

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CÂMPUS CENTRAL SEDE ANÁPOLIS - CET
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
MARESSA SILVA MOREIRA CARVALHO

**EXTRAÇÃO DE PECTINA DE CASCA DE MELANCIA: PRODUÇÃO DE
BIOFILMES E APLICAÇÃO DE PECTINA CÍTRICA COMO COBERTURA
COMESTÍVEL NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE TOMATE CEREJA**

ANÁPOLIS-GO
2021

MARESSA SILVA MOREIRA CARVALHO

**EXTRAÇÃO DE PECTINA DE CASCA DE MELANCIA: PRODUÇÃO DE
BIOFILMES E APLICAÇÃO DE PECTINA CÍTRICA COMO COBERTURA
COMESTÍVEL NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE TOMATE CEREJA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás - UEG, Campus Central Sede Anápolis – CET, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de concentração CNPQ: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas

Orientador: Prof. Dr. André José de Campos

Coorientador: Prof. Dr. Diego Palmiro Ramirez Ascheri

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

CSI58 Carvalho, Maressa Silva Moreira
6e EXTRAÇÃO DE PECTINA DE CASCA DE MELANCIA: PRODUÇÃO
DE BIOFILMES E APLICAÇÃO DE PECTINA CÍTRICA COMO
COBERTURA COMESTÍVEL NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE
TOMATE CEREJA / Maressa Silva Moreira Carvalho;
orientador André José de Campos; co-orientador Diego
Palmiro Ramirez Ascheri. -- Anápolis, 2021.
76 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Engenharia Agrícola) -- Câmpus
Central - Sede: Anápolis - CET, Universidade Estadual
de Goiás, 2021.

1. Citrullus lanatus. 2. Solanum lycopersicum. 3.
Caracterização. 4. Qualidade. 5. Armazenamento. I.
Campos, André José de , orient. II. Ascheri, Diego
Palmiro Ramirez, co-orient. III. Título.

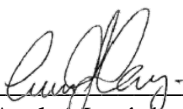
MARESSA SILVA MOREIRA CARVALHO

**EXTRAÇÃO DE PECTINA DE CASCA DE MELANCIA: PRODUÇÃO DE
BIOFILMES E APLICAÇÃO DE PECTINA CÍTRICA COMO COBERTURA
COMESTÍVEL NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE TOMATE CEREJA**


Dissertação defendida ao Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Engenharia Agrícola, Campus Central
Sede Anápolis – CET, Universidade Estadual de Goiás,
para obtenção do título de mestre.

Aprovada: Anápolis, 29 de outubro de 2021.

Banca examinadora



Prof. Dr. André José de Campos
Universidade Estadual de Goiás



Dr.ª Cristiane Maria Ascari Morgado
Universidade Estadual de Goiás



Prof. Dr. Flávio Alves da Silva
Universidade Federal de Goiás

ANÁPOLIS – GO
2021

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. André José de Campos, pelos anos de orientação, dedicação, compromisso, apoio e paciência.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Diego Palmiro Ramirez Ascheri, pela paciência e apoio.

À Dr^a Cristiane Maria Ascari Morgado, por todo carinho, paciência, compromisso e disposição.

Ao Prof. Dr. Olacir, pelo treinamento de manipulação de equipamentos de laboratório, na condução do experimento.

Aos meus pais, por todo amor, palavras de apoio e incentivo, zelo e paciência.

Ao meu esposo, por todo tempo de auxílio, companheirismo, encorajamento e dedicação.

A todos os meus colegas presentes nessa jornada, em especial, Gabriella Andrezza, pelo auxílio na instalação do experimento, paciência, palavras de incentivo e amizade.

Aos Professores do Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás.

Ao Programa de Mestrado Stricto Sensu em Engenharia Agrícola e a Universidade Estadual de Goiás.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pela colaboração. Em especial ao Sr. Fernando, pelo auxílio, disposição e paciência comigo.

À Capes pelo auxílio financeiro para a realização desta pesquisa.

À todos que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho.

E principalmente a Deus, pois sem Ele, eu nada teria feito.

“A persistência é o caminho do êxito”.

Charles Chaplin

RESUMO

Embora a melancia seja apreciada e presente, conseqüentemente, elevada produção no Brasil, esse fruto gera quantidade de resíduos excessivos, como por exemplo a casca, sendo está descartada de forma inapropriada no ambiente. Entretanto, da casca da melancia, obtém-se a pectina que pode ser utilizada em diversas aplicações, como a fabricação de embalagens de filmes comestíveis, podendo ser utilizado no prolongamento da vida útil de frutos, como o tomate cereja, que é uma hortaliça entre as mais produzidas e possui características que agradam o consumidor. Sabendo disso, o objetivo desse trabalho foi produzir filmes à base de pectina extraída da casca de melancia, e avaliar o efeito dessa cobertura comestível na conservação pós-colheita do tomate cereja. No primeiro experimento, inicialmente, secou-se a casca de melancia em estufa à $65\pm 3^{\circ}\text{C}$ e, em seguida, realizou-se a extração da pectina utilizando um microondas à 450 W, por 12 minutos, e a solução da amostra com pH 1,52. Quanto ao filme, a pectina foi diluída em água destilada a $60\pm 1^{\circ}\text{C}$, sendo a solução homogeneizada por agitação, e durante esse processo acrescentou-se o glicerol. Em seguida, a solução foi colocada em placa de polipropileno e encaminhada para estufa a $60\pm 3^{\circ}\text{C}$ até peso constante. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial duplo 4x4, com quatro repetições, sendo diferentes concentrações de pectina de melancia (1,5%; 2,0% e 2,5%) e 2,0% de pectina comercial (controle), e diferentes concentrações de glicerol (0%; 0,5%; 1,0% e 1,5%). As variáveis analisadas foram: rendimento, espessura, coloração, solubilidade, permeabilidade, grau de esterificação e propriedade mecânica. Para o segundo experimento utilizou-se a cobertura comestível que apresentou os melhores resultados no primeiro experimento, sendo aplicado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial duplo 6x5, sendo diferentes tempos de imersão (0, 1, 2, 3, 4 e 5 minutos) e dias de análise (0, 4, 8, 12 e 16 dias), com quatro repetições e seis frutos cada. Após a aplicação das coberturas comestíveis, os frutos foram armazenados em incubadoras B.O.D. à 10°C . As variáveis analisadas foram: perda de massa, coloração, firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, índice de maturação, vitamina C, polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante total. Os dados dos experimentos foram submetidos a análise de variância, a 5% de probabilidade, e, quando significativos, utilizou-se análise de regressão para o primeiro experimento e análise de componentes principais e agrupamento hierárquico para o segundo experimento. Os softwares utilizados para as análises estatísticas foram o Sisvar 5.6 e o Rstudio. Com base nos resultados obtidos, a melhor concentração para formulação do filme foi 2,0% de pectina comercial e 1,5% de glicerol. Em relação a conservação dos frutos, a imersão na cobertura por 4 minutos apresentou-se mais eficaz, sendo os frutos mantidos em condição ideal de consumo até o 12º dia de análise.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus*, *Solanum lycopersicum*, Caracterização, Qualidade, Armazenamento.

ABSTRACT

Although watermelon is appreciated and consequently has a high production in Brazil, this fruit generates excessive amounts of waste, such as the rind, and is discarded inappropriately in the environment. However, from the watermelon rind, pectin is obtained, which can be used in various applications, such as the manufacture of edible film packaging, and can be used to extend the shelf life of fruits, such as cherry tomatoes, which are a vegetable among the most produced and has characteristics that please the consumer. Knowing this, the objective of this work was to produce films based on pectin extracted from the rind of watermelon, and to evaluate the effect of this edible coating on the postharvest conservation of cherry tomatoes. In the first experiment, initially, the watermelon rind was dried in an oven at $65\pm 3^{\circ}\text{C}$ and then pectin extraction was performed using a microwave at 450 W, for 12 minutes, and the sample solution at pH 1,52. As for the film, pectin was diluted in distilled water at $60\pm 1^{\circ}\text{C}$, and the solution was homogenized by stirring, and during this process glycerol was added. Then, the solution was placed in a polypropylene plate and sent to an oven at $60\pm 3^{\circ}\text{C}$ until constant weight. The experimental design was completely randomized in a double factorial scheme 4×4 , with four replications, with different concentrations of watermelon pectin (1.5%; 2.0% and 2.5%) and 2.0% of commercial pectin (control), and different concentrations of glycerol (0%; 0.5%; 1.0% and 1.5%). The variables analyzed were: yield, thickness, coloration, solubility, permeability, degree of esterification and mechanical property. For the second experiment, the edible covering was used, which showed the best results in the first experiment, using a completely randomized design in a 5×10 double factorial scheme, with different immersion times (0, 1, 2, 3, 4 and 5 minutes) and days of analysis (0, 4, 8, 12, and 16 days), with four repetitions and six fruits each. After application of the edible coatings, the fruits were placed on expanded polystyrene containers and stored in B.O.D. at 10°C . The analyzed variables were: mass loss, color, firmness, soluble solids, titratable acidity, maturation index, vitamin C, total extractable polyphenols and total antioxidant activity. The data from the experiments were submitted to analysis of variance, at 5% probability, and, when significant, regression analysis for the first experiment and principal component analysis and hierarchical grouping for the second experiment. The software used for statistical analysis were Sisvar 5.6 and Rstudio. Based on the results obtained, the best concentration for film formulation was 2.0% commercial pectin and 1.5% glycerol. Regarding the preservation of the fruits, immersion in the covering for 4 minutes was more effective, with the fruits being kept in an ideal condition for consumption until the 12th day of analysis.

Keywords: *Citrullus lanatus*, *Solanum lycopersicum*, Characterization, Quality, Storage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Preparo das melancias para separação da polpa e da casca.	23
Figura 2-Casca e entrecasca de melancia para secagem.....	23
Figura 3-Casca e entrecasca de melancia após a secagem à $65\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 60 horas (A). Moagem da casca e entrecasca de melancia em moinho de facas (B).....	23
Figura 4-Acidificação da mistura de farinha da casca e entrecasca de melancia e água destilada com o ácido clorídrico (HCL) (A). Solução filtrada após irradiação no microondas e estabilização do pH (B).	24
Figura 5-Centrifugação da amostra por 20 minutos à 4000 rpm (A). Filtragem da pectina úmida da casca e entrecasca da melancia extraída após centrifugação e precipitação (B).	25
Figura 6-Solução em placa de polipropileno antes da secagem (A). Filme a base de casca e entrecasca de melancia após a secagem (B).	25
Figura 7-Sanitização dos tomates cereja em hipoclorito de sódio a 200 mg L^{-1} (A). Secagem em temperatura ambiente dos frutos após sanitização (B).	26
Figura 8-Formulação da cobertura de pectina cítrica comercial (A). Imersão dos frutos na solução para cobertura comestível (B). Secagem dos tomates cereja em temperatura ambiente após aplicação do tratamento (C).	27
Figura 9-Armazenagem dos tomate cereja nas incubadoras à 10°C	27
Figura 10- Espectros FT-IR de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (PM:1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (PC: tratamento controle), sob diferentes concentrações de glicerol (GLI).	35
Figura 11-Luminosidade de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (PM:1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (PC: tratamento controle), sob diferentes concentrações de glicerol.....	36
Figura 12-Croma (saturação) de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (PM: 1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (PC: tratamento controle), sob diferentes concentrações de glicerol (0 %; 0,5%; 1,0% e 1,5%)...	38
Figura 13-° hue (tonalidade) de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (PM:1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (PC: tratamento controle), e diferentes concentrações de glicerol (0 %; 0,5%; 1,0% e 1,5%).	39
Figura 14-Espessura (mm) de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (PM:1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (PC: tratamento controle), sob diferentes concentrações de glicerol.....	40

Figura 15-Permeabilidade ao vapor de água (PVA, $\text{g mm}^{-1} \text{h}^{-1} \text{m}^{-2} \text{kPa}^{-1}$) de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (PM: 1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (PC: tratamento controle), sob diferentes concentrações de glicerol.....	41
Figura 16-Resistência à tração (Pa) de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (tratamento controle) (A), e sob diferentes concentrações de glicerol (0 %; 0,5%; 1,0% e 1,5%) (B).....	43
Figura 17-Elongação (%) de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (PM: 1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (PC: tratamento controle) (A), sob diferentes concentrações de glicerol (0 %; 0,5%; 1,0% e 1,5%) (B).....	44
Figura 18-Análise de componentes principais para as variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja submetidos a diferentes tempos de imersão na cobertura à base de pectina cítrica comercial (T0: 0 minutos, T1: 1 minuto, T2: 2 minutos, T3: 3 minutos, T4: 4 minutos e T5: 5 minutos). PM:Perda de massa; L: Luminosidade; H: Hue; C: Cromo; F: Firmeza de casca; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez titulável; IM: Índice de maturação; VC:Vitamina C; ABTS: Atividade antioxidante; PET: Polifenóis extraíveis totais.	51
Figura 19-Análise de componentes principais para as variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja revestido com pectina cítrica comercial e submetidos à diferentes dias de análise (D0: controle, D4: quarto dia, D8: oitavo dia, D12: décimo segundo dia, D16: décimo sexto dia). PM:Perda de massa; L: Luminosidade; H: Hue; C: Cromo; F: Firmeza de casca; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez titulável; IM: Índice de maturação; VC:Vitamina C; ABTS: Atividade antioxidante; PET: Polifenóis extraíveis totais.	53
Figura 20-Dendrograma de similaridade utilizando distância euclidiana e método de agrupamento <i>complete linkage</i> para tomate cereja submetidos a diferentes tempos de imersão na cobertura à base de pectina cítrica comercial (T0: 0 minutos, T1: 1 minuto, T2: 2 minutos, T3: 3 minutos, T4: 4 minutos e T5: 5 minutos).....	54
Figura 21-Dendrograma de similaridade utilizando distância euclidiana e método de agrupamento <i>complete linkage</i> para tomate cereja revestido com pectina cítrica comercial e submetidos a diferentes dias de análise (D0: controle, D4: quarto dia, D8: oitavo dia, D12: décimo segundo dia, D16: décimo sexto dia).....	55

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1-Componentes principais (CP), autovalores, porcentagem da variância explicada pelos componentes (PVE) e porcentagem da variância explicada acumulada (PVEA) para os atributos de qualidade do tomate cereja, em relação ao tempo de imersão na cobertura à base de pectina cítrica comercial e aos dias de análise.----- 46
- Tabela 2-Autovetores de correlação dos três primeiros componentes principais (CP) em relação as variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja submetidos a diferentes tempos de imersão na cobertura à base de pectina cítrica comercial.----- 48
- Tabela 3-Autovetores de correlação dos três primeiros componentes principais (CP) em relação as variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja revestido com pectina cítrica comercial e submetidos aos dias de análise.----- 49

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1.	Melancia e aproveitamento de resíduos.....	16
2.2.	Pectina.....	17
2.3.	Caracterização do tomate cereja.....	18
2.4.	Cobertura comestível.....	20
3.	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1.	Local do experimento e origem dos frutos.....	22
3.2.	Caracterização do primeiro experimento.....	22
3.3.	Caracterização do segundo experimento.....	26
3.4.	Variáveis analisadas.....	28
3.4.1.	Primeiro experimento.....	28
3.4.1.1.	Rendimento.....	28
3.4.1.2.	Grau de esterificação.....	28
3.4.1.3.	Coloração.....	28
3.4.1.4.	Espessura.....	29
3.4.1.5.	Solubilidade.....	29
3.4.1.6.	Permeabilidade.....	29
3.4.1.7.	Propriedade Mecânica.....	30
3.4.2.	Segundo experimento.....	30
3.4.2.1.	Perda de massa (PM).....	30
3.4.2.2.	Coloração.....	30
3.4.2.3.	Firmeza (F).....	31
3.4.2.4.	Sólidos solúveis (SS).....	31
3.4.2.5.	Potencial hidrogeniônico (pH).....	31
3.4.2.6.	Acidez Titulável (AT).....	31
3.4.2.7.	Índice de maturação (IM).....	31
3.4.2.8.	Vitamina C (VC).....	32
3.4.2.9.	Polifenóis extraíveis totais (PET).....	32
3.4.2.10.	Atividade antioxidante total (ABTS).....	32

3.4.3. Análise estatística.....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Parâmetros em relação ao biofilme à base de pectina.....	33
4.1.1. Rendimento	33
4.1.2. Grau de esterificação	34
4.1.3. Coloração	35
4.1.4. Espessura.....	39
4.1.5. Permeabilidade ao vapor de água	40
4.1.6. Propriedade mecânica.....	42
4.1.6.1. Resistência à tração.....	42
4.1.6.2. Elongação.....	43
4.1.7. Solubilidade	44
4.2. Tempo de imersão dos tomates cereja e dias de análise.....	45
5. CONCLUSÃO.....	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1. INTRODUÇÃO

A alta produtividade da melancia pode gerar aumento no volume dos resíduos agroindustriais, principalmente as cascas, decorrentes de inadequadas condutas na sua produção, transporte, comercialização e conservação, bem como oriundas do descarte doméstico, por não apresentarem um consumo expressivo, devido a questões culturais (PORTELA, 2009). Assim, visando o aproveitamento integral dos frutos, e a valorização desse resíduo, a extração de pectina poderia ser uma alternativa de utilização da casca, o que minimizaria os problemas ambientais decorrentes do acúmulo de massa nos lixões, além de fornecer uma fonte alternativa do polissacarídeo para o processamento de alimentos e outros produtos que necessitem de pectinas adicionais em sua formulação (PROVIN, 2012; LEI et al., 2021).

A pectina é um polissacarídeo encontrado na parede celular de vegetais superiores, contribuindo para adesão entre as células, bem como para a integridade e rigidez dos tecidos, e é considerada uma das macromoléculas mais complexas na natureza (JOLIE et al., 2010; FERNANDES et al., 2014; VIANA, 2017). A estrutura básica de todas as moléculas de pectina consiste em uma cadeia linear de unidades α -D-ácido galacturônico, sendo de 100 a quase 1.000 monômeros de ácido galacturônico (SANTI et al., 2014).

Para a extração da pectina, a partir do tecido vegetal, agentes químicos são necessários, tais como ácidos, bases, compostos quelantes ou por meio da utilização de enzimas (KOUBALA et al., 2008a, b; FISSORE et al., 2010; LIANG et al., 2012), sendo que em meios ácidos fortes, as ligações glicosídicas da pectina são hidrolisadas, e em meio alcalino a pectina é desmetoxilada.

O processo compreende três etapas essenciais: extração do material da planta, fruto ou resíduo; purificação do extrato líquido e separação da pectina da solução. A extração da pectina pode ser uma fonte alternativa do polissacarídeo para o processamento de alimentos e outros produtos que necessitem de pectinas adicionais em sua formulação, já que este polissacarídeo é um ingrediente importante na indústria alimentar, sendo utilizado como geleificante, espessante, emulsionante e estabilizante, bem como na elaboração de filmes e revestimentos comestíveis (PROVIN, 2012; LUVIELMO e LAMAS, 2012; CHAPARRO et al., 2015).

De modo prático, os filmes e coberturas são diferenciados pela forma de produção e aplicação ao produto (FREIRE, 2019). Os filmes são pré-formados em moldes para posterior aplicação, sendo usada como material de embrulho, enquanto as coberturas são desenvolvidas quando aplicadas no estado líquido sobre o alimento revestindo a superfície do produto

(PASCALL e LIN, 2013; SOUZA et al., 2021; MAAN et al., 2021). Dessa maneira, há três formas para a aplicação da cobertura: por pulverização, imersão ou aplicação com pincel. Dentre elas, a imersão é o procedimento mais comum e garante que toda a superfície entre em contato com a solução filmogênica, além de que uma leve agitação permite o desprendimento de bolhas, possibilitando uma deposição mais homogênea (ASSIS e BRITO, 2014).

O tempo de imersão para um completo revestimento é fortemente dependente da concentração de polímeros em solução, podendo variar de alguns segundos a minutos. Estes tempos de imersão podem ser otimizados, já que a interrupção da deposição ocorrerá quando a densidade de cargas na superfície do fruto se anular, o que acontecerá quando todos os sítios de interação estiverem ocupados, sendo que, após um determinado tempo, não haverá mais material depositado na superfície do fruto, ou seja, um maior tempo de imersão não resultará em aumento na espessura do filme (ASSIS e BRITO, 2014; PAULA, 2016).

Após o procedimento de imersão, o material aplicado é desidratado à temperatura ambiente, o solvente evapora e forma-se a cobertura sobre o alimento (EMBRAPA, 2017). Como estas coberturas passam a fazer parte do alimento a ser consumido, os materiais empregados em sua formação devem ser considerados como GRAS (*Generally Recognized As Safe*), ou seja, serem atóxicos e seguros para o uso em alimentos (FDA, 2016).

Como o fruto é um órgão vivo e, ao longo do armazenamento passa por processos fisiológicos que geram pequenas alterações de volume e textura, as coberturas devem apresentar uma flexibilidade mínima o suficiente para acompanhar essas pequenas alterações sem geração de danos estruturais, como trincas ou destacamento. Os plastificantes são substâncias empregadas com o objetivo primário de aumentar a flexibilidade de um polímero e, conseqüentemente, melhorando suas propriedades e favorecendo uma melhor adesão (ISOTTON, 2013; ISOTTON et al., 2015).

Entre os compostos mais usados, encontra-se o glicerol, devido a sua boa eficiência em plastificação e grande disponibilidade (EPURE et al., 2011; PASSOS, 2015). Comercialmente, o glicerol recebe o nome de glicerina, e é um composto orgânico pertencente à função álcool, líquido à temperatura ambiente, higroscópico, inodoro, viscoso e de sabor adocicado (BEATRIZ et al., 2011).

Já que a demanda por materiais plásticos produzidos a partir de fontes renováveis tem experimentado um crescimento contínuo, tanto em função de interesses econômicos quanto por razões ambientais, os filmes podem ser utilizados como embalagens (MARTELLI et al., 2014). Além disso, dentre as formas de se minimizar as alterações nas características de frutas e hortaliças frescas, a utilização de coberturas comestíveis se mostra bastante promissora,

contribuindo para a proteção e envolvimento de alimentos, mantendo assim a composição físico-química durante o armazenamento dos frutos, aumentando a vida útil (SOUSA, 2012; PAULA, 2016; CASTILHO et al., 2016; RODRIGUES, 2015; SOUZA et al., 2021).

Dessa forma, a utilização de embalagens que prolonguem a vida de prateleira de frutas e hortaliças é uma prática comum e necessária, sendo recomendada a aplicação de cobertura comestível visto que essas coberturas proporcionam a redução da perda de umidade, textura melhorada, redução da taxa de respiração e, além disso, ajuda a manter as propriedades fisiológicas, preservando a qualidade do fruto (KOHATSU et al., 2016; GHOSH et al., 2021).

Segundo a Conab (2019), no Brasil, o tomate é um dos principais produtos hortícolas, produzido em todas as regiões, com destaque para os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais, que concentram mais da metade da área e produção nacional, e onde se encontram as principais indústrias processadoras de tomate. O principal tomate comercializado no Brasil, para consumo *in natura*, é o Salada Longa Vida, seguido pelo Italiano e os minitomates (cereja).

Entretanto, o tomate é um fruto climatérico altamente perecível e gera perdas de até 21% após a colheita (RINALDI et al., 2011; KIM et al., 2021) apresentando assim vida útil pós-colheita bastante reduzida, tanto pela vulnerabilidade dos tecidos quanto pela manutenção do metabolismo, em que alguns sinais visíveis como a mudança de cor, a resistência imposta ao tato, textura e aroma, são alguns dos indicativos das transformações nas quais passam o fruto ao longo do processo de amadurecimento, até tornarem-se comestível, sendo estas características decisivas na escolha do consumidor (SANTIAGO et al., 2018; ÁLVAREZ et al., 2021). Com o intuito de diminuir essas perdas, preservando as propriedades de qualidade e aumentando sua vida útil, são utilizadas tecnologias para o armazenamento e conservação pós-colheita (OLIVERIA, 2020).

Dessa forma, a utilização de técnicas como as coberturas comestíveis em tomates cereja, visando o aumento da vida útil dos frutos (MALGARIM et al., 2005; OLIARI, 2014), podem ser aplicadas. Além disso, o armazenamento refrigerado, aliado a outras técnicas de conservação (MENDONÇA et al., 2015), é uma ferramenta importante para o prolongamento da vida útil de frutos, sendo o principal meio de conservação, possibilitando, portanto, a comercialização em locais distantes da produção (MORGADO et al., 2015). Portanto, a vida útil de frutas frescas e produtos vegetais, após a colheita, pode ser estendida pela junção destas duas técnicas, sendo recomendada a aplicação de revestimentos e armazenamento refrigerado (GOMES, 2014; SHAH; HASHMI, 2020). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi produzir biofilmes à base de pectina extraída da casca de melancia e avaliar o efeito dessa cobertura comestível na conservação pós-colheita de tomate cereja.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Melancia e aproveitamento de resíduos

A melancia (*Citrullus lanatus*), pertence à família *Cucurbitaceae* e é amplamente cultivada em climas favoráveis, de regiões tropicais a temperadas, e consumida globalmente, a qual tem grande importância na dieta alimentar e na economia do agronegócio brasileiro (OOTANI et al., 2016; SONG et al., 2018; NEGLO et al., 2021; EL-NEMR et al., 2021).

Segundo o IBGE (2021), somente no Brasil no ano de 2020 foram produzidas 2.184.907 toneladas de melancia. A região Centro-Oeste foi responsável pela produção de 295.512 toneladas e somente o estado de Goiás atingiu a produção de 227.020 toneladas de melancia.

As frutas mais comercializadas são as melancias graúdas, com peso variando entre 8 e 15 kg, destinadas ao mercado interno, enquanto que as sem sementes e as minis melancias, com peso variando de 1 a 6 kg (AMARAL et al., 2016). Somente as cascas de melancia respondem por cerca de 30 a 41% da massa total da fruta e, como resíduo agrícola de alta emissão, se tornou uma preocupação ambiental séria, tornando necessário entender o valor sustentável da casca, tanto do ponto de vista ecológico quanto econômico (GUO et al., 2021).

Considerando a produção mundial de melancia em 2017-2018, aproximadamente 42 milhões de toneladas de subprodutos da melancia (casca e sementes) foram geradas por indústrias de processamento de suco de frutas, produtores de suco de frutas artesanais e restaurantes durante a produção, preparação e consumo de melancia (ZIA et al., 2021). Com o crescimento contínuo da população mundial, esgotamento de fontes renováveis, redução de terras para o cultivo e o acúmulo excessivo desse resíduo, tem-se a necessidade de valorização desse subproduto para ser utilizado como ingrediente substituto para produzir produtos funcionais nas indústrias alimentícia, farmacêutica e de embalagens (RICO et al., 2020).

A casca da melancia contém grandes quantidades de pectina, e pode ser utilizada no aproveitamento de resíduo como uma fonte potencial de pectina. Há poucas informações disponíveis em relação a formulação de filmes e coberturas à base de pectina derivada de casca de melancia, sendo, portanto, uma sugestão de estudo (GUO et al., 2021; HAN e SONG, 2021).

2.2. Pectina

A pectina é um polissacarídeo encontrado na parede celular de vegetais superiores, contribuindo para adesão entre as células, bem como para a integridade e rigidez dos tecidos, e é considerada uma das macromoléculas mais complexas na natureza (JOLIE et al., 2010; FERNANDES et al., 2014; VIANA, 2017; MUÑOZ-ALMAGRO et al., 2021). Os polissacarídeos são macromoléculas, polímeros constituídos de monossacarídeos unidos em longas cadeias, e muitos polissacarídeos são formas de armazenamento de açúcares. A estrutura básica de todas as moléculas de pectina consiste em uma cadeia linear de unidades α -1-4-D-ácido galacturônico, sendo de 100 a quase 1.000 monômeros de ácido galacturônico, podendo apresentar ainda ramnose (ADITIVOS E INGREDIENTES, 2016; SANTI et al., 2014; LARA-ESPINOZA et al., 2018).

Por definição, as pectinas são ácidos pécticos com diferentes graus de esterificação e neutralização, em que as pectinas são subdivididas em função do grau de esterificação ou metoxilação: pectinas de alta esterificação (ATM), superior a 50%, ou pectinas HM (High Methoxylation); pectinas de baixa esterificação (BTM) ou pectinas LM (Low Methoxylation), inferior a 50%; e pectinas amidadas de baixa esterificação ou pectinas amidadas (XIE et al., 2021). O grau de metoxilação é definido como a porcentagem de unidades de ácido galacturônico esterificado em relação ao número total de unidades de ácido galacturônico na molécula, sendo que este parâmetro pode afetar o tipo de aplicação da pectina (MARIĆ et al., 2018).

O processo de fabricação de pectina compreende três etapas essenciais: extração do material da planta, purificação do extrato líquido e separação da pectina da solução (FOODS INGREDIENTS BRASIL, 2014). Vários métodos de extração foram desenvolvidos para melhorar a eficiência de extração e qualidade da pectina, como extração por solvente por agitação e aquecimento, extração por refluxo, extração por microondas, extração enzimática, extração assistida por ultrassom (GRASSINO et al., 2016).

Em geral, as tecnologias convencionais de extração requerem grandes quantidades de solventes com tempo de tratamento prolongado, enquanto que a extração por microondas promove a redução do tempo de processamento, aumento significativo no rendimento, menor consumo de energia, bem como a diminuição do uso de solventes. Portanto, a extração por microondas é uma solução quanto ao processamento em relação ao meio ambiente (CHEMAT et al., 2017).

A extração da pectina apresenta múltiplos estágios físico-químicos, sendo este processo influenciado por várias condições, como temperatura, pH, tempo, solventes, relação

material/solvente e número de extrações (GRASSINO et al., 2016). Agentes químicos são necessários para a extração da pectina a partir do tecido vegetal, tais como ácidos, bases, compostos quelantes ou por meio da utilização de enzimas, sendo que em meios ácidos fortes, as ligações glicosídicas da pectina são hidrolisadas, e em meio alcalino a pectina é desmetoxilada, sendo que a pectina disponível comercialmente é obtida quimicamente usando extração ácida (KOUBALA et al., 2008a, b; FISSORE et al., 2010; LIANG et al., 2012; MARIĆ et al., 2018).

Embora a pectina ocorra comumente na maioria dos tecidos vegetais, o número de fontes que podem ser usadas para a fabricação comercial de pectina é limitado (GRASSINO et al., 2016). As pectinas extraídas de materiais distintos apresentam características diferentes (grau de esterificação, tamanho das partículas, conteúdo de açúcares, teor de cinzas e outros) e têm, conseqüentemente, propriedades funcionais diferentes, o que possibilita o estudo de fontes alternativas de extração (MUNHOZ et al., 2010). Além disso, a demanda do mercado por pectina está em contínua expansão e novas fontes de pectina precisam ser reconhecidas e melhor utilizadas (BAISSISSE e FAHLOUL, 2018).

Assim, a extração da pectina pode ser uma fonte alternativa do polissacarídeo para o processamento de alimentos e outros produtos que necessitem de pectinas adicionais em sua formulação, já que este polissacarídeo é seguro para o corpo humano e um ingrediente importante na indústria alimentar, sendo utilizado como gelificante em compotas e geleias, espessante, emulsionante e estabilizante em produtos lácteos, margarinas, maioneses e molhos ou substitutos de gorduras em confeitaria e gelados, bem como a elaboração de filmes e coberturas comestíveis (CHAPARRO et al., 2015; LUVIELMO e LAMAS, 2012; ZHANG et al., 2018; MARIĆ et al., 2018; XIE et al., 2021). Portanto, coberturas comestíveis à base de polissacarídeos, como a pectina, são consideradas alternativas ecologicamente corretas e podem reduzir o uso de conservantes químicos aplicados para tratamentos pós-colheita (BARRETO et al., 2016).

2.3. Caracterização do tomate cereja

Dentre as diferentes hortaliças fruto cultivadas, o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é a segunda mais difundida e cultivada no mundo, apresentando grande importância econômica e nutricional. Encontra-se em crescimento expressivo, principalmente o grupo cereja, pela excelente aceitação quanto ao sabor adocicado e intenso, características organolépticas superiores aos tomates tradicionais, baixo tempo de preparo e tamanho reduzido, sendo uma das variedades de tomate de maior popularidade a nível mundial (SILVA et al.,

2017; COSTA et al., 2018; BUENDÍA–MORENO et al., 2019; SILVA et al., 2020a; MEDEIROS et al., 2021).

Segundo o IBGE (2021), no Brasil em 2020 a produção chegou a 3.753.595 toneladas de tomate, sendo a região Centro-Oeste responsável pela maior produção, 1.132.028 toneladas, destacando-se o estado de Goiás, em que a produção foi de 1.098.311 toneladas de tomate.

Geralmente, o tomate cereja é utilizado *in natura* em saladas, mas também pode ser utilizado no processamento de polpas, molhos, extratos, entre outros. Possui propriedades como alta atividade antioxidante, teor de sólidos solúveis, vitamina A, B e C, potássio, ácido fólico, magnésio, baixa acidez e elevado teor de licopeno (SILVA et al., 2017; MACIEL et al., 2018; OLIVEIRA, 2020; SILVA et al., 2020a; MEDEIROS et al., 2021; BATISTA et al., 2021). O fruto é responsável pela redução do risco de certos tipos de câncer e contém substâncias antioxidantes que exercem papel preventivo, especialmente contra as doenças crônicas não transmissíveis (SILVA et al., 2020b).

O peso dos frutos pode variar de 5 até a 30 g e cada esgalho pode conter de 6 a 18 frutos (FERREIRA, 2016). Além disso, o tomate cereja pode apresentar variações em relação a cor, como vermelha, laranja, amarelo, rosa, marrom, bicolor, tricolor e também em relação ao formato, sendo oblongo, pera, achatado, pitanga, globular e alongado, sendo frutos mais firmes e que possuem pencas de 12 a 18 cachos, aspectos esses ainda pouco conhecidos pelos consumidores (SANTOS et al., 2016; SILVA et al., 2020b; GUERRA e RODRIGUES, 2021).

No entanto, é um fruto altamente perecível, com alto teor de nutrientes e água, promovendo sua degradação devido a transpiração, respiração e microrganismos, bem como perdas pós-colheita devido a danos mecânicos, armazenamento, manuseio, transporte inadequado e tempo de exposição no varejo (ZHU et al., 2019; MENDES et al., 2020; PANAHIRAD et al., 2021).

Por isso, algumas técnicas são utilizadas visando a manutenção da qualidade dos frutos, aumentando sua vida útil (OLIVEIRA et al., 2015; MENEZES et al., 2017). Dentre essas técnicas, pode-se utilizar as coberturas comestíveis, pois estas mantêm a firmeza, inibem o crescimento microbiano e reduzem à perda de massa dos frutos durante o armazenamento (DOTTO et al., 2015; AZIZ e SALANA, 2021).

2.4. Cobertura comestível

A demanda por materiais plásticos produzidos a partir de fontes renováveis tem mostrado um crescimento contínuo, tanto em função do aumento maciço da poluição, nas últimas décadas sendo um dos motivos os filmes à base de petróleo que também são conhecidos por causar diversos problemas de saúde, quanto em razão de interesses econômicos. Especificamente em relação à indústria de alimentos, o impacto crescente dessas embalagens, determinado pelas mudanças de hábitos dos consumidores, bem como a preocupação em relação à segurança e qualidade dos alimentos. Apesar de ainda apresentar custos de produção superiores aos polímeros convencionais, estas embalagens de fontes renováveis têm sido objeto de extensas pesquisas e avaliações (MARTELLI et al., 2014; PADRÃO et al., 2016; SHIVANGI et al., 2021).

Vários estudos têm proposto técnicas que visem a preservação da qualidade de frutos na pós-colheita, como atmosferas modificadas, resfriamento com ar forçado ou outros processos de resfriamento, choque térmico, tratamentos osmóticos, irradiação e revestimentos comestíveis. A utilização de coberturas comestíveis se mostra uma alternativa eficaz e ecológica bastante promissora, visto que elas proporcionam boas condições mecânicas, são atóxicas e não poluentes, podem ser aplicadas em baixo custo, e estendem a vida útil de frutos (GUERREIRO et al., 2015; PAULA, 2016; CASTILHO et al., 2016; SANCHÍS et al., 2016).

De modo prático, os filmes e coberturas são diferenciados pela forma de produção e aplicação ao produto (FREIRE, 2019). Os filmes são pré-formados para posterior aplicação, enquanto as coberturas são desenvolvidas quando aplicadas sobre o alimento (PASCALL e LIN, 2013). Há três formas para a aplicação da cobertura: por pulverização, imersão ou aplicação com pincel. Após o procedimento, o material aplicado é desidratado à temperatura ambiente, o solvente evapora e forma-se a cobertura sobre o alimento (PAULA, 2016).

Os revestimentos comestíveis contribuem para proteção e envolvimento de alimentos, tendo como vantagem a possibilidade de controlar a migração de vapor de água; permeabilidade ao oxigênio e migração lipídica (NOR e DING, 2020). As coberturas podem vir adicionadas de nutrientes, com o intuito de fortificar o produto, como antioxidantes, aromas e agentes antimicrobianos, melhorando assim a integridade do produto e a eficiência da cobertura utilizada (SOUSA, 2012; RODRIGUES, 2015). Como estas coberturas passam a fazer parte do alimento a ser consumido, os materiais empregados em sua formação devem ser considerados como GRAS (*Generally Recognized As Safe*), ou seja, serem atóxicos e seguros para o uso em alimentos, e garantindo que atender as qualidades de uma embalagem convencional, como

proteção, preservação, contenção e informação (ISOPENCU et al., 2021; TRAN et al., 2021; SOOD e SAINI, 2021).

Dentre os tipos de coberturas, apontados como a solução mais promissora ecologicamente, têm-se diferentes constituições a base de polímeros renováveis de ocorrência natural, como proteínas, lipídios e polissacarídeos (como por exemplo amidos, dextrina, celulose, alginato, quitosana e pectina), que apresentam características desejáveis como biodegradabilidade e barreiras de vapor (sem criar condições anaeróbicas severas para o fruto) (SHIVANGI et al., 2021; CARDENAS-BARBOZA et al., 2021).

As coberturas hidrofílicas que são formadas de polissacarídeos, como a pectina, são mais indicadas para superfícies fatiadas, frutas com aspectos brilhantes que apresentem alta molhabilidade ou presença de cargas superficiais. Por terem afinidade por água, as coberturas hidrofílicas preservam o aspecto hidratado, mantendo por mais tempo a superfície brilhante, sendo esta cobertura mais indicada para produtos com características mais hidrofílicas (ASSIS e BRITO, 2014).

Além de aumentar o brilho dos frutos tornando-os mais atraentes para os consumidores sem interferir com suas propriedades sensoriais, os revestimentos auxiliam na preservação e manutenção da qualidade dos frutos, aumentando a sua vida útil (GOMES et al., 2016).

Avaliando o efeito de revestimento à base de pectina na manutenção da cor, Oliveira et al. (2012) observaram que quanto maior a concentração de pectina adicionada na produção do revestimento maior foi a eficiência do biofilme para retardar o escurecimento e o aparecimento das colorações vermelha e amarela dos tomates, principal indicativo do amadurecimento do fruto.

Menezes e Athmaselvi (2016) constataram que o revestimento comestível à base de pectina estendeu a vida de prateleira do sapoti em até onze dias, retardando as mudanças nos parâmetros físico-químicos, como perda de peso, sólidos solúveis, pH, acidez, ácido ascórbico, firmeza e cor, enquanto o sapoti não revestido estava no estado comestível somente até o quinto dia.

Costa et al. (2021), avaliando revestimento comestível em tomate cereja orgânico, constataram que a técnica de conservação utilizada inibiu o crescimento de microrganismos garantindo a saúde dos consumidores, com a comercialização de produtos mais seguros, uma vez que a qualidade higiênica sanitária dos tomates cereja revestidos foi preservada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento e origem dos frutos

As melancias foram adquiridas, para confecção dos biofilmes, no município de Anápolis-GO, situada a 1017 m de altitude, latitude: 16° 19' 36" sul, longitude: 48° 57' 10" oeste, na Central Estadual de Abastecimento (CEASA) do município, sendo os frutos oriundos do município de Uruana, localizada a 558 metros de altitude, latitude: 15° 29' 37" sul e longitude: 49° 41' 23" oeste. Os frutos foram transportados para o Laboratório de Secagem e Armazenagem de Produtos Vegetais e para o Laboratório de Química, pertencentes à Universidade Estadual de Goiás - Campus Central - Henrique Santillo, em Anápolis/GO, onde foi realizado o primeiro experimento.

Os tomates cereja foram oriundos do município de Goianápolis-GO, de latitude: 16° 30' 38" sul, longitude: 49° 01' 20" oeste e 964 m de altitude. Realizou-se a colheita manual dos frutos no dia 16 de dezembro de 2020, sendo, após a colheita, transportados em caixas de poliestireno expandido (EPS) para o Laboratório de Pós-colheita, do Centro de Pesquisa e Pós-Graduação (CPPG), do curso de Engenharia Agrícola, pertencente à Universidade Estadual de Goiás - Campus Central - Henrique Santillo, situado no município de Anápolis/GO, onde foram selecionados, manualmente e visualmente, quanto aos defeitos, injúrias, tamanho, forma e coloração, visando a homogeneização do lote.

3.2. Primeiro experimento

As melancias, após o transporte e recebimento no laboratório, foram lavadas em água corrente e, em seguida, foram sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio a 200 mg L⁻¹, durante 10 minutos. Após a sanitização, realizou-se o processo de fabricação da farinha da casca de melancia, em que os frutos foram cortados (Figura 1) em quatro partes, sendo retirada e armazenada a polpa, e a casca cortada em pedaços de 6 cm de comprimento e 0,4 cm de espessura (Figura 2), conforme Cristo et al. (2018). Em seguida, as cascas passaram pelo processo de secagem em estufa com circulação e renovação de ar SL-102, à 65±3°C por 60 horas (Figura 3A). Após a secagem, triturou-se as cascas de melancias secas em moinho de facas (Figura 3B), para obtenção da farinha que foi armazenada em frasco de vidro âmbar até o processo de extração da pectina.

Figura 1-Preparo das melancias para separação da polpa e da casca.



Fonte: Autor.

Figura 2-Casca e entrecasca de melancia para secagem.



Fonte: Autor.

Figura 3-Casca e entrecasca de melancia após a secagem à $65\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 60 horas (A). Moagem da casca e entrecasca de melancia em moinho de facas (B).

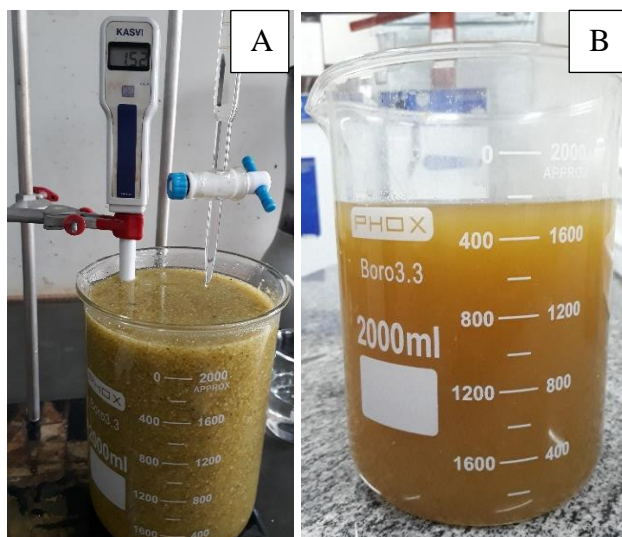


Fonte: Autor.

Para o processo de extração da pectina da farinha da casca de melancia, utilizou-se o método descrito por Maran et al. (2014), com alterações. Em um béquer adicionou-se a farinha da casca de melancia juntamente com água destilada, em proporção sólido/líquido 1:20 (1 g de farinha de casca de melancia para 20 mL de água destilada). Em seguida, durante a homogeneização da amostra, acrescentou-se ácido clorídrico a 6 mol L^{-1} , visando obter pH igual a 1,52 (Figura 4A). Em seguida a mistura foi aquecida em microondas, marca Panasonic, à 450 W, em porções de 500 mL e irradiada por 12 minutos.

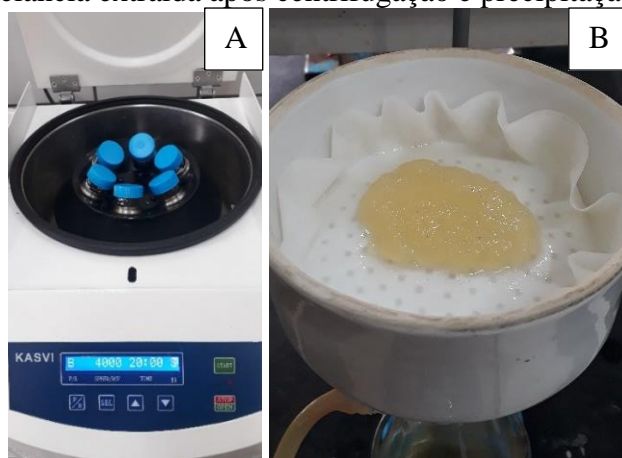
Após o resfriamento da amostra em temperatura ambiente, realizou-se a filtragem em tecido organza (Figura 4B) e, em seguida, a amostra passou pelo processo de centrifugação (Figura 5A) à 4000 rpm, por 20 minutos, na Centrífuga de Bancada Kasvi. No sobrenadante obtido, acrescentou-se etanol a 95% (v/v), afim de que ocorresse a precipitação da pectina. Para a filtragem da amostra e obtenção da pectina (Figura 5B), utilizou-se bomba de vácuo da marca New Pump e pressão de 25 kPa e papel filtro quantitativo da marca Unifil (faixa azul) de 185 mm de diâmetro. Em seguida, a pectina foi lavada três vezes com etanol a 95% (v/v), visando a remoção de monossacarídeos e dissacarídeos. Posteriormente, realizou-se novamente a filtragem da amostra em bomba à vácuo, e a pectina extraída foi submetida a secagem em estufa a $50 \pm 3^\circ\text{C}$, até peso constante.

Figura 4-Acidificação da mistura de farinha da casca e entrecasca de melancia e água destilada com o ácido clorídrico (HCL) (A). Solução filtrada após irradiação no microondas e estabilização do pH (B).



Fonte: Autor.

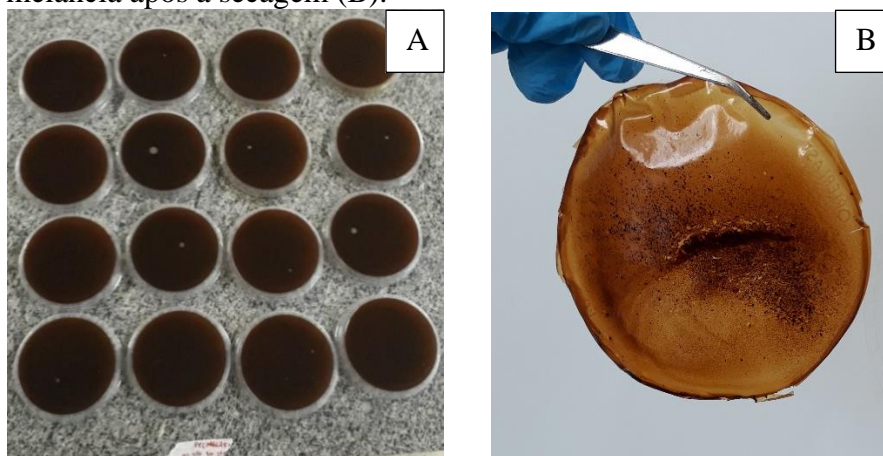
Figura 5-Centrifugação da amostra por 20 minutos à 4000 rpm (A). Filtragem da pectina úmida da casca e entrecasca da melancia extraída após centrifugação e precipitação (B).



Fonte: Autor.

Para a formulação do filme a base de pectina, o método utilizado foi conforme descrito por Menezes Filho et al. (2019), em que as diferentes concentrações de pectina foram diluídas em água e misturadas com diferentes concentrações de glicerol, sendo a homogeneização feita em agitador magnético por 1 hora à 60 ± 1 °C. Após esse tempo de dissolução, foi colocado 50 mL da solução em placa de polipropileno (9,0 cm de diâmetro e 1,5 cm de espessura), sendo a temperatura ambiente de 25,7 °C e a umidade relativa de 58% (Figura 6A). Em seguida, as amostras foram submetidas a secagem em estufa à 60 ± 3 °C (Figura 6B). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial duplo 4x4, sendo diferentes concentrações de pectina de melancia (1,5%; 2,0% e 2,5%) e 2,0% de pectina comercial (controle), e concentrações de glicerol (0%; 0,5%; 1,0% e 1,5%), com quatro repetições.

Figura 6-Solução em placa de polipropileno antes da secagem (A). Filme a base de casca e entrecasca de melancia após a secagem (B).

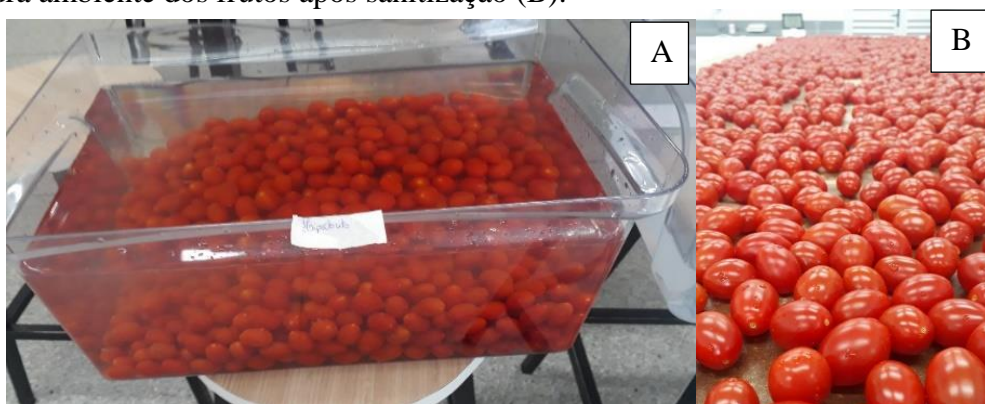


Fonte: Autor.

3.3. Segundo experimento

Foram utilizados tomates cereja, totalizando 1584 frutos, sendo que após o transporte, os mesmos passaram por um processo de sanitização, em que foram lavados em água corrente, para retirada de sujidades, e após foram submetidos a higienização em hipoclorito de sódio a 200 mg L^{-1} , por 10 minutos (Figura 7A), enxaguados em água destilada, e em seguida os frutos foram colocados sob papel absorvente para secagem em temperatura ambiente de $22 \pm 1^\circ\text{C}$ e $62 \pm 5\%$ U.R (Figura 7B).

Figura 7-Sanitização dos tomates cereja em hipoclorito de sódio a 200 mg L^{-1} (A). Secagem em temperatura ambiente dos frutos após sanitização (B).



Fonte: Autor.

Para a formação da cobertura comestível utilizou-se o revestimento que apresentou os melhores resultados no primeiro experimento, sendo a pectina comercial na concentração de 2,0% e o glicerol na concentração de 1,5%. A dissolução de pectina ocorreu em água destilada a $60 \pm 1^\circ\text{C}$ (Figura 8A), com auxílio do agitador magnético. Em seguida, após resfriamento até temperatura ambiente, os frutos foram imersos na cobertura no respectivo tempo, retirados, e após, decorrido os 10 minutos e escorrido o excesso, foram novamente imersos na solução, no mesmo tempo (Figura 8B). Posteriormente, foram secos em temperatura ambiente a $21 \pm 1^\circ\text{C}$ e armazenados (Figura 8C).

Figura 8-Formulação da cobertura de pectina cítrica comercial (A). Imersão dos frutos na solução para cobertura comestível (B). Secagem dos tomates cereja em temperatura ambiente após aplicação do tratamento (C).



Fonte: Autor.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial duplo 6x5, sendo diferentes tempos de imersão (0, 1, 2, 3, 4 e 5 minutos), sendo o tempo zero o tratamento controle (sem revestimento), e dias de análise (0, 4, 8, 12 e 16 dias), com quatro repetições e seis frutos por parcela.

Após a aplicação dos tratamentos e a secagem dos frutos em temperatura ambiente, os tomates foram dispostos em grades envolvidas com filme PVC (cloreto de polivinila) e armazenadas em incubadoras B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) à $10 \pm 2,7^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa (UR) de $63 \pm 3\%$ (Figura 9).

Figura 9-Armacenagem dos tomates cereja nas incubadoras à 10°C .



Fonte: Autor.

3.4. Variáveis analisadas

3.4.1. Primeiro experimento

3.4.1.1. Rendimento

Foi obtido pela seguinte equação 1:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{massa seca da pectina extraída}}{\text{massa seca da farinha da casca de melancia}} \times 100 \quad (1)$$

3.4.1.2. Grau de esterificação

Para realização do grau de esterificação, o filme em formato quadricular com 2 cm² foi encaminhado ao espectro de infravermelho da marca Perkin Elmer, onde foram coletados os espectros para a análise de transmitância obtidos na região 400 a 4.000 cm⁻¹ e resolução de 4 cm⁻¹, conforme Jesus (2017). Depois, foram analisadas as bandas nos intervalos de 1500 a 1800 cm⁻¹, e para a realização dos cálculos fez-se necessário determinar a integral da área de ambos os picos. Através da utilização do software OriginPro 8.5, determinou-se o valor dos picos correspondentes aos grupos esterificados e não esterificados através da integral da área do espectro. O grau de esterificação foi obtido utilizando a equação 2:

$$\text{DE} = \frac{\text{Ap est}}{\text{Apn est} + \text{Ap est}} \times 100 \quad (2)$$

Em que: DE = grau de esterificação; Ap est = área dos picos dos grupos carboxílicos esterificados; Apn est = área dos picos dos grupos carboxílicos não esterificados.

3.4.1.3. Coloração

Em relação a coloração dos frutos, utilizou-se o colorímetro da marca Konica Minolta, modelo CR-400, em que por refletância, foram obtidos o parâmetro luminosidade, e as coordenadas a* e b*. A coordenada L* indica quão escuro (0) e quão claro (100) é o produto, a coordenada a* está relacionada à intensidade de verde (-a) a vermelho (+a) e a coordenada b* está relacionada à intensidade de azul (-b) a amarelo (+b) (KONICA MINOLTA, 2007). Assim, determinou-se o °hue e o Croma por meio das equações 3 e 4, respectivamente:

$$\text{°hue} = \arctang \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (3)$$

$$\text{Croma} = \sqrt{(a^*{}^2 + b^*{}^2)} \quad (4)$$

3.4.1.4. Espessura

A espessura dos filmes foi obtida realizando a média de dez pontos dispersos do filme, com auxílio do micrômetro digital, com medições de 0-12 mm e precisão de $\pm 0,01$ mm.

3.4.1.5. Solubilidade

Foi determinada segundo o método proposto por Gontard et al. (1992), com modificações. O filme foi cortado em forma de um quadrado de 2 cm^2 . Após a determinação de sua massa, adicionou-se a amostra em erlenmeyer de 250 mL e acrescentou-se 50 mL de água destilada, e em seguida, em um agitador do tipo banho Dubnoff da marca Ethik Technology, iniciou-se o processo de agitação por 24 h a 25°C e 100 rpm. Após esse processo, o filme foi seco em estufa com circulação de ar forçada da marca Nova Ética, à 105°C por 24 h. A solubilidade em água foi calculada conforme equação 5:

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad (5)$$

Em que: M_i = massa inicial; M_f = massa final do material seco não solubilizado.

3.4.1.6. Permeabilidade

Para a determinação da permeabilidade ao vapor de água, utilizou-se o método gravimétrico, de acordo com o procedimento descrito por ASTM (1995a), em que os filmes, cortados em formato circular, foram colocados em células de permeação contendo sílica gel previamente seca a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ e ambiente a 0% de umidade relativa. As células de permeação foram colocadas dentro de um dessecador contendo água destilada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, ambiente com 100% de umidade relativa. A massa da célula e filme foi monitorada em intervalos de uma hora, durante seis horas, sendo a taxa de permeabilidade de vapor de água (T_{va}) e a permeabilidade ao vapor de água (P_{va}) calculadas utilizando-se as equações 6 e 7:

$$T_{va} = \frac{g}{tA} \quad (6)$$

$$P_{va} = \frac{x}{t \cdot \Delta p} \quad (7)$$

Em que: A = área de permeação (cm^2); g = ganho de peso (g); t = tempo total (h); x = espessura média do filme (mm); Δp = diferença de pressão do ambiente contendo sílica gel (0 kPa, a 25°C) e água pura (3,17 kPa, a 25°C)

3.4.1.7. Propriedade Mecânica

As análises relacionadas a propriedade mecânica foram determinadas de acordo com o método de ASTM D 882 (ASTM, 1995b), em que os filmes foram cortados em formato retangular de 2,5 cm de largura e 7,5 cm de comprimento. Os dados foram obtidos através do texturômetro da marca Brookfield modelo CT3, no qual as amostras foram fixadas em garras. A resistência à tração (RT) e a porcentagem de alongação (E) foram obtidas através das equações 8 e 9, respectivamente:

$$RT = \frac{F}{e.0,01.A} \quad (8)$$

$$E = \frac{d}{d0} * 100 \quad (9)$$

Em que: F = força máxima no momento da ruptura do filme (N); e = espessura do filme (mm); A = área do filme (mm²); d = distância percorrida para ruptura do filme (mm); d0 = distância inicial entre as garras (mm).

3.4.2. Segundo experimento

3.4.2.1. Perda de massa (PM)

Para a perda de massa dos tomates cereja, utilizou-se uma balança de precisão digital Shimadzu BL 3200H, carga máxima de 3200 g e mínima de 0,5 g, precisão de 0,001 g. A quantificação da perda de massa em porcentagem foi determinada pela equação 10:

$$\text{Perda de Massa (\%)} = \frac{(M_i - M_j)}{M_i} * 100 \quad (10)$$

Em que: M_i = massa inicial do fruto (g); M_j = massa do fruto no período subsequente a M_i (g)

3.4.2.2. Coloração

Em relação a coloração dos frutos, utilizou-se o colorímetro da marca Konica Minolta, modelo CR-400, em que por refletância, foram obtidos o parâmetro luminosidade, e as coordenadas a* e b*. A coordenada L* indica quão escuro (0) e quão claro (100) é o fruto, a coordenada a* está relacionada à intensidade de verde (-a) a vermelho (+a) e a coordenada b* está relacionada à intensidade de azul (-b) a amarelo (+b). Assim, determinou-se o ângulo °hue e o Croma por meio das equações 3 e 4, conforme tópico 4.4.1.3 (KONICA MINOLTA, 2007).

3.4.2.3. Firmeza (F)

Em relação a firmeza dos tomates cereja, utilizou-se o texturômetro da marca Brookfield, modelo CT3, com o auxílio de uma ponteira cilíndrica TA4/1000 de dimensões igual a 38,1 mm de diâmetro e 19 mm de altura, por meio de compressão à 7,0 mm s⁻¹ de velocidade e 5 mm de profundidade, sendo os valores expressos em Newton (N).

3.4.2.4. Sólidos solúveis (SS)

A determinação do teor de sólidos solúveis dos frutos se deu por leitura refratométrica, com refratômetro digital portátil da marca Reichert (Brix/RI-Chek), à 22°C, medindo de 0 a 62 °Brix, conforme recomendação da AOAC (2016), sendo os resultados expressos em °Brix.

3.4.2.5. Potencial hidrogeniônico (pH)

Foi obtido utilizando-se um potenciômetro portátil (pH 0-14 K39-0014P-Kasvi), com precisão de ± 0,06 e compensação automática de temperatura (AOAC, 2016).

3.4.2.6. Acidez Titulável (AT)

A determinação da acidez titulável dos frutos se deu por titulação potenciométrica, utilizando-se 5 g de polpa homogeneizada e diluída até o volume total de 100 mL com água destilada. A titulação foi feita com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 mol L⁻¹, tendo como indicador fenolftaleína a 1%. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico, equação (11), conforme recomendação da AOAC (2016):

$$AT (\%) = \frac{(V * Fc * C * Eq)}{Pa} \quad (11)$$

Em que: V= Volume da solução de NaOH gastos na titulação (mL); Fc= Fator de Correção da solução de NaOH; C= Concentração da solução de NaOH (mol L⁻¹); Eq= Equivalente-grama do ácido cítrico 0,6404; Pa= Peso da amostra adicionado no Erlenmeyer (g).

3.4.2.7. Índice de maturação (IM)

O índice de maturação foi determinado por meio da relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (TRESSLER e JOSLYN, 1961).

3.4.2.8. Ácido ascórbico (AA)

Em relação ao teor de ácido ascórbico, adicionaram-se 5 g de amostra macerada em um balão volumétrico de 50 mL, em seguida completou-se o volume do balão com solução extratora de ácido oxálico a 2%. Após a filtragem da amostra diluída, uma alíquota de 10 mL foi usada para a determinação quantitativa do teor de ácido ascórbico, por meio de titulação oxidativa com 2,6-diclorofenolindofenol a 0,02%, sendo o ponto de viragem detectado visualmente pela coloração rósea claro conforme Benassi e Antunes (1988) e AOAC (2012). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 mL⁻¹ de polpa.

3.4.2.9. Polifenóis extraíveis totais (PET)

Para obtenção dos extratos dos frutos, em um recipiente âmbar pesaram-se 2,5 g de amostra e adicionou-se 10 mL de metanol 50%, sendo a mistura homogeneizada e deixada em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. Em seguida, a solução foi transferida para um tubo de ensaio e centrifugada (1.000 rpm) durante 30 minutos, transferindo-se após o sobrenadante para um balão volumétrico de 25 mL. A partir do resíduo da primeira extração, adicionou-se 10 mL de acetona 70%, e novamente a mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente. Em seguida, centrifugou-se novamente a solução (1.000 rpm) durante 30 minutos, transferindo o sobrenadante para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante e completando o volume até 25 mL com água destilada.

Determinou-se conforme descrito por Rufino et al. (2010), em que, em tubos de ensaio, adicionou-se 0,4 mL do extrato do tomate cereja juntamente com água destilada até o volume de 1 mL, em seguida adicionou-se 1 mL de Folin Ciocalteau (em proporção 1:3), 2 mL de carbonato de sódio a 20% e 2 mL de água destilada. As leituras foram realizadas 30 minutos após a adição dos reagentes, em espectrofotômetro a 700 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico 100 g⁻¹ de fruta.

3.4.2.10. Atividade antioxidante total (ABTS)

Para a determinação da atividade antioxidante dos frutos, utilizou-se o método do radical ABTS, conforme descrito por Rufino et al. (2010), sendo uma alíquota de 0,03 mL de extratos diluídos em 100.000, 50.000 e 35.000 mg L⁻¹ transferida para tubos de ensaio e adicionado 3,0 mL do radical ABTS⁺. Após 6 minutos da reação, a absorbância foi medida em espectrofotômetro UV2000A Visível Instrutherm a 734 nm. Os resultados foram expressos em µmol de trolox g⁻¹ de massa fresca.

3.4.3. Análise estatística

Para o primeiro experimento, os dados foram submetidos a análise de variância e, quando significativos ($P \leq 0,05$), realizou-se análise de regressão. Para as análises estatísticas utilizou-se o software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2014).

Para o segundo experimento, utilizou-se a análise multivariada de variância permutacional (permanova) e, quando significativos ($P \leq 0,05$), os dados foram submetidos à análise de componentes principais (PCA), bem como a análise de agrupamentos hierárquicos, por meio do Software R 4.0.3 (R CORE TEAM, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Parâmetros em relação ao biofilme à base de pectina

4.1.1. Rendimento

Embora possa ser utilizada na elaboração de biofilmes, a extração da pectina da casca de melancia obteve rendimento de 2,68%, resultado abaixo do esperado e dos relatados em outros estudos, em que valores eficientes de extração encontram-se acima de 15%.

Sengar et al. (2020) observaram que para a obtenção de pectina, quanto maior a potência utilizada durante o processo de extração, menor foi o rendimento obtido, além disso também foi constatado que quanto maior o tempo utilizado nesse processo, menor o rendimento, mesmo mantendo a potência, sendo o rendimento de 25,42% utilizando uma potência de 900 W, maior que a deste trabalho (450W), entretanto com menor tempo de extração no microondas, sendo de 3,34 minutos, o que pode explicar o baixo rendimento obtido neste trabalho.

A redução da extração da pectina devido a potência de irradiação, é atribuído ao fato de que uma potência muito elevada e o tempo de exposição podem causar a desintegração da pectina dissolvida e cria mais monossacarídeos simples. O microondas causa o afrouxamento da estrutura da parede celular, o que aumenta a interação entre o solvente e o material de extração, ou seja, energia mais alta promove a permeação da pectina, levando à lixiviação da pectina durante o processo de aquecimento (MARAN et al., 2015; SENGAR et al., 2020).

Rodsomran e Sothornvit (2019), trabalhando com extração da pectina da casca de limão verificaram que os diferentes tipos de ácidos utilizados e o método de aquecimento durante o processo de extração influenciou no rendimento da pectina. Os autores constataram que a extração utilizando ácido clorídrico foi a que obteve maiores valores de rendimento, entretanto, quando utilizado o microondas como fonte de aquecimento, constatou-se redução na extração, sendo essas características semelhantes ao utilizado neste trabalho. No processo de

extração de pectina da casca de laranja, Su et al. (2019) testaram diferentes potências de irradiação variando de 160 W a 480 W e obtiveram valores de rendimento entre 4,1% e 26,1%, em que quanto maior a potência, maior foi o rendimento. A potência utilizada neste trabalho foi próxima ao estudado pelos autores citados, entretanto outro fator que pode influenciar o rendimento é o tempo de irradiação, em que foi utilizado neste trabalho 12 minutos de irradiação, enquanto os autores testaram 6 minutos, o que pode ter causado uma degradação na pectina promovendo redução no rendimento. A eficiência do processo de extração utilizando microondas deve atender a diferentes fatores, como o tamanho da partícula, potência, temperatura e tempo de radiação (BOURAS et al., 2015).

Siqueira (2019) obteve rendimento da extração de pectina proveniente do mesocarpo do pequi variando entre 10,3% a 22,9%. Estudando diferentes temperaturas e pH para extração de pectina da casca de limão, Flores et al. (2013) obtiveram até 52% de rendimento para pH de 1,3, próximo ao pH utilizado neste experimento.

Em seu trabalho, Monteiro (2021) obteve rendimento bruto da pectina produzida do mesocarpo do pequi de 13,68%. Jridi et al. (2020), após extrair pectina da casca de laranja, obtiveram ótimo rendimento de 30,78%.

4.1.2. Grau de esterificação

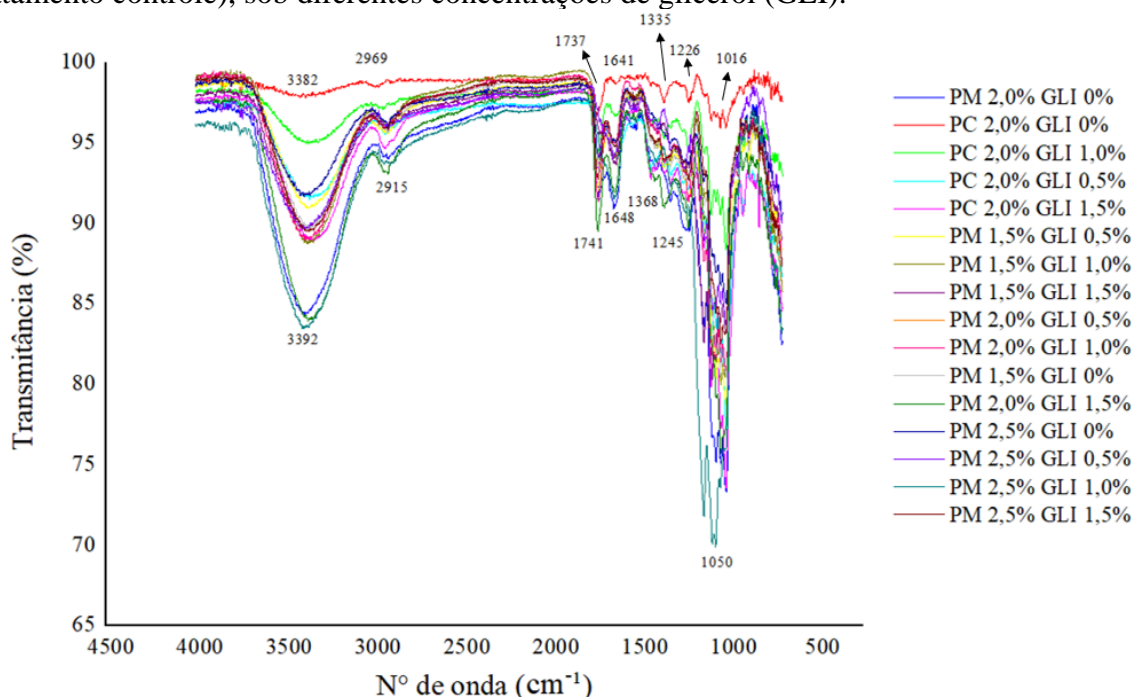
O grau de esterificação da pectina extraída da casca de melancia foi de 54,65% e para a pectina cítrica comercial analisada foi de 57,71%, sendo, portanto, classificadas como pectina com alto teor de metoxilação. Sengar et al. (2020), analisando diferentes extrações de pectina da casca de tomate, obtiveram pectina com 59,76% de grau de esterificação para extração utilizando microondas, sendo que o pH baixo de 1,5 utilizado na extração foi a justificativa para o percentual encontrado, uma vez que os resultados de grau de esterificação dependem da natureza do material de extração e das condições mantidas durante o processo de extração.

A pectina da casca de limão extraída por Rodsomran e Sothornvit (2019), apresentou alto grau de esterificação, variando de 70,81 a 91,58%, sendo utilizado microondas e ácido clorídrico, mesmas condições deste estudo, entretanto o ácido utilizado pode ter causado a desmetilação e fragmentação das cadeias poligalacturônicas, pois apresentou menor percentual em relação ao ácido cítrico testado.

A banda larga e forte (Figura 10) em torno de 3393 cm^{-1} pode ser atribuída ao modo de vibração de alongamento devido a interações intermoleculares através de ligações O – H entre monômeros de pectina, enquanto que as bandas em torno de 2969 cm^{-1} referem-se ao alongamento de C – H (NISAR et al., 2018). Além disso, os picos de comprimento de onda em

1737 cm^{-1} e 1340 cm^{-1} foram atribuídos à assimetria e vibrações simétricas de grupos carboxílicos presente na pectina, respectivamente, correspondendo ao C = O (éster) e C-O (CABELLO et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2016). Os picos em torno de 1000 cm^{-1} representaram vibrações de alongamento C – O – C (éter) e C – C do anel do ácido galacturônico na estrutura da pectina (NISAR et al., 2018; ZAMBUZI et al., 2021).

Figura 10- Espectros FT-IR de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (PM:1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (PC: tratamento controle), sob diferentes concentrações de glicerol (GLI).



Fonte: Autor.

Picos próximos às bandas observadas neste estudo também foram obtidas por Cabello et al. (2015), sendo constatado pelos autores que não houve mudança com a adição do plastificante na formulação dos biofilmes.

Dranca et al. (2021), estudando pectina pura, também relataram bandas de transmitância semelhantes ao encontrado neste trabalho. Avaliando biofilmes a base de pectina da casca de pomelo vermelho, Sood e Saini (2021) obtiveram picos de comprimento de onda dentro do encontrado neste trabalho.

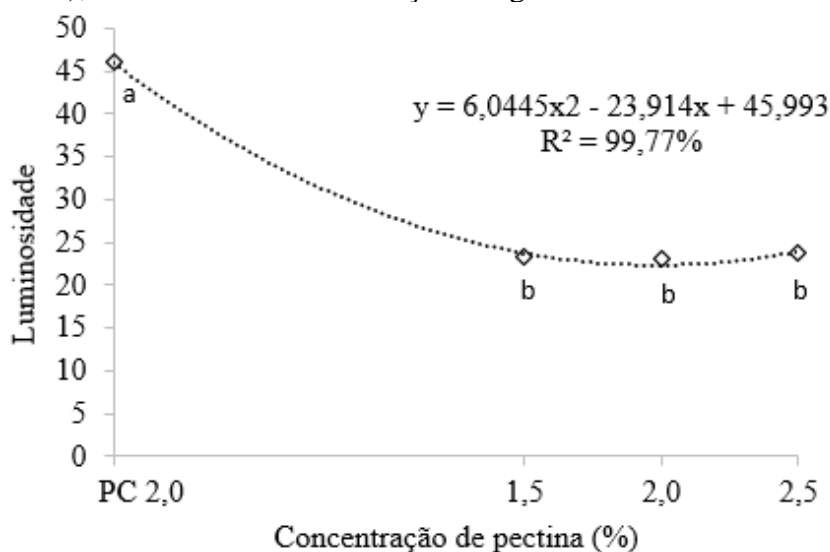
4.1.3. Coloração

A luminosidade não foi influenciada significativamente pela interação entre os fatores analisados, somente as diferentes concentrações de pectina foram significativas. Notou-se

(Figura 11) que os biofilmes submetidos as diferentes concentrações de pectina da casca de melancia, sendo 1,5%; 2,0% e 2,5%, apresentaram valores menores de luminosidade, variando de 23,23; 23,07 e 23,69, respectivamente, indicando biofilmes mais escuros. O aquecimento durante a formulação de biofilmes afeta negativamente a cor da pectina, assim, a temperatura mais elevada e o maior tempo de extração provavelmente causam o escurecimento da pectina e a coloração marrom (RODSOMRAN e SOTHORNVIT, 2019).

Em relação à pectina cítrica comercial, o biofilme apresentou coloração mais clara (46,09), sendo o mais indicado para utilização em frutos, visto que este não alterará a coloração do fruto em que a cobertura for aplicada. A coloração de biofilmes e coberturas comestíveis deve ser capaz de evidenciar a qualidade do produto e não pode alterar a sua visualização, isto é, espera-se que sejam incolores, com uma transparência semelhante aos materiais de embalagem poliméricos, ou próximos da cor do alimento sobre o qual o revestimento será aplicado (FERREIRA e SPRICIGO, 2017; GALUS et. al, 2013; GALUS et al., 2016).

Figura 11-Luminosidade de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (PM:1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (PC: tratamento controle), sob diferentes concentrações de glicerol.



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Autor.

Filho (2019) também encontrou valores baixos de luminosidade para biofilmes produzidos a base de farinha de casca de melancia, sendo de 26,25, o que foi próximo ao encontrado neste trabalho. Em biofilmes produzidos com pectina extraída do mesocarpo do

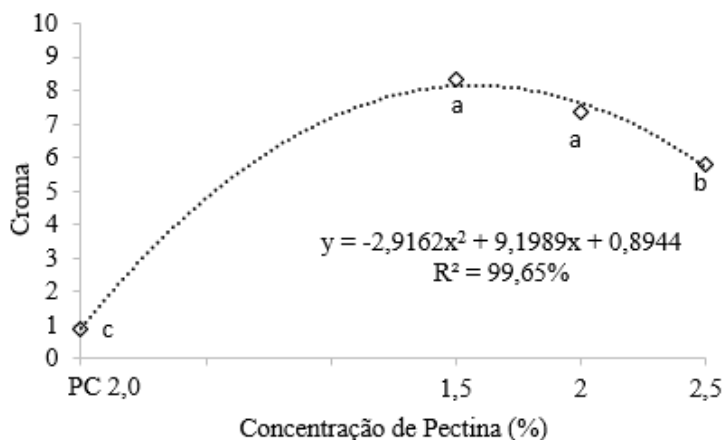
pequi e incorporado com extrato de própolis, Monteiro (2021) encontrou valores superiores de luminosidade, entre 61,56 e 68,86.

Nisar et al. (2018) encontraram valores elevados de luminosidade dos biofilmes elaborados com pectina cítrica (tratamento controle), cerca de 87,80, sendo mais claros em relação aos demais biofilmes estudados com incorporação, bem como o observado neste estudo. Analisando biofilmes a base de pectina e glicerol, Gouveia et al. (2019) obtiveram valores elevados em relação ao parâmetro luminosidade, variando entre 78,5 e 79,8, bem como Mendes et al. (2019), analisando propriedades de biofilmes a base de pectina, apresentaram elevada luminosidade média de 91,5.

Embora os biofilmes obtidos neste trabalho apresentem luminosidade menor em relação ao observado na literatura, os biofilmes a base de pectina cítrica comercial demonstraram melhor característica para ser utilizado no recobrimento de alimentos, visto que este não afetará na coloração do produto prejudicando sua aceitação comercial. Além disso, segundo Mendes et al. (2019) a diminuição na transparência do biofilme devido à baixa luminosidade observada, pode ser vantajosa para uma maior proteção dos alimentos, atuando como uma barreira à luz.

Somente as diferentes concentrações de pectina influenciaram significativamente na saturação da cor dos biofilmes. Para a pectina cítrica (Figura 12), foi obtido baixos valores de croma, sendo a média de 0,87, já o biofilme de pectina da casca da melancia apresentou valores de saturação inversamente proporcional as concentrações, em que a concentração de 2,5% obteve o menor valor de saturação (5,77). Filho et al. (2020) trabalhando com a farinha da casca de melancia na formulação de biofilmes, observaram valor médio de croma de 8,51, e para os biofilmes comerciais de cloreto de polivinila foram obtidos saturação de 0,81. Portanto, a intensidade de cor dos biofilmes a base de pectina comercial encontrado neste trabalho são os mais próximos aos biofilmes convencionais já comercializados, sendo que, dentre os biofilmes a base de pectina de melancia, a concentração de 2,5% foi a mais próxima, no que diz respeito a coloração.

Figura 12-Croma (saturação) de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (PM: 1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (PC: tratamento controle), sobe diferentes concentrações de glicerol (0 %; 0,5%; 1,0% e 1,5%).



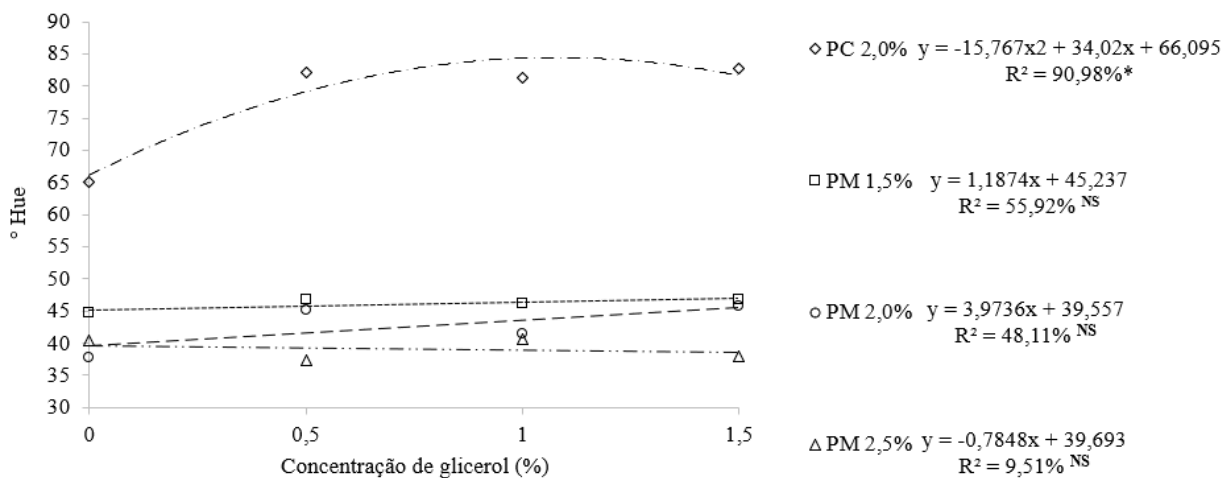
*Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Autor.

Em relação ao °hue, houve interação significativa entre os fatores (Figura 13). Os biofilmes a base de pectina cítrica comercial apresentaram valores acima de 65°, demonstrando biofilmes com coloração amarelada, enquanto que para os biofilmes de pectina de casca de melancia apresentaram valores abaixo de 45°, ou seja, biofilmes com coloração mais vermelho alaranjado, porém não foram significativos. Shahrampour et al. (2020) observaram que conforme o aumento da adição de pectina, os tons de vermelho e amarelo dos biofilmes elevaram-se, bem com o observado neste trabalho em relação aos biofilmes a base de pectina da casca de melancia. Em biofilmes a base de pectina e glicerol, Gouveia et al. (2019) observaram biofilmes avermelhados, semelhante a este estudo.

Notou-se que somente os biofilmes a base de pectina comercial apresentaram valores significativos de ° hue, sendo que os biofilmes submetidos à concentração de 1,0% de glicerol apresentaram os maiores valores de ângulo hue. Siqueira (2019), trabalhando com o desenvolvimento de biofilmes de pectina cítrica comercial e pectina do mesocarpo do pequi observou valores mais elevados para os biofilmes a base de pectina cítrica (93,44°hue), apresentando biofilmes mais amarelados, valor próximo ao encontrado neste trabalho para os biofilmes com pectina cítrica e glicerol, sendo que para a formulação com 1,0% de glicerol o valor de °hue foi de 81,3°.

Figura 13-° hue (tonalidade) de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (PM:1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (PC: tratamento controle), e diferentes concentrações de glicerol (0 %; 0,5%; 1,0% e 1,5%).



Fonte: Autor.

4.1.4. Espessura

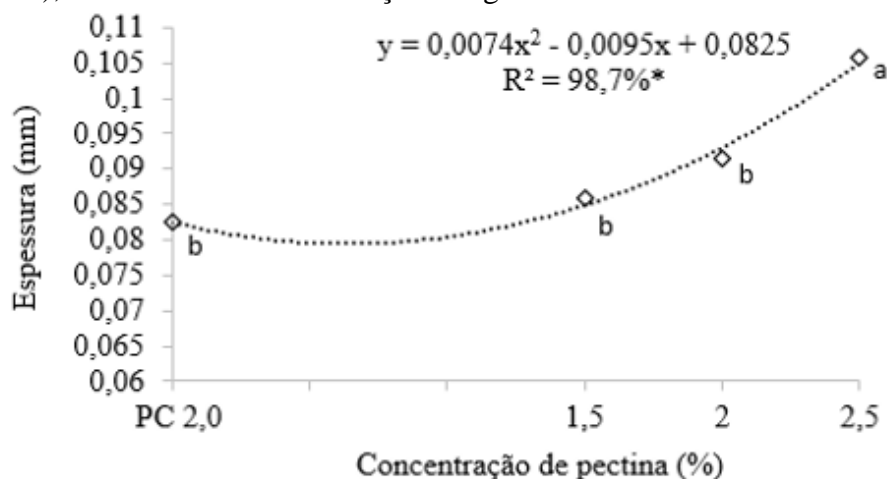
Em relação a espessura (Figura 14) não houve interação significativa entre as diferentes concentrações de pectina e as concentrações de glicerol, bem como não houve influência das concentrações de glicerol. Os biofilmes à base de pectina da casca de melancia o aumento na concentração apresentou maiores valores de espessura do biofilme.

Melo et al. (2017), trabalhando com biofilmes à base de pectina e polpa de cacau, observaram que conforme o aumento da concentração de pectina, maiores foram os valores da espessura do biofilme, corroborando com este trabalho. Em biofilmes a base de pectina extraída do albedo do pomelo, Moraes (2020) obteve espessura de 0,12 mm, valor próximo ao encontrado neste trabalho.

Já em relação ao biofilme à base de pectina cítrica comercial, observou-se o menor valor de espessura, sendo a média de 0,0823 mm, o que pode ser explicado pelo fato de que durante a formulação do biofilme, a pectina comercial se dissolveu por completo enquanto que os grânulos da pectina da casca de melancia não se dissolveram totalmente, entretanto não houve diferença estatística entre este tratamento e os com 1,5% e 2,0% de pectina da casca de melancia (Figura 14). Souza (2020) trabalhando com biofilmes de pectina cítrica, verificou variação entre os tratamentos em relação a espessura, sendo de 0,1253 a 0,1756 mm, valores acima do encontrado neste trabalho (0,0823 mm). Ezati e Rhim (2020), analisando biofilme de pectina, obtiveram biofilmes finos, cerca de duas vezes mais finos que o encontrado neste trabalho, sendo a espessura média de 0,0497 mm.

Siqueira (2019) obteve espessuras de 0,08 mm e 0,07 mm de biofilmes a base de pectina da casca de pequi e de pectina cítrica comercial, corroborando com o valor encontrado para biofilme de pectina comercial neste trabalho. Salazar et al. (2019) apresentaram espessura de 0,06 mm dos biofilmes com pectina de manga e de pectina de laranja de 0,05 mm. Gouveia et al. (2019) obtiveram biofilmes de espessura média de 0,34 mm, analisando biofilmes de pectina e glicerol, ou seja, biofilmes mais grossos se comparados a este estudo. Segundo os autores, diferenças no tipo de pectina e nos parâmetros de moldagem dos biofilmes podem explicar essas diferenças de espessura dos biofilmes.

Figura 14-Espessura (mm) de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (PM:1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (PC: tratamento controle), sob diferentes concentrações de glicerol.



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Autor.

4.1.5. Permeabilidade ao vapor de água

Em relação a permeabilidade ao vapor de água (Figura 15), não houve interação significativa a 5% de probabilidade, bem como não houve influência das diferentes concentrações de glicerol, resultado contrário ao encontrado por Cabello et al. (2015), que constataram que o glicerol apresentou influência na permeação dos biofilmes de pectina, bem como mostrou aumento da permeabilidade. Além disso, não houve diferença estatística entre os biofilmes formulados com a pectina da casca de melancia (Figura 15).

Filho (2019), avaliando características de biofilme à base de resíduo de melancia, obteve valor de permeabilidade ao vapor de água de $0,225 \text{ g mm}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ kPa}^{-1}$, sendo que para este trabalho, nas concentrações de 1,5%; 2,0% e 2,5%, foram obtidos valores três vezes

maiores, sendo 0,61; 0,59 e 0,69 $\text{g mm}^{-1} \text{h}^{-1} \text{m}^{-2} \text{kPa}^{-1}$, respectivamente, enquanto que a pectina cítrica comercial apresentou o menor valor para esta variável, sendo de 0,4 $\text{mm}^{-1} \text{h}^{-1} \text{m}^{-2} \text{kPa}^{-1}$.

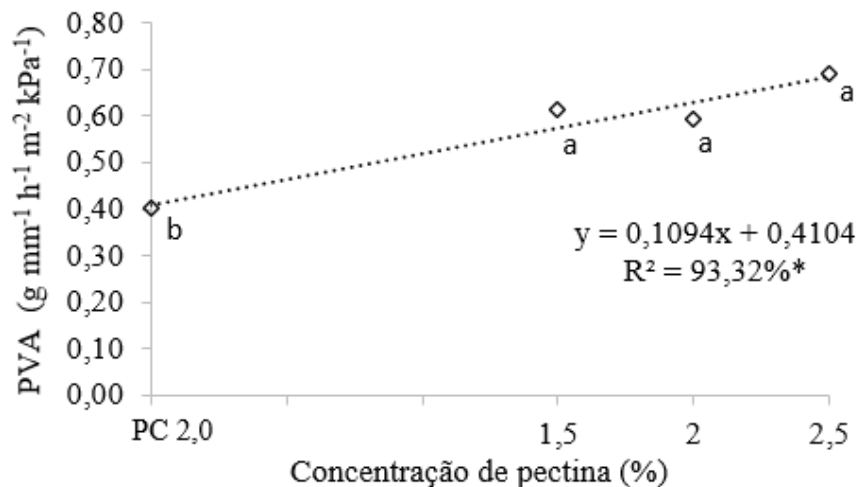
A formação de partículas menores e o aumento das interações entre as moléculas de pectina comercial obtidos na produção do biofilme pode explicar essa menor permeabilidade, visto que a fusão dessas partículas facilitou a construção de uma matriz polimérica mais uniforme e compacta (GUO et al., 2021). A baixa permeabilidade ao vapor de água (PVA) de biofilmes comestíveis é um dos resultados esperados, visto que, para utilização em frutos, esta variável é responsável pela extensão da vida útil dos mesmos (OTONI et al., 2017).

Mendes et al. (2019) observaram que o biofilme controle a base de pectina e glicerol apresentaram os menores valores de permeação ao vapor de água. Melo et al. (2017) obteve valores de permeabilidade que corroboram com este trabalho, sendo para biofilmes com 2,0% de pectina 0,415 $\text{mm}^{-1} \text{h}^{-1} \text{m}^{-2} \text{kPa}^{-1}$ e para biofilmes com 3% de pectina 0,333 $\text{mm}^{-1} \text{h}^{-1} \text{m}^{-2} \text{kPa}^{-1}$.

Segundo Munhoz et al. (2010), os materiais biodegradáveis com alta solubilidade e baixa permeação ao vapor de água são considerados de melhor uso em embalagens de alimentos. A permeação deve ser mínima, visando reduzir a transferência de umidade entre o alimento e sua atmosfera circundante, uma vez que essa permeação a água leva a danos na textura dos alimentos e perda de nutrientes (CHIUMARELI e HUBINGER, 2014; LIU et al., 2016; DASH et al., 2019), portanto analisando os dados obtidos neste trabalho, a pectina cítrica comercial apresentou melhor comportamento em relação aos demais tratamentos, visto que este biofilme obteve os menores valores de permeabilidade.

Figura 15-Permeabilidade ao vapor de água (PVA, $\text{g mm}^{-1} \text{h}^{-1} \text{m}^{-2} \text{kPa}^{-1}$) de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (PM: 1,5%;

2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (PC: tratamento controle), sob diferentes concentrações de glicerol.



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Autor.

4.1.6. Propriedade mecânica

4.1.6.1. Resistência à tração

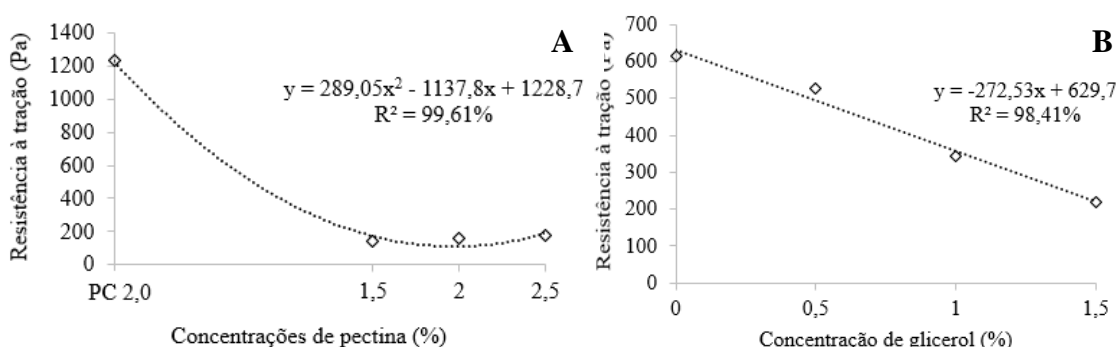
Em relação a resistência à tração dos biofilmes (Figura 16), não houve interação significativa entre os fatores, somente para os mesmos isolados. Os biofilmes com formulação de pectina comercial apresentaram maior resistência (1231,7Pa), cerca de 88,5% a mais quando comparados com os biofilmes de pectina da casca de melancia. Em relação aos biofilmes confeccionados com pectina de melancia, a concentração de 2,5% obteve a maior resistência (Figura 16A).

Avaliando biofilmes produzidos com diferentes concentrações de pectina e nanoquitosana, Ngo et al. (2020) obtiveram biofilmes de composição de 100% pectina com resistência à tração de $7,1 \times 10^6$ Pa, valores acima dos encontrados neste trabalho. Giancone et al. (2011) em seu trabalho, avaliando biofilmes a base de pectina de alta metoxilação, obtiveram biofilmes mais rígidos e quebradiços com 20 Mpa e baixa elongação menor que 1%, resultados contrários ao encontrado neste trabalho, visto que os biofilmes obtidos apresentaram resistência menor e maior elongação, sendo maleáveis e não quebradiços.

Em relação ao glicerol (Figura 16B), quanto maior a concentração utilizada na formulação dos biofilmes, menor foi a resistência obtida, corroborando com Dault et al. (2016) que afirmaram que esta plastificação do biofilme implica em uma diminuição na resistência à tração e um aumento na hidrofiliabilidade. Esposito et al. (2016), trabalhando com biofilmes

comestíveis a base de pectina, observaram redução drástica da resistência à tração conforme o aumento do uso de glicerol, corroborando com o obtido neste trabalho. Portanto, os biofilmes formulados sem adição de glicerol apresentaram maior resistência à tração, entretanto, biofilmes rígidos podem estar sujeitos à quebra.

Figura 16-Resistência à tração (Pa) de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (tratamento controle) (A), e sob diferentes concentrações de glicerol (0 %; 0,5%; 1,0% e 1,5%) (B).



Fonte: Autor.

4.1.6.2. Elongação

As diferentes concentrações de pectina e de glicerol foram significativas para a elongação dos biofilmes analisados, porém de forma isolada (Figura 17). Os biofilmes formulados com pectina comercial apresentaram o maior valor de elongação (12,60%), enquanto que para os biofilmes a base de pectina da casca de melancia, não houve diferença estatística entre as concentrações testadas (Figura 17A). De acordo com Khalil et al. (2018), biofilmes com maior alongamento na ruptura apresenta um material que terá melhor resistência ao impacto.

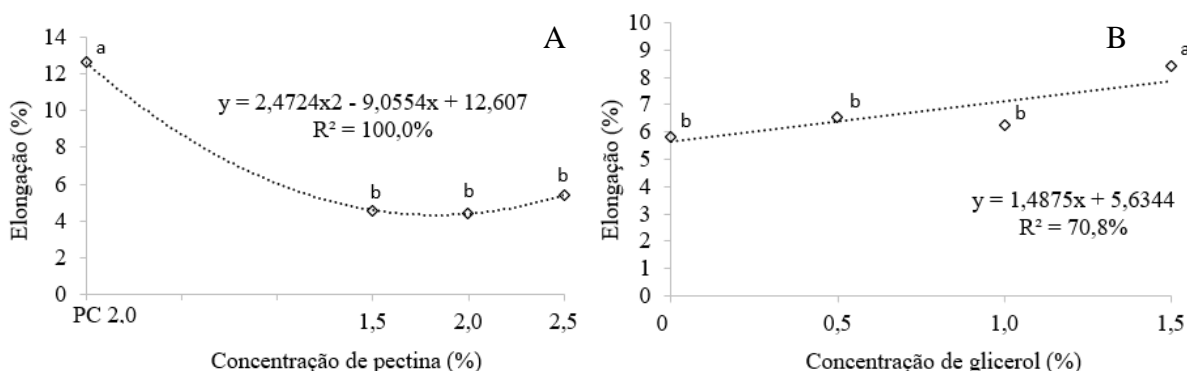
Jesus (2017), em seu trabalho, obteve menor valor de elongação para os biofilmes a base de pectina comercial (9,9%), valor abaixo ao deste trabalho, enquanto que os biofilmes a base de pectina extraída do mesocarpo do pequi apresentaram valor médio de 29,55%. Ngo et al. (2020) obtiveram elongação de biofilmes com composição de pectina de 7,17%, esse valor está dentro dos valores encontrados neste trabalho.

Em relação as diferentes concentrações de glicerol (Figura 17B), observou-se que a maior concentração utilizada (1,5%) proporcionou maior elongação dos biofilmes (8,4%), diferindo estatisticamente das demais concentrações analisadas. O glicerol influencia significativamente nas propriedades mecânicas dos filmes, uma vez que as moléculas do

plastificante se intercalam e se intercalam entre as cadeias de pectina. Esta reestruturação da matriz polimérica determina aumento da mobilidade da corrente, reduzindo assim a resistência ao estresse aplicado e aumentando a elasticidade do filme, portanto, maiores concentrações de glicerol promovem maior maleabilidade em biofilmes (DRANCA et al., 2021; TARIQUE et al., 2021). Em seu trabalho, Silva et al. (2019) observaram que com o aumento da concentração do glicerol como plastificante, aumentou a alongação dos biofilmes avaliados.

Os biofilmes de pectina cítrica comercial na maior concentração de glicerol apresentaram maiores valores de alongação, o que faz com que seja mantida a tenacidade dos biofilmes. Esse fato favorece a aplicação na área de embalagens e nas demais áreas, visto que a capacidade de deformação antes de se romper é importante (LOREVICE et al., 2014). Cabello et al. (2015) observaram que o uso de plastificante permitiu maior flexibilidade dos biofilmes de pectina, em torno de 11%, semelhante ao encontrado para os biofilmes de pectina comercial neste estudo. O efeito plastificante tende a reduzir a rigidez e a fragilidade do polímero, diminuindo as forças intermoleculares entre as cadeias do polímero, assim a mobilidade molecular e flexibilidade da matriz de pectina são aumentados, estendendo e suavizando a estrutura do biofilme (ESPITIA et al., 2014; QU, 2015; SHAFIE et al., 2020).

Figura 17-Alongação (%) de biofilmes comestíveis submetidos a diferentes concentrações de pectina da casca de melancia (PM: 1,5%; 2,0% e 2,5%) e pectina cítrica comercial (PC: tratamento controle) (A), sob diferentes concentrações de glicerol (0 %; 0,5%; 1,0% e 1,5%) (B).



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Autor.

4.1.7. Solubilidade

Em relação a solubilidade, não houve diferença significativa à 5% de probabilidade nas diferentes concentrações da pectina e glicerol, bem como não houve interação entre os fatores.

Para a instalação deste experimento, utilizou-se a pectina cítrica comercial na concentração de 2% e glicerol à 1,5% na formulação da cobertura comestível para aplicação nos frutos, uma vez que estes tratamentos apresentaram os melhores resultados para os filmes testados.

4.2. Tempo de imersão dos tomates cereja e dias de análise

Os dados foram inicialmente submetidos à análise de variância multivariada permutacional, com base em distâncias euclidianas ou medidas de dissimilaridade (MARTI, 2017). Sendo assim, somente o tempo de imersão dos frutos e os dias de análise foram significativos à 5% de probabilidade, não ocorrendo interação significativa entre os fatores analisados.

Além disso, os dados foram submetidos à análise de componentes principais, em que as informações obtidas foram condensadas, visando verificar como as amostras se relacionam entre si, e o quanto elas se assemelham, isto é, as combinações lineares explicam o máximo da variância contida nas variáveis originais (MIGUEL et al., 2011; SARKHOT et al., 2011).

Jolliffe (1986) sugeriu que as componentes escolhidas devem explicar 60% da variação dos dados. Segundo Ferreira (2015), o número de componentes principais necessárias para descrever o sistema em estudo, adequadamente, deve estar entre 75% e 95% da informação original dos dados. Já o critério de Kaiser, sugere que para a seleção das componentes principais seja mantido no sistema em estudo apenas as componentes com valores próprios maiores do que a unidade (autovalores > 1), considerando a porcentagem da variância explicada (KAISER, 1958). Assim, esses três critérios foram levados em consideração para a análise de componentes principais.

Em relação ao tempo de imersão dos frutos na cobertura comestível a base de pectina cítrica comercial, as quatro primeiras componentes principais (CP) apresentaram autovalor maior que um (Tabela 1), sendo, portanto, as componentes que melhor explicaram os dados obtidos, sendo que a CP1 equivale a 43,64%; CP2 a 24,9%; CP3 à 17% e a CP4 à 8,68%, expressando assim 94,21% das variáveis. Já em relação aos dias de análise, as componentes principais dos eixos 1, 2 e 3 apresentaram autovalor maior que um (8,21; 2,07 e 1,44; respectivamente).

Tabela 1-Componentes principais (CP), autovalores, porcentagem da variância explicada pelos componentes (PVE) e porcentagem da variância explicada acumulada (PVEA) para os atributos de qualidade do tomate cereja, em relação ao tempo de imersão na cobertura à base de pectina cítrica comercial e aos dias de análise.

Componentes principais (Tempo de imersão)	Autovalor	PVE (%)	PVEA (%)
CP1	5,24	43,64	43,64
CP2	2,99	24,90	68,54
CP3	2,04	17,00	85,54
CP4	1,04	8,68	94,21
CP5	0,69	5,69	100,00

Componentes principais (Dias de análise)	Autovalor	PVE (%)	PVEA (%)
CP1	8,21	68,43	68,43
CP2	2,07	17,22	85,65
CP3	1,44	11,98	97,63
CP4	0,28	2,37	100,00

Fonte: Autor.

Para a análise das componentes principais dos autovetores de correlação em relação ao tempo de imersão, somente as três primeiras componentes foram levadas em consideração, isto porque embora a quarta componente principal (CP4) tenha apresentado autovalor acima de um, nenhum atributo apresentou valor de correlação significativa, sendo, portanto, este componente desconsiderado.

Os atributos que apresentaram maior influência na primeira componente principal (CP1) positivamente, em relação aos diferentes tempos de imersão na cobertura (Tabela 2), foram a firmeza da casca (F), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS) e índice de maturação (IM), em que quanto mais elevadas essas características menores foram as variáveis acidez titulável (AT), luminosidade (L) e o °hue (tonalidade dos frutos, H). A redução dos parâmetros de cor e do teor de ácido cítrico pode ocorrer, uma vez que após a colheita os frutos

climatérios mantêm os processos relacionados ao amadurecimento. Dessa forma, a redução da acidez titulável é devida ao consumo de ácidos orgânicos como substrato durante o processo de respiração na maturação (OLIVEIRA, 2020).

Em relação à segunda componente principal (CP2), os atributos que mais contribuíram positivamente foram coroma (saturação, C), atividade antioxidante (ABTS) e perda de massa (PM), apresentando influência inversa em relação a vitamina C (Tabela 2).

Após a colheita, o tomate comporta-se como um fruto altamente perecível e por apresentar elevada quantidade de água, por ser um fruto climatérico e possuir casca muito fina, o torna extremamente sensível (FAGUNDES et al., 2015; OLIVEIRA, 2020), desse modo ocorre a perda de massa, pela perda de água, no processo de transpiração e respiração dos frutos (AMANCIO, 2020). Quando esta perda é expressiva, o fruto apresentará sinais visíveis de murchamento, o que prejudica a aparência do fruto, perdendo assim não somente no peso comercial, mas também no preço final pela perda da qualidade (NUNES, 2015; GUERRA et al., 2015). Além disso a vitamina C, que é um dos indicadores mais relevantes da qualidade nutricional de frutas e hortaliças, demonstrou relação inversa com a perda de massa. A perda de água é conhecida por acelerar a perda de vitamina C, ou seja, quanto maior a perda de água, menor o teor de vitamina C (MDITSHWA et al., 2017; MEDINA-LOZANO et al., 2021; YAN et al., 2021), portanto o uso de coberturas comestíveis pode preservar a qualidade dos tomates cereja (ÁLVAREZ et al., 2021).

Os polifenóis extraíveis totais (PET) mostrou comportamento negativo, sendo a única variável observada pertencente a terceira componente principal (CP3). De modo geral, o tratamento de frutos com cobertura na pós-colheita visa reduzir o metabolismo, retardar a maturação dos frutos e com isso também diminuir a síntese dos compostos fenólicos (PINTO et al., 2020; ROSA et al., 2020)

Tabela 2-Autovetores de correlação dos três primeiros componentes principais (CP) em relação as variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja submetidos a diferentes tempos de imersão na cobertura à base de pectina cítrica comercial.

Autovetores	CP1	CP2	CP3
Firmeza (F)	0,74	0,05	0,57
Potencial hidrogeniônico (pH)	0,75	0,15	0,46
Sólidos solúveis (SS)	0,72	-0,6	-0,29
Acidez titulável (AT)	-0,98	-0,13	0,03
Índice de maturação (IM)	0,99	0,06	-0,04
Vitamina C (VC)	0,50	-0,72	0,38
Luminosidade (L)	-0,74	-0,28	0,43
°Hue (H)	-0,67	0,41	0,47
Croma (C)	0,23	0,59	0,23
Atividade antioxidante (ABTS)	-0,13	0,86	-0,05
Polifenóis extraíveis totais (PET)	0,23	0,31	-0,89
Perda de massa (PM)	0,55	0,79	0,15

Números em negrito destacam variáveis com maior contribuição para a variância observada. Fonte: Autor.

Em relação aos dias de análise, utilizaram-se os três primeiros componentes principais, sendo estes componentes os que alcançaram os critérios estabelecidos (Tabela 3). A primeira componente principal (CP1) é constituída, com valores positivos de correlação, pelas variáveis: firmeza da casca (F), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), atividade antioxidante (ABTS) e polifenóis extraíveis totais (PET), enquanto que o índice de maturação (IM), vitamina C (VC) e a luminosidade (L) apresentaram valores negativos de correlação, indicando que quanto maior os parâmetros positivos avaliados, menor será o teor de ácido ascórbico, luminosidade e índice de maturação. Por ser um fruto climatérico, durante o armazenamento o tomate cereja sofre perdas, devido aos processos de amadurecimento o que causa elevação do índice de maturação, afetando características de qualidade como a firmeza, acidez titulável, atividade antioxidante e compostos fenólicos (ZHANG et al., 2020).

A segunda componente principal (CP2) é composta positivamente por atributos relacionados a cor dos frutos, sendo °hue (H) e croma (C), demonstrando que quanto maior a tonalidade maior será a saturação da cor. Ao longo dos dias de armazenamento, com o amadurecimento dos frutos, ocorre a mudança na coloração dos frutos, sendo este um dos atributos mais importantes na escolha do consumidor final, visto que a degradação da clorofila,

relacionada aos tons verdes, seguido pelo aumento dos tons amarelos (carotenoides) e vermelhos (antocianinas) sinalizam o amadurecimento dos tomates (FAGUNDES et al., 2015; NUNES, 2015).

E em relação a terceira componente principal, somente o atributo perda de massa (PM) demonstrou efeito positivo a esta componente.

Tabela 3-Autovetores de correlação dos três primeiros componentes principais (CP) em relação as variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja revestido com pectina cítrica comercial e submetidos aos dias de análise.

Autovetores	CP1	CP2	CP3
Firmeza (F)	0,97	0,20	0,12
Potencial hidrogeniônico (pH)	0,78	-0,50	0,33
Sólidos solúveis (SS)	0,90	-0,25	0,37
Acidez titulável (AT)	0,96	0,26	0,06
Índice de maturação (IM)	-0,94	-0,33	0,12
Vitamina C (VC)	-0,70	0,52	0,48
Luminosidade (L)	-0,89	-0,34	0,20
°Hue (H)	0,59	0,76	-0,28
Croma (C)	-0,68	0,71	0,12
ABTS	0,92	0,10	0,13
Polifenóis extraíveis totais (PET)	0,85	0,02	0,52
Perda de massa (PM)	-0,63	0,25	0,72

Números em negrito destacam variáveis com maior contribuição para a variância observada. Fonte: Autor.

De acordo com a análise de componentes principais (Figura 18), em relação aos diferentes tempos de imersão, notou-se que os parâmetros luminosidade (L) e acidez titulável (AT) apresentaram elevada correlação, posicionados na componente principal um (CP1) negativamente, com proximidade ao grupo 1, que é composto pelos tempos de imersão de 3 e 4 minutos.

O teor de ácidos orgânicos diminui com a maturação, em decorrência do seu uso como substrato no processo respiratório ou de sua conversão em açúcares (OLIVEIRA, 2018), portanto o aumento desses parâmetros indica tomates de coloração mais clara e brilhante e com maiores teores de ácido cítrico, indicando amadurecimento mais lento (MARTINS et al., 2021), principalmente, pela eficiência do revestimento e pelos tempos de imersão aplicados (3 e 4 min) na conservação pós-colheita.

Além disso, é observado que com o aumento dessas características para estes tratamentos, o índice de maturação (IM) e o potencial hidrogeniônico (pH) são reduzidos, visto que estes possuem comportamento inverso, indicando que os tempos de imersão deste grupo 1 retardaram o processo de maturação dos tomates cereja, bem como o baixo pH favoreceu a conservação dos frutos por dificultar o desenvolvimento de microrganismos, uma vez que, do ponto de vista comercial, é desejável que os frutos apresentem menor pH e maior acidez, o que representa menores riscos de deterioração do alimento. Portanto, o tempo de 4 minutos de imersão dos frutos na cobertura foi mais eficiente na conservação, visto que este tratamento estava mais próximo dos vetores de acidez titulável e luminosidade, retardando as reações envolvidas nesse processo (OLIVEIRA et al., 2017; MARTINS et al., 2021).

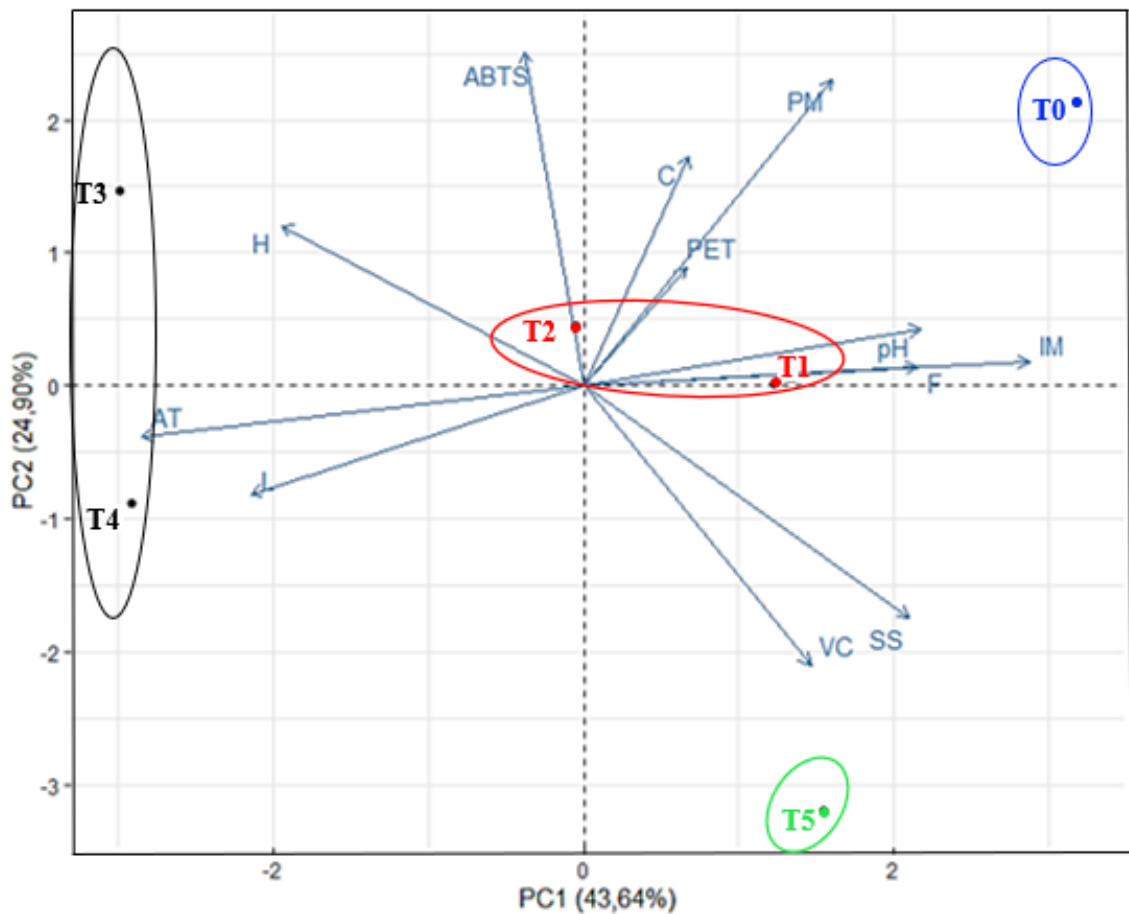
Os frutos que apresentaram maior vitamina C (VC), baixa atividade antioxidante (ABTS), na segunda componente principal, e maior teor de sólidos solúveis (SS), na primeira componente principal, foram os que compõem o grupo 2, sendo estes imersos por 5 minutos na cobertura de pectina. Embora tenha apresentado baixa atividade antioxidante e elevado teor de sólidos solúveis, os frutos submetidos aos 5 minutos de imersão apresentaram maior teor de vitamina C em relação aos demais tratamentos, provavelmente devido a maior exposição dos mesmos na cobertura, conseqüentemente, maior revestimento ao tomate, promovendo maior conservação da vitamina C. Este maior teor de vitamina C pode ser explicado pela atuação do ácido ascórbico como antioxidante em resposta às aceleradas reações oxidativas que ocorrem durante o amadurecimento em razão do aumento da síntese de metabólitos intermediários, que promovem a síntese da glicose-6-fosfato, precursora imediata do ácido ascórbico. A presença da vitamina indica que provavelmente os demais nutrientes dos frutos também estão preservados (PERFEITO et al., 2015; OLIVEIRA, 2020).

O tratamento controle (frutos sem cobertura), pertencente ao grupo 3, não contribuiu para a manutenção das características dos frutos, pois não apresentou parâmetros de qualidade pós-colheita adequados, evidenciando, portanto, que a vida útil de frutos após a colheita pode ser estendida (SHAH; HASHMI, 2020), uma vez que os frutos revestidos se mantiveram conservados, apresentando parâmetros de qualidade pós-colheita adequados. O uso de coberturas em frutos, como a pectina, está associado a manutenção da aparência, a ausência de fungos e a diminuição do metabolismo, retardando o processo de amadurecimento, mantendo a turgidez e o brilho do fruto, preservação do aroma e sabor, contribuindo para prolongar a vida útil dos frutos (VERSINO et al., 2016; PANAHIRAD et al., 2020; NETO et al., 2021).

Em relação ao grupo 4, os frutos submetidos a imersão na cobertura por 1 minuto apresentaram maior índice de maturação e menor acidez titulável e luminosidade, na

componente principal um (CP1), indicando um amadurecimento dos frutos. Em relação aos frutos imersos por 2 minutos na cobertura, observou-se maior atividade antioxidante e menor teor de vitamina C, na componente principal dois (CP2). Além disso, para os frutos submetidos a este tratamento, quanto maior o °hue, menor o teor de sólidos solúveis (SS), demonstrando que houve um retardo no amadurecimento dos frutos, visto que quanto maior o ângulo hue mais vermelho alaranjados estariam os frutos e, quanto menor o teor de sólidos solúveis menor o consumo dos ácidos orgânicos e doçura.

Figura 18-Análise de componentes principais para as variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja submetidos a diferentes tempos de imersão na cobertura à base de pectina cítrica comercial (T0: 0 minutos, T1: 1 minuto, T2: 2 minutos, T3: 3 minutos, T4: 4 minutos e T5: 5 minutos). PM:Perda de massa; L: Luminosidade; H: Hue; C: Cromo; F: Firmeza de casca; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez titulável; IM: Índice de maturação; VC:Vitamina C; ABTS: Atividade antioxidante; PET: Polifenóis extraíveis totais.



Fonte: Autor.

Na análise de componentes principais (CPA), em relação aos dias de análise (Figura 19), o grupo 1 formado pelos tomates cereja analisados no primeiro dia de experimento (D0), não apresentou proximidade com os atributos de qualidade, quando comparado aos demais dias de análise, visto que os frutos analisados nos demais dias de armazenamento, provavelmente sofreram mudanças no metabolismo, promovendo o amadurecimento dos frutos e alterando suas características de qualidade em relação ao dia da colheita.

O grupo 2, composto por frutos analisados no 8° e 12° dia de análise, apresentaram maior teor de vitamina C e croma na segunda componente principal, sendo inversamente correlacionados ao pH e sólidos solúveis, evidenciando a importância desses parâmetros, uma vez que os frutos mantiveram suas características preservadas até o décimo segundo dia.

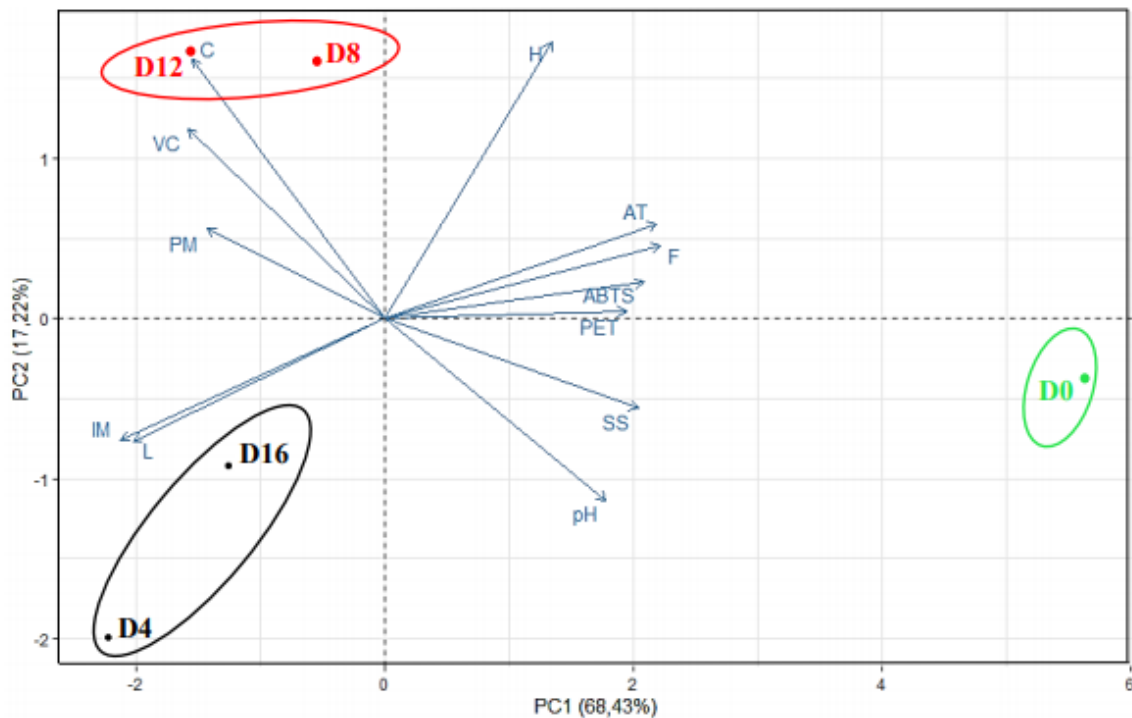
O teor de sólidos solúveis dos frutos aumenta com o amadurecimento e senescência devido à hidrólise do polissacarídeo insolúvel em açúcares simples, portanto, um teor baixo indica melhor retenção do prazo de validade (ARAGÜEZ et al., 2020), indicando que os frutos deste grupo mantiveram a qualidade pós-colheita.

O parâmetro croma refere-se à saturação e está diretamente ligado a concentração de pigmentos corantes, percebida como intensidade da cor, em que valores altos indicam maior pureza da cor dos frutos e nitidez (MONTEIRO, 2021), portanto conforme observado no vetor, os frutos apresentaram coloração mais avermelhada que nos demais dias analisados. Além disso, o baixo pH, constatado principalmente no dia D12, apesar de conferir maior acidez ao fruto, pode impedir a proliferação de microrganismos, garantindo maior vida útil (NASCIMENTO et al., 2013; OLIVEIRA, 2020).

A redução dos teores de vitamina C, durante o processo de maturação dos frutos ocorre devido à atuação da enzima ácido ascórbico oxidase (SILVA et al., 2018), fato não observado, visto que, com a redução dos sólidos solúveis e pH, houve elevação do teor de vitamina C, indicando que os frutos mantiveram sua conservação até o 12° dia.

Os tomates cereja dos dias 16° e 4°, pertencentes ao grupo 3, apresentaram proximidade ao atributo índice de maturação e luminosidade, na primeira componente principal. Notou-se que, houve correlação inversa com firmeza da casca, atividade antioxidante e acidez titulável, principalmente em relação ao 16° dia indicando que os frutos sofreram maior amadurecimento, estando mais próximos do período de senescência, em que os tomates não estavam ideais para o consumo. A perda de qualidade sensorial em tomates está associada à redução de doçura e sabor ácido, intensidade de sabor e firmeza (D'AQUINO, et al., 2016).

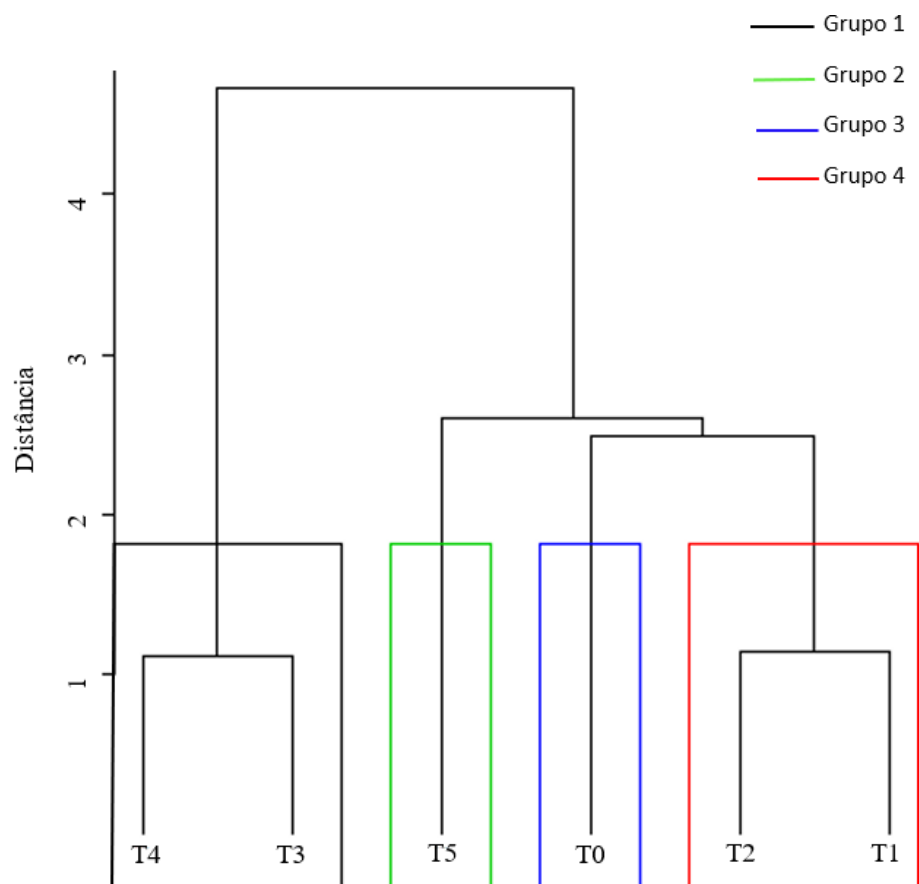
Figura 19-Análise de componentes principais para as variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja revestido com pectina cítrica comercial e submetidos à diferentes dias de análise (D0: controle, D4: quarto dia, D8: oitavo dia, D12: décimo segundo dia, D16: décimo sexto dia). PM:Perda de massa; L: Luminosidade; H: Hue; C: Cromo; F: Firmeza de casca; SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez titulável; IM: Índice de maturação; VC:Vitamina C; ABTS: Atividade antioxidante; PET: Polifenóis extraíveis totais.



Os dendrogramas de similaridade, tanto em relação aos diferentes tempos de imersão (Figura 20) quanto em relação aos dias de análise (Figura 21), foram formados utilizando a distância euclidiana. Para a determinação do método a ser aplicado, calculou-se o coeficiente de correlação cofenético, em que foram obtidos valor dos coeficientes de 0,75 e 0,97 em relação aos tempos de imersão e dias de análise, respectivamente, indicando elevada consistência do padrão de agrupamento entre as matrizes de distância e métodos de agrupamento, visto que quanto mais próximos os valores estiverem de 1 mais satisfatória é a estrutura de *cluster* para o conjunto de dados, sendo este o critério de classificação (CRISPIM et al., 2020; FREITAS et al., 2021), portanto o método de ligação do vizinho mais distante (*complete linkage*) foi adotado para esta análise, visando minimizar as diferenças homogêneas entre as parcelas em estudo dentro do agrupamento, e maximizar as diferenças heterogêneas entre as parcelas de agrupamentos diferentes (ALBUQUERQUE e BARROS, 2020).

Os dendrogramas obtidos corroboraram com os resultados da análise de componentes principais. Em relação aos tempos de imersão (Figura 20) foram formados quatro grupos, sendo o grupo 1 formado pelos tempos de três (T3) e quatro (T4) minutos de imersão, sendo estes tratamentos que apresentaram correlação com os atributos de qualidade, sendo maior teor de ácido cítrico e luminosidade, desejáveis na vida pós-colheita dos frutos. Em seguida, foi formado o grupo 2, com cinco minutos (T5). Grupo 3, composto pelo sem imersão (T0), que não apresentou similaridade com base nas variáveis analisadas; e por fim o grupo 4, constituído pelos tempos um (T1) e dois (T2) minutos de imersão, que apresentou correlação com as variáveis de qualidade pós-colheita, como maior °hue e menor sólidos solúveis para o tratamento de dois minutos.

Figura 20-Dendrograma de similaridade utilizando distância euclidiana e método de agrupamento *complete linkage* para tomate cereja submetidos a diferentes tempos de imersão na cobertura à base de pectina cítrica comercial (T0: 0 minutos, T1: 1 minuto, T2: 2 minutos, T3: 3 minutos, T4: 4 minutos e T5: 5 minutos).

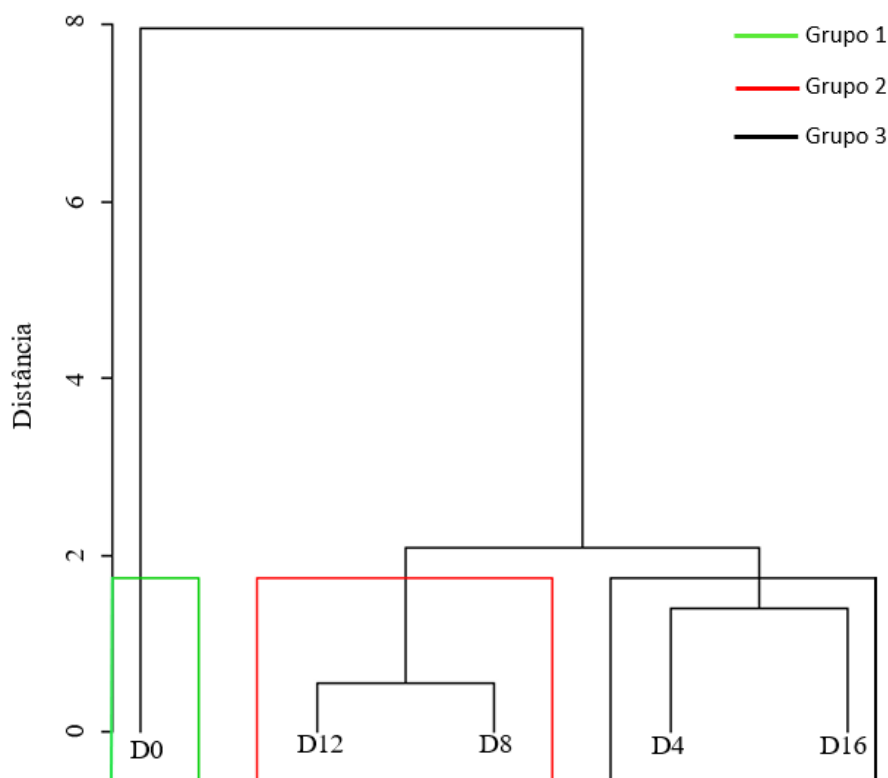


Fonte: Autor.

E em relação aos dias de análise (Figura 21), para a análise de agrupamento hierárquico, foram formados três grupos. O grupo 1 é composto pelo dia da instalação do experimento, apresentando maior distância de similaridade, isto porque os frutos foram analisados no mesmo dia da colheita, quando os frutos ainda estavam com as características de qualidade do fruto preservadas, mesmo com os processos de metabolismo do tomate após a colheita (JIANG et al., 2021).

No grupo 2, formados pelos dias 8 e 12 de análise, apresentaram maior correlação com os atributos pós-colheita avaliados, indicando que estes tomates ainda estavam com suas características ideais para consumo preservadas, principalmente o 12º dia de armazenamento. Por fim, o grupo 3, composto pelos dias 4 e 16 de análise, que apresentaram menor similaridade com os atributos desejáveis de pós-colheita, sendo mais evidente para o último dia de análise (D16).

Figura 21-Dendrograma de similaridade utilizando distância euclidiana e método de agrupamento complete linkage para tomate cereja revestido com pectina cítrica comercial e submetidos a diferentes dias de análise (D0: controle, D4: quarto dia, D8: oitavo dia, D12: décimo segundo dia, D16: décimo sexto dia).



Fonte: Autor.

5. CONCLUSÃO

Em relação ao primeiro experimento, a pectina cítrica comercial (2,0%) e a concentração de 1,5% de glicerol apresentaram resultados mais adequados para as variáveis luminosidade, °hue, croma, permeabilidade ao vapor de água, alongação e resistência à tração.

A extração da pectina da casca de melancia, apresentou baixo rendimento quando comparado ao observado na literatura, bem como menor grau de esterificação. Entretanto, dentre os biofilmes confeccionados a base de pectina da casca de melancia, os biofilmes com concentração de 2,5% apresentaram maior espessura, sendo está uma característica interessante, visto que filmes finos podem ter a integridade comprometida.

E no segundo experimento, o tempo de 4 minutos de imersão, na cobertura à base de pectina cítrica comercial, demonstrou maior preservação da qualidade dos tomates cereja, sendo que os frutos se mantiveram aptos para o consumo até o 12° dia de armazenamento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, M.A.de.; BARROS, K.N.N.de.O. Determinação do número de grupos em análise de agrupamento via de raio de influência. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n.6, p.38342-38355, jun, 2020.

ÁLVAREZ, A.; MANJARRES, J.J.; RAMÍREZ, C.; BOLÍVAR, G. Use of an exopolysaccharide-based edible coating and lactic acid bacteria with antifungal activity to preserve the postharvest quality of cherry tomato. **LWT**, v.151, n. 112225, p.1-10, 2021.

AMANCIO, D. F. **Efeito de aplicação de revestimentos comestíveis para conservação de tomate italiano (*Solanum lycopersicum*) “Ravena” in natura**. 2020. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

AMARAL, U.; SANTOS, V.M.DOS.; OLIVEIRA, A.D.; CARVALHO, S.L.DE.; SILVA, I.B. Influência da cobertura morta em mini melancia ‘Sugar baby’ no início da frutificação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v..11, n. 3, p. 164-170, 2016.

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official Methods of Analysis**. 19th ed. Gaithersburg, 2012, p. 3000.

ARAGÜEZ, L.; COLOMBO, A.; BORNEOA, R.; AGUIRRE, A. Active packaging from triticale flour films for prolonging storage life of cherry tomato. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 25, n.100520, 2020.

ASSIS, O.B.G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brasilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.17, n.2, p.87-97. 2014.

ASTM. Standard test methods of water vapor transmission of materials. **Annual Book of ASTM Standards**, American Society for Testing and Materials, Filadelfia, E96-95, 1995a.

ASTM. Tensile properties of thin plastic sheeting. **Annual Book of ASTM Standards**, American Society for Testing and Materials, Filadelfia, D 882, 1995b.

AZIZ, M.S.A.; SALAMA, H.E. Developing multifunctional edible coatings based on alginate for active food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.190, p.837–844, 2021.

BAISSISSE, S.; FAHLOUL, D. Rheological behavior and electrokinetic properties of pectin extracted from pumpkin (*Cucurbita maxima*) pulp and peel using hydrochloric acid solution. **Chemical Papers**, v.72, n.10, p. 2647–2658, 2018.

BARRETO, T.A.; ANDRADE, S.C. A.; MACIEL, J. F.; ARCANJO, N.M.O.; MADRUGA, M.S.; MEIRELES, B.; CORDEIRO, Â.M. T. SOUZA, E.L.; MAGNANI, M. A Chitosan Coating Containing Essential Oil from *Origanum vulgare* L. to Control Postharvest Mold Infections and Keep the Quality of Cherry Tomato Fruit. **Frontier in Microbiology**. v.7, p. 1-14, nov., 2016.

BATISTA, M.C.; NASCIMENTO, R.do.; MAIA JÚNIOR, S.de.O.; NASCIMENTO, E.C.S.; BEZERRA, C.V.de.C.; LIMA, R.F.de. Physiology and production of cherry tomato cultivars in a hydroponic system using brackish water. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**. v.25, n.4, p.219-227, 2021.

BEATRIZ, A.; ARAÚJO, Y.J.K.; LIMA, D.P. Glicerol: um breve histórico e aplicação em sínteses estéreas seletivas. **Química Nova**, São Paulo, v.34, n.2, p.306-319, 2011.

BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J. A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.31, n.4, p.507-513, 1988.

BOURAS, M.; CHADNI, M.; BARBA, F. J.; GRIMI, N.; BALS, O.; VOROBIEV, E. Optimization of microwave-assisted extraction of polyphenols from quercus bark. **Industrial Crops and Products**, v. 77, n. 1, p. 590–601, 2015.

BUENDÍA–MORENO, L.; SOTO–JOVER, S.; ROS–CHUMILLAS, M.; ANTOLINOS, V.; NAVARRO–SEGURA, L.; SÁNCHEZ–MARTÍNEZ, M.J.; MARTÍNEZ–HERNÁNDEZ, G.B.; LÓPEZ–GÓMEZ, A. Innovative cardboard active packaging with a coating including encapsulated essential oils to extend cherry tomato shelf life. **LWT - Food Science and Technology**, v.116, n.108584, p. 1-8, 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Portal Eletrônico**, Brasília: Disponível em:<<https://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 6 jun. 2018.

CABELLO, S.D. P.; TAKARA, E.A.; MARCHESE, J.; OCHOA, N.A. Influence of plasticizers in pectin films. **Materials Chemistry and Physics**, v. 162, p.491-497, 2015.

CÁRDENAZ-BARBOZA, L.C.; PAREDES-CORDOBA, A.C.; SERNA-COCK, L.; GUANCHA-CHALAPUD, M.; TORRES-LEON, C. Quality of Physalis peruviana fruits coated with pectin and pectin reinforced with nanocellulose from P. Peruvian acaules. **Heliyon**, v.7, e079882, 2021.

CASTILHO, T.G.; BRANDANI, M.T.; DEZIDERIO, M.A.; AGUIAR-OLIVEIRA, E.; KAMIMURA, E.S.; MALDONADO, R.R. Aplicação de biofilme comestível em maçãs minimamente processadas armazenadas sob refrigeração. **Foco**, Mogi Guaçu, n. 10, p.60-80, 2016.

CHAPARRO, S.P.; MÁRQUEZ, R.A.; SÁNCHEZ, J.P.; VARGAS, M.L.; GIL, J.H. Extracción de pectina del fruto del higo (*Opuntia ficus indica*) y su aplicación en un dulce de piña. **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, Bogotá, v.18, n.2, p.435-443, 2015.

CHEMAT, F.; ROMBAUT, N.; MEULLEMIESTRE, A.; TURK, M.; PERINO, S.; FABIANO-TIXIER, A.S.; ABERT-VIAN, M. Review of Green Food Processing techniques. Preservation, transformation, and extraction, Innovative. **Food Science e Emerging Technologies**, v.41, p. 357-377, 2017.

CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. **Food Hydrocolloids**, v.38, p.20-27, 2014.

COSTA, E.S.P.; SANTOS, C.A.dos.; CARMO, M.G.F.do.; Caracterização física, físico-química e morfoagronômica de acessos de tomate cereja sob cultivo orgânico. **Revista Ciências Agrárias**, v. 61, p. 1-8, 2018.

COSTA, M.L.X.; AQUINO, A.A.de.; MOREIRA, E. de.S. Qualidade microbiológica de tomate cereja orgânico com revestimento comestível e adicionado de óleo essencial de manjeriço. **Revista Multidisciplinar em Saúde**, v.2, n.2, p.56, 2021.

CRISPIM, D.L.; FERNANDES, L.L.; FILHO, D.F.F.; LIRA, B.R.P. Comparação de métodos de agrupamentos hierárquicos aglomerativos em indicadores de sustentabilidade em municípios do estado do Pará. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, e60922067, 2020.

CRISTO, T.C.; SANTOS, M.; NOVELLO, E.D. *Cupcake* com adição de farinha de casca de melancia (*Citrullus lanatus*): caracterização físico-química e sensorial. **Ambiência**, Guarapuava, v.4, n.2, p.331-342, 2018.

D'AQUINO, S.; MISTRIOTIS, A.; BRIASSOULIS, D.; LORENZO, M.L.D.; MALINCONICOC, M.; PALMA, A. Influence of modified atmosphere packaging on postharvest quality of cherry tomatoes held at 20 °C. **Postharvest Biology and Technology**, v.115, p. 103–112, 2016.

DASH, K. K.; ALI, N. A.; DAS, D.; MOHANTA, D. Thorough evaluation of sweet potato starch and lemon-waste pectin based-edible films with nano-titania inclusions for food packaging applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 139, p. 449-458, 2019.

DAULT, R.M.; R.J. Avena-Bustillos, T. Williams, D.F. Wood, I.C. Kulkamp-Guerreiro, L.D.F. Marczak, T.H. McHugh. Comparative study on properties of edible films based on pinhão (*Araucaria angustifolia*) starch and flour. **Food Hydrocolloids**, v. 60, p. 279-287, 2016.

DOTTO, M.; PIROLA, K.; WAGNER JÚNIOR, A.; RADAELLI, J.C.; ANDRIGO DANNER, M. Biofilmes e embalagens na conservação pós-colheita de lima ácida Tahiti **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 3, p. 365-369, 2015.

DRANCA, F.; TALON, E.; VARGAS, M.; OROIAN, M. Microwave vs. conventional extraction of pectin from *Malus domestica* 'Falticeni' pomace and its potential use in hydrocolloid-based films. **Food Hydrocolloids**, v.121, n. 107026, 2021.

EL-NEMR, M.A.; ISMAIL, I.M.A.; ABDELMONEM, N.M.; EL-NEMR, A.; RAGAB, S. Amination of biochar surface from watermelon peel for toxic chromium removal enhancement. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, v.36, p.199–222, 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. Brasília., DF, 1 ed, 2017, 284p.

EPURE, V.; GRIFFON, M.; POLLET, E.; AVÉROUS, L. Structure and properties of glycerol-plasticized chitosan obtained by mechanical kneading. **Carbohydrate Polymers**, v.83, p.947-952, 2011.

ESPITIA, P. J. P., DU, W.-X., AVENA-BUSTILLOS, R. DE J., SOARES, N. DE F. F., MCHUGH, T. H. Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review. **Food Hydrocolloids**, v.35, p. 287–296, 2014.

ESPOSITO, M., DI PIERRO, P., REGALADO-GONZALES, C., MARINIELLO, L., GIOSAFATTO, C. V. L., & PORTA, R. Polyamines as new cationic plasticizers for pectin-based edible films. **Carbohydrate Polymers**, v.153, p. 222–228, 2016.

EZATI, P.; RHIM, J.W. pH-responsive pectin-based multifunctional films incorporated with curcumin and sulfur nanoparticles. **Carbohydrate Polymers**, v. 230, n. 115638, p. 1-31, 2020.

FAGUNDES, C.; PALOU, L.; MONTEIRO, A.R.; PÉREZ-GAGO, M.B. Hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings formulated with antifungal food additives to reduce alternaria black spot and maintain postharvest quality of coldstored cherry tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 193, p. 249-257, 2015.

FDA. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Generally recognized as safe (GRAS). **Silver Spring**. 2016. Disponível em: < <https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-safe-gras>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

FERNANDES, R.V.B.; MENDES, F.Q.; BOTREL, D.A.; CUNHA, M.C. Otimização do processo de extração e caracterização química de pectina de cenoura. **Magistra**, Cruz das Almas, v.26, n.2, p.115-123, 2014.

FERREIRA, A.K.C. **Compostagem de resíduos orgânicos e seus efeitos no cultivo do tomate cereja**. 2016. 163p. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água). Universidade Federal Rural Do Semi-Árido. Mossoró, 2016.

FERREIRA, D.F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2014.

FERREIRA, M.D. E SPRICIGO, P.C. **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças: Colorimetria- Princípios e aplicações na agricultura**. Ed. EMBRAPA p.209-220, 2017.

FERREIRA, M.M.C. **Quimiometria: conceitos, métodos e aplicações**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2015. 494 p.

FILHO, A.C.P.de.M.; SOUZA, J. C. P.de.; CASTRO, C. F. de S. Avaliação das características poliméricas do biofilme do resíduo de melancia. **Scientia Plena**, v. 15, n. 8, p. 1-11, 2019.

FILHO, A.C.P. de M; SOUSA, W.C.; CASTRO, C.F.de.S. Characteristics of biodegradable packaging from the residue of watermelon and incorporated with from the tuber of *Sinningia elatior*. **Research, Society and Development**, v. 9, n.8, 2020.

FISSORE, E. N.; PONCE, N. M. A.; PLA, M. E.; STORTZ, C. A.; ROJAS, A. M.; GERSCHENSON, L. N. Characterization of Acid-Extracted Pectin-Enriched Products Obtained from Red Beet (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva*) and Butternut (*Cucurbita moschata* Duch ex Poiret). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, n.6, p.3793-3800, 2010.

FLORES, R.B.; MARIÑOS, D.C.; RODRÍGUEZ, N.B.; RODRÍGUEZ, D.S. Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (*Citrus medica*) utilizando la metodología de superficie de respuesta. **Agroindustrial Science**, n. 2, p. 77-89, 2013.

FREIRE, B.C.F. **Aplicação de coberturas comestíveis a base de fécula de mandioca, cera de abelha e extrato de romã na conservação de queijo tipo coalho**. 2019. 81p. Dissertação (Mestrado em Ambiente Tecnologia e Sociedade). Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2019.

FREITAS, A.F.; OLIVEIRA, M.do.S.P.; OLIVEIRA JUNIOR, M.C.M. Caracterização físico-química da polpa de *Oenocarpus distichus* Mart. de diferentes localidades do Pará, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n.7, e51310717023, 2021.

GALUS, S.; KADZINSKA, J. Moisture Sensitivity, Optical, Mechanical and Structural Properties of Whey Protein-Based Edible Films Incorporated with Rapeseed Oil. **Food Technology Biotechnology**, v. 54, p. 78-79, 2016.

GALUS, S.; LENART, A. Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. **Journal Food Engeneier**, v. 115, p. 459-465, 2013.

GHOSH, T.; NAKANO, K.; KATIYAR, V. Curcumin doped functionalized cellulose nanofibers based edible chitosan coating on kiwifruits. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.184, p. 936–945, 2021.

GIANCONE, T.; TORRIERI, E.; PIERRO, D.P.; CAVELLA, S.; GIOSAFATTO, V. L.C.; MAIS, P. Effect of Surface Density on the Engineering Properties of High Methoxyl Pectin-Based Edible Films. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, p. 1228–1236, 2011.

GOMES, M.A. **Caracterização de filmes comestíveis do amido fosfatado da swartzia burchelli para aplicação pós-colheita em tomate cereja**. 2014. 54p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Goiás Câmpus Central, Anápolis, 2014.

GOMES, M. A; RAMIREZ ASCHERI, D. P.; DE CAMPOS, A. J. Characterization of edible films of Swartzia burchelli phosphated starches and development of coatings for post-harvest application to cherry tomatoes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, jul/ ago, p. 1897-1909, 2016.

GONÇALVES, A.E.S.S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C**. 2008. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, 2008.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. **Journal of Food Science**, v.57, n.1, p.190-195, 1992.

GOUVEIA, T. I. A., BIERNACKI, K., CASTRO, M. C. R., GONÇALVES, M. P., SOUZA, H. K. S. A new approach to develop biodegradable films based on thermoplastic pectin. **Food Hydrocolloids**, v. 97, n. 105175, p. 1-10, 2019.

GRASSINO, A. N.; BRNČIĆ, M.; VIKIĆ -TOPIĆ, D.; ROCA, S.; DENT, M.; BRNČIĆ, S.R. Ultrasound assisted extraction and characterization of pectin from tomato waste. **Food Chemistry**, v.198, p. 93–100, 2016.

GUERRA, A.M.N.M.; RODRIGUES, Í.J.S. Avaliação do desempenho produtivo e da qualidade físico-química dos frutos de tomateiro cereja produzidos sob a influência de porta-enxertos. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 4, n. 3, mai/jun, 2021.

GUERRA, I.C.D.; OLIVEIRA, P.D.L.; PONTES, A.L.S.; LÚCIO, A.S.S.C.; TAVARES, J.F.; BARBOSA-FILHO, J.M.; MADRUGA, M.S.; SOUZA, E.L. Coatings comprising chitosan and Mentha piperita L. or Mentha x villosa Huds essential oils to prevent common postharvest mold infections and maintain the quality of cherry tomato fruit. **International Journal of Food Microbiology**, v. 214, p. 168-178, 2015.

GUERREIRO, A.C.; GAGOA, C.M.L.; FALEIRO, M.L.; MIGUEL, M.G.C.; ANTUNES, M.D.C. Raspberry fresh fruit quality as affected by pectin- and alginate-based edible coatings enriched with essential oils. **Scientia Horticulturae**, v.194, p. 138–146, 2015.

GUO, Z.; GE, X.; YANG, L.; GOU, Q.; HAN, L.; YU, Q. Utilization of watermelon peel as a pectin source and the effect of ultrasound treatment on pectin film properties. **LWT** v. 147, n. 111569, 2021.

HAN, H.; SONG, K.B. Antioxidant properties of watermelon (*Citrullus lanatus*) rind pectin films containing kiwifruit (*Actinidia chinensis*) peel extract and their application as chicken thigh packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, v.28, n. 100636, 2021.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 29 de setembro de 2021.

ISOPENCU, G.O.; Stoica-Guzun, A.; Busuio, C.; Stroescu, M.; Deleanu, I.M. Development of antioxidant and antimicrobial edible coatings incorporating bacterial cellulose, pectin, and blackberry pomace. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, v. 2, n.100057, 2021.

ISOTTON, F.S. **Desenvolvimento e caracterização de filmes de amido de milho esterificado com plastificante glicerol, sorbitol e poli (álcool vinílico)**. 2013. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos e Tecnologia) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2013.

ISOTTON, F.S.; Bernardo G.L., Baldasso C., Rosa L.M., Zeni M. The plasticizer effect on preparation and properties of etherified corn starches films. **Industrial Crops and Products**, v.76, p.717–724, 2015.

JESUS, L.S. **Produção de biofilmes à partir do mesocarpo externo do pequi (*Caryocar brasiliense Camb*)**. 2017. 28p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio Verde, 2017.

JIANG, H.; ZHANG, W.; XU, Y.; ZHANG, Y.; PU, Y.; CAO, J.; JIANG, W. Applications of plant-derived food by-products to maintain quality of postharvest fruits and vegetables. **Trends in Food Science e Technology**, v.116, p. 1105–1119, 2021.

JOLIE, R. P.; DUVETTER, T., VAN LOEY, A. M.; HENDRICKX, M. E. Pectin methylesterase and its proteinaceous inhibitor: a review. **Carbohydrate Research**, v.345, n.18, p. 2583-2595, 2010.

JOLLIFFE, I.T. **Principal component analysis**. New York: Springer-Verlag, 1986. 271 p.

JRIDI, M.; ABDELHEDI, O.; SALEM, A.; KECHAOU, H.; NASRI, M.; MENCHARI, Y. Physicochemical, antioxidant and antibacterial properties of fish gelatin-based edible films enriched with orange peel pectin: Wrapping application. **Food Hydrocolloids**, v. 103, p. 105688, 2020.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, Boston, v. 23, n. 3, p. 187- 200, 1958.

KHALIL, A.H.P.S.; BANERJEE, A.; SAURABH, C.K.; TYE, Y.Y.; SURIANI, A.B.; MOHAMED, A.; KARIM, A.A.; RIZAL, S.; PARIDAH, M.T. Biodegradable films for fruits and vegetables packaging application: preparation and properties, **Food Eng. Rev.** v.10, n. 3, p.139-153, 2018.

KIM, D.; THANAKKASARANEE, S.; LEE, K.; SADEGHI, K.; SEO, J. Smart packaging with temperature-dependent gas permeability maintains the quality of cherry tomatoes. **Food Bioscience**, v.41, n. 100997, p. 1-8, 2021.

KOHATSU, D.S.; BOLANHO, B.C.; ZUCARELI, V.; GENARO, Q.C.; MARTINS, F.B. Aplicação de biofilme em frutos de ciriguela: efeito na conservação e no potencial antioxidante. **CEPPA**, Curitiba, v. 34, n. 2, jul. 2016.

KOUBALA, B. B.; KANSCI, G.; MBOME, L. I.; CRÉPEAU, M. J.; THIBAUT, J. F.; RALET, M. C. Effect of extraction conditions on some physicochemical characteristics of pectins from “Améliorée” and “Mango” mango peels. **Food Hydrocolloids**, v.22, n.7, p.1345-1351, 2008a.

KOUBALA, B. B.; MBOME, L. I.; KANSCI, G.; MBIAPO, F. T.; CREPEAU, M.-J.; THIBAUT, J.-F.; RALET, M.-C. Physicochemical properties of pectins from ambarella peels (*Spondias cytherea*) obtained using different extraction conditions. **Food Chemistry**, v.106, p.1202-1207, 2008b.

LARA-ESPINOZA, C.; Carvajal-Millán, E.; Balandrán-Quintana, R.; López-Franco, Y.; Rascón-Chu, A. Pectin and Pectin-Based Composite Materials: Beyond Food Texture. **Molecules**, v. 23, n. 942, 2018.

LIANG, R-H.; CHEN, J.; LIU, W.; LIU, C-M.; YU, W.; YUAN, M.; ZHOU, W-Q. Extraction, characterization and spontaneous gel-forming property of pectin from creeping fig (*Ficus pumila* Linn.) seeds. **Carbohydrate Polymers**, v.87, n.1, p.76-83, 2012.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and Carotenoids: Pigment of Photosynthetic Biomembranes. **Methods in Enzymology**, San Diego, v.148, n.1, p.350-382, 1987.

LIMA, I.C.G.S.; MELEIRO, C.H.A. Desenvolvimento, avaliação físico-química e sensorial de geleia e doce de corte de seriguela (*Spondias purpurea* L.) visando o crescimento da cadeia produtiva do fruto. **CEPPA**, Curitiba, v.30, n.2, p.221-232, jul./dez. 2012.

LIU, F.; AVENA-BUSTILLOS, R.J.; CHIOU, B-S.; LI, Y.; MA, Y.; WILLIAMS, T.G.; WOOD, D.F.; MCHUGH, T.H.; ZHONG, F. Controlled-release of tea polyphenol from gelatin films incorporated with different ratios of free/nanoencapsulated tea polyphenols into fatty food simulants. **Food Hydrocolloids**, v. 6, n. 2, p. 212–221, 2017.

LEI, Q.; KANNAN, S.; RAGHAVAN, V. Uncatalyzed and acid-aided microwave hydrothermal carbonization of orange peel waste. **Waste Management**, v.126, p.106–118, 2021.

LOREVICE, M.V.; MOURA, M.R.de.; MATTOSO, L.H.C. Nanocompósito de polpa de mamão e nanopartículas de quitosana para aplicação em embalagens. **Química Nova**, v. 37, n. 6, p. 931-936, 2014.

LUVIELMO, M.M.; LAMAS, S.V. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v.8, n.1, p.8-15, jan/jun. 2012.

- MAAN, A.A.; AHMED, Z.F.R.; KHAN, M.K.I.; RIAZ, A.; NAZIR, A. Aloe vera gel, an excellent base material for edible films and coatings. **Trends in Food Science e Technology**, v.116, p. 329–341, 2021.
- MACIEL, G. M., FINZI, R. R., CARVALHO, F. J., MARQUEZ, G. R., CLEMENTE, A. A. Agronomic performance and genetic dissimilarity among cherry tomato genotypes. **Horticultura Brasileira**, v.36, n.2, p.167–172, 2018.
- MACKINNEY, G. Absorption of light by chlorophyll solutions. **Journal of Biological Chemistry**, Berkeley, v. 140, n.1, p.315-322, 1941.
- MALGARIM, M.B.; CANTILLANO, R.F.F.; TREPTOW, R.O.; SOUZA, E.; COUTINHO, E. Modificação da atmosfera na qualidade pós-colheita de ameixas cv. *Reubennel*. **Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v.27, n.3, p.373-378, dez. 2005.
- MARAN, J.P.; SIVAKUMAR, V.; THIRUGNANASAMBANDHAM, K.; SRIDHAR, R. Microwave assisted extraction of pectin from waste *Citullus lanatus*. **Carbohydrate Polimers**, v.101, p.786-791, 2014.
- MARAN, J. P.; SWATHI, K.; JEEVITHA, P.; JAYALAKSHMI, J.; ASHVINI, G. Microwave-assisted extraction of pectic polysaccharide from waste mango peel. **Carbohydrate Polymers**, v.123, p. 67-71, 2015.
- MARIĆ, M.; Grassino, A.N.; Zhuc, Z.; Barbad, F.J.; Brnčić, M.; Brnčić, S.R. An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by-products: Ultrasound-, microwaves-, and enzyme-assisted extraction. **Trends in Food Science & Technology**, v.76, p. 28–37, 2018.
- MARISCO, G.; PUNGARTNIK, C. *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae): traditional uses, chemical composition and biological activities. **Scientia Amazonia**, v. 4, n. 2, p. 10-18, 2015.
- MARTELLI, M.R.; BARROS, T.T.; ASSIS, O.B.G. Filmes de polpa de banana produzidos por batelada: propriedades mecânicas e coloração. **Polímeros**, São Carlos, v.24, n.1, p.137-142, 2014.
- MARTI, J.A. **Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA)**. In Wiley StatsRef: Statistics Reference Online (eds N. Balakrishnan, T. Colton, B. Everitt, W. Piegorisch, F. Ruggeri and J.L. Teugels). 2017.
- MARTINS, L.N.S. B; SILVA, A.de.F.; BRAGA, M.A.; ABREU, C.M.P.de. Análise pós-colheita de goiabas revestidas com fécula de mandioca e óleo essencial de canela. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 9, n. 3, p. 261-268, 2021.
- MARTINS, R.N.; DIAS, M.S.C.; BOAS, E.V.de.B.V.; SANTOS, L.O. Armazenamento refrigerado de banana prata anã 1423 proveniente de cachos com 16, 18 e 20 semanas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1423-1429, set./out. 2007.
- MDITSHWA, A.; MAGWAZA, L.S.; TESFAYA, S.Z.; OPARA, U.L. Postharvest factors affecting vitamin C content of citrus fruits: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 218, p. 95–104, 2017.

MEDEIROS, A.C.de.; RAMALHO, G.I.C.; LINHARES, L.L.F.; OLIVEIRA, R.G.M.; MELO, J.C.S.; MAIA, J.; BADARÓ, A.D.S.; COSTA, C.H.C.; LIMA, F.C.S. Predição da massa específica do tomate cereja e do coeficiente de expansão térmica. **Research, Society and Development**, v. 10, n.12, e09101219941, 2021.

MEDINA-LOZANO, I.; BERTOLÍN, J.R.; DÍAZ, A. Nutritional value of commercial and traditional lettuce (*Lactuca sativa* L.) and wild relatives: Vitamin C and anthocyanin content. **Food Chemistry**, v.359, n.129864, out, 2021.

MELO, P.T. S.; AOUADA, F.A.; MOURA, M.R.de. Fabricação de filmes bionanocompósitos à base de pectina e polpa de cacau com potencial uso como embalagem para alimentos. **Química Nova**, v. 40, n. 3, p. 247-251, 2017.

MENDES, J. F., MARTINS, J. T., MANRICH, A., SENA NETO, A. R., PINHEIRO, A. C. M., MATTOSO, L. H. C., MARTINS, M. A. Development and physical-chemical properties of pectin film reinforced with spent coffee grounds by continuous casting. **Carbohydrate Polymers**, v. 210, p. 92-99, 2019.

MENDES, K. F., MENDES, K. F., GUEDES, S. F., SILVA, L. C. A. S., ARTHUR, V. Evaluation of physicochemical characteristics in cherry tomatoes irradiated with ⁶⁰Co gamma-rays on post-harvest conservation. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 177, 109139, 2020.

MENDONÇA, V.Z.; DAIUTO, E.R.; FURLANETO, K.A.; RAMOS, J.A.; FUJITA, E.; VIEITES, R.L.; TECCHIO, M.A.; CARVALHO, L.R. Aspectos físico-químicos e bioquímicos durante o armazenamento refrigerado do caqui em atmosfera modificada passiva. **Nativa**, Sinop, v.03, n.01, p.16-21, jan./mar. 2015.

MENEZES, J.; ATHMASELVI, K.A. Study on Effect of Pectin Based Edible Coating on the Shelf Life of Sapota Fruits. **Biosciences Biotechnology Research Asia**, v.13, n.2, 2016.

MENEZES, K.R.P.; SANTOS, G.C.S.; OLIVEIRA, O.M.; SANCHES, A.G.; CORDEIRO, C.A.M.; OLIVEIRA, A.R.G.de. Influência dos revestimentos comestíveis na preservação da qualidade pós-colheita de tomate de mesa. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n.3, set-sez., p.14-28, 2017.

MENEZES FILHO, A.C.P.de; SOUZA, J.C.P.de; CASTRO, C.F.de.S. Avaliação das características poliméricas do biofilme do resíduo de melancia. **Scientia Plena**, Sergipe, v.15, n.8, p.1-11, 2019.

MIGUEL, A.C.A; DURIGAN, J.F.; FERRAUDO, A.S. Técnicas de análise multivariada na avaliação de injúrias pelo frio em mangas cv. tommy Atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, p. 371-376, 2011.

MUÑOZ-ALMAGRO, N.; RUIZ-TORRALBA, A.; MÉNDEZ-ALBIÑANA, P.; GUERRA-HERNANDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B.; MORENO, R.; VILLAMIEL, M.; MONTILLA, A. Berry fruits as source of pectin: Conventional and non-conventional extraction techniques. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 186, p. 962–974, 2021.

MUNHOZ, C. L.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; SOARES JÚNIOR, M. S. Extração de pectina de goiaba desidratada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, p.119-125, 2010.

MONTEIRO, L.B. **Filme com potencial ativo elaborado com mesocarpo de pequi e incorporado com extrato de própolis**. 2021. 71p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2021.

MONTEIRO, S.S. **Influência do revestimento comestível na incorporação do Lactobacillus salivarius em mamão desidratado**. 2021. 173p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal De Campina Grande Centro De Tecnologia E Recursos Naturais Pós-Graduação Em Engenharia Agrícola, Campina Grande, Paraíba, 2021.

MORAES, N.F.de.S. **Desenvolvimento de filmes sustentáveis à base de pectina extraída do albedo do pomelo (Citrus Grandis)**. 2020. 35p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Alimentos). Instituto Federal de Educação Ciência de Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2020.

MORGADO, C.M.A.; MATTIUZ, C.F.M.; MUNIZ, A.C.; CHARLES, F.; MATTIUZ, B. Qualidade de melões ‘Louis’ armazenados em quatro temperaturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.11, p. 1953-1958, nov, 2015.

NASCIMENTO, A. R.; JÚNIOR, M. S. S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P. M.; RODRIGUES, J. P. M.; CARVALHO, W. T. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 628-635, 2013.

NEGLO, D.; TETTEY, C.O.; ESSUMAN, E.K.; KORTEI, N.K.; BOAKYE, A.A.; HUNKPE, G.; AMARH, F.; KWASHIE, P.; DEVI, W.S. Comparative antioxidant and antimicrobial activities of the peels, rind, pulp and seeds of watermelon (*Citrullus lanatus*) fruit. **Scientific African**, v.11, e00582, 2021.

NETO, M.A.de.A.; SOUZA, T.S.de.; COSTA, M.G.O.; NASSUR, R.de.C.M.R. Formulação e aplicação de revestimentos à base de farinha de casca de banana na conservação pós-colheita dos frutos. **Research, Society and Development**, v. 10, n.10, e391101018953, 2021.

NGO, T. M. P.; NGUYEN, T. H.; DANG, T. M.Q. D.; TRAN, T.X.; RACHTANAPUN, P. Characteristics and Antimicrobial Properties of Active Edible Films Based on Pectin and Nanochitosan. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, p. 2224, 2020.

NISAR, T., WANG, Z. C., YANG, X., TIAN, Y., IQBAL, M., & GUO, Y. Characterization of citrus pectin films integrated with clove bud essential oil: Physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 106, p. 670–680, 2018.

NOGUEIRA, G.F; SOARES, C.T; CAVASINI, R; FAKHOURI, F.M; OLIVEIRA, R.A. Bioactive films of arrowroot starch and blackberry pulp: Physical, mechanical and barrier properties and stability to pH and sterilization. **Food Chemistry**, v. 275, p.417–425, 2019.

NOR, S.M.; DING, P. Trends and advances in edible biopolymer coating for tropical fruit: A review. **Food Research International**, v.13, n. 109208, 2020.

NUNES, E.F. **Sensores sem fio para gerenciamento de qualidade pós-colheita de tomate cereja**. 2015. 113p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, 2015.

NYALALA, I.; OKINDA, C.; NYALALA, L.; MAKANGE, N.; CHAO, Q.; CHAO, L.; YOUSAF, K.; CHEN, K. Tomato volume and mass estimation using computer vision and machine learning algorithms: Cherry tomato model. **Journal of Food Engineering**, v. 263, p. 288–298, 2019.

OLIARI, I.C.R. **Extrato de algas no controle da podridão parda e na qualidade pós-colheita de ameixas**. 2014. 90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2014.

OLIVEIRA, C.M; CONEGLIAN, R.C.C; CARMO, M.G.F. Conservação pós-colheita de tomate cereja revestidos com película de fécula de mandioca. **Horticultura Brasileira**, v.33, n. 4, p. 471-479, 2015.

OLIVEIRA, E.N.A.; MARTINS, J.N.; SANTOS, D.C.; GOMES, J.P.; ALMEIDA, F.A.C. Armazenamento de tomates revestidos com pectina: avaliação colorimétrica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.4, p.19-25, 2012.

OLIVEIRA, J.P.M. **Revestimento de extrato de folhas de Dalbergia ecastaphyllum (L.) Taub na conservação pós-colheita de tomate italiano**. 2018. 118p. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. Pombal- Paraíba, 2018.

OLIVEIRA, L.M.; RODRIGUES, M. H. B. S.; BOMFIM, M. P.; SOUSA, V. F. O.; TRIGUEIRO, R. W. P.; MELO, E. N. Uso de coberturas comestíveis a base de fécula de mandioca associado à refrigeração na qualidade pós-colheita de goiaba paluma. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 3, p. 540-546, 2017.

OLIVEIRA, T.M.DE. **Efeito de revestimentos comestíveis na qualidade do tomate cereja cultivado nos sistemas orgânico e convencional**. 2020. 52p. Dissertação (Mestrado em Olericultura). Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, Morrinhos, 2020.

OLIVEIRA, T.Í. S., ZEA-REDONDO, L., MOATES, G. K., WELLNER, N., CROSS, K., WALDRON, K. W. Pomegranate peel pectin films as affected by montmorillonite. **Food Chemistry**, v. 198, p. 107–112, 2016.

OOTONI, M.A.; MACIEL, G.P.S.; BRITO, D.R.; AGUIAR, R.W.S.; NAOE, A.M.L.; LOPES, L.A. Caracterização sintomatológica de vírus de melancia isolados do estado do Tocantins. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas-TO, v. 2, n. 2, p. 13-24, 2016.

OTONI, C. G., AVENA-BUSTILLOS, R. J., AZEREDO, H. M. C., LOREVICE, M. V., MCHUGH, T. H., MATTOSO, L. H. C. Recent advances on edible films based on fruits and vegetables. A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 00, p. 1151–1169, 2017.

PADRÃO, J.; GONÇALVES, S.; SILVA, J.P.; SENCADAS, V.; LANCEROS-MENDEZ, S.; PINHEIRO, A.C.; VICENTE, A.A.; RODRIGUES, L.R.; DOURADO, F. Bacterial cellulose-lactoferrin as an antimicrobial edible packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 58, p. 126-140, 2016.

PANAHIRAD, S.; DADPOUR, M.; PEIGHAMBARDoust, S.H.; SOLTANZADEH, M.; GULLON, B.; ALIREZALU, K.; LORENZO, J.M. **Trends in Food Science e Technology**, v.110, p. 663–673, 2021.

PANAHIRAD, S.; NAGHSHIBAND-HASSANI, R.; MAHNA, N. Pectin-based edible coating preserves antioxidative capacity of plum fruit during shelf life. **Food Science and Technology International**, Tabriz, Iran, v. 26, n. 7, p. 1-10, 2020.

PASCALL, M. A.; LIN, S. J. The application of edible polymeric films and coatings in the food industry. **Journal of Food Processing & Technology**, Bruxelas, v.4, n.2, p. 1-2, 2013.

PASSOS, E.F. **Síntese e caracterização de filmes a base de amido e glicerol com adição de argilominerais**. 2015. 58p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento de Química, Pato Branco, 2015.

PAULA, R.L. **Filmes e coberturas a base do resíduo da extração de corante de cúrcuma**. Dissertação (Mestrado em Ciências). 2016. 121p. Universidade de São Paulo- Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2016.

PERFEITO, D. G. A. et al. Caracterização de frutos de mangabas (*Hancornia speciosa* Gomes) e estudo de processos de extração da polpa. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 3, p. 1–7, 2015.

PICOT-ALLAIN, M.C.N.; RAMASAWMY, B.; EMMAMBUX, M.N. Extraction, Characterisation, and Application of Pectin from tropical and Sub-Tropical Fruits: A Review. **Food Reviews International**, p. 1-31, 2020.

PINTO, A. F. J.; SANTOS, K.C.; SANTOS, L.P.; LUBENOW, L.G.B.; COUTINHO, W.B.G.; PEREIRA, W.J.; SIQUEIRA, A.P. Qualidade pós-colheita de frutos de figo submetidos ao efeito de coberturas comestíveis. **Scientific Electronic Archives**, v.13, n.1, p. 24-29, 2020.

PORTELA, J. V. F. **Estudo dos aspectos tecnológicos e de qualidade envolvidos no aproveitamento da casca e da polpa da melancia (*Citrullus lanatus* Schrad)**. 2009, 132 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

PROVIN, L. **Extração, caracterização química e propriedades reológicas de pectinas da casca de *Caryocar Brasiliense* Cambess**. 2012. 124p. Dissertação (Mestrado em Ciências-Bioquímica). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

QU, W. **The Plasticisation of the Plastics Using Deep Eutectic Solvents**. 2015. 77p. University of Leicester, Inglaterra, 2015.

QUINTÃO, W.S.E. **Maturação, compostos fenólicos e atividade antioxidante de seriguelas (*Spondias purpurea L.*) cultivadas no cerrado**. 2015.49p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) - Universidade de Brasília-Faculdade de Ceilândia, Brasília, 2015.

RICO, X.; Gullón, B.; Alonso, J.L.; Yáñez, R. Recovery of high value-added compounds from pineapple, melon, watermelon and pumpkin processing by-products: An overview. **Food Research International**, v.132, n. 109086, p. 1-21, 2020.

RINALDI, M.M.; SANDRI, D.; OLIVEIRA, B.N.; SALES, R.N.; AMARAL, R.D.A. Avaliação da vida útil e de embalagens para tomate de mesa em diferentes condições de armazenamento. *Boletim CEPPA*. Curitiba. v.29, n.2, p.305 - 316, 2011.

RODRIGUES, M.S.A. **Biofilme a base de extrato de própolis vermelha e seu efeito na conservação pós-colheita de tomate tipo italiano**. 2014. 90p. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2015.

RODSOMRAN, P.; SOTHORNVIT, R. Microwave heating extraction of pectin from lime peel: Characterization and properties compared with the conventional heating method. **Food Chemistry**, v. 278, n. 2, p. 364–372, 2019.

ROSA, G.G.; LIMA, C.S.M.; SANTOS, J.R. Ácido Salicílico na pós-colheita de morangos cultivar San Andreas. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, México, v. 21, n. 1, jan-jun, 2020.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, n.1, p.996-1002, 2010.

SANCHÍS, E.; GONZÁLEZ, S.; GHIDELLIA, C.; SHETHB, C.C.; MATEOS, M.; PALOUA, L.; PÉREZ-GAGO, M.B. Browning inhibition and microbial control in fresh-cut persimmon (*Diospyros kaki* Thunb. cv. Rojo Brillante) by apple pectin-based edible coatings. **Postharvest Biology and Technology**, v.112, p. 186–193, 2016.

SACRAMENTO, C. K.; SOUZA, F. X. **Cajá**. In: SANTOS-SEREJO, J. A.; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. S. *Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 83-105.

SALAZAR, A.S.S.; CAVAZOS, S.P.A.; PAZ, H.M.; FRAGOSO, A.V. External factors and nanoparticles effect on water vapor permeability of pectin-based films. **Journal of food Engineering**, v.245, p. 73-79, 2019.

SAMPAIO, S.A.; BORA, P.S.; HOLSCHUH, H.J. Postharvest respiration and maturation of some lesser-known exotic fruits from Brazil – ciriguela (*Spondias purpurea L.*). **Ceres**. Viçosa, v.55, n.2, p.141-145, 2008.

SANTI, L.; BERGER, M.; SILVA, W.O.B. Pectinases e pectina: aplicação comercial e potencial biotecnológico. **Caderno pedagógico**, Lajeado, v.11, n.1, p.130-139, 2014.

SANTIAGO, E. J. P.; OLIVEIRA, G. M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; ROCHA, R. C.; PEREIRA, A. V. A. Qualidade do tomate cereja cultivado sob lâminas de irrigação em ambiente protegido e campo aberto. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.26, n.1, p.213-221, 2018.

SANTOS, C.A.; CARMO, M.G.F.; ABOUD, A. C. S. Novo Nicho Tomate Cereja Orgânico. **Revista Campo e Negócios Hortifruti**, Uberlândia-MG, ed. 137, v. 137, p. 16 - 20, 2016.

SANTOS, E. K. R. **Avaliação da capacidade de extração de pectina da casca do maracujá (Passiflora edulis f. flavicarpa) em mesa agitadora e ultrassom associada à ação de ácido cítrico**. Trabalho de Conclusão de Curso UFPE, Recife, 2015.

SARKHOT, D. V.; GRUNWALD, S.; GE, Y.; MORGAN, C. L. S. Comparison and detection of total and available soil carbon fractions using visible/near infrared diffuse reflectance spectroscopy. **Geoderma**, Amsterdã, v. 164, n.1-2, p. 22–32, 2011.

SENGAR, A. S.; RAWSON, A.; MUTHIAH, M.; KUMAR KALAKANDAN, S. Comparison of different ultrasound assisted extraction techniques for pectin from tomato processing waste. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 61, p. 104812, 2020.

SHAFIE, M. H., YUSOF, R., SAMSUDIN, D., & GAN, C.-Y. Avertirho bilimbi pectin-based edible films: Effects of the linearity and branching of the pectin on the physicochemical, mechanical, and barrier properties of the films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 163, p. 1276-1282, 2020.

SHAH, S.; HASHMI, M. S. Chitosan-aloe vera gel coating delays postharvest decay of mango fruit. **Horticulture Environment and Biotechnology**, Peshawar, Pakistan, v. 61, n. 2, p. 279–289, 2020.

SHAHRAMPOUR, D., KHOMEIRI, M., ALI RAZAVI, S. M., KASHIRI, M. Development and characterization of alginate/pectin edible films containing *Lactobacillus plantarum* KMC 45. **LWT- Food Science and Technology**, v. 118, n. 108758, p. 1-18, 2020.

SHIVANGI, S.; DORAIRAJ, D.; NEGI, P.S.; SHETTY, N.P. Development and characterisation of a pectin-based edible film that contains mulberry leaf extract and its bio-active components. **Food Hydrocolloids**, v.121, n.107046, p. 1-12, 2021.

SILVA, F.S.O.; PEREIRA, E.C.; ALVES, A.A.; MENDONÇA, V.; SANTOS, E.C.; ALMEIDA, J.P.N. Armazenamento e qualidade pós-colheita de frutos de figueira cv. Roxo de Valinhos no Oeste Potiguar. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 61, p. 1-6, 2018.

SILVA, M.C.S.; LIMA, P.K.D.; SILVEIRA, M.F.A.; ARTHUR, V.; SOUZA, A.R.M. Avaliação das propriedades físico-químicas e mecânicas de filmes de fécula de mandioca incorporados com cafeína irradiada. **Revista Desafios**, v. 6, p. 91-9, 2019.

SILVA, N.C.; ARAGÃO, C.A.; DANTAS, B.F.; BRANDÃO, M.M.M.da.L.P. Evaluation of cherry tomato hybrids cultivated in pots and with different stem conditions. **Research, Society and Development**, v. 9, n.12, e39791210819, 2020.

SILVA, P.A.; RABELLO, J.S.; GUIMARÃES, M.de.A.; SILVA, J.C.do.V.; OLIVEIRA, L.S.C.de. Sistemas de condução na produção comercial de tomate “cereja”. **Nativa, Sinop**, v.5, n.5, p.316-319, set./out. 2017.

SILVA, P.C.; SANTOS, D.de.M; COSTA, A.R.; FERNANDES, L.dos.S.; GOMES, A.R.M.G.; ALVES, M.P.B.; CUNHA, D.de.F.; BARBOSA, K.de.P; SILVA, F. de.F.; SANTOS, B.C. Características agrônômicas e produtivas de tomate cereja sob níveis de potássio fornecidos via vinhaça e adubação mineral. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, e939105343, 2020a.

SONG, Y.; KONGA, Y.; WANGA, J.; RUANA, Y.; HUANGA, Q.; LINGA, N.; SHENA, Q. Identification of the produced volatile organic compounds and the involved soil bacteria during decomposition of watermelon plant residues in a Fusarium-infested soil. **Geoderma** v, 315, p. 178–187, 2018.

SOOD, A.; SAINI, C.S. Red pomelo peel pectin based edible composite films: Effect of pectin incorporation on mechanical, structural, morphological and thermal properties of composite films. **Food Hydrocolloids**, v.123, n. 107135, 2021.

SOUSA, G.M. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis ativos e aplicação na conservação de massa alimentícia fresca**. 2012. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

SOUZA, W.F.C.DE.; LUCENA, F.A.DE.; SILVA, K.G.DA.; MARTINS, L.P.; CASTRO, R.J.DE.S.; SATO, H.H. Influence of edible coatings composed of alginate, galactomannans, cashew gum, and gelatin on the shelf- life of grape cultivar ‘Italia’: Physicochemical and bioactive properties. **LWT**, v.152, n.112315, p. 1-10, 2021.

SU, D. L.; LI, P. J.; QUEK, S. Y.; HUANG Z. Q. YUAN, Y. J.; LI, G.; SHAN, Y. Efficient extraction and characterization of pectin from orange peel by a combined surfactante and microwave assisted process. **Food Chemistry**, v. 286, n. 1, p. 1–7, 2019.

SUCHETA; RAI, S.K.; CHATURVEDI, K.; YADAV, S.K. Evaluation of structural integrity and functionality of commercial pectin based edible films incorporated with corn flour, beetroot, orange peel, muesli and rice flour. **Food Hydrocolloids**, v. 91, p. 127-135, 2019.

TRAN, T.T.B.; Saifullah, M.; Nguyen, N.H.; Nguyen, M.H.; Vuong, Q.V. Comparison of ultrasound-assisted and conventional extraction for recovery of pectin from Gac (*Momordica cochinchinensis*) Pulp. **Future Foods**, v. 4, p. 100074, 2021.

VERSINO, F., LOPEZ, O. V., GARCIA, M. A., ZARITZKY, N. E. Starch based films and food coatings: an overview. **Starch-Stärke**, v. 68, p. 1-12, 2016.

VIANA, R.M. **Filmes comestíveis à base de combinações de celulose bacteriana e pectina com polpas de frutas**. 2017. 72p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

VIGNEAU, E.; LOISEL, C.; DEVAUX, M.F.; CANTONI, P. Number of particles for the determination of size distribution from microscopic images. **Powder Technology**, v.107, n.3, p.243-250, 2000.

WANG, Q.; TIAN, F.; FENG, Z.; FAN, X.; PAN, Z.; ZHOU, J. Antioxidant activity and physicochemical properties of chitosan films incorporated with Lycium barbarum fruit extract for active food packaging. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 458–464, 2015.

YAN, B.; DAVACHI, S.M.; RAVANFAR, R.; DADMOHAMMADI, Y.; DEISENROTH, T.W.; PHO, T.V.; ODORISIO, P.A.; DARJI, R.H.; ABBASPOURRAD, A. Improvement of vitamin C stability in vitamin gummies by encapsulation in casein gel. **Food Hydrocolloids**, v.113, n. 106414, 2021.

XIE, F.; GUB, B.; SAUNDERS, S.R.; GANJYAL, G.M. High methoxyl pectin enhances the expansion characteristics of the cornstarch relative to the low methoxyl pectin. **Food Hydrocolloids**, v.110, p. 106131, jan., 2021.

ZAMBUZI, G.C.; CAMARGOS, C.H.M.; FERREIRA, M.P.F.; REZENDE, C.A.; FREITAS, O.; FRANCISCO, K.R. Modulating the controlled release of hydroxychloroquine mobilized on pectin films through film-forming pH and incorporation of nanocellulose. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, v.2, n. 100140, p. 1-11, 2021.

ZHANG, L.; WANG, P.; SUN, X.; CHEN, F.; LAI, S.; YANG, H. Calcium permeation property and firmness change of cherry tomatoes under ultrasound combined with calcium lactate treatment. **Ultrasonics – Sonochemistry**, v.60, n.1047842, 2020.

ZHANG, W.; XIE, F.; LAN, X.; GONG, S.; WANG, Z. Characteristics of pectin from black cherry tomato waste modified by dynamic high-pressure microfluidization. **Journal of Food Engineering**. v.216, p. 90-97, 2018.

ZHU, J.; WU, H.; SUN, Q. Preparation of crosslinked active bilayer film based on chitosan and alginate for regulating ascorbate-glutathione cycle of postharvest cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*). **International Journal of Biological Macromolecules**, v.130, p. 584–594, 2019.

ZIA, S.; KHAN, M.R.; SHABBIR, M.A.; AADIL, R.M. An update on functional, nutraceutical and industrial applications of watermelon by-products: A comprehensive review. **Trends in Food Science e Technology**, v.114, p. 275–291, 2021.

ANEXOS A- Quadro de Análise de variância: luminosidade, croma, °hue, espessura, permeabilidade ao vapor de água, resistência à tração, alongação e solubilidade.

Luminosidade	QM	Pr (>F)
Concentrações Pectina	20,63	0,0000*
Concentrações glicerol	10,17	0,7103 ^{ns}
Conc. pectina*Conc. glicerol	5,03	0,2632 ^{ns}
Resíduo	7,24	
Croma	QM	Pr (>F)
Concentrações Pectina	174,81	0,0000*
Concentrações glicerol	4,83	0,3199 ^{ns}
Conc. pectina*Conc. glicerol	1,88	0,8893 ^{ns}
Resíduo	4,03	
°hue	QM	Pr (>F)
Concentrações Pectina	5094,49	0,0000*
Concentrações glicerol	139,55	0,0014*
Conc. pectina*Conc. glicerol	72,73	0,0047*
Resíduo	23,16	
Espessura	QM	Pr (>F)
Concentrações Pectina	0,001673	0,0007*
Concentrações glicerol	0,000109	0,7260 ^{ns}
Conc. pectina*Conc. glicerol	0,000294	0,3239 ^{ns}
Resíduo	0,000247	
Permeabilidade ao vapor de água	QM	Pr (>F)
Concentrações Pectina	0,2395	0,0001*
Concentrações glicerol	0,0338	0,3314 ^{ns}
Conc. pectina*Conc. glicerol	0,0316	0,3870 ^{ns}
Resíduo	0,0289	
Resistência à tração	QM	Pr (>F)
Concentrações Pectina	4403036	0,0000*
Concentrações glicerol	519211	0,0000*
Conc. pectina*Conc. glicerol	299950	0,0000*
Resíduo	28948	
Elongação	QM	Pr (>F)
Concentrações Pectina	247,16	0,0000*
Concentrações glicerol	20,83	0,0360*
Conc. pectina*Conc. glicerol	21,32	0,0045*
Resíduo	6,76	
Solubilidade	QM	Pr (>F)
Concentrações Pectina	51,42	0,7939 ^{ns}
Concentrações glicerol	41,78	0,8403 ^{ns}
Conc. pectina*Conc. glicerol	240,20	0,1409 ^{ns}
Resíduo	149,69	

ANEXO B- Quadro de análise de variância multivariada permutacional em relação as variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas do tomate cereja revestido com pectina cítrica comercial e submetidos aos dias de análise.

	QM	Pr (>F)
Tempo de imersão	0,01638	0,023*
Dias de análise	0,07255	0,001*
Tempo de imersão * Dias de Análise	0,00091	0,855 ^{ns}
Resíduo		