – Universidade Federal do Paraná. Campus Jandaia do Sul. Graduação em Engenharia de Alimentos.

1. Vida de prateleira. 2. Compostos bioativos. 3. FRAP. 4. β -caroteno. 5. ABTS. 6. Revestimento. I. Züge, Luana Carolina Bosmuler. II. Título. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD: 664



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PARECER Nº 15/2021/UFPR/R/JA
PROCESSO Nº 23075.038658/2021-59
INTERESSADO: UFPR/R/JA/CCEAL - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS - JANDAIA

TERMO DE APROVAÇÃO

LARYSSA ANA ALEXANDRE

ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DE COBERTURA COMESTÍVEL EM MORANGOS À BASE DE AMIDO DE INHAME E DE MILHO COM ADIÇÃO DE CEREJA-DO-RIO-GRANDE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos no curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná, aprovado pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Profa. Dra. Luana Carolina Bosmuler Züge
Curso de Engenharia de Alimentos, UFPR

Profa. Dra. Renata Bachin Mazzini Guedes
Curso de Engenharia Agrícola, UFPR

Profa. Dra. Leomara Floriano Ribeiro
Curso de Engenharia de Alimentos, UFPR

Jandaia do Sul, 06 de agosto de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **LUANA CAROLINA BOSMULER ZUGE, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/08/2021, às 16:19, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **RENATA BACHIN MAZZINI GUEDES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/08/2021, às 16:19, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **LEOMARA FLORIANO RIBEIRO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/08/2021, às 16:19, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **3704616** e o código CRC **5295D667**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais Roberto e Patucina e à minha madrinha Candelária, por todo o apoio desde sempre, principalmente quando se tratava dos meus estudos. Sou e serei eternamente grata a vocês.

Às minhas irmãs Lorayne e Lays por toda a amizade e incentivo durante todos estes anos. Vocês são incríveis.

Aos meus amigos Rosiane Conrado e Lucas Parizi por estarem sempre presentes e dispostos a me ajudar em todos os momentos necessários.

Aos meus colegas de sala e laboratório, por compartilharem tantos momentos comigo, pelas amizades que foram geradas que vão além de uma sala de aula. À minha amiga Thays Correa pelo apoio no início de tudo isso. Às minhas amigas de sala Ariane Garanhani, Vanessa Prina e Gabrielly Carneiro pelo apoio em tudo na universidade. Ao meu grupo de trabalho Larissa Resende e Nathália Maioli por toda a ajuda. Aos meus 'irmãos' de IC Gabriela Sapatieri e Hygor Nilson por todas as risadas e aprendizados.

À minha amiga Brena Eduarda de Carvalho que acompanhou boa parte das minhas pesquisas e me deu um grande apoio, principalmente na etapa final.

À professora orientadora Luana Carolina Bosmuler Zuge, por todos estes anos de graduação, pela dedicação, orientação e dizer que carrego um grande carinho por ela.

Ao professor Alexandre Prusch Zuge, pelo suporte durante as minhas pesquisas nestes anos e pelo auxílio em uma parte do presente trabalho.

Às professoras Renata B. Mazzini Guedes e Leomara Floriano Ribeiro por aceitarem o convite em fazer parte da banca avaliadora, pelos ensinamentos durante a graduação, pelos conselhos e por todas as vezes que se fizeram presente na minha vida acadêmica e profissional.

À técnica Cássia Reika Takabayashi Yamashita, pelo suporte em laboratório e principalmente pelo auxílio em uma análise no presente trabalho.

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realização da graduação e aos professores e técnicos por todo o conhecimento compartilhado.

A todas as pessoas que ajudaram de maneira direta ou indireta na realização deste trabalho e durante a graduação.

Elaboração e aplicação de cobertura comestível em morangos à base de amido de inhame e de milho com adição de cereja-do-Rio-Grande

Laryssa Ana Alexandre; Luana Carolina Bosmuler Zuge

RESUMO

Filmes comestíveis dificultam a deterioração precoce e por isso vêm sendo utilizados. Dentre as bases, o amido chama a atenção, pois é encontrado em abundância no meio ambiente. Assim, incorporando agentes antioxidantes e antimicrobianos têm-se o aumento da eficiência do filme e as propriedades potencializadas. Baseado nisso, este trabalho avaliou propriedades de filmes à base de amido de milho e de inhame incorporados da fruta cereja-do-Rio-Grande e do encapsulado da fruta com o objetivo de aumentar a vida de prateleira de morangos. Analisou-se a otimização de compostos fenólicos, flavonoides totais, atividade antioxidante e antimicrobiana da cereja-do-Rio-Grande e otimização da solução filmogênica, avaliando espessura, opacidade, teor de umidade, solubilidade, β -caroteno e atividade antimicrobiana, nos morangos foram feitas análise antifúngica, perda de água e alteração de coloração. O extrato de cereja apresentou teor de fenólicos totais de 526,85 mg EAG 100g⁻¹ e teor de flavonoides totais de 166,05 mg 100g⁻¹. Avaliando a atividade antioxidante obteve-se 33 μ M de trolox g⁻¹ (método de captura do radical livre ABTS⁺), 62.078,72 μ M de sulfato ferroso g⁻¹ (método de redução do ferro) e 95,19% (método de oxidação de β -caroteno). A atividade antimicrobiana do extrato mostrou inibição aos microrganismos *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Klebsiella pneumoniae*. Os filmes desenvolvidos com teor de 0,5% de fruta e 0,03% de encapsulado apresentaram atividade de inibição à oxidação de β -caroteno respectivamente 63,48% e 12,43% para filme à base de amido de milho e 53,69% e 41,59% para filme à base de amido de inhame. Os filmes apresentaram inibição aos microrganismos avaliados quando incorporados de fruta ou encapsulado. A espessura do filme aumentou quando incorporados de agentes encapsulados ou fruta, passando de 0,05 a 0,1 mm para filmes sem incorporação para 0,14 a 0,22 mm quando incorporados de algum agente. A opacidade diminuiu passando de cerca de 10,0 mm⁻¹ sem a incorporação de agentes para 1,81 a 2,81 mm⁻¹ com a incorporação de agentes. O teor de umidade diminuiu de 6% para um valor não detectável. Já a solubilidade passou de 0,34% para filmes de amido de milho para 0,30% com encapsulado e 0,37% com fruta e os filmes de amido de inhame foram totalmente solúveis. Os morangos com filmes com fruta tiveram a perda de água mais baixa, aproximadamente 15% em relação aos morangos controle. A menor perda de água foi para os morangos com filme de amido de inhame. Filmes sem plastificante apresentaram formação de colônia no 7º dia de análise. Conclui-se que a incorporação de fruta e encapsulado em coberturas comestíveis é viável e a utilização de filmes à base de amido de inhame é mais eficaz que o amido de milho.

Palavras-Chave: Vida de prateleira. Compostos bioativos. FRAP. β -caroteno. ABTS. Revestimento.

Elaboration and application of edible coating on strawberries based on yam and corn starch with addition of Rio-Grande-cherry

Laryssa Ana Alexandre; Luana Carolina Bosmuler Zuge

ABSTRACT

Edible films hindering premature deterioration of fruits and vegetables and for this reason have been used. Among the basis, the starch draws attention, as it is found in abundance in the environment. So, the incorporation of antioxidant and antimicrobial agents increases film's efficiency and enhances properties. Based on this assumption, this work evaluated properties of films based on corn and yam incorporated from the Rio-Grande-Cherry fruit and its encapsulate waiming to increase strawberries' shelf life. The optimization of phenolic compounds, total flavonoids, antioxidant and antimicrobial activity of the Rio-Grande-cherry and optimization of the filmogenic solution was analyzed, evaluating thickness, opacity, moisture content, solubility, β -carotene and antimicrobial activity, and in strawberries was analyzed antifungal, water loss and color change were performed. The extract had total phenolic content of 526.85 mg.100 g⁻¹ EAG and total flavonoid content of 166.05 mg.100 g⁻¹. The antioxidant activity was evaluated which presented 33 μ M of trolox g⁻¹ (by capturing the free radical ABTS^{•+}), 62,078.72 μ M of ferrous sulfate g⁻¹ (by the iron reduction method) and 95.19% (by the oxidation of β -carotene). The antimicrobial activity of the extract showed inhibition in the evaluated microorganisms *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Klebsiella pneumoniae*. Films developed with 0.5% fruit content and 0.03% encapsulated presented inhibition activity of 63.48% and 12.43% respectively for β -carotene oxidation for corn starch film and 53.69% and 41.59% for yam starch film. The films based on yam and corn starch showed an inhibitory against the evaluated microorganisms when incorporated into fruit or encapsulated. The film thickness increased according to the incorporation of encapsulated agents or fruit, ranging from 0.05 to 0.1 mm for films without incorporation and from 0.14 to 0.22 mm when incorporating some encapsulated agent. The opacity decreased considerably, ranging from about 10.0 mm⁻¹ without the incorporation of agents to 1.81 - 2.81 mm⁻¹ with the incorporation of agents. Moisture content decreased from approximately 6% to an undetectable value. The solubility went from 0.34% for films based on corn starch to 0.30% when added with encapsulated agent, to 0.37% when added with fruit and films based on yam starch were totally soluble. Strawberries with embedded fruit films had a lower water loss, being approximately 15% less than control strawberries. In these ones, strawberries with yam starch film had less loss than strawberries with corn starch films. Films without plasticizer showed colony formation on the 7th day of analysis. It is concluded that the incorporation of fruit and encapsulation in edible coatings is viable and the use of coating base on yam starch is more effective than corn starch.

Keywords: Shelf-life. Bioactives compounds, FRAP. β -carotene. ABTS. Coating.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MAPA MENTAL DAS ANÁLISES REALIZADAS PARA O PRESENTE TRABALHO.....	12
FIGURA 2 – SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DA OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS.....	23
FIGURA 3 – FASES DA ENCAPSULAÇÃO POR COACERVAÇÃO COMPLEXA.....	24
FIGURA 4 – ANÁLISE ANTIMICROBIANA DOS FILMES À BASE DE AMIDO DE INHAME E AMIDO DE MILHO COM OS MICRORGANISMOS <i>Staphylococcus aureus</i> (ESQUERDA) E <i>Klebsiella pneumoniae</i> (DIREITA).....	26
FIGURA 5 – ANÁLISE ANTIMICROBIANA DOS FILMES INCORPORADOS COM FRUTA E ENCAPSULADO À BASE DE AMIDO DE MILHO (A) E AMIDO DE INHAME (B).....	27
FIGURA 6 – ASPECTO VISUAL AMIDO DE INHAME E AMIDO DE MILHO.....	29
FIGURA 7 – PERDA DE ÁGUA DOS FILMES DE AMIDO DE MILHO EM UM PERÍODO DE 6 DIAS.....	30
FIGURA 8 – PERDA DE ÁGUA DOS FILMES DE AMIDO DE INHAME EM UM PERÍODO DE 7 DIAS.....	31
FIGURA 9 – FORMAÇÃO DE COLÔNIA NO DIA 7 DE ARMAZENAMENTO.....	32
FIGURA 10 – OBSERVAÇÃO VISUAL DOS MORANGOS INCORPORADOS COM SOLUÇÃO FILMOGÊNICA À BASE DE AMIDO DE MILHO E AMIDO DE INHAME NA METODOLOGIA ESCOLHIDA NO PRIMEIRO E QUINTO DIA DE ANÁLISE.....	33
FIGURA 11 – FILMES ELABORADOS COM AMIDO DE INHAME, AMIDO DE MILHO, ENCAPSULADO E FRUTA CEREJA-DO-RIO-GRANDE.....	34
FIGURA 12 – PERDA DE ÁGUA DOS FILMES EM UM PERÍODO DE 8 DIAS INCORPORADOS DE CEREJA-DO-RIO-GRANDE E ENCAPSULADO DE CEREJA-DO-RIO-GRANDE.....	36
FIGURA 13 – OBSERVAÇÃO VISUAL DOS MORANGOS INCORPORADOS DE AMIDO DE INHAME E AMIDO DE MILHO NO PRIMEIRO E ÚLTIMO DIA DE ANÁLISE.....	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL PARA OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DA CEREJA-DO-RIO-GRANDE.....	14
TABELA 2 – PROPORÇÕES DAS SOLUÇÕES FILMOGÊNICAS PELO MÉTODO DESCRITO POR SANTOS (2011).....	18
TABELA 3 – ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA FRUTA CEREJA-DO-RIO-GRANDE POR DIFERENTES METODOLOGIAS.....	25
TABELA 4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS FILMES À BASE DE AMIDO DE INHAME E À BASE DE AMIDO DE MILHO COMERCIAL.....	28
TABELA 5 – CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DOS FILMES À BASE DE AMIDO DE MILHO E À BASE DE AMIDO DE INHAME POR MEIO DA METODOLOGIA 5.....	34
TABELA 6 – ANÁLISES FÍSICAS DOS FILMES À BASE DE AMIDO DE MILHO E AMIDO DE INHAME INCORPORADOS COM A FRUTA CEREJA-DO-RIO-GRANDE E O ENCAPSULADO DA MESMA.....	35
TABELA 7 – VALORES ENCONTRADOS PARA OS MORANGOS COM RECOBRIMENTOS COMESTÍVEIS, SEM RECOBRIMENTO E IN NATURA.....	39
TABELA 8 – CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DOS FILMES À BASE DE AMIDO DE MILHO E AMIDO DE INHAME INCORPORADO DA FRUTA CEREJA-DO-RIO-GRANDE E SEU ENCAPSULADO.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 MATERIAIS E MÉTODOS	12
2.1 MATERIAIS	13
2.2 MÉTODOS	13
2.2.1 Caracterização da Cereja-do-Rio-Grande	13
2.2.1.1 Otimização da extração dos compostos bioativos	13
2.2.1.2 Flavonoides totais	14
2.2.1.3 Atividade antioxidante	14
2.2.1.4 Atividade antimicrobiana	16
2.2.2 Encapsulação dos compostos bioativos	16
2.2.3 Extração do amido de inhame	17
2.2.4 Elaboração da solução filmogênica	17
2.2.5 Caracterização do filme	18
2.2.5.1 Espessura	19
2.2.5.2 Opacidade	19
2.2.5.3 Teor de umidade	19
2.2.5.4 Alteração de cor	19
2.2.5.5 Solubilidade em água	20
2.2.5.6 Capacidade antioxidante	20
2.2.5.7 Capacidade antimicrobiana	20
2.2.6 Vida de prateleira do produto	20
2.2.6.1 Potencial Hidrogeniônico	20
2.2.6.2 Acidez titulável (AT)	21
2.2.6.3 Sólidos solúveis (SS)	21
2.2.6.4 Perda de massa	21
2.2.6.5 Aparência	22
2.2.6.6 Análise antifúngica	22
2.2.7 Análise estatística	22
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA CEREJA-DO-RIO-GRANDE	23
3.1.1 Otimização da extração dos compostos bioativos	23

3.1.2 Flavonoides totais	24
3.1.3 Atividade antioxidante	24
3.1.4 Atividade antimicrobiana do extrato e dos filmes	25
3.2 OTIMIZAÇÃO DA SOLUÇÃO FILMOGÊNICA	27
3.2.1 Caracterização física	27
3.2.2 Perda de água	29
3.2.3 Análise antifúngica, aparência, alteração da coloração	31
3.2.4 Capacidade antioxidante	33
3.3 APLICAÇÃO DA CEREJA-DO-RIO-GRANDE EM FILMES	34
3.3.1 Caracterização física	34
3.3.2 Perda de água	36
3.3.3 Análise antifúngica, aparência e alteração da coloração	37
3.3.4 Acidez titulável, pH e sólidos solúveis	39
3.3.5 Oxidação do β -caroteno/ácido linoleico	41
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os filmes comestíveis vêm sendo introduzidos no mercado alimentício. Esses filmes surgiram a partir do apelo à redução da geração de materiais de difícil degradação e pela busca de alternativas ecológica e viáveis. Sua aplicação nos alimentos pode ser vista como um método de conservação, pois a partir deste é possível aumentar a vida de prateleira de frutas e hortaliças, mantendo a aparência fresca, a firmeza e o brilho, aumentando também o valor comercial. Os filmes podem ser hidrofílicos ou hidrofóbicos, sendo que o primeiro apresenta boa barreira a gases e o segundo boa barreira ao vapor d'água (VICENTINI, et al, 2003; VILLADIEGO, et al, 2005; RIGO, 2006; FARIAS, et al., 2012).

Na formulação de filmes utilizam-se agentes específicos, incluindo: polissacarídeos, lipídeos e proteínas. Filmes à base de polissacarídeos apresentam excelentes barreiras a lipídeos; filmes à base de lipídeos, por sua vez, apresentam boa barreira ao vapor de água, porém sua resistência à propriedades mecânicas (como tração e perfuração) é baixa; e os filmes à base de proteínas são os que apresentam melhor barreira ao oxigênio. Por esta razão é necessário escolher a melhor base de acordo com o uso proposto (VICENTINI, 2003; RIGO, 2006). Dentre os filmes à base de polissacarídeos destacam-se os que são produzidos utilizando amido, pois estes são recursos naturais renováveis.

O amido é um carboidrato de reserva presente nas plantas. Sua composição é dependente da sua origem botânica sendo formado por dois polissacarídeos, a amilose e a amilopectina. Ele apresenta boas características para a fabricação de filmes, pois além de ser uma matéria de baixo custo, é inodoro, insípido, incolor, não é tóxico, e apresenta alta resistência mecânica (SOARES, 2009; NOGUEIRA, 2018).

O amido do inhame tem sido utilizado para algumas finalidades, entre elas a fabricação de filmes, pois possui alto teor de amilose e características tecnológicas interessantes, como a estabilidade às altas temperaturas sob valores baixos de pH (MALI et al., 2010; REIS et al. 2012).

O amido de milho, quando aquecido com água, forma um gel com boa consistência, auxiliando na elaboração de diversos alimentos que necessitem

aumentar a sua viscosidade. Seu alto teor de amilose facilita a sua utilização em filmes (WHITT, et al. 2002; CORRADINI et al. 2007; WEBER, et al. 2009).

Existem estudos, como Galindo et al. (2019), Avelino (2019) e Nogueira (2018), que apontam a importância da incorporação de materiais antioxidantes e antimicrobianos na formulação de filmes, que atuem para garantir a conservação e melhorar as suas propriedades. Nestes estudos citados foram utilizadas polpas de frutas livres e encapsuladas, além de compostos bioativos, e os autores mostraram com isso que é possível potencializar propriedades bioativas dos filmes. A utilização desses compostos na produção de filmes comestíveis pode gerar a inclusão de agentes antioxidantes, vitaminas, corantes, agentes antimicrobianos e aromas, fazendo com que o alimento permaneça em bom estado de conservação (MAIA et al. 2000; CAGRI, USTUNOL, RYSER, 2004; FARIAS et al. 2012).

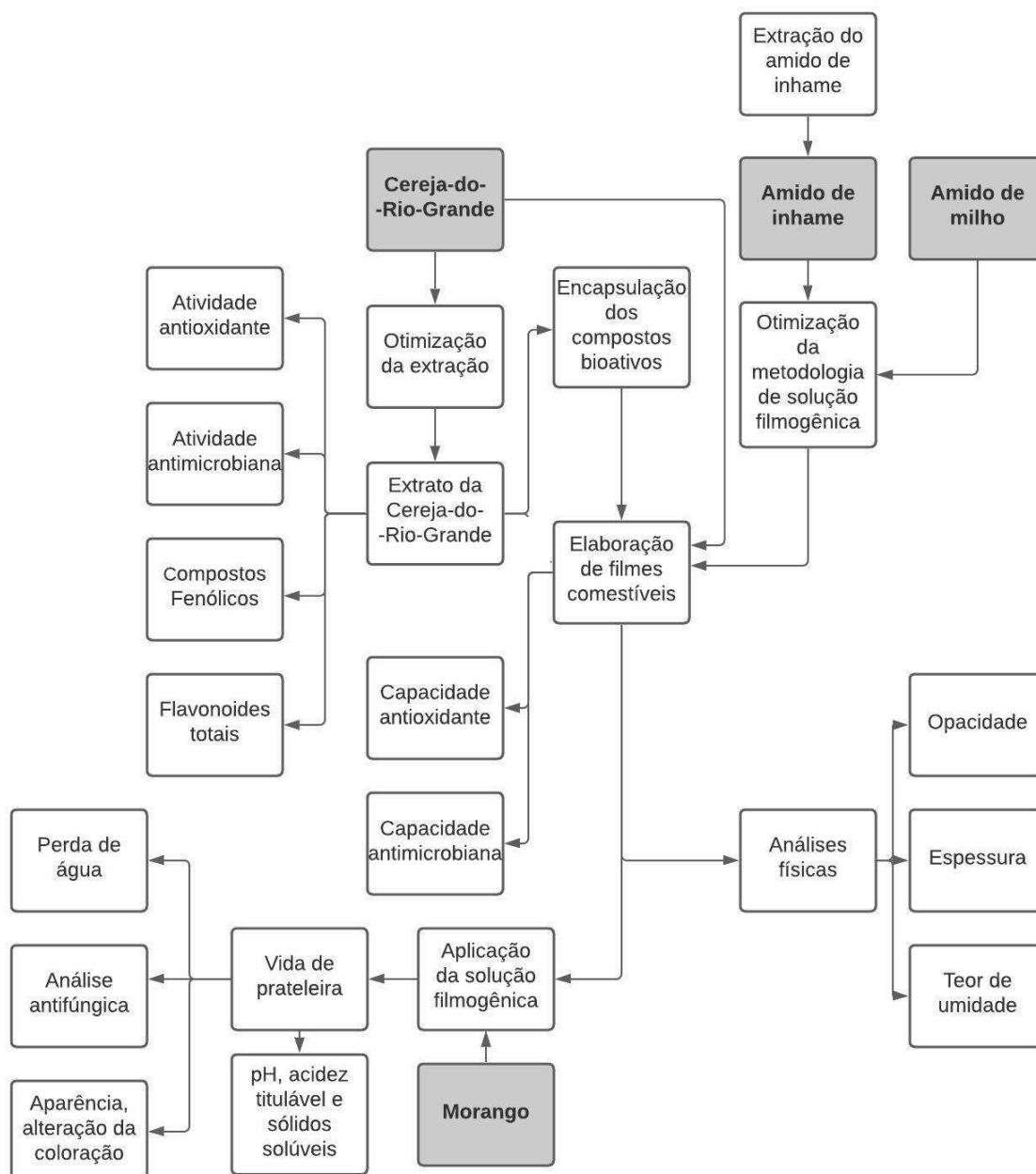
Entre as diversas frutas que podem ser utilizadas para melhorar as características de filmes comestíveis, poucos estudos são encontrados com a incorporação da cereja-do-Rio-Grande (*Eugenia involucrata*) (MUNHOZ, 2014). A cereja-do-Rio-Grande é uma fruta advinda do sul do Brasil, que por possuir compostos antioxidantes naturais, são fontes promissoras para pesquisas. Infante et al. (2016) e Nicácio et al. (2017) apresentaram que tanto suas folhas quanto seu fruto são boa fonte de compostos fenólicos.

Diante do apresentado, o presente trabalho tem como objetivo realizar a elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de amido de milho comercial e amido de inhame incorporados de compostos bioativos de Cereja-do-Rio-Grande para utilização em morangos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Na FIGURA 1 é apresentado o mapa mental das análises que foram realizadas, contemplando o processo após a obtenção das matérias-primas (amidos de inhame e milho, cereja-do-Rio-Grande e morangos).

FIGURA 1 - MAPA MENTAL DAS ANÁLISES REALIZADAS PARA O PRESENTE TRABALHO



FONTE: A autora (2021).

2.1 MATERIAIS

O inhame, o amido de milho e o morango foram obtidos do comércio local da cidade de Jandaia do Sul em 2021. A Cereja-do-Rio-grande foi colhida no município de Carambeí durante os meses de setembro e outubro de 2020. Os reagentes utilizados foram de grau analítico.

2.2 MÉTODOS

2.1 Preparo das matérias-primas

O inhame passou por processo de sanitização com auxílio de esponja e solução de cloro ativo de 100 ppm, deixado em descanso por 15 minutos. Posteriormente, este foi lavado com água corrente e separadas as casca.

O morango e a cereja-o-Rio-Grande foram sanitizados em solução de cloro ativo de 100 ppm, com posterior enxágue em água corrente. A água presente na superfície do morango e da cereja-do-Rio-Grande foi removida em temperatura ambiente. O morango foi utilizado *in natura*, já a cereja-do-Rio-Grande teve as sementes removidas e em seguida foi congelada, liofilizada e moída para preparo do extrato.

2.2.1 Caracterização da Cereja-do-Rio-Grande

As Cerejas-do-Rio-Grande liofilizadas foram analisadas quanto ao teor de compostos fenólicos, flavonoides totais, atividade antioxidante e atividade antimicrobiana.

2.2.1.1 Otimização da extração dos compostos bioativos

A amostra de cereja-do-Rio-Grande foi liofilizada a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $100\text{ }\mu\text{mHg}$, em liofilizador Liotop L101 e, em seguida, passou pelo processo de moagem, utilizando moinho de bola Splabor, SP-38. A extração de seus compostos fenólicos foi avaliada por um delineamento composto central rotacional 2^2 , nas condições apresentadas na TABELA 1. Para isso foi adicionado em um erlemeyer

1 g de amostra seca e 50 mL da solução extratora, e deixado em agitador orbital (Tecnal, TE-4200), a temperatura ambiente, em diferentes tempos. Após este procedimento as amostras foram centrifugadas (Solab, SL-700) a 5000 rpm durante 5 minutos, filtradas e analisadas. A melhor condição de extração foi determinada com base na concentração de compostos fenólicos, e esta condição foi utilizada para a sequência do trabalho.

TABELA 1 - DELINEAMENTO EXPERIMENTAL PARA OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DA CEREJA-DO-RIO-GRANDE

Fatores	Níveis e faixas				
	-1,41	-1	0	1	+1,41
Concentração de etanol (% v/v)	0,5	15	50	85	99,5
Tempo (min)	13	40	105	170	197

FONTE: A autora (2021).

O teor de compostos fenólicos foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, sendo utilizado o ácido gálico como padrão de referência, como descrito por Souza e colaboradores (2011). As análises foram realizadas em triplicata.

2.2.1.2 Flavonoides totais

Foi adotada a metodologia descrita por Silva et. al (2016). Utilizou-se alíquotas de 1 mL em triplicata do extrato hidroalcolólico da polpa de cereja-do-Rio-Grande e adicionou-se mesmo volume de Cloreto de Alumínio 5% ($AlCl_3$). Foi deixado em repouso por 30 minutos e realizou-se leitura em espectrofotômetro a 420 nm. Para a curva padrão utilizou-se quercetina nas concentrações 5, 10, 20, 40, 200 μ L. A partir da equação da reta obteve-se o teor de flavonoides totais, expressos em mg de quercetina/100 g de extrato de Cereja-do-Rio-Grande.

2.2.1.3 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante, tanto da cereja-do-Rio-Grande foi realizada por três métodos: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas no Sistema β -caroteno/Ácido Linoleico, Redução do Ferro (FRAP) e Captura do

Radical Livre ABTS•+. Dos filmes foi realizada somente pelo método de Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas no Sistema β -caroteno/Ácido Linoleico.

O método de captura do radical livre ABTS•+ foi realizado conforme Rufino et al. (2007). Para este método foi utilizado quatro concentrações de extrato. Destas, foram transferidos 30 μ L para tubos de ensaio e em seguida, em ambiente escuro, foi adicionado 3 mL de radical ABTS•+, homogeneizado e deixado descansar por 6 minutos. Por fim a leitura foi feita em um espectrofotômetro a 734 nm.

Para a curva padrão foi utilizado solução de trolox, com concentração entre 100 μ M e 2000 μ M, utilizando a mesma metodologia que para as amostras. Para o cálculo foi utilizado a equação da reta proveniente da curva das absorvâncias das amostras e do trolox, sendo o valor final expresso em μ M trolox por g de amostra.

A atividade antioxidante total é baseada na oxidação do β -caroteno pelo ácido linoleico e foi feita segundo Rufino et al. (2006). Para isso, preparou-se soluções de β -caroteno 10 mg em clorofórmio – utilizando 1 mL – emulsionada com 0,2 mL de tween 20 e 50 μ L de ácido linoleico. Em tubos de ensaio adicionou-se 0,5 mL de amostra e 0,5 mL da emulsão. Estes foram agitados e feito a leitura da absorvância em espectrofotômetro a 470 nm. Os tubos foram deixados em ambiente escuro por 120 min a 50 °C. Após isso foi feita a leitura da absorvância novamente. Os resultados foram expressos em percentagem da atividade antioxidante e é apresentado na EQUAÇÃO 1.

$$AA\% = \left[1 - \left(\frac{ABS_{amostra\ inicial} - ABS_{amostra\ final}}{ABS_{controle\ inicial} - ABS_{controle\ final}} \right) \right] \times 100 \quad \text{EQUAÇÃO (1)}$$

Determinou-se a atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP) como descrito por Rufino et al. (2006). Nesta preparou-se a solução de FRAP que consistia na mistura de soluções, sendo 2,5 mL de solução aquosa de cloreto férrico 20 mM, 25 mL de tampão acetato 0,3 M com pH 3,6 e 2,5 mL de uma solução de TPTZ 10 mM. Adicionou-se 90 μ L de amostra e 270 μ L de água destilada e 2,7 mL da solução de FRAP preparada. Colocou-se

então em banho aquecido a 37°C por 30 minutos. A leitura foi feita a 595 nm.

Para a curva padrão foi utilizada solução de sulfato ferroso, com concentração entre 500 µM e 2000 µM, utilizando a mesma metodologia que para as amostras. Para o cálculo foi utilizada a equação da reta proveniente da curva das absorvâncias das amostras e do sulfato ferroso, sendo o valor final expresso em µM de sulfato ferroso por g de amostra.

2.2.1.4 Atividade antimicrobiana

Utilizou-se a metodologia da difusão em disco e conforme descrito por Ortrosky (2008), aplicou-se 10 µL de amostra em discos de papel de filtro de 6 mm de diâmetro. Posteriormente os discos foram colocados sobre o meio de cultura sólido ativado e inoculado em placas de Petri, sendo elas *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* e *Staphilococcus aureus*, as quais tiveram suas concentrações padronizadas para 0,5 na escala de McFarland. A disposição dos discos foi superior à 15 mm de distância até a lateral da placa e assim não sobrepondo as zonas de inibição. O pH foi mantido entre 7,2 e 7,4 e a profundidade do meio aproximadamente 4 mm.

2.2.2 Encapsulação dos compostos bioativos

Utilizou-se a metodologia descrita por Souza (2016) com algumas modificações. Preparou-se soluções aquosas nas proporções de 5 g/100 mL para a gelatina (GE); 5 g/100 mL para a goma arábica (GA). O par polimérico foi compostos por gelatina e o polissacarídeo na proporção de 1:1 (GE:GA).

Para encapsulação, dispersou-se, em agitador Tecnal modelo TE-102, a solução de gelatina a aproximadamente 10.700 rpm por 2 minutos. Adicionou-se a solução de polissacarídeo na respectiva proporção, agitando por 2 minutos e mesma rotação. Enquanto o sistema era agitado, ajustou-se o pH com solução de ácido clorídrico 1N para 3,5. O sistema foi então resfriado e deixado para decantação *overnight*, para ocorrer a separação de fases. O sobrenadante foi retirado e as partículas foram colocadas em placas de Petri, congeladas e liofilizadas a -50°C e 100 µmHg.

2.2.3 Extração do amido de inhame

A extração de amido de inhame foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Silva (2011), com algumas modificações. O inhame foi picado e triturado na proporção de 1 kg de amostra / 1,5 L de água destilada gelada, posteriormente peneirados (mesh Tyler 100) duas vezes. O permeado foi levado para refrigeração ~8°C para decantação por 24 horas, centrifugado (Solab, SL-700) por 10 min a 6000 rpm e seco em incubadora Biochemical Demando of Oxygen – BOD (Lucadema) a 35°C por 24h.

2.2.4 Elaboração da solução filmogênica

Foram elaborados filmes à base de amido de inhame e amido de milho por cinco metodologias diferentes, visando a utilização do melhor resultado para prosseguir com o trabalho.

A primeira metodologia utilizada foi descrita por Fakhouri (2011), com algumas modificações. A proporção utilizada foi de 3 g amido / 100 mL de água destilada, sendo 10% de sorbitol em relação à massa de amido. Aqueceu-se a 85°C em banho-maria por aproximadamente 5 minutos para que ocorresse a gelatinização do amido. Posteriormente deixou-se resfriar em temperatura ambiente e mergulhou-se os morangos por 1 minuto. Retirou-se e deixou-se separado para secagem em bancada com ventilação natural.

A segunda, terceira e quarta metodologias utilizadas foram descritas por Santos (2011). Elas consistem em aquecer água até 70°C e colocar o amido mantendo sob agitação constante, utilizando 3 proporções, como apresentado na TABELA 2. Posteriormente as frutas foram imersas por 1 minuto e segregadas para secar em bancada com ventilação natural.

TABELA 2 - PROPORÇÕES DAS SOLUÇÕES FILMOGÊNICAS PELO MÉTODO DESCRITO POR SANTOS (2011)

Metodologia	Amido (g)	Água (mL)
2	1	100
3	2	100
4	3	100

FONTE: Santos (2011).

A quinta metodologia foi uma adaptação da metodologia de Santos (2011) com Fakhouri (2007). Consiste na utilização de 100 mL de água aquecida com 2 g de amido para a gelatinização do amido, acrescidos de 0,4 g de sorbitol. As frutas foram mergulhadas por 1 minuto e segregadas para secagem. Uma parte da solução filmogênica foi dispersa em placas de petri de plástico e secas em estufa com circulação forçada (Lucadema, LUCA-82/480) a 35°C por 24 h para posteriores análises.

Para cada metodologia separou-se 3 amostras, como sugerido por Assis e Leoni (2003) em seu estudo.

Após escolher a melhor metodologia, preparou-se três filmes para a sequência dos experimentos: um apenas com amido e sorbitol, outro com a incorporação da Cereja-do-Rio-Grande em uma proporção de 0,5 g para 100 mL de água, e um terceiro com o encapsulado adicionado em uma proporção de 0,03 g para 100 mL de água. Após a preparação dos filmes, o morango foi imerso por 1 minuto e separado para secagem em temperatura controlada até o fim do experimento.

2.2.5 Caracterização do filme

A solução filmogênica restante após a imersão dos morangos foram dispersas em placas de petri e secas em estufa com ventilação forçada (Lucadema, LUCA-82/480) a 35°C por 24h. Assim que retirados das placas, seguiram para as análises.

2.2.5.1 Espessura

A espessura foi medida por meio de paquímetro digital (WESTERN Linha Profissional). Realizou-se 15 medidas em um diâmetro de 8 cm para cada filme, conforme descrito por Lopes (2018) com algumas modificações, em que no estudo utilizou-se micrômetro. Posteriormente foi anotado e feita a média entre as medidas.

2.2.5.2 Opacidade

A análise de opacidade foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Kalaycioglu et. al (2017). O filme foi cortado em medida 3 cm x 0,99 cm para que ficasse nos extremos da cubeta e os espaços vazios não interferissem no resultado. Utilizou-se o espectrofotômetro UV-Visível (Drawell, EEQ9-111.UV-B) com comprimento de onda de 600 nm. O resultado foi expresso em mm^{-1} .

2.2.5.3 Teor de umidade

O teor de umidade foi definido por meio de secagem em estufa a 80 °C por 24 h de um pedaço de filme de 1 cm x 1 cm, até massa constante. A massa inicial foi medida, assim como a final, assim como descrito por Priyadarshi et. al (2008).

2.2.5.4 Alteração de cor

Analisou-se visualmente a alteração da cor dos morangos com o passar do tempo. Esta análise foi feita conforme descrito por Vicentini et al. (1999) com algumas modificações – em seu estudo, ele utilizou um colorímetro.

2.2.5.5 Solubilidade em água

O filme foi dividido em pedaços com aproximadamente 2 cm² e um destes foi separado para análise. Posteriormente, este pedaço foi imerso em 50 mL de água destilada, sendo agitada por 24 h em agitador orbital (Tecnal, TE-4200) em temperatura de 25°C a 190 rpm. O pedaço do filme foi seco em estufa por 2 horas a 80°C. Mediu-se a massa no início e ao fim do experimento, assim como descrito por Nogueira (2018).

2.2.5.6 Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante foi avaliada por meio da metodologia de β -caroteno/ácido linoleico, conforme descrito na seção 2.2.1.3 Atividade Antioxidante.

2.2.5.7 Capacidade antimicrobiana

A capacidade antimicrobiana foi a mesma utilizada para a caracterização da cereja-do-rio-grande, ou seja, o teste de difusão em disco, seguindo metodologia descrita por Ostrosky (2008), conforme descrito na seção 2.2.1.4 Atividade Antimicrobiana.

2.2.6 Vida de prateleira do produto

Os morangos com aplicação das soluções filmogênicas foram analisados conforme a perda de água, o potencial hidrogeniônico, a acidez titulável, a aparência, a alteração na coloração e a análise antifúngica.

2.2.6.1 Potencial Hidrogeniônico

Mediu-se o pH dos morangos imersos com o recobrimento comestível a partir da maceração do produto e diluição em água destilada no dia de início da análise e após 7 dias de acompanhamento. O pHmetro foi calibrado com tampões

de pH 4,0 e 7,0. A partir deste resultado analisou-se a influência do pH no experimento.

2.2.6.2 Acidez titulável (AT)

A acidez titulável foi analisada conforme metodologia de Batista et al. (2007). Sendo feita em triplicata, onde utilizou-se 10% de fruta em relação à água com 3 gotas do indicador fenolftaleína 1%. Titulou-se com solução NaOH 0,1 N padronizada. O resultado foi dado por mg de ácido cítrico 100 g⁻¹ polpa.

2.2.6.3 Sólidos solúveis (SS)

A medição de sólidos solúveis foi feita segundo metodologia de Batista et al. (2007), onde a polpa da fruta é homogeneizada com água por meio de liquidificador doméstico e então, por meio de refratômetro é encontrado o °Brix. A análise foi feita com a fruta in natura e ao fim dos 7 dias com a fruta com revestimento e sem revestimento.

2.2.6.4 Perda de massa

A perda de massa foi avaliada por meio de morangos com recobrimento (à base de amido, com encapsulado e com fruta) e sem recobrimento. O primeiro foi feito sob temperatura controlada de 25°C para evitar que o ambiente interferisse no resultado da análise, o segundo foi feito em bancada com ventilação natural. O experimento durou 7 dias, sendo pesados todos os dias em balança semi-analítica para o cálculo da perda de massa. O mesmo foi feito segundo a metodologia de Fakhouri et al. (2007) com algumas modificações – em seu estudo utilizou temperatura e UR controladas.

2.2.6.5 Aparência

A aparência foi avaliada visualmente durante 7 dias, verificando se neste período houve ou não deterioração, tais como: descoloração na superfície do alimento, aparecimento de líquidos e odor desagradável.

2.2.6.6 Análise antifúngica

Seguiu-se metodologia descrita por Assis e Leoni (2003), sendo esta a análise de formação de colônias visualmente com o passar dos dias de armazenamento.

2.2.7 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a nível de 5% de significância utilizando o teste de Tukey para análise de médias pelo *software* STATISTICA versão 10. O *software* R foi utilizado para a realização da análise de superfície de resposta.

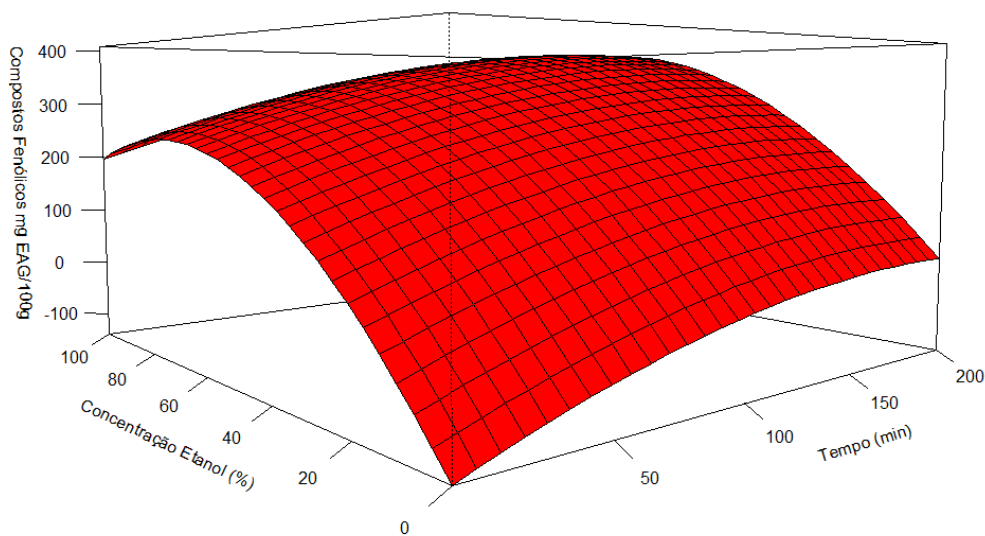
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA CEREJA-DO-RIO-GRANDE

3.1.1 Otimização da extração dos compostos bioativos

Na FIGURA 2 são apresentados os resultados da otimização da extração dos compostos bioativos. O melhor resultado encontrado foi utilizando 180 minutos e 85 % de etanol para a extração. Deste obteve-se 526,85 mg EAG.100 g⁻¹. Della Antônia (2020) encontrou uma quantidade média de 232,43 mg EAG.100 g⁻¹ em base úmida, o que, caso convertido para base seca se aproximaria consideravelmente do encontrado no presente trabalho.

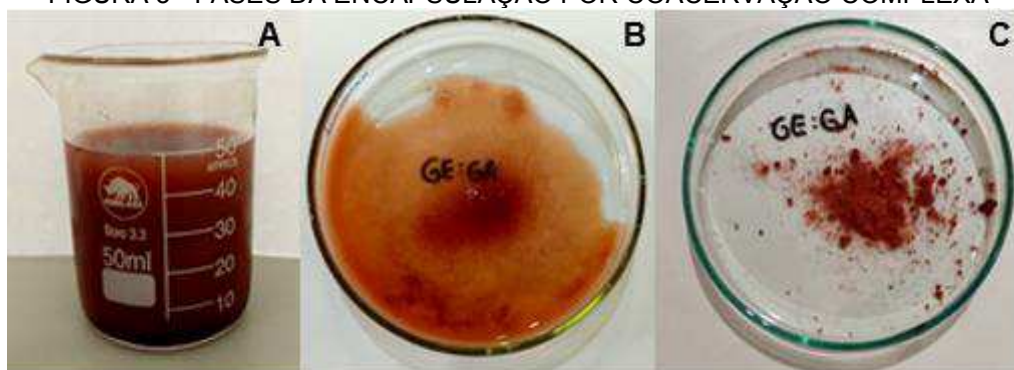
FIGURA 2 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DA OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS



FONTE: A autora (2021).

A partir da superfície de resposta, foi escolhida qual seria a extração adequada para prosseguir com as análises e elaboração do encapsulado, 85% de etanol por 180 minutos. Após a extração nesta condição foi feita a encapsulação dos compostos por coacervação complexa, como mostrado na FIGURA 3. Este encapsulado foi incorporado às soluções filmogênicas com a intenção de melhorar as características de vida útil do material que esta será aplicada.

FIGURA 3 - FASES DA ENCAPSULAÇÃO POR COACERVAÇÃO COMPLEXA



NOTA: (A) Decantação; (B) Separação; (C) Encapsulados.

FONTE: A autora (2021).

3.1.2 Flavonoides totais

Encontrou-se para os flavonoides totais da cereja-do-Rio-Grande $166,05 \pm 8,04 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ para o extrato em diluição $0,04 \text{ g mL}^{-1}$. Camlofski (2008) encontrou por meio da mesma metodologia valores entre $289,76 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ a $377,89 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ expressos em base úmida, sendo que convertendo o resultado encontrado para o presente trabalho, o valor é de $345,94 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$. Della Antonia (2020) encontrou $44,94 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$, por metodologia variada e base úmida. Nota-se que este valor está bem abaixo de ambos demonstrados anteriormente, isto pode ser devido à diferença entre metodologias.

A partir do valor encontrado na análise de compostos fenólicos totais esperava-se que o resultado para flavonoides totais fosse alto, pois esta é uma subcategoria de compostos fenólicos, ou seja, sua classificação é dentro da classificação de compostos fenólicos, fato este encontrado no presente trabalho.

3.1.3 Atividade antioxidante

Na TABELA 3 são apresentados os valores encontrados para atividade antioxidante da fruta cereja-do-Rio-Grande.

TABELA 3 - ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA FRUTA CEREJA-DO-RIO-GRANDE POR DIFERENTES METODOLOGIAS

Método	Atividade (UBS)	Atividade (UBU)
FRAP	62.072,68 μM de sulfato ferroso g^{-1}	121.484,10 μM de sulfato ferroso g^{-1}
ABTS.+	33,26 μM de trolox g^{-1}	69,29 μM de trolox g^{-1}
β-Caroteno₁	100%	-
β-Caroteno₂	100%	-
β-Caroteno₃	95,19%	-

NOTA: ₁ Diluição de 0,1g mL^{-1} ; ₂ Diluição de 0,08g mL^{-1} ; ₃ Diluição de 0,04g mL^{-1} .

FONTE: A autora (2021).

De acordo com Camlofski (2018), o valor para a atividade antioxidante pelo método de FRAP é de 12.148,41 $\mu\text{M g}^{-1}$ em base úmida. Utilizando os valores em base seca, percebe-se que o valor se aproxima muito ao encontrado no presente trabalho, sendo de 121.484,10 μM de sulfato ferroso g^{-1} para o valor da literatura e 129.318,08 μM de sulfato ferroso g^{-1} para o valor encontrado no trabalho. Com isso percebe-se que a capacidade antioxidante da cereja-do-Rio-Grande é alta, validando a sua utilização em recobrimentos comestíveis. Camlofski (2018) chegou a comparar essa capacidade antioxidante com a da maçã cultivar Gala, por também apresentar uma alta capacidade antioxidante.

Como citado anteriormente, a capacidade antioxidante da cereja-do-Rio-Grande é alta, porém, ainda assim, é mais baixa que de outras frutas nativas do Brasil, como é o caso da jabuticaba, que segundo Miranda (2019), encontrou-se 39,46 μmol de trolox g^{-1} UBU e para a cereja-do-Rio-Grande o valor é de 69,29 μmol de trolox g^{-1} pelo método de ABTS.+.

A atividade antioxidante determinada pela metodologia de β -caroteno foi alta, como notou-se por meio da TABELA 3. Foram necessárias três diluições até uma apresentar resultado inferior a 100%. Isso porque a cereja-do-Rio-Grande possui uma alta capacidade antioxidante, o esperado mediante este estudo.

Com isso é possível observar que a sua utilização para incorporação em filmes comestíveis é viável, fazendo com que essa atividade traga a oxidação mais tardia da fruta e conseqüentemente, aumente a sua vida de prateleira.

3.1.4 Atividade antimicrobiana do extrato e dos filmes

Na FIGURA 4 são apresentadas as placas referentes à atividade antimicrobiana tanto do extrato da fruta cereja-do-Rio-Grande quanto dos filmes incorporados com a fruta e o agente encapsulado.

FIGURA 4 – ANÁLISE ANTIMICROBIANA DOS FILMES À BASE DE AMIDO DE INHAME E AMIDO DE MILHO COM OS MICRORGANISMOS *Staphylococcus aureus* (ESQUERDA) E *Klebsiella pneumoniae* (DIREITA)



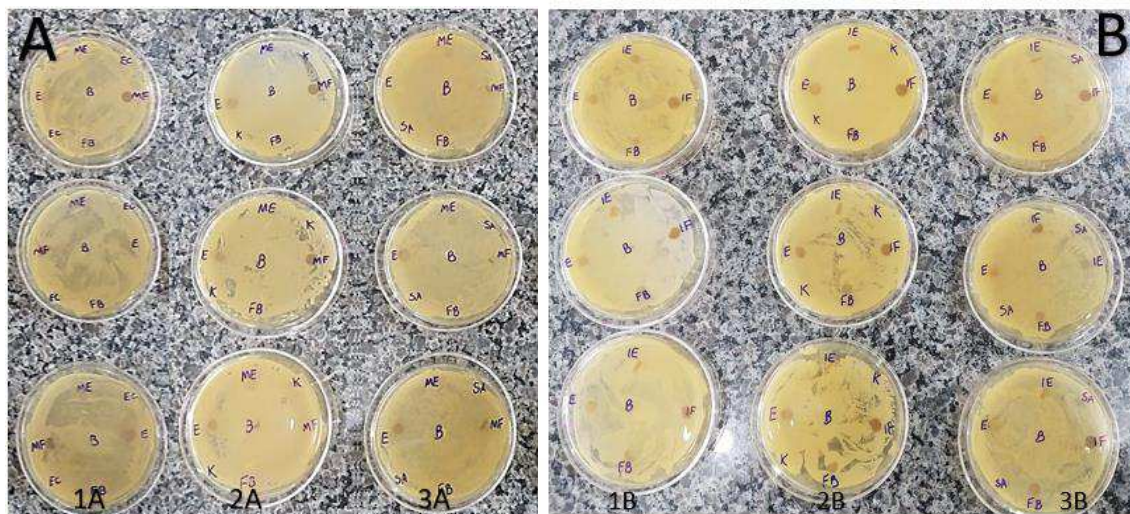
NOTA: IE – Filme de inhame adicionado de encapsulado; IF – Filme de inhame adicionado de fruta; FB (esquerda) – Filme de inhame sem adição; E – Extrato; SA – Microrganismo *Staphylococcus Aureus*; ME – Filme de milho adicionado de encapsulado; MF – Filme de milho adicionado de fruta; FB (direita) – Filme de milho sem adição; K – Microrganismo *Klebsiella pneumoniae*.

FONTE: A autora (2021).

Observa-se nas placas que quando adicionado da fruta ou encapsulado, havia uma pequena atividade antimicrobiana. No caso do extrato (E), a atividade antimicrobiana era alta, formando um halo em volta do disco. Já quando estes não eram incorporados de algum agente (FB), somente os filmes à base de amido de inhame apresentaram atividade antimicrobiana, ainda que baixa, não ocorrendo o crescimento de microrganismos nos locais onde o filme estava, porém sem formação de halo de inibição.

Sato et. al (2018) apresentou em seu trabalho inibição ao extrato etanólico de *Eugenia involucrata* para o microrganismo *Staphylococcus aureus*, o mesmo aconteceu no presente trabalho, assim como pode ser visto na FIGURA 4 e na FIGURA 5 nas colunas 3A e 3B.

FIGURA 5 - ANÁLISE ANTIMICROBIANA DOS FILMES INCORPORADOS COM FRUTA E ENCAPSULADO À BASE DE AMIDO DE MILHO (A) E AMIDO DE INHAME (B)



NOTA: (1A) *Eschirichia coli* (2A) *Klebisiella pneumoniae* (3A) *Staphylococcus aureus*; (1B) *Eschirichia coli* (2B) *Klebisiella pneumoniae* (3B) *Staphylococcus aureus*;
 FONTE: A autora (2021).

Por meio da FIGURA 5 observa-se que houve o mesmo resultado em todos os filmes à base de amido de milho que não possuíam agente encapsulado ou a fruta em sua composição, ou seja, a não apresentação de atividade antimicrobiana para os microrganismos *Staphylococcus aureus*, *Eschirichia coli* e *Klebisiella pneumoniae*. Já os filmes com amido de inhame apresentaram baixa atividade antimicrobiana. Os filmes incorporados com fruta apresentaram atividade antimicrobiana considerável, visto que não permitiram em nenhum dos filmes o crescimento de microrganismos. O mesmo ocorreu com os filmes incorporados com encapsulados, porém, estes apresentaram atividade mais baixa. Como já citado, todos os filmes à base de amido de inhame apresentaram atividade antimicrobiana mais alta, o que era esperado considerando que o próprio filme sem o agente apresentou esta atividade.

3.2 OTIMIZAÇÃO DA SOLUÇÃO FILMOGÊNICA

3.2.1 Caracterização física

Inicialmente realizou-se a escolha da metodologia para a elaboração dos filmes. Os dados obtidos para a caracterização estão apresentados na TABELA 4.

TABELA 4 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS FILMES À BASE DE AMIDO DE INHAME E À BASE DE AMIDO DE MILHO COMERCIAL

Inhame					
	M1	M2	M3	M4	M5
Espessura (mm)	0,05±0,02 ^b	0,04±0,02 ^b	0,05±0,01 ^b	0,09±0,04 ^a	0,10±0,01 ^a
Opacidade (mm⁻¹)	6,32±0,91	5,61±0,49	23,87±1,87	21,80±1,70	10,78±1,37
Teor de umidade (%)	11,15±0,51 ^{ab}	5,26±0,20 ^b	8,38±1,45 ^{ab}	16,36±0,06 ^a	5,32±1,50 ^b
Solubilidade (%)	*	*	*	*	1,91±0,01 ^a
Milho					
	M1	M2	M3	M4	M5
Espessura (mm)	0,10±0,05 ^a	0,10±0,04 ^a	0,05±0,01 ^b	0,04±0,01 ^b	0,10±0,03 ^a
Opacidade (mm⁻¹)	10,78±0,01	22,75±0,09	23,69±0,04	32,21±0,07	9,56±0,10
Teor de umidade (%)	13,14±0,00 ^a	13,21±0,01 ^a	6,67±0,41 ^a	10,74±0,01 ^a	6,68±0,03 ^a
Solubilidade (%)	0,21±0,06 ^c	0,74±0,08 ^a	0,41±0,01 ^b	*	0,34±0,03 ^b

NOTA: * Totalmente solúveis. M1 – Metodologia 1; M2 – Metodologia 2; M3 – Metodologia 3; M4 – Metodologia 4; M5 – Metodologia 5. Letras iguais na mesma linha indicam níveis de significância a 95% por meio do teste de Tukey.

FONTE: A autora (2021).

Por ter sido colocada a mesma quantidade, em gramas, por placa de filme, a espessura média entre as metodologias se manteve entre 0,04 e 0,1. Hoffmann e Siguel (2018) apresentaram em seu estudo que espessuras mais altas podem ser por conta de má homogeneização. Como o amido comercial se homogeneizava mais facilmente, esse pode ter sido um ponto para as maiores espessuras encontradas para os filmes à base de inhame. Segundo Mali et al. (2010), filmes à base de inhame com glicerol possuem uma espessura média de 0,07 mm. No presente trabalho encontrou-se uma espessura média variando entre 0,04±0,02 a 0,10±0,04, sendo assim, estando dentro da faixa apresentada.

Para os filmes à base de amido de inhame somente a metodologia 5 apresentou um valor no resultado de solubilidade, pois todos os outros filmes foram totalmente solúveis. Já para os filmes à base de amido de milho, somente a metodologia 4 foi totalmente solúvel, sendo que o maior valor foi encontrado para a metodologia 2, 0,74±0,8%. Como o trabalho trata de recobrimentos comestíveis, é desejável a alta solubilidade dos filmes.

A opacidade é desejável em diversas embalagens quando utilizadas comercialmente, pois retém a entrada de luz, no entanto para recobrimentos comestíveis a opacidade pode ser indesejável, pois o recobrimento comestível opaco retém o brilho da fruta, deixando-a menos atrativa. No caso dos filmes do

presente trabalho, a opacidade variou entre os dois tipos de amido, porém nota-se que na metodologia 5 estes ficaram próximos. Verificou-se também que quando utilizava-se plastificante no filme este obtinha menor valor para a opacidade, que no caso das coberturas é desejável.

O teor de umidade dos filmes se manteve entre 5% e 16%. A metodologia 5, escolhida para dar seguimento às análises, foi a que apresentou menor teor de umidade, estando em 5,32% para os filmes à base de amido de inhame e 6,68% para os filmes à base de amido de milho. Estatisticamente, os filmes à base de amido de milho são iguais para todas as metodologias descritas. Já, para o amido de inhame, as metodologias 2 e 5 são iguais, as metodologias 1 e 3 são iguais e somente as metodologias 4 e 5 se diferem significativamente.

Na FIGURA 6 é apresentado o amido de milho comercial utilizado e o amido de inhame após a extração afim de demonstrar o motivo da diferença na coloração dos filmes.

FIGURA 6 - ASPECTO VISUAL AMIDO DE INHAME E AMIDO DE MILHO

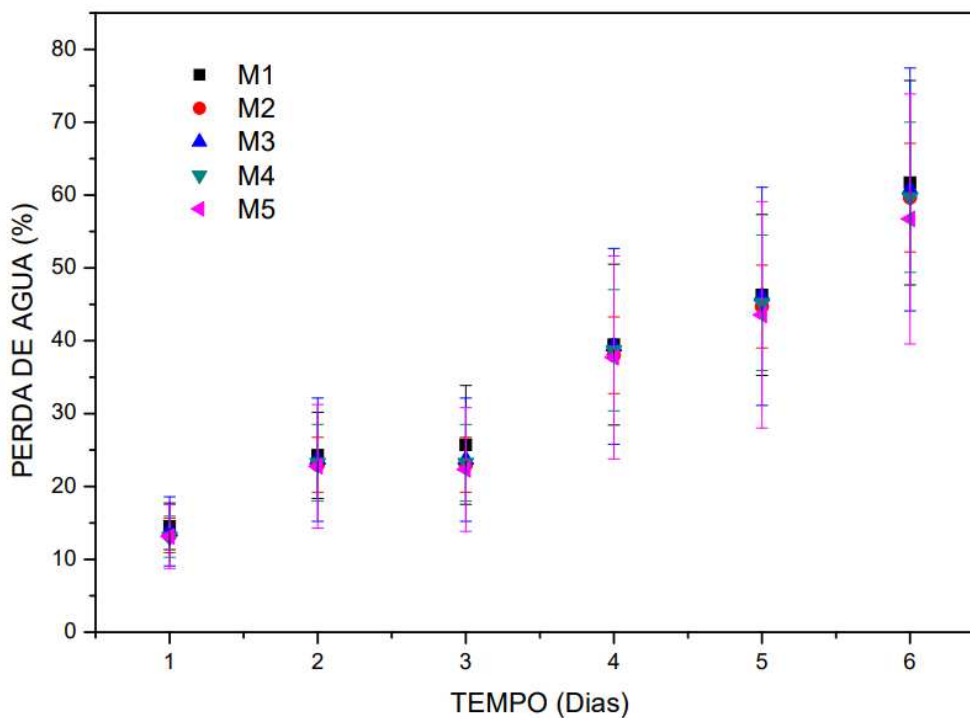


FONTE: A autora (2021).

3.2.2 Perda de água

Na FIGURA 7 são apresentados os valores referentes à perda de água, dos 7 dias de análise. Nota-se que em um dos dias (dia 3) a maioria das amostras não perderam água, o mesmo deve-se à umidade relativa do ar que estava alta por conta do tempo chuvoso.

FIGURA 7 - PERDA DE ÁGUA DOS FILMES DE AMIDO DE MILHO EM UM PERÍODO DE 6 DIAS

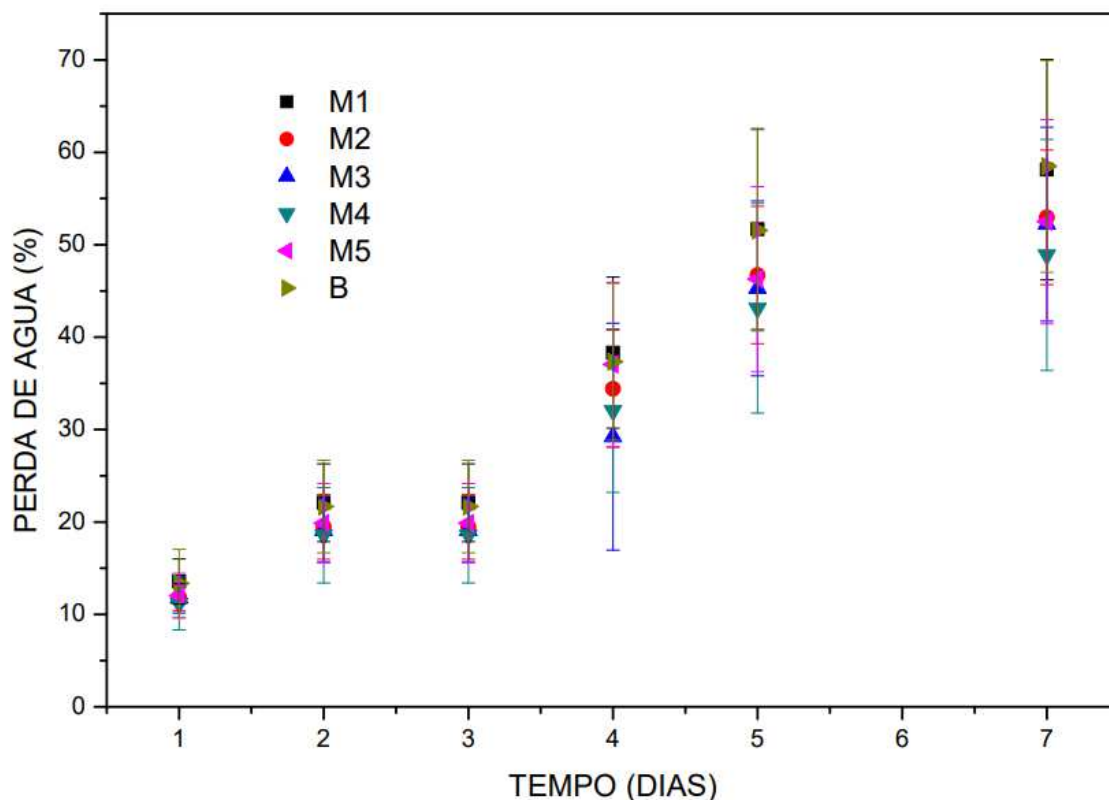


NOTA: M1 – Metodologia 1; M2 – Metodologia 2; M3 – Metodologia 3; M4 – Metodologia 4 e M5 – Metodologia 5.

FONTE: A autora (2021).

Conforme mostrado, todas as metodologias são estatisticamente iguais, mesmo com as adversidades e portanto analisou-se resultados gerais das metodologias para decidir qual das amostras prosseguiria. Este teste foi feito como forma de otimização antes da incorporação do fruto livre (Cereja-do-Rio-Grande) e do encapsulado nos filmes e na cobertura comestível.

FIGURA 8 - PERDA DE ÁGUA DOS FILMES DE AMIDO DE INHAME EM UM PERÍODO DE 7 DIAS



NOTA: M1 – Metodologia 1; M2 – Metodologia 2; M3 – Metodologia 3; M4 – Metodologia 4; M5 – Metodologia 5 e B – Morango controle (sem recobrimento).

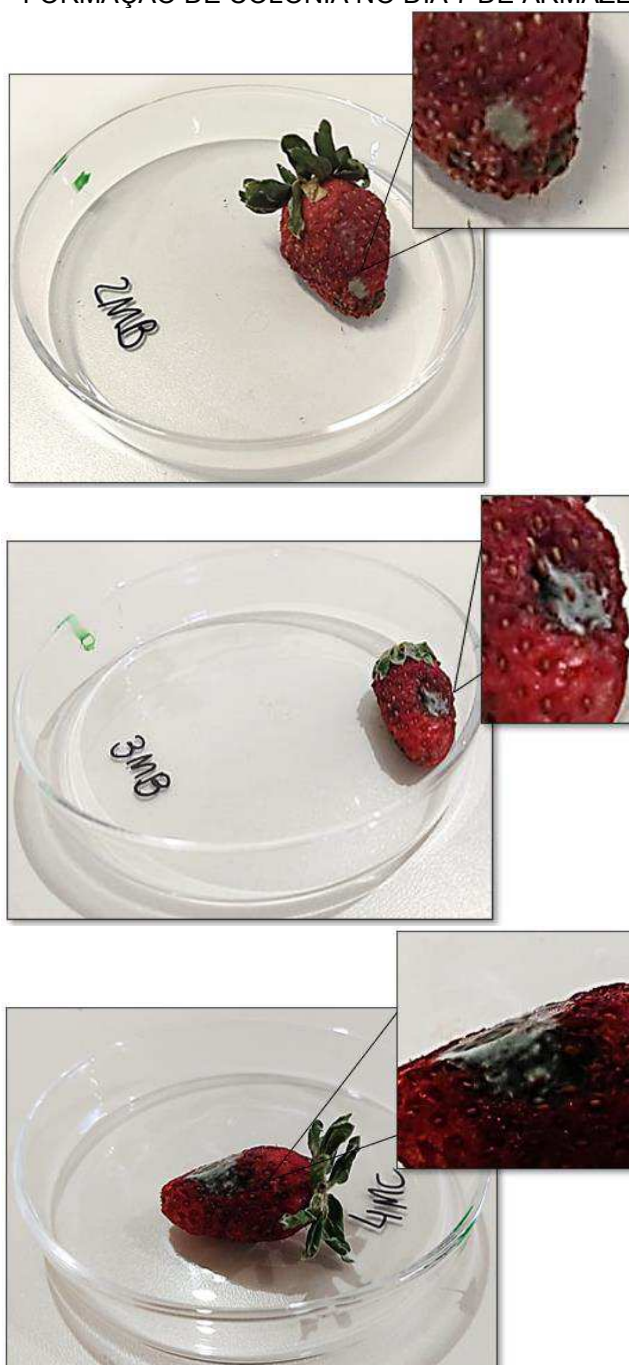
FONTE: A autora (2021).

Nota-se na FIGURA 8 que a perda de água para as metodologias é estatisticamente igual. Como a ideia era que se utilizasse a mesma metodologia para dar prosseguimento às análises e conforme aspecto visual não adequado, a metodologia 4 já não se adequaria. Entre os dois tipos de amido, é perceptível que para o amido de milho a perda de água foi mais alta em todas as metodologias, mesmo estando em mesmas condições que o amido de inhame.

3.2.3 Análise antifúngica, aparência, alteração da coloração

Como é observado na FIGURA 9, no 7º dia de armazenamento das metodologias que não continham plastificante e utilizavam amido de milho houve formação de colônias de microrganismos. Sendo assim, estas metodologias não apresentaram a eficiência adequada. Por este motivo, as metodologias 2, 3 e 4 foram descartadas.

FIGURA 9 - FORMAÇÃO DE COLÔNIA NO DIA 7 DE ARMAZENAMENTO

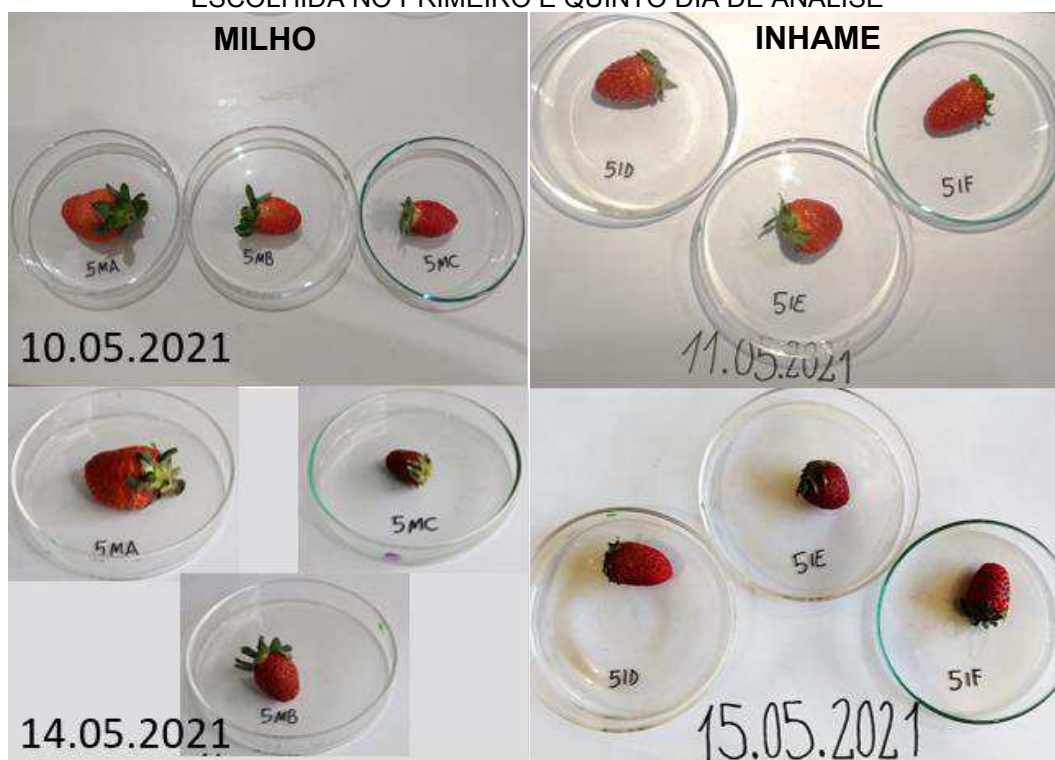


FONTE: A autora (2021).

Já para os filmes à base de amido de inhame não apresentaram formação de colônias mesmo após 14 dias do início da análise. Os morangos que utilizaram a fruta e o encapsulado em sua composição mesmo após 14 dias não apresentaram formação de colônias. Isto pode ter ocorrido por ação antimicrobiana da fruta e ajuda do plastificante.

Observando a FIGURA 10 percebe-se que durante os 5 dias de análise visual os morangos continuaram em boas condições, não havendo alteração em sua coloração e mantendo uma aparência agradável. E isto ocorreu mesmo com a temperatura externa variando entre 12°C e 32°C e oscilando entre tempo chuvoso e ensolarado. Por este motivo, esta foi a metodologia escolhida para dar prosseguimento aos estudos.

FIGURA 10 – OBSERVAÇÃO VISUAL DOS MORANGOS INCORPORADOS COM SOLUÇÃO FILMOGÊNICA À BASE DE AMIDO DE MILHO E AMIDO DE INHAME NA METODOLOGIA ESCOLHIDA NO PRIMEIRO E QUINTO DIA DE ANÁLISE



FONTE: A autora (2021).

3.2.4 Capacidade antioxidante

Na TABELA 5 são apresentados os valores para o teor de β -caroteno para os filmes à base de amido de milho e amido de inhame por meio da metodologia 5

TABELA 5 - CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DOS FILMES À BASE DE AMIDO DE MILHO E À BASE DE AMIDO DE INHAME POR MEIO DA METODOLOGIA 5

Teor de β -caroteno dos filmes (%)	
MB	0,99±0,00 ^c
IB	0,99±0,00 ^c

NOTA: MB – Filmes à base de amido de milho sem recobrimento; IB – Filmes à base de amido de inhame sem recobrimento. Letras iguais na mesma coluna indicam significância de 95% por meio do teste de Tukey; n=3

FONTE: A autora (2021).

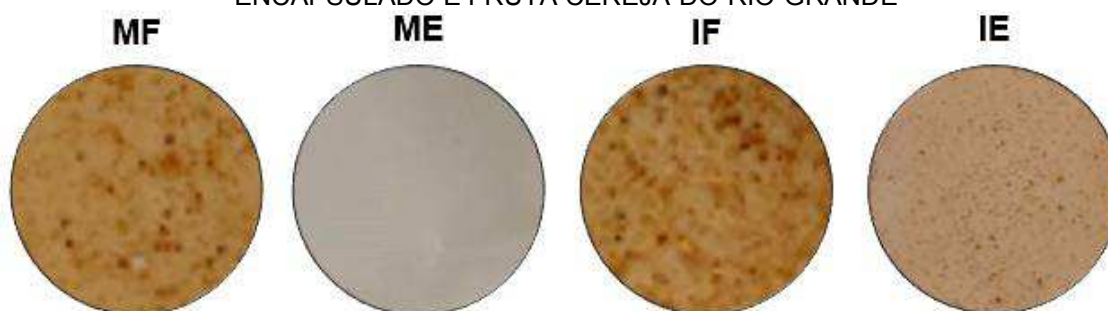
Observa-se que os filmes tanto à base de amido de milho quanto à base de amido de inhame não apresentaram capacidade antioxidante. Com isso, comprova-se que qualquer atividade antioxidante que os filmes apresentarem posteriormente serão resultado da incorporação de agentes encapsulados ou livres.

3.3 APLICAÇÃO DA CEREJA-DO-RIO-GRANDE EM FILMES

3.3.1 Caracterização física

Na FIGURA 11 são apresentados os filmes incorporados com agentes livres e encapsulados da cereja-do-Rio-Grande.

FIGURA 11 - FILMES ELABORADOS COM AMIDO DE INHAME, AMIDO DE MILHO, ENCAPSULADO E FRUTA CEREJA-DO-RIO-GRANDE



NOTA: MF – Filme à base de amido de milho incorporado com fruta; ME – Filme à base de amido de milho incorporado com encapsulado; IF – Filme à base de amido de inhame incorporado com fruta; IE – Filme à base de amido de inhame incorporado com encapsulado.

FONTE: A autora (2021).

De acordo com a FIGURA 11 percebe-se que a característica visual dos filmes se altera quando este é à base de amido de milho e quando é à base de amido de inhame. Isso ocorre porque o amido de inhame, conforme apresentado

na FIGURA 6 (Seção 3.2.1 Caracterização Física) é mais escuro que o amido de milho, isso se dá por conta da rápida oxidação que ocorre no inhame. Os filmes incorporados com a fruta apresentaram a mesma aparência, porém, quando eram à base de amido de inhame apresentavam mais 'pontos' no filme, estes porém não interferiram no resultado final da análise.

Na TABELA 6 é apresentado o resultado das análises físicas dos filmes incorporados com fruta e encapsulado, à base de amido de milho e amido de inhame. Nota-se que o teor de umidade não apareceu, pois este foi nulo. Isto ocorre porque a umidade presente no filme era aquela que não pode ser retirada, ou seja, a umidade crítica.

Os filmes à base de amido de inhame foram totalmente solúveis, seja incorporado por fruta ou por encapsulado; já os filmes à base de amido de milho em nenhuma das análises apresentou solubilidade 100%. A solubilidade é uma característica importante quando o filme em questão vai em contato com o alimento. Sendo assim, quanto mais solúvel, mais adequado o uso do filme para o contato com o alimento. Como o estudo em questão diz respeito a recobrimentos comestíveis, o filme que melhor se adapta seria o filme à base de amido de inhame. No entanto, o filme à base de amido de milho, ainda que não tenha apresentado característica totalmente solúvel, obteve um bom resultado de solubilidade, ou seja, um valor baixo. Estatisticamente, os filmes à base de amido de milho apresentaram solubilidade iguais, tanto com a incorporação de fruta, como de encapsulado.

TABELA 6 - ANÁLISES FÍSICAS DOS FILMES À BASE DE AMIDO DE MILHO E AMIDO DE INHAME INCORPORADOS COM A FRUTA CEREJA-DO-RIO-GRANDE E O ENCAPSULADO DA MESMA

	ME	MF	IE	IF
Espessura (mm)	0,16±0,05 ^b	0,17±0,08 ^{ab}	0,22±0,03 ^a	0,14±0,04 ^b
Opacidade	1,81±0,01 ^b	1,75±0,01 ^c	1,37±0,01 ^d	2,81±0,01 ^a
Teor de umidade (%)	*	*	*	*
Solubilidade (%)	0,30±0,05 ^a	0,37±0,03 ^a	**	**

NOTA: *A umidade presente no filme não é possível de ser retirada; ** Totalmente solúveis. Valores com letras iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 95%. ME – Filmes à base de amido de milho com encapsulado; MF – Filmes à base de amido de milho com fruta; IE – Filmes à base de amido de inhame com encapsulado; IF – Filmes à base de amido de inhame com fruta.

FONTE: A autora (2021).

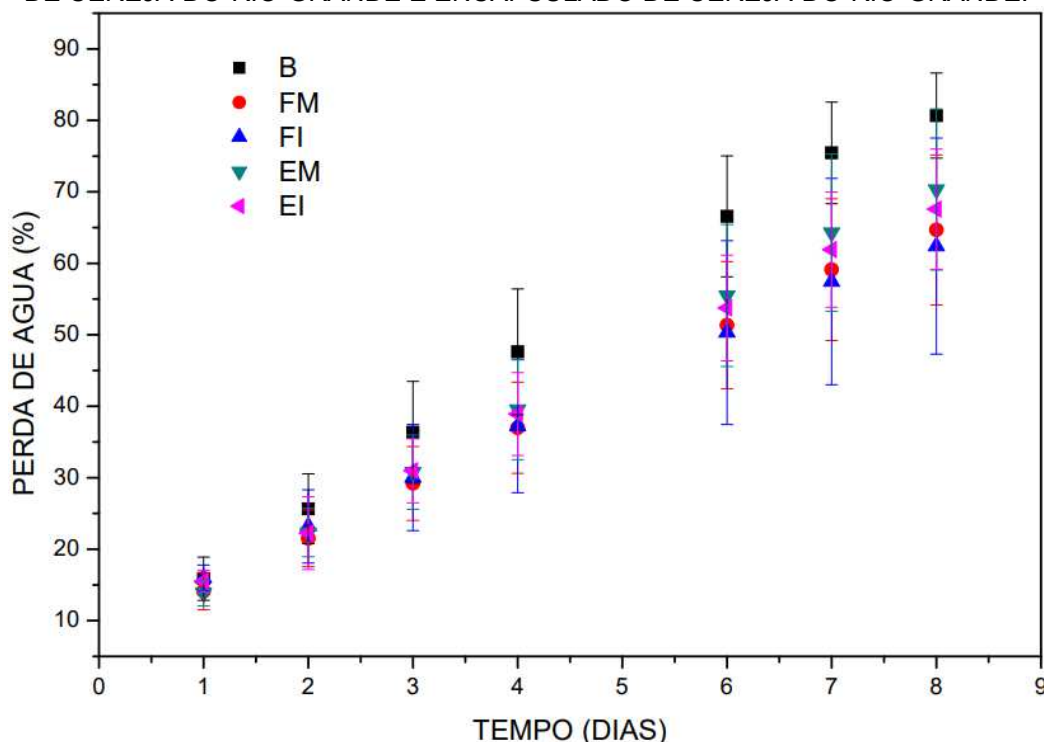
O filme que apresentou maior opacidade foi o filme incorporado com a fruta à base de amido de inhame, seguido pelo filme com encapsulado à base de amido de milho. Como o amido de milho apresentou uma melhor homogeneidade, este acabou aderindo melhor o encapsulado e conseqüentemente apresentando uma opacidade mais baixa.

A espessura não apresentou grande variação entre os filmes, ressaltando que existem casos em que apresentam maior espessura por má homogeneização durante a elaboração do mesmo. A adição de fruta ou encapsulado e plastificante fez com que aumentasse a espessura do filme, assim como Farias et al. (2011) apresentou em seu estudo.

3.3.2 Perda de água

Na FIGURA 12 é apresentado o gráfico referente à perda de água dos filmes incorporados de agentes livres e encapsulados da cereja-do-Rio-Grande.

FIGURA 12 - PERDA DE ÁGUA DOS FILMES EM UM PERÍODO DE 8 DIAS INCORPORADOS DE CEREJA-DO-RIO-GRANDE E ENCAPSULADO DE CEREJA-DO-RIO-GRANDE.



NOTA: B – Filme controle (sem recobrimento); FM – Filme à base de amido de milho incorporado com fruta; FI – Filme à base de amido de inhame incorporado com fruta; EM – Filme à base de amido de milho incorporado com encapsulado; EI – Filme à base de amido de inhame incorporado com encapsulado.

FONTE: A autora (2021).

Ao observar a FIGURA 12, percebe-se que os morangos com filmes são estatisticamente iguais e que somente o morango controle – sem solução filmogênica – é diferente. Quando observados o agente, morangos com filmes incorporados com fruta perderam menos água; quando observado o amido, morangos com filmes à base de amido de inhame perderam menos água. O morango sem solução filmogênica fica sem a proteção que a mesma oferece quanto aos acontecimentos externos, como é o caso da proteção mecânica, física e microbiológica, e com isso ele perde água com mais facilidade. Já os morangos que possuem o recobrimento comestível ficam protegidos quanto às adversidades, tendo maior dificuldade de perda de água e conseqüentemente um maior tempo de vida de prateleira.

3.3.3 Análise antifúngica, aparência e alteração da coloração

Em nenhum dos filmes incorporados com a fruta ou com o encapsulado houve crescimento de colônia durante 14 dias de análise. O mesmo pode ter ocorrido por ação tanto dos agentes e do plastificante utilizado. Esta mesma resposta foi observada para os filmes sem agente encapsulado ou livre, na metodologia 5 (Seção 3.2.3 Análise antifúngica, aparência e alteração da coloração).

Os morangos foram observados por 8 dias, sendo que na FIGURA 13 pode ser observado a situação que estes encontravam-se ao fim do período.

FIGURA 13 - OBSERVAÇÃO VISUAL DOS MORANGOS INCORPORADOS DE AMIDO DE INHAME E AMIDO DE MILHO NO PRIMEIRO E ÚLTIMO DIA DE ANÁLISE



NOTA: EM – Filme à base de amido de milho incorporado com encapsulado; EI – Filme à base de amido de inhame incorporado com encapsulado; FI – Filme à base de amido de inhame incorporado com fruta; FM – Filme à base de amido de milho incorporado com fruta.

FONTE: A autora (2021).

Embora por meio da FIGURA 13 seja visto uma pequena alteração na coloração, a mesma não ocorreu. A aparência se diferiu quanto ao efeito de murchar do morango, devido à perda de água. A aparência e coloração são aspectos de extrema importância pois estas prejudicam diretamente a aceitação da fruta.

De acordo com as imagens apresentadas, o efeito de murchar foi maior para o morango sem recobrimento, sendo que este ficou totalmente murcho. Os morangos com agente livre e encapsulado tiveram menor perda de água e conseqüentemente murcharam menos.

3.3.4 Acidez titulável, pH e sólidos solúveis

Na TABELA 7 são apresentados os valores encontrados para sólidos solúveis, pH, acidez titulável e razão sólidos solúveis e acidez titulável – SST/AT (*ratio*) – análise para definir a doçura da fruta, segundo Berilli et al. (2011).

TABELA 7 - VALORES ENCONTRADOS PARA OS MORANGOS COM RECOBRIMENTOS COMESTÍVEIS, SEM RECOBRIMENTO E IN NATURA

	pH	Sólidos solúveis (%)	Acidez titulável (mg ác. cítrico 100 g ⁻¹ polpa)	Relação SST/AT (<i>ratio</i>)
B	3,64±0,01 ^c	1,70±0,00 ^d	1,57±0,01 ^a	0,64±0,00 ^f
IF	3,58±0,00 ^d	4,30±0,00 ^b	0,77±0,00 ^e	5,56±0,01 ^c
IE	3,72±0,02 ^b	4,10±0,01 ^b	1,01±0,00 ^b	4,06±0,01 ^d
MF	3,67±0,00 ^c	3,50±0,00 ^c	0,92±0,00 ^c	3,82±0,01 ^e
ME	3,91±0,01 ^a	5,00±0,02 ^a	0,81±0,01 ^d	6,18±0,02 ^b
<i>In natura</i>	3,55±0,01 ^d	5,00±0,01 ^a	0,75±0,01 ^f	6,69±0,03 ^a

NOTA: B – Morango sem recobrimento; IF – Morango com filme de amido de inhame com fruta; IE – Morango com filme de amido de inhame incorporados de encapsulados; MF – Morango com filme de amido de milho incorporados de fruta; ME – Morango com filme de amido de milho incorporados de encapsulado. n=3 Ratio – Utilizado para medir a doçura da fruta.

FONTE: A autora (2021).

Observa-se que o pH não sofreu alterações ao longo dos dias, pois o valor encontrado para o morango *in natura*, valor inicial, é próximo ao encontrado para os morangos incorporados dos agentes encapsulados e da fruta cereja-do-Rio-Grande. Este valor é próximo ao encontrado por Marques et. al (2011) em seu estudo, que por sua vez considerou o morango ³/₄ vermelho e maduro, ambos obtendo valor de pH próximos.

Os sólidos solúveis indicam a doçura da fruta. Notou-se que os mesmos permaneceram próximos ao encontrado para o morango *in natura*. Isto pode ter ocorrido por conta do estado de maturação da fruta já estar avançado considerando o dia de colheita da mesma – aproximadamente 6 dias antes do início do experimento. Marques et. al (2011) encontrou em seu trabalho 6,9 °Brix

para o morango maduro e quando analisou-se o morango *in natura* no presente trabalho, o valor encontrado foi de 5 °Brix, valor próximo ao citado na literatura.

Siqueira et al. (2008) apresentou em seu trabalho um teor de sólidos solúveis de 9 °Brix no dia 1 e 8 °Brix no dia 8 de análise para o morango, esta pequena discrepância pode ser dada pelo fato de que quando se colhe a fruta mais verde para que possa demorar a amadurecer, quando amadurece, apresenta menor teor de sólidos solúveis em relação a colheita pronta para se consumir, como é citado por Fagundes e Yamanishi (2001) em seu estudo. O comportamento apresentado por ele em seu estudo foi o mesmo comportamento observado para o presente trabalho. Houve um decréscimo da porcentagem sólidos solúveis, isto foi descrito por Kluge et al. (2002) como um resultado do armazenamenro prolongado.

A acidez titulável variou de 0,747 mg de ácido cítrico 100 g⁻¹ de polpa para o morango *in natura* a 1,565 mg de ácido cítrico 100 g⁻¹ de polpa para o morango após 7 dias sem recobrimento comestível. O valor encontrado por Marques et. al (2011) foi de 0,867 mg de ácido cítrico 100 g⁻¹ de polpa para o morango maduro, o mesmo permaneceu próximo ao encontrado no presente trabalho tanto para o morango *in natura* quanto para os morangos que estavam com recobrimento comestível após os 7 dias de repouso.

A relação SST/AT é utilizada principalmente para determinar critérios do fruto, como a sua doçura. Françoso et. al (2008) encontrou em seu trabalho 6,71 para o morango no dia 1 e 5,97 no dia 8 de análise. No presente trabalho encontrou-se 6,694 para o morango *in natura* e variações entre os tratamentos entre 3,819 para MF e 6,184 para ME, estes sendo próximos ao encontrado na literatura. Siqueira et. al (2009) manteve os morangos sob refrigeração e encontrou aproximadamente 7,11 após 10 dias de análise, comprovando que o mesmo mantêm suas propriedades mais inalteradas quando submetido à refrigeração.

3.3.5 Oxidação do β -caroteno/ácido linoleico

Na TABELA 8 é apresentado os valores encontrados para a capacidade antioxidante dos filmes à base de amido de inhame e amido de milho incorporados com a fruta cereja-do-Rio-Grande e seu encapsulado.

TABELA 8 - CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DOS FILMES À BASE DE AMIDO DE MILHO E AMIDO DE INHAME INCORPORADO DA FRUTA CEREJA-DO-RIO-GRANDE E SEU ENCAPSULADO

Teor de β -caroteno dos filmes (%)	
ME	12,43±4,09 ^c
MF	63,48±9,50 ^a
IE	41,59±5,09 ^b
IF	53,69±3,71 ^{ab}

NOTA: ME – Filmes de amido de milho incorporado com encapsulado; MF – Filmes de amido de milho incorporados com fruta; IE – Filmes de amido de inhame incorporados com encapsulado; IF – Filmes com amido de inhame incorporados com fruta. Letras iguais na mesma coluna indicam nível de significância 95% por meio de teste de Tukey.

FONTE: A autora (2021).

Nota-se que a capacidade antioxidante foi mais alta para os filmes incorporados com fruta e dentre estes o mais alto foi o filme à base de amido de milho. Já em relação aos encapsulados, a capacidade antioxidante foi mais alta para o filme à base de amido de inhame, chegando próximo aos filmes incorporados com a fruta em si. Isso mostra que houve eficiência na incorporação tanto da fruta quanto do encapsulado nos filmes.

Na TABELA 8 observa-se que o teor de β -caroteno dos filmes IE e IF são significativamente iguais. O mesmo ocorre para os filmes IF e MF, que também são significativamente iguais.

Como citou Pereira (2017) em seu estudo, a incorporação de agentes antioxidantes em filmes serve como forma de proteger o alimento da degradação oxidativa e com isso inibir as reações de oxidação ou até mesmo reagir aos radicais livres e peróxidos, trabalhando para o aumento da vida de prateleira e este é o motivo da alta relevância dos compostos antioxidantes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com isso, a cereja-do-Rio-Grande, avaliada neste estudo, apresenta alto valor de atividade antioxidante para os métodos de ABTS●+, FRAP e β -caroteno e um nível considerável de inibição aos microrganismos *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae*. Também demonstrou teor considerável quantidade de compostos fenólicos e flavonoides, que possuem uma grande importância para o objetivo do trabalho.

Os filmes à base de amido de milho e amido de inhame incorporados com fruta e agente encapsulado apresentaram boas características físicas, e obtiveram alto teor de atividade antioxidante para o método de β -caroteno e um baixo nível de inibição aos microrganismos já citados.

Os recobrimentos comestíveis incorporados nos morangos demonstraram eficácia pois diminuíram a perda de água, mantendo a coloração e murchando menos quando observados visualmente no decorrer dos dias. Estes mantiveram o valor de pH próximos ao início e fim da análise, mostrando que não houve interferência deste fator.

Por fim, conclui-se a viabilidade da utilização da fruta cereja-do-Rio-Grande utilizando amido de inhame e amido de milho como base para a elaboração de coberturas comestíveis e a incorporação em morangos, visando o aumento da vida de prateleira.

REFERÊNCIAS

- AVELINO, K. R. S. Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis à base de tomate (*Lycopersicon esculentum*). 2019. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados. 2019.
- ASSIS, O. B. G., LEONI, E.. M. Filmes comestíveis de quitosana. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. Ed 30. Jan/jun, 2003.
- BERILLI, S. S. et al. Avaliação sensorial dos frutos de cultivares de abacaxi para consumo *in natura*. **Rev. Bras. Frutic.** E. 592-598. São Paulo. 2011.
- CAMLOFSKI, A. M. O. Caracterização do fruto de cerejeira (*eugenia involucrata* DC) visando seu aproveitamento tecnológico. 38 f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade de Ponta Grossa. Ponta Grossa – PR. 2008.
- CORRADINI, E. et al. Amido Termoplástico. EMBRAPA. São Carlos. 2007.
- DELLA ANTONIA, B. Qualidade pós-colheita de cerejeira-do-rio-grande (*eugenia involucrata* DC.): caracterização de acessos e estádios de maturação. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências. Área de Concentração: Fitotecnia). Universidade de São Paulo. Piracicaba – SP. 2020.
- FAGUNDES, G. R., YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo 'solo' comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal – SP, v. 23, n.3, p. 541-545. 2001.
- FARIAS, M. G. et al. Caracterização físico-química de filmes comestíveis de amido adicionado de acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) **Química Nova**. Rio de Janeiro. 2012.
- FAKHOURI, F. M. et al. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. 2007.
- FRANÇOSO, I. L. T., COUTO, M. A. L., CANNIATTI-BRAZACA, S. G., ARTHUR, V. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 2008.
- GALINDO, M. V. et al. Atividade antimicrobiana e antioxidante de filmes comestíveis de gelatina e quitosana adicionados de óleos essenciais. **Segurança Alimentar e Nutricional**. 2019.
- GOMES, M. A. Caracterização de filmes comestíveis do amido fosfatado da *Swartzia Burchelli* para aplicação pós-colheita em tomate cerejeira. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Goiás. Anápolis – GO. 2014.
- HOFFMANN, F., SIGUEL, F. Produção de filmes biodegradáveis a base de lignina, ágar e nanocelulose. Trabalho de Conclusão de Curso. 46 p. (Bacharel

em Engenharia Química - Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Ponta Grossa, 2018.

KALAYCIOGLU Z. et al. Antimicrobial and Pshysical Properties of Chitosan Filmes Incorporated with Turmeric Extract. **Research Gate**. 2017.

KLUGE, R. A. et al. Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado. Livraria e Editora Rural. 2 ed. Campinas, 2002. 214p

LOPES, V. M. P. Produção e caracterização de filmes bioativos à base de nanocelulose por incorporação de óleo essencial de cravinho-da-Índia e eugenol. Dissertação. 114 p. (Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Biotecnologia – Universidade da Beira Interior, Ciências). Covilhão, 2018.

MAIA, L. H., PORTE, A., SOUZA, V. F. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. **B. Ceppa**. Curitiba. Jan/Jun 2000.

MALI, S. et al. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina. 2010.

MARQUES, D. F. et al. Características físicas e químicas de morango orgânico “Camino real” colhido em dois estádios de maturação. III Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita – SPC 2011.

MIRANDA, B. M. Extração de bioativos da casca de jabuticaba: pectina e antocianinas. 2019. 100 f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás – Escola de Agronomia. Goiânia. 2019.

MUNHOZ, P. C., et al. Caracterização química de frutas nativas vermelhas: araçá vermelho, cereja-do-rio-grande, pitanga e jabuticaba. In: ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL. **Palestras e resumos**. Pelotas, 2014.

NOGUEIRA, G. F. Incorporação de polpa de amora como antioxidante em filmes comestíveis e biodegradáveis de amido de araruta. 2018. 333 f. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP. 2018.

ORTROSKY, E. A., et al. Métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da concentração mínima inibitória (CMI) de plantas medicinais, **Revista Brasileira de Farmacognosia**. São Paulo. 2008.

PEREIRA, L. C. L. Desenvolvimento de filmes ativos antioxidantes de pva incorporado com extrato dp farelo da amêndoa de cacau. 2017. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga. 2017.

REIS, L. C. B., et al. Filme biodegradável incorporado com glicerol e aditivos naturais. Cadernos de Prospecção. Salvador. 2011.

RIGO, L. N. Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis. 2006. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai. Erechim. 2006.

- RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNES, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do fero (FRAP). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 4 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 125).
- RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNES, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema betacaroteno/ ácido linoleico. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 4 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 126).
- RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNES, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS •+. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 128). SANTOS, A. E. O. et al. Influência de biofilmes de fécula de mandioca e amido de milho na qualidade pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife. 2011.
- SATO, T. S., MEDEIROS, T. M., HOSCHIED, J., PROCHNAU, I. S. Proposta de formulação contendo extrato de folhas de *Eugenia involucrata* e análise antimicrobiana. **Revista Fitos**. Rio de Janeiro. 2018.
- SANTOS, A. F. et al. Uso de biofilme comestíveis na conservação pós-colheita de tomates e pimentos. *Revista Verde*. Mossoró – RN. 2011.
- SILVA, E. M. Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de pinhão. 2011. 43 f. TCC. (Diplomação em Engenharia Química). – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2011.
- SILVA, J. B. et al. Quantificação de fenóis, flavonoides totais e atividades farmacológicas de geoprópolis de *Plebeia aff. Flavocincta* do Rio Grande do Norte. **Morfofisiologia – Pesq. Vet. Bras.** 2016.
- SOARES, C. E. A. Caracterização estrutural e potencial da galactomanana de *Adenantha pavonina* L. como matéria-prima para produção de filmes comestíveis bioativos. 2009. 262 f. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2009.
- SOUZA, V. B. DE. **Extração e encapsulação por coacervação complexa das proantocianidinas da canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume)**. 2016. Tese de doutorado em Ciências. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. VICENTINI, N. M. Elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita. 2003. 216 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Horticultura) – Universidade Estadual de São Paulo. Botucatu. 2003.
- VICENTINI, N. M.; CEREDA, M. P.; CÂMARA, F. L. A. Revestimento de fécula de mandioca, perda de massa e alteração de cor de frutos de pimentão. **Scientia Agrícola**. Piracicaba. 1999.

VILLADIEGO, A. M. D. et al. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres**. Viçosa. 2005.

WEBER, F. H. et al. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. 2009.

WHITT, et al. Genetic diversity and selection in the maize starch pathway. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. North Carolina. 2002.