



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

ANA CLAUDIA APARECIDA LOPES

**REVESTIMENTO COMESTÍVEL COM CARVACROL: TECNOLOGIA DE
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTO**

LONDRINA

2021

ANA CLAUDIA APARECIDA LOPES

**REVESTIMENTO COMESTÍVEL COM CARVACROL: TECNOLOGIA DE
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTO**

**EDIBLE COATING WITH CARVACROL: POST-HARVEST FRUIT
CONSERVATION TECHNOLOGY**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Área de Concentração: Tecnologia de Alimentos

Linha de Pesquisa: Tecnologia de Produtos de origem vegetal

Orientador: Prof. Dr. Luciano Lucchetta

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Vania De Cassia Da Fonseca Burgardt

LONDRINA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina



ANA CLAUDIA APARECIDA LOPES

REVESTIMENTO COMESTÍVEL COM CARVACROL: TECNOLOGIA DE CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTO

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Tecnologia De Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia De Alimentos.

Data de aprovação: 08 de Setembro de 2021

Prof Luciano Lucchetta, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Cesar Valmor Rombaldi, Doutorado - Universidade Federal de Pelotas (Ufpel)

Prof.a Marianne Ayumi Shirai, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 08/09/2021.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Ao meu pai Rubem que mesmo não estando presente em matéria na minha vida, sempre esteve presente em espírito. Sei que nos momentos de dificuldade você me deu força, paciência e sabedoria para que eu pudesse passar por mais essa fase da vida.

A minha mãe Carme, obrigada por toda a parceria com que me acompanhou e lutou junto comigo nessa jornada. Obrigada pelo incentivo e pela admiração Você é minha base, meu alicerce, minha mãe, meu pai, minha amiga, minha companheira, minha conselheira, você é meu tudo, obrigada por ser MINHA mãe. Meu irmão Fernando e minha irmã Leticia pela paciência e carinho, por me incentivarem sempre.

Ao meu esposo Luiz, que sempre acreditou no meu trabalho e no meu potencial, que me incentivou em todos os momentos, que não me deixou desistir, essa conquista é sua também.

Ao meu orientador, professor Luciano pela paciência, dedicação, sugestões, por ter me auxiliado nessa caminhada, e que com sabedoria soube dirigir-me os passos e os pensamentos para o alcance de meus objetivos, pelo tempo gasto comigo sem medir qualquer esforço para me ajudar.

As professoras Alessandra, Ana Paula e Vania que me ajudaram sem medir esforços, tirando minhas dúvidas, e me auxiliando sempre que tive necessidade.

Ao Laboratório de Análise Sensorial e Desenvolvimento de Produto - LabSen - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Francisco Beltrão

Obrigada a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o meu sucesso, para essa etapa e para o meu crescimento!

LOPES, Ana Claudia Aparecida. **REVESTIMENTO COMESTÍVEL COM CARVACROL:** Tecnologia de conservação pós-colheita de fruto. número total de folhas 63 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2021.

RESUMO

Os revestimentos comestíveis são uma das alternativas promissoras para a conservação pós-colheita de frutas e hortaliças, podendo ser incorporados antimicrobiano natural carvacrol e assim inibir o desenvolvimento fúngico e prolongar a vida útil do produto. Estudos anteriores testaram a capacidade antifúngica de um revestimento comestível à base de amido de mandioca/gelatina com carvacrol nanoencapsulado no morango. Nestes estudos este fruto foi escolhido por ser altamente perecível e com curto tempo de vida pós-colheita, e de difícil comercialização. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do revestimento ativo na conservação de morangos durante a estocagem e o seu impacto sensorial. Os revestimentos comestíveis (0,0 mg de carvacrol g⁻¹ solução de revestimento, 0,3 mg de carvacrol g⁻¹ solução de revestimento e 0,6 mg de carvacrol g⁻¹ solução de revestimento) foram aplicados nos morangos, e os parâmetros físico-químicos (cor, perda de massa, umidade, firmeza, pH, acidez e sólidos solúveis totais), microbiológicos (bolors e leveduras) e incidência de podridões durante 16 dias de armazenamento sob refrigeração foram quantificados. Posteriormente, realizou-se análise sensorial no quarto dia de estocagem sob refrigeração de morangos revestidos e sem revestimento aplicando o método Perfil Flash. Os revestimentos 0,3 mg de carvacrol g⁻¹ solução de revestimento e 0,6 mg de carvacrol g⁻¹ solução de revestimento mostraram ser eficientes na redução do crescimento de bolors e leveduras, assim como na ocorrência de podridões, pelo menos até o 12º dia de armazenamento, os tratamentos influenciaram nos parâmetros de sólidos solúveis totais onde foi possível controlar a redução, os valores de acidez não sofreram grandes variações e assim mantendo os valores de pH menores períodos de armazenamento. Os resultados foram satisfatórios também em relação a cor do fruto, onde tiveram a capacidade de manter a coloração avermelhada por mais tempo. Não houve diferença significativa entre os tratamentos e durante o armazenamento para a perda de massa, firmeza e umidade. Quanto a análise sensorial os revestimentos com carvacrol resultaram na alteração do sabor e odor, com distanciamento da aceitação, os frutos com revestimento foram caracterizados principalmente com sabor residual, e odor de orégano. Porém em relação ao atributo visual, os revestimentos comestíveis ativos resultaram em uma uniformidade das amostras no período de armazenamento. De fato, conclui-se que o carvacrol teve a capacidade de auxiliar no armazenamento do morango, porém interferindo diretamente nos atributos de sabor e odor, mas em contra partida mantendo o atributo de uniformidade.

Palavras chave: Revestimento ativo. Amido de mandioca. Gelatina. Qualidade pós-colheita. Sensorial.

LOPES, Ana Claudia Aparecida. **EDIBLE COATING WITH CARVACROL: POST-HARVEST FRUIT STORAGE TECHNOLOGY.** total number of sheets 63 f. Dissertation (Professional Master in Food Technology) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2021

ABSTRAT

Edible coatings are one of the promising alternatives for the post-harvest conservation of fruits and vegetables, and can be incorporated with the natural antimicrobial carvacrol and thus inhibit fungal development and prolong the shelf life of the product. Previous studies have tested the antifungal ability of an edible cassava starch/gelatin-based coating with nanoencapsulated carvacrol in strawberry. In these studies, this fruit was chosen because it is highly perishable, has a short post-harvest life, and is difficult to market. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of active coating on the conservation of strawberries during storage and its sensory impact. Edible coatings (0.0 mg carvacrol g⁻¹ coating solution, 0.3 mg carvacrol g⁻¹ coating solution and 0.6 mg carvacrol g⁻¹ coating solution) were applied to the strawberries, and the physicochemical parameters (color, mass loss, moisture, firmness, pH, acidity and total soluble solids), microbiological (mold and yeast) and incidence of decay during 16 days of storage under refrigeration were quantified. Subsequently, sensory analysis was carried out on the fourth day of storage under refrigeration of coated and uncoated strawberries using the Profile Flash method. The 0.3 mg carvacrol g⁻¹ coating solution and 0.6 mg carvacrol g⁻¹ coating solution coatings proved to be efficient in reducing the growth of molds and yeasts, as well as in the occurrence of rots, at least until the 12th day of storage, the treatments influenced the parameters of total soluble solids where it was possible to control the reduction, the acidity values did not suffer great variations and thus keeping the pH values lower storage periods. The results were also satisfactory in relation to the color of the fruit, where they had the ability to maintain the reddish color for a longer time. There was no significant difference between treatments and during storage for weight loss, firmness and moisture. As for the sensory analysis, the coatings with carvacrol resulted in a change in flavor and odor, with a distance from acceptance, the coated fruits were characterized mainly with residual flavor and oregano odor. However, regarding the visual attribute, the active edible coatings resulted in a uniformity of the samples in the storage period. In fact, it is concluded that carvacrol had the ability to assist in the storage of strawberries, but directly interfering with the attributes

Keywords: Active coating. Cassava starch. Gelatin. Post-harvest quality. Sensory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de preparação do revestimento comestível	28
Figura 2 – Contagem de bolores e leveduras de morango, revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.....	34
Figura 3 – Incidência de podridões de frutos de morango, revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.	35
Figura 4 – Sólidos Solúveis Totais (° brix) de frutos de morango ,revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.....	36
Figura 5 - pH de frutos de morango ,revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.....	37
Figura 6 - Acidez (g) de frutos de morango ,revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.....	38
Figura 7 - Perda de massa (%) de frutos de morango, revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias	39
Figura 8 - Firmeza (N) de frutos de morango, revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.....	40
Figura 9 - Coloração de frutos de morango (L*) revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.....	41
Figura 10 - Coloração de frutos de morango (a*), revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.....	42
Figura 11 - Coloração de frutos de morango (b*), revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.....	43
Figura 12 –Distribuição espacial das amostras do fruto.....	44
Figura 13 –Gráfico de componentes principais gerado na AFM para as características (A) / aceitação e o espaço dimensional das amostras (B).....	50
Figura 14 – Agrupamento das amostras por Análise Aglomerativa Hierárquica	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Formulação dos tratamentos aplicados (revestimento) a morangos CV. Albion.	28
Tabela 2 – Umidade (%) de frutos de morango, revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.	40
Tabela 3 – Atributos melhor correlacionados ($ r \geq 0,6$) com as duas primeiras dimensões (F1 e F2) por julgador e agrupamento de julgadores.	44
Tabela 4 – Relações significativas entre as dimensões comuns e os atributos sensoriais	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFM - Análise Fatorial Múltipla

AOAC - *Association of Official Analytical Chemists*

ATP - Amido termoplástico

CA – Carvacrol

DERAL - Departamento de Economia Rural

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

FDA - *Food and Drug Administration*

GLE – Gelatina

GPA - Análise Procrustes Generalizada

GRAS - *Generally Recognized as Safe*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRAF - Instituto Brasileiro de Frutas

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MIC – Concentração inibitória mínima

OMS – Organização Mundial da Saúde

SEAB - Secretaria da Agricultura e do Abastecimento

SST – Sólidos solúveis totais

UFC – Unidade formadora de colônia

VBP – Valor bruto de produto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS	15
3.2 CARVACROL	19
3.3 CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTAS.....	22
3.3.1 Ocorrência de doenças pós-colheita de frutas	23
3.4 MORANGO	25
4 MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1 PREPARAÇÃO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS	27
4.2 QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO MORANGO REVESTIDO COM COBERTURA COMPOSTA ANTIFÚNGICA	29
4.2.1 Contagem de bolores e leveduras e incidência de podridões	29
4.2.2 Determinação do teor de sólidos solúveis total (SST).....	29
4.2.3 Determinação do potencial hidrogênico (pH)	30
4.2.4 Determinação de acidez titulável	30
4.2.5 Perda de massa	30
4.2.6 Determinação de firmeza de polpa.....	30
4.2.7 Umidade.....	31
4.2.8 Determinação de cor	31
4.2.9 Análises Estatísticas	31
4.3 ANÁLISE SENSORIAL.....	31
4.3.1 Perfil Flash	32
4.3.2 Teste de aceitação	33
4.3.3 Análises Estatísticas.....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO MORANGO REVESTIDO COM COBERTURA COMPOSTA ANTIFÚNGICA	34
5.1.1 Contagem de bolores e leveduras e Incidência de podridões	34
5.1.2 Sólidos solúveis totais (SST), pH e Acidez total.....	36

5.1.3 Perda de massa, umidade e firmeza	38
5.1.4 Cor.....	41
5.2 ANÁLISE SENSORIAL.....	42
6 CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

O uso de revestimentos comestíveis em frutos é uma alternativa interessante para manutenção de alimentos seguros, saudáveis e com boa qualidade sensorial na etapa pós-colheita. São finas camadas de material poliméricos aplicadas e formadas diretamente na superfície do fruto. Como essas coberturas passam a fazer parte do alimento a ser consumido, os materiais empregados em sua formação devem ser considerados como GRAS (Geralmente reconhecido como seguro, sigla em inglês) (HERNALSTEENS, 2020). Assim, são usados biopolímeros como proteínas, polissacarídeos, ceras e resinas no preparo de revestimentos, podendo ser empregados puros ou em combinação (JAFARZADEH *et al.*, 2021). A combinação de mais de um biopolímero na elaboração dos revestimentos pode conferir uma maior funcionalidade a matriz polimérica. Um exemplo clássico é a utilização do amido de mandioca e gelatina, que conferem ao revestimento uma ótima barreira para a perda de umidade e controle de trocas gasosas, além de realçar a coloração e o brilho do fruto (ASSIS; BRITO, 2014; FAKHOURY *et al.*, 2012). Além disso, é possível incorporar agentes antimicrobianos em sua matriz polimérica, auxiliando no prolongamento da vida útil do alimento revestido (FORTUNATI *et al.*, 2012).

O carvacrol é um dos principais constituintes do óleo essencial do orégano e tem demonstrado propriedades antimicrobianas, além de possuir a classificação de GRAS, caso não ultrapasse uma concentração de 50 mg/kg no alimento (PALOU *et al.*, 2016). Especificamente, a atividade antifúngica contra fungos específicos de interesse agroalimentar foi relatada contra 11 diferentes espécies, destacando-se *Penicillium citrinum*, *Rhizopus oryzae*, e *Botrytis cinerea* (ABBASZADEH *et al.*, 2014). Os óleos essenciais assim como os seus componentes majoritários possuem uso limitado, como conservantes, em função do marcante aroma e sabor, que leva a alteração dos atributos sensoriais do alimento onde está inserido. Assim, a sua inserção em uma matriz polimérica representa uma alternativa de minimizar os impactos sensoriais (ACOSTA *et al.*, 2016). Ainda, se estes estão encapsulados e dispersos na emulsão da matriz polimérica, fornecem algumas vantagens como, controle da taxa de liberação, redução da volatilidade e aumento da estabilidade oxidativa do ativo e maior área de contato do composto com o microorganismo alvo (TASTAN *et al.*, 2016).

A estratégia de utilizar a técnica de emulsificação para incorporação do carvacrol na matriz hidrofílica (amido de mandioca e gelatina) tem-se mostrado interessante, devido a sua natureza hidrofóbica e baixa solubilidade em água, na presença de biosurfactante lecitina e hidrófobo Miglyol® 812. O grande diferencial em nossos achados preliminares, se comparados aos muitos estudos já realizados com revestimentos semelhantes é que, em análises microscópicas, temos uma estrutura contínua e homogênea com a presença de partículas esféricas de carvacrol encapsulado na matriz densa e dúctil do filme (ROMIO *et al.*, 2017). Esta encapsulação do carvacrol possibilitou que a matriz polimérica expressasse uma maior ação antifúngica *in vitro* e *in vivo* contra *Colletotrichum sp* e *Botrytis cinerea* (BRETSCHEIDER *et al.*, 2019; BRETSCHEIDER *et al.*, 2016).

O emprego de novas tecnologia necessita ser amplamente testadas e comprovadas sua eficiência, tanto para os microrganismos alvos (*in vitro*) assim como na prática com os frutos e condições de armazenamento e comercialização. Os testes experimentais com bons modelos vegetais que demonstrem essa potencialidade são importantes para que se possa estender tal procedimento para o máximo de frutas que possuem alta perecibilidade.

O morango é um bom modelo de fruto que representa um perfil de características desafiadoras para estudo de conservação pós-colheita utilizando revestimento comestível. Este pseudofruto altamente perecível e de curta vida útil é bastante apreciado e procurado pelos brasileiros e mundialmente em função das suas características sensoriais e nutricionais (FELIZIANI; ROMANAZZI, 2016). Ele é fonte de minerais, vitaminas e compostos bioativos que tem forte relação com a cor e propriedades antioxidantes do fruto (COLUSSI *et al.*, 2021).

Nesse sentido, a tecnologia de revestimentos contendo moléculas naturais como carvacrol representam de fato um potencial para conservação pós-colheita. É importante que tenhamos um modelo de importância econômica para demonstrar esta potencialidade que auxilie na comercialização mais viável, diminuindo perdas e levando ao incremento da renda dos produtores. Em nosso estudo, escolhemos o morango que representar um ótimo modelo justificando a importância de verificar os efeitos da aplicação de um revestimento à base de amido de mandioca/gelatina com carvacrol encapsulado nas características de qualidade armazenados sob refrigeração.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso de revestimento comestível a base de amido de mandioca e gelatina contendo carvacrol encapsulado na conservação pós-colheita de morango.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Produzir revestimento comestível a base de amido e gelatina com diferentes concentrações de carvacrol.

Avaliar a estabilidade microbiológica dos morangos revestidos com filme contendo carvacrol durante estocagem, sob refrigeração.

Determinar a eficiência antifúngica do revestimento frente a ocorrência de podridões nos morangos revestidos durante o armazenamento.

Analisar os efeitos do uso de revestimento comestível na conservação e nas propriedades físico-químicas dos morangos revestidos durante o armazenamento.

Avaliar o impacto do uso de revestimento comestível contendo carvacrol nas características sensoriais dos morangos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS

Os filmes utilizados para os revestimentos comestíveis buscam proporcionar aos alimentos uma “embalagem” para proteger, evitando sua consequente deterioração, e adicionados de compostos naturais ajudam a prolongar a vida útil dos mesmos (SOUZA; SERRA; MELO, 2012). Os filmes e revestimentos comestíveis e biodegradáveis não substituem completamente os materiais de embalagem convencionais (HERNALSTEENS, 2020). Estes podem auxiliar à melhoria de eficiência da embalagem dos alimentos e, assim, proporcionar um efeito suplementar sobre a redução dos requisitos para polímeros derivados do petróleo. De modo geral, além dos ganhos na conservação e redução de perdas de alimentos, deve-se observar as tecnologias e os custos envolvidos na produção de filme ou revestimento, considerando aspectos sensoriais, saúde do consumidor e impacto ambiental.

Embora os termos sejam usados muitas vezes para discriminar a mesma coisa, conceitualmente pode-se distinguir filmes e coberturas comestíveis da seguinte forma: filmes são preparados separadamente e aplicados na superfície do fruto. Enquanto os revestimentos comestíveis são finas camadas de material, aplicadas e formadas diretamente na superfície do fruto, que visam reduzir a perda de massa e evitar contaminações por agentes externos, trocas gasosas com o meio ambiente e o amadurecimento precoce (RESENDE, 2015).

Um adequado revestimento deve apresentar propriedades sensoriais neutras, ou seja, que não modifiquem o odor e sabor do alimento que revestem e sejam transparentes (imperceptíveis ao olho nu) promovendo melhorias na aparência da superfície conferindo-lhe mais brilho e redução da viscosidade sem, no entanto, modificar suas propriedades (GARCIA; MARTINO; ZARITZKY, 1998). Como essas 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, 2013).

No desenvolvimento de um revestimento comestível, quanto às propriedades mecânicas e barreira, várias abordagens podem ser úteis a fim de aumentar essas

características, como modificações químicas, incorporação de nano reforços ou compostos de atividade específica (OTONI *et al.*, 2017). Porém, qualquer modificação ou incorporação aos materiais deve ser considerada de forma a preservar a comestibilidade, tornando os testes de toxicidade essenciais para o desenvolvimento contínuo de filmes comestíveis.

Os filmes são preparados a partir de materiais biodegradáveis ou biopolímeros cujo uso vem sendo cada vez mais crescente. A aplicação de revestimentos comestíveis à base de extratos vegetais aumenta a confiança do consumidor, pois podem trazer soluções sensoriais, nutricionais e contam com o apelo ambiental (NCAMA *et al.*, 2018). As formulações dos filmes tem sido a base de gomas (pectina, alginatos), polissacarídeos (amidos, celulose, quitosana), proteínas (gelatina, colágeno e proteínas vegetais), e lipídios. Suas propriedades de formação de filme permitem a síntese de membranas (espessura > 30 μm) e revestimentos (<30 μm) que são usados com sucesso para preservar alimentos (FERREIRA; ALVES; COELHO, 2016).

Esses biopolímeros podem ser usados sozinhos ou em combinação, além da possibilidade de se incorporar agentes com atividade antimicrobiana, antioxidante, anti-escurecimento, entre outros. Também, ultimamente tem-se investigado a utilização de filmes a base de resíduos de frutas e hortaliças, que carregam uma série de propriedades relacionadas a atividade antioxidante, antimicrobiana e nutricional. No entanto, ainda há alguns desafios de melhor desenvolvimento e propriedades tecnológicas não bem avaliadas, como a adesão a um produto superfície (capacidade e tempo necessário), especialmente para produtos destinados a mercados distantes e/ou armazenamento a longo prazo (NCAMA *et al.*, 2018). É necessário que se faça também uma avaliação ampla e adequada sobre todos os benefícios possíveis dos revestimentos, tais como inibição de distúrbios fisiológicos e inibição de microrganismos.

Os filmes formados a partir de misturas de biopolímeros tem demonstrado propriedades superiores àquelas de filmes obtidos utilizando apenas um biopolímero (TANG; ALAVI, 2011; BRANDELEIRO *et al.*, 2015). Segundo ASSIS; BRITO (2014) as coberturas hidrofílicas são as constituídas por materiais com estrutura nas quais há predominância de grupos amino ou hidroxila e carboxila, caracterizadas por ligações covalentes polares, que favorecem o acúmulo de arranjos de moléculas polares e principalmente da água. São indicadas para recobrir superfícies fatiadas,

frutas com aspecto brilhantes que apresentam alta molhabilidade. Por terem afinidade com água preservam o aspecto hidratado, mantendo por mais tempo a superfície brilhante. As formulações hidrofílicas são indicadas para o revestimento de frutas com alta taxa de transpiração, as quais a degradação ocorre essencialmente por perda de água, levando a desidratação e alteração do aspecto superficial.

O amido de mandioca (fécula de mandioca) é um dos mais utilizados por possuir ampla gama de funcionalidades e aplicações, além de um baixo custo. Além disso, ela é de fácil extração em relação aos amidos de outras fontes, apresenta menor taxa de retrogradação, baixa temperatura de gelatinização e estabilidade do gel, o que a torna uma fonte promissora na elaboração de revestimentos e filmes comestíveis (THOMAS, 2016). Especialmente os amidos, apresentam baixa permeabilidade ao oxigênio, podendo reduzir a taxa respiratória de frutos e vegetais, mas devido à natureza hidrofílica desses compostos, a cobertura tem característica de formar barreira pobre ao vapor de água; a adição de lipídeos e proteínas hidrofóbicas (predominância de constituintes apolares), contribui para a melhoria da barreira ao vapor de água desta cobertura (OLIVAS; BARBOSA-CÁNOVAS, 2005; PERERA; RAHMAN 2007; ORIANI, 2013; ASSIS; BRITO, 2014).

Os revestimentos proteicos, como a gelatina, apresentam propriedades mecânicas e de barreira superiores às dos polissacarídeos, em decorrência de sua estrutura, que lhes conferem melhores propriedades funcionais. Em geral, os revestimentos proteicos também apresentam permeabilidade à água maior do que os revestimentos elaborados com polímeros sintéticos, pela natureza hidrofílica das proteínas (FEREIRA, 2014). A gelatina é um polímero proteico de origem animal, obtida a partir do colágeno, sendo de baixo custo (FAKHOURI; GROSSO, 2003) e com propriedades funcionais adequadas para a fabricação de revestimentos (CARVALHO, 1997). Revestimentos comestíveis, a base de gelatina, reduzem a permeabilidade de oxigênio e podem carrear agentes antimicrobianos e antioxidantes (BERTAN, 2003; KROCHTA; DE MULDERJOHNSTON, 1997). A gelatina tem sido utilizada na formulação de coberturas, porém a desidratação da rede tridimensional torna os revestimentos com este material quebradiços. Com isso, a adição de plastificante é necessária para superar tal fragilidade, melhorar sua flexibilidade, força e resistência (CAO; YANG; FU, 2008). Os mais utilizados são o glicerol e o sorbitol (VILLADIEGO *et al.*, 2005; SANTANA, 2010). Filmes compostos

por amido de milho e gelatina plastificada com glicerol ou sorbitol aumentaram a resistência mecânica dos filmes e a solubilidade em água (FAKHOURI *et al.*, 2015). A utilização deste revestimento em uvas Red Crimson proporcionou manutenção da aparência, menor perda de massa sem alterações das suas propriedades sensoriais, após 21 dias de armazenamento refrigerado.

A tecnologia de revestimentos comestíveis pode agregar positivamente com o uso de refrigeração. Muitos estudos têm demonstrado o potencial de utilização de revestimentos comestíveis, onde a matriz polimérica forma mais moléculas funcionais desempenham um papel sinérgico junto com o filme o que resulta em retenção de umidade, potencial antioxidante, aumento da atividade das enzimas antioxidantes, redução da atividade das enzimas de escurecimento e conferem propriedades antimicrobianas em frutas e vegetais frescos (XING *et al.*, 2019; NAIR *et al.*, 2020).

Os antimicrobianos mais comumente usados são os ácidos orgânicos, o polissacarídeo quitosana, alguns polipeptídeos como a nisina, carvacrol, sistema lactoperoxidase, alguns extratos vegetais, seus óleos essenciais e outros (CAMPOS; GERSCHENSON; FLORES, 2011). Em estudo, o efeito do revestimento de gelatina combinado com gel de aloe vera e extratos de chá verde e preto em laranjas recém-cortadas resultaram em redução de perda de peso, da degradação do ácido ascórbico e do escurecimento (RADI *et al.*, 2017). Também, os revestimentos de gelatina contendo extratos de aloe vera ou chá verde preservaram a qualidade e estenderam a vida útil de laranjas minimamente processadas. Aitboulahsen *et al.* (2018) demonstraram que o uso de revestimento de gelatina com óleo mental de *Mentha pulegium* (1%) proporcionou a preservação pós-colheita de morangos por até 13 dias, retardando o crescimento microbiano. Garcia *et al* (2010) utilizaram fécula de mandioca a 3% associado ou não ao sorbato de potássio, como revestimento em morangos minimamente processados, teve efeitos positivos na conservação das propriedades físico-químicas. A fécula de mandioca, incorporada com própolis conseguiu reduzir a ocorrência de fungos filamentosos (THOMAS, 2016). Ainda em morangos, Friedrich *et al.*, (2020), descreveram boa eficiência de um revestimento à base de amido de mandioca nativo, gelatina e sorbitol, contendo extrato de *Tetradenia riparia*, onde, sob armazenamento refrigerado, melhorou o controle do crescimento bacteriano e preservou a alta atividade antioxidante por 10 dias.

Em muitos casos as explicações não são suficientes das causas e efeitos da composição do revestimento, bem como dos agentes melhoradores (moléculas ou extratos) com função específica. Alguns estudos testam extratos, o que denota uma amplitude de moléculas que podem ter efeito positivo do ponto de vista conservação dos vegetais e outras não. Quando utilizamos moléculas isoladas e conhecidas, melhora-se as condições de estudo causa-efeito, a citar estudos já relatados com as nanopartículas (nano-ZnO, nano-titanio, prata, etc) (JAFARZADEH *et al.*, 2021). Em especial, destacamos o carvacrol e óleos essenciais contendo carvacrol, um fitoquímico que, têm sido amplamente estudados e aplicados nas indústrias alimentícia, farmacêutica e animal com uma excelente atividade antimicrobiana e propriedades antioxidantes (WANG; WU, 2021). Em nossos estudos, temos trabalhado com revestimentos e compostos como carvacrol, que já tem demonstrado suas propriedades e sua integração na formação dos filmes para revestimentos de frutos em pós-colheita.

3.2 CARVACROL

O carvacrol é constituído por um anel fenólico com substituições de metila e isopropila. O grupo funcional hidroxila livre é o principal fator que contribui para sua excelente capacidade antimicrobiana. O carvacrol, componente majoritário do óleo essencial de orégano, considerado um aditivo alimentar natural reconhecido como seguro, GRAS, de acordo com o Anexo II do Regulamento do Conselho 2377/90 da Comissão Europeia (2000), Avaliações do Comitê Conjunto FAO / OMS de Especialistas em Aditivos Alimentares pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (2001), 21 CFR 172.515 pela FDA (2010) (PALOU *et al.*, 2016; WHO, 2016; RAJPUT; BAGUL; BENDRE, 2017).

A atividade antioxidante, antibacteriana e antifúngica são atribuídas, estudadas e discutidas para o carvacrol em diferentes trabalhos como aditivo de alimentos, na preservação de alimentos e como bioativo em tratamentos de saúde (BENDRE; BAGUL; RAJPUT, 2018; MEMAR *et al.*, 2017; MASTELIC´ *et al.*, 2008). Os descritos de Wang; Wu (2021) apresentam uma relação ampla de estudos que demonstram as atividades biológicas de óleos essenciais contendo carvacrol em termos de suas atividades antimicrobiana e antioxidante em diferentes emulsões aplicadas em alimentos.

Especificamente, atividade antifúngica contra fungos de interesse agroalimentar foi relatada em um estudo que avaliou o efeito inibitório de crescimento do carvacrol contra 11 diferentes espécies (ABBASZADEH *et al.*, 2014). A atividade inibitória foi constatada para 4 fungos do gênero *Aspergillus*, 2 fungos do gênero *Penicillium* e *Cladosporium* spp, e para as espécies *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizopus oryzae*, *Botrytis cinerea*. e *Alternaria alternata*. A atividade antifúngica do carvacrol acontece em função do seu dano a membrana citoplasmática do microrganismo levando a perda do conteúdo interno e depleção do ergosterol (CHAVAN; TUPE, 2014).

O carvacrol é insolúvel em água, altamente volátil, com baixa biodisponibilidade e suscetível aos ambientes circundantes, como condições de processamento (WANG; WU, 2021). Os óleos essenciais assim como os seus componentes majoritários possuem uso limitado, como conservantes, em função do marcante aroma e sabor, que leva a alteração dos atributos sensoriais do alimento onde está inserido (FALLEH *et al.*, 2020). A utilização de carvacrol coloidal, incluindo microencapsulação e nanotecnologia, são abordagens promissoras para superar os desafios mencionados, e assim aproveitar o potencial desta molécula (KHARAT; MCCLEMENTS, 2019). Assim, a sua inserção em uma matriz polimérica representa uma alternativa de minimizar os impactos sensoriais do uso destes componentes como conservantes (ACOSTA *et al.*, 2016).

De fato, alguns estudos relatam a incorporação de carvacrol em polímeros a base de quitosana, goma arábica, polipropileno e os filmes ativos destas matrizes apresentaram atividade antifúngica (WANG; WU, 2021; RAMOS *et al.*, 2012; FERNÁNDEZ-PAN *et al.*, 2015; KUREK *et al.*, 2012, 2013). A incorporação de substâncias antimicrobianas em embalagens alimentícias representa um caminho promissor na síntese de embalagens ativas, pela aplicação de materiais que possam controlar o crescimento de microrganismos indesejáveis sobre a superfície de alimentos (FORTUNATI *et al.*, 2012). Vários estudos têm sido realizados sobre incorporação antimicrobianos em filme e coberturas comestíveis para aplicação em frutas. A utilização do composto carvacrol, como princípio ativo antimicrobiano, em revestimentos comestíveis na preservação de frutas frescas, já foi descrito em inúmeros trabalhos como, morango (PERETTO *et al.*, 2014), mirtilo (SUN *et al.*, 2014), maçã (SAPPER *et al.*, 2020). Os autores otimizaram está formulação com

base nas respostas da atividade antifúngica contra o crescimento de *Botrytis cinerea*.

A matriz polimérica para revestimentos comestíveis a base de amido de mandioca e gelatina com incorporação de carvacrol, representa uma alternativa para auxiliar na redução de perdas, sem afetar o meio ambiente, nem a saúde do consumidor. A redução das perdas pós-colheita resulta em maior disponibilidade de alimentos, redução de custos da comercialização (YAMASHITA, 2004). Obviamente que, a viabilidade de utilização destes filmes sempre passa por estudos amplos das propriedades das moléculas e da matriz polimérica final aplicada em fruto na prática. Neste sentido, a efetividade do revestimento, que tem por característica uma estrutura contínua e homogênea com a presença de partículas de carvacrol encapsulado (melhor dispersão) na matriz (ROMIO *et al.*, 2017), requer ser demonstrada em testes *in vivo* com uma fruta.

É importante destacar que dos estudos realizados até o momento por nosso grupo de pesquisa, há resultados promissores da atividade antifúngica do carvacrol contra *Botrytis cinerea* e descrita pela primeira vez para *Colletotrichum sp.* (BRETSCHEIDER *et al.*, 2019). O carvacrol inibiu o crescimento do *Colletotrichum sp.* na concentração de 282 µg.mL⁻¹, e apresentou ação fungicida na mesma concentração. O *Botrytis cinerea* apresentou maior sensibilidade ao carvacrol em relação ao *Colletotrichum sp.*, visto que a Concentração Inibitória Mínima (MIC) e Concentração Fungicida Mínima (MFC) foram notavelmente inferiores (9 e 18 µg.mL⁻¹, respectivamente). Neste estudo a atividade fungicida foi maior do que fungistática (*Botrytis cinerea* apresentou MIC = 300 µg.mL⁻¹ e MFC = 350 µg.mL⁻¹, *Rhizopus oryzae* MIC = 200 µg.mL⁻¹ e MFC = 250 µg.mL⁻¹).

Em relação à atividade antifúngica *in vitro* dos revestimentos elaborados, o crescimento do *Colletotrichum sp.* e *Botrytis cinerea* foi inibido pelo revestimento com 0.6 mg carvacrol g⁻¹. Comparado aos estudos já descritos na literatura, a elevada ação antifúngica do revestimento pode estar relacionada ao fato que o carvacrol encontra-se microencapsulado na matriz polimérica, com tamanho de gotícula entre 200 a 800 nm (ROMIO *et al.*, 2017). O aumento da eficácia do carvacrol e de óleos essenciais como agentes antimicrobianos melhora quando encapsulados, diminuindo a solubilidade em água destes compostos puros (DONSI *et al.*, 2011). As nanoemulsões de óleo essencial em revestimentos de quitosana mostraram aumento da atividade antimicrobiana em concentrações de óleo

essencial mais baixas do que o necessário no caso de adição de óleo essencial puro (TASTAN *et al.*, 2016). O tamanho submicrométrico das partículas de carvacrol no revestimento aumenta a sua biodisponibilidade e bioatividade, e também protege o composto ativo contra condições ambientais, fornecendo boa estabilidade física. Adicionalmente, a presença do surfactante lecitina pode aumentar a estabilidade do carvacrol no meio aquoso no qual a análise antimicrobiana é realizada, semelhantemente ao observado para o eugenol em que a lecitina melhorou a eficácia antimicrobiana deste terpeno (ZHANG *et al.*, 2017).

3.3 CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTAS

O desperdício de alimentos no Brasil chega a 30% de 17,7 milhões de toneladas de frutos frescos por ano, segundo dados da EMBRAPA (SOARES, 2010). Aproximadamente 80% das perdas da fruticultura ocorre na pós-colheita (DANTAS *et al.*, 2003; FAO, 2011; SEAB, 2015). Além dos danos mecânicos que os produtos sofrem durante o transporte e armazenamento, essas perdas também estão associadas a fatores fisiológicos do próprio fruto e a doenças ocasionadas por contaminações fúngicas (CHITARRA; CHITARRA, 2005; DANTAS *et al.*, 2003). Ao contrário dos produtos de origem animal as frutas continuam vivas após a colheita, realizando todas as suas funções biológicas, nesta fase a respiração é o principal evento fisiológico ocorrente, levando a perda de textura, do sabor e do frescor natural.

Fungicidas e conservantes sintéticos são o principal meio de controle de doenças e deterioração em frutas e hortaliças. No entanto, o uso desses compostos tem sido cada vez mais restrito devido ao potencial carcinogênico, toxicidade residual, longos períodos de degradação, além da poluição ambiental (UNNIKRISHNAN; NATH, 2002).

Em substituição ao uso de agentes químicos, o biocontrole é uma das alternativas para o controle de fungos que causam doenças pós-colheita de frutas. O objetivo é diminuir resíduos de fungicidas em frutos. Também são usados organismos *Pseudomonas fluorescens*, *Gliocadium roseum*, *Trichoderma* para esse fim (SIVAKUMAR; BAÑOS, 2014; LEÓN *et al.*, 2015). Outros compostos de fontes naturais também são usados para o seu controle como extratos vegetais e o hortelã

demonstrou grande potencial no controle de *Botrytis cinerea* (VENTUROSUO *et al.*, 2011; WILSON, *et al.*, 1997).

Os óleos essenciais (orégano, cravo, canela, capim limão, palmorosa, tomilho, cravo-da-índia) e os componentes majoritários de alguns óleos essenciais, tais como, o citral e o eugenol, apresentam atividade antifúngica semelhante aos óleos que apresentam estes compostos em sua composição (LORENZETTI *et al.*, 2011; WILSON, *et al.*, 1997), bem como compostos sintéticos (VENTUROSUO *et al.*, 2011). Diante desse contexto, diversas tecnologias e práticas de gestão estão em vigor e são constantemente aprimoradas para diminuir o desperdício de alimentos. Pode-se citar melhorias no processo de pré e pós-colheita, nos meios de transporte, na utilização de novas tecnologias aplicadas às embalagens que garantam qualidade ao alimento e ainda na otimização da comercialização dos alimentos em supermercados (SOARES, 2010).

3.3.1 Ocorrência de doenças em pós-colheita de frutas

A deterioração fúngica destaca-se como um dos principais problemas que afetam a qualidade das frutas. As doenças podem afetar os frutos na pré-colheita e manifestarem-se na pós-colheita onde apresentam condições ambientais favoráveis de proliferação (DANTAS *et al.*, 2003).

A contaminação pode ser classificada em dois grupos: inoculação primária e inoculação secundária. Na inoculação primária ocorre à infecção com esporos de fungos antes do armazenamento (com o fruto ainda no campo), a inoculação secundária acontece no transporte e armazenamento, onde os esporos são dispersos de um fruto contaminado para outro não contaminado (DUTOT; NELSON; TYSON, 2013). Essa contaminação se dá pelo manejo, ar e água, após a contaminação inicial os esporos necessitam de uma abertura no tecido para dar início à infecção (DUTOT; NELSON; TYSON, 2013).

Os fungos estão amplamente distribuídos na natureza, como consequência os alimentos são susceptíveis a contaminações que podem ser causadas por uma ampla variedade de espécies fúngicas (SILVA, 2008). Os fungos dos gêneros *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Penicillium*, *Phomopsis* e *Rhizopus* são os principais responsáveis pela rápida deterioração de inúmeras frutas (FORTES, 2005). Para citarmos como exemplo entre esses, o fungo *Botrytis cinerea*, causador do mofo

cinzento em condições de campo e pós-colheita, é muito comum e responsável por importantes perdas em uma gama ampla de frutas. Essa doença se manifesta sobre os frutos na forma de uma massa de micélios de cor cinza, que é disseminada com maior intensidade após os períodos de chuvas que antecedem a colheita (BALBINO, 2004). A contaminação causada por este microrganismo e por outros fungos é particularmente séria, uma vez que leva a perdas durante o armazenamento e a uma desvalorização do produto (BRACKMANN *et al.*, 2001). O *Botrytis cinerea* pode atacar os frutos em qualquer estágio de desenvolvimento, no entanto é mais comum no fruto maduro ou na fase de amadurecimento, provocando o apodrecimento e a consequente aparição de uma massa cinzenta na superfície dos frutos (REIS; COSTA, 2011).

Como descrito no item 3.2.(Carvacrol), no desenvolvimento de nossos estudos, os dados demonstram a potencialidade de extratos naturais e moléculas isoladas utilizadas em pós colheita na inibição de dois desses principais causadores (*Colletotrichum sp* e *Botrytis cinerea*) em pós colheita (ROMIO *et al.*, 2017; LOPES *et al.*, 2021). Esses resultados preliminares demonstram o potencial antifúngico de três extratos vegetais babosa (*Aloe vera*), capim limão (*Cymbopogon citratus*) e gengibre (*Zingiber officinale*) e molécula carvacrol contra o *Colletotrichum sp* e *Botrytis cinerea*. Do mesmo modo, testes *in vitro*, o carvacrol se mostrou promissor no combate de *Alternaria alternata*, fungo causador de mancha preta em tomates. Os avaliações *in vivo*, revestimento contendo carvacrol se mostram muito promissores na inibição do desenvolvimento desses fungos.

Os testes *in vivo* são de suma importância na demonstração do funcionamento antifúngico e fungistático de extratos e moléculas, pois as características específicas de cada vegetal determinam comportamentos e afinidades diferentes. Portanto, a busca-se utilizar modelo vegetais, frutas, que possam fornecer avaliações e conclusões objetivas frente a tratamentos pós-colheita. O morango é um bom exemplo para modelo de fruto, pois tem importância econômica para demonstrar esta potencialidade que auxilie na comercialização mais viável e diminuição de perdas advindas da ocorrência de podridões.

3.4 MORANGO

O Brasil se apresenta como o terceiro maior produtor mundial de frutas com uma produção de em torno de 43 milhões de toneladas (IBGE, 2020). Boa parte concentra-se no estado de São Paulo que detêm 42% da produção nacional de frutas frescas (IBRAF, 2015). A base agrícola da cadeia produtiva das frutas abrange 2,7 milhões de hectares e gera 6,0 milhões de empregos diretos (SEAB, 2015). A produção de mamão (1.582.638 toneladas), maçã (1.231.472 toneladas) e morango (105.000 toneladas) juntas representaram 7% do total produzido pelo Brasil no ano de 2013 (FAO, 2011).

O estado do Paraná está na sexta posição do ranking da produção de frutas que na sua maioria é composta de laranja, banana, uva e maçã. A renda bruta do segmento frutífero gira em torno de 1,13 bilhão de reais, considerando-se no universo de 35 frutas exportadas no estado, o que corresponde a 2 - 3% da renda bruta gerada no campo (SEAB, 2015). No ano de 2015 a produção nacional de morango foi de 105 mil toneladas, entretanto, esta produção sofre perdas que são decorrentes de deteriorações microbiológicas e/ou químicas (BARTH *et al.*, 2009; ANTUNES; REISSER JUNIOR, 2014).

O morango é um fruto apreciado no mundo todo, sendo uma espécie que apresenta grande importância econômica. No Brasil, os estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul são as principais produtoras e sua comercialização destina-se quase toda para o mercado interno dentro das próprias regiões produtoras (MADAIL *et al.*, 2007; SPECHT; BLUME, 2009).

O cultivo do morango no estado do Paraná é de aproximadamente 697 hectares, cuja a produção de 20,4 mil toneladas corresponde a 9,7% no valor bruto da produção (VBP) da Fruticultura Brasileira (SEAB, 2015). No Paraná 50% da produção de morango está localizado na região de Curitiba (SCHWARZ, 2012).

Segundo dados da Secretaria de Estado de Agricultura e Abastecimento do Paraná (SEAB) a área e produção do morango na microrregião geográfica de Francisco Beltrão ocupa 37 hectares, com produção em torno de 395 toneladas ao ano, movimentando aproximadamente 3 milhões de reais na economia. (SEAB/DERAL, 2016).

A colheita dos frutos é uma das operações mais delicadas e importantes de todo o ciclo da cultura, exigindo muitos cuidados durante o processo. Por isso, o morango deve ser colhido no ponto ótimo de maturação, para que apresente máxima qualidade em termos de aparência, textura, sabor e valor nutricional (HERNÁNDEZ-MUNÓZ *et al.*, 2008). A época de colheita varia de junho a dezembro em regiões mais frias, como o Sul do Brasil (ANTUNES; DUARTE FILHO, 2005).

O morango pertence ao grupo das frutas não climatéricas, no qual não ocorre amadurecimento após a colheita nem melhoria das características sensoriais (CANTILLANO, 2006; CHITARRA; CHITARRA, 2005). Ainda, por não possuir camada superficial protetora contra a perda de água, desidrata facilmente e perde massa fresca, o que pode ter efeito prejudicial na qualidade (CALEGARO; PEZZI; BENDER, 2002), sendo considerado um fruto muito perecível e de vida curta na pós-colheita. Por este motivo é de suma importância o conhecimento e a avaliação das características físico-químicas dos frutos, pois a definição das técnicas de manuseio pós-colheita, bem como a aceitabilidade do produto pelo consumidor são dependentes desta avaliação (SILVA, 2011).

Morangos são frutos altamente apreciados pelos consumidores, devido às suas características sensoriais e nutricionais. Dentre elas a coloração vermelha intensa e o aroma característico, além da textura e do sabor levemente acidificado. Já no que diz respeito aos atributos nutricionais apresentam baixa quantidade calórica e atividade antioxidante, devido a presença de compostos fenólicos e as antocianinas. As antocianinas apresentam elevada atividade antioxidante e diversos estudos sugerem que esses compostos possuem efeito protetor contra doenças degenerativas e crônicas (KONG *et al.*, 2003), já quantidade e o perfil destes compostos variam em função do tipo, variedade e grau de maturação do vegetal, bem como das condições climáticas e do cultivo (MELO *et al.*, 2008).

Porém trata-se de um fruto altamente delicado e com curto tempo de vida pós-colheita, em virtude da epiderme delgada, do alto teor de água e elevada taxa respiratória, sendo sua comercialização um desafio. O morango é altamente susceptível a ocorrência de doenças pós-colheita, causadas principalmente por fungos como *Colletotrichum sp* e *Botrytis cinerea*. Por isso, morango é um bom modelo vegetal desafiador para os estudos de eficiência do uso de revestimentos comestíveis contendo carvacrol, buscando demonstrar alternativas promissoras para a conservação pós-colheita frutas e hortaliças.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste estudo foram utilizados morangos cultivar ALBION. A colheita foi realizada manualmente, coletando frutos com superfície acima de 90 % avermelhada (estado de vez para consumo) e, em seguida transportados para os Laboratórios da UTFPR – Francisco Beltrão. No laboratório, os frutos foram selecionados para que tivessem uniformidade, quanto à ausência de defeitos fisiológicos e tamanho em torno de 15 g. Para os quatro tratamentos deste experimento foram necessários o total de 720 morangos (em torno de 13 kg).

Após a seleção, os morangos foram lavados em água corrente e, em seguida, foram imersos na solução de hipoclorito de sódio (2,5% de cloro ativo) a 500 ppm durante 3 minutos, posteriormente, foram enxaguados com água destilada estéril por 2 minutos e drenados à temperatura ambiente. Após a drenagem da água, os morangos foram imersos na solução do revestimento por 2 minutos, e drenados novamente (CANAVAR; DI PIERRO, 2011). Foram revestidos 536 morangos, após o revestimento foram pendurados em varal e aguardou-se a secagem das amostras.

As amostras foram separadas em bandejas de polipropileno, e nos locais aonde era possível a passagem de ar, foi vedado com filme de PVC e armazenadas em temperatura controlada de 8°C. Os morangos foram divididos em 4 grupos (4 tratamentos). Os tratamentos foram compostos por bandejas contendo 8 morangos, com três repetições (três bandejas). Avaliou-se nos dias 0, 2, 4, 8, 12 e 16 de armazenamento pós tratamento (três bandejas). Para nomenclatura os grupos foram utilizadas as seguintes siglas ATP (amido termoplástico), GLE (gelatina) e CA (carvacrol), sendo assim os 4 tratamentos foram 0.0CA-ATP/GLE, 0.3CA-ATP/GLE, 0.6CA-ATP/GLE e o CONTROLE que é o morango sem revestimento. Para análise sensorial foi utilizado 0.15CA-ATP/GLE em substituição ao 0.6CA-ATP/GLE.

4.1 PREPARAÇÃO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS

O revestimento foi elaborado segundo protocolo de Romio *et al.* (2017). Resumidamente, em ambiente estéril e utilizando água estéril uma solução de gelatina tipo A (Gelita, Brasil) gelificada foi misturada um glicerol (Synth, Brasil), carvacrol (Sigma-Aldrich, Estados Unidos), Miglyol 812 (Sasol, Alemanha), lecitina (Alfa Aesar, Estados Unidos). Para produzir uma emulsão estável foi utilizado um

homogeneizador do tipo rotor-estator (Ultra Turrax D500, DragonLab, China), na presença do biosurfactante lecitina e do Miglyol (Sasol, Alemanha) 812® como hidrófobo. Por fim, na emulsão foi adicionado a solução de amido de termoplástico (Pinduca Alimentos, Brasil) (Tabela 1).

TABELA 1- Formulação dos tratamentos aplicados (revestimento) a morangos CV. Albion.

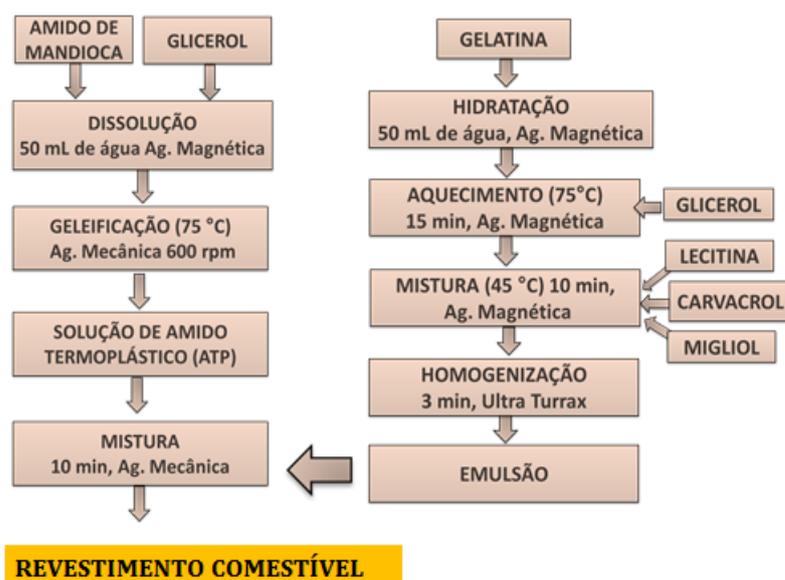
Componente	Formulação*			
	0.0CA- ATP/GLE	0.15CA- ATP/GLE	0.3CA- ATP/GLE	0.6CA- ATP/GLE
ATP (g)	1,5	1,5	1,5	1,5
GEL (g)	2,5	2,5	2,5	2,5
GLI (g)	0,40	0,40	0,40	0,40
CA (g)	0	0,15	0,3	0,6
Miglyol (g)	0	0,15	0,3	0,6
Lecitina	0	0,06	0,12	0,24

*Três repetições e 6 tempos de avaliação (armazenamento).

FONTE: O autor (2021)

Na Figura 1 o fluxograma com o todos os procedimentos para a produção do revestimento, o mesmo procedimento foi utilizado para todas as formulações.

FIGURA 1 – Processo de preparação do revestimento comestível



FONTE: O autor (2021)

Para todas as análises, um revestimento comestível à base de gelatina / amido de mandioca em branco (0,0 mg de solução de revestimento de carvacrol g-1) e dois revestimentos comestíveis ativos (0,3 mg de carvacrol g -1 solução de revestimento e 0,6 mg de carvacrol g-1 solução de revestimento). As análises realizadas nos morangos revestidos foram: estabilidade microbiológica, incidência de podridões, sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável, perda de massa, firmeza de polpa (força máxima de penetração), umidade e cor.

4.2 QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO MORANGO REVESTIDO COM SOLUÇÃO FILMOGÊNICA ANTIFÚNGICA

4.2.1 Contagem de bolores e leveduras e Incidência de podridões

Para a contagem de bolores e leveduras, foram utilizadas 25g de amostra, adicionou-se 225 ml de água tamponada e homogeneizou-se, obtendo-se desta forma a primeira diluição (10-1), para a segunda diluição (10-2), transferiu-se 10 ml da primeira diluição para 90 ml de água tamponada, e para a terceira diluição (10-3), para as diluições seguinte foi utilizado o mesmo procedimento. Plaqueou-se 0,1 ml de cada diluição nas placas com o Meio Ágar Dicloran Rosa de Bengala Cloranfenicol e espalhou-se o inóculo por toda a superfície com auxílio da alça de Drigalski. As placas foram incubadas à 25°C por aproximadamente 5 dias. Após a incubação, foi verificada a presença de colônias de bolores e leveduras. Após a contagem os resultados foram expressos em número de unidades formadoras de colônias (UFC), por grama da amostra, para a análise estatística os valores foram transformados em valores para \log^{10} CFU g⁻¹, onde divide-se o número de colônias pelo volume inoculado (0,1 ml) e multiplica-se pela diluição (10- 1). O método foi retirado do Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água de 2010, reimpresso em 2013.

As frutas com características típicas de ataque de patógenos com lesão maior ou igual a um milímetro foram consideradas deterioradas e os resultados expressos em porcentagem (HENZ *et al.* 2008). Considerando que esta foi uma análise não destrutiva, as mesmas amostras foram analisadas durante todo o estudo.

4.2.2 Determinação teor de sólidos solúveis totais (SST)

Os teores de sólidos solúveis totais (SST) foram determinados a partir do extrato líquido obtido após a trituração da amostra. Foi utilizado em refratômetro de bancada e os resultados expressos em % de SST, seguindo o método da AOAC adaptado por ZAMBIAZI (2007).

4.2.3 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

Corresponde a leitura do teor de íons hidrogênios efetivamente dissociados na solução, é realizada com o potenciômetro digital, no qual é ligado e deixado estabilizar em torno de 20 minutos, para em seguida fazer a calibração do aparelho com os tampões 7,0 e 4,0, respectivamente. O pH foi medido diretamente na amostra segundo método da AOAC adaptado por ZAMBIAZI (2007).

4.2.4 Determinação da acidez titulável

A acidez foi determinada pelo método oficial da AOAC (2005) n° 942.15. A acidez titulável foi calculada a partir do volume (mL) de NaOH 0,1 mol/ L, requerido para titular 10 g de amostra diluída e homogeneizada em 100 mL de água até pH de 8,1. O resultado foi expresso em g de ácido cítrico 100/ g do produto.

4.2.5 Perda de massa

A perda de massa foi determinada de acordo com JACOMETTI; MENEGHELA; YAMASHITA (2003). Os frutos foram pesados em balança analítica no início do experimento (massa inicial) e durante cada tempo de armazenamento. Considerando que esta foi uma análise não destrutiva, as mesmas amostras foram analisadas durante todo o estudo.

4.2.6 Determinação firmeza da polpa

Foi realizada em texturômetro (*Stable Micro Systems*) utilizando uma sonda de 2 mm de espessura segundo HAERTEL, 2013. Os resultados foram expressos em

Newton (N) como força usada pela sonda para penetrar 6 mm na região equatorial, a uma velocidade de [1 mm/ s].

4.2.7 Umidade

A umidade foi determinada por método de secagem em estufa, onde era adicionada 5g de amostra na temperatura de 105 °C, até peso constante, posteriormente realizando o cálculo do peso inicial menos o peso final para determinar o valor de umidade em (%) do peso de amostra (AOAC, 2005).

4.2.8 Determinação da cor

As análises de cor foram realizadas utilizando-se de colorímetro (Minolta CR 300). Foram avaliados os parâmetros de luminosidade L^* que varia de 0 à 100, para o branco, significando zero de absorbância e 100% de transmitância, Chroma a^* [cromaticidade do verde (-60) a vermelho (+60) e Chroma b^* [cromaticidade do azul (-60) para amarelo (+60)].

4.2.9 Análises Estatísticas

Inicialmente os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$), posteriormente quando significativos os fatores foram analisados pelo uso do teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade de erro utilizando o software WINSTAT (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2003).

4.3 ANÁLISE SENSORIAL

A influência do revestimento nas características sensoriais dos morangos foi analisada por meio da metodologia de Perfil Flash. As amostras de estudo foram avaliadas juntamente ao morango fresco (MF), desta forma foi possível verificar a efetividade da cobertura na manutenção da qualidade, principalmente no que se refere às características de aparência do fruto recém-colhido. Uma amostra (Controle) sem tratamento e submetida às mesmas condições de armazenamento, além dos morangos revestidos (0.0CA-ATP/GLE, 0.15CA-ATP/GLE e 0.3CA-

ATP/GLE) também foram inseridas na análise. O teste 0.15CA-ATP/GLE foi utilizada em substituição ao 0.6CA-ATP/GLE, em vista de que na análise de vida útil anterior, os revestimentos 0.3CA-ATP/GLE e 0.6CA-ATP/GLE mostraram resultados semelhantes na conservação do morango.

A análise ocorreu no quarto dia de incubação dos morangos revestidos em estufas do tipo B.O.D. a 8 °C. Esse tempo de armazenamento foi pré definido devido a análise de contagem de bolores e leveduras realizadas anteriormente, onde até o 4° dia de armazenamento as amostras não apresentavam podridões.

4.3.1 Perfil Flash

As análises foram aplicadas no LabSen - Laboratório de Sensorial e Desenvolvimento de produto - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Francisco Beltrão, sendo convidados a participar 70 consumidores de morango com idade a partir de 18 anos de gêneros variados.

A pré-seleção de julgadores ocorreu via formulário online, onde foi realizado o convite para participar da análise sensorial de morangos revestidos com cobertura comestível incorporada com carvacrol. Posteriormente, os participantes foram pré-selecionados por meio de testes para verificar a capacidade de reconhecer gostos básicos e odores relevantes ao morango. Na análise de reconhecimento de odores foram consideradas também as características odoríferas do agente ativo.

A seleção final dos avaliadores foi baseada em testes triangulares. Estes testes foram realizados para verificar a capacidade discriminativa dos participantes, sendo utilizadas amostras que diferiam nas características de interesse do estudo: textura (utilizando diferentes concentrações de gelatina), cor (com corante vermelho alimentício), doçura e acidez (utilizando sucos em pó sabor morango).

Os avaliadores que apresentaram boa acuidade sensorial, nos testes supracitados foram selecionados para análise de Perfil Flash. As etapas de pré-seleção e seleção seguiram a metodologia descrita na ABNT NBR ISO 8586:2016.

Os 24 avaliadores selecionados realizaram o levantamento dos atributos utilizando técnica Repertory Grid (ISO 13299:2016). Os termos foram definidos de forma individual, uma vez que a técnica de Perfil Flash permite o uso independente de atributos, não restringindo quantidade nem terminologia aos participantes.

Em uma segunda sessão, posteriormente ao levantamento dos termos, foi realizada uma discussão, onde os avaliadores poderiam retirar termos ou mesmo modificar sua definição, sendo após este processo realizada a definição da terminologia utilizada por cada participante.

Em um terceiro momento, a análise de Perfil Flash foi realizada considerando a ordenação das amostras de forma decrescente a intensidade das características avaliadas (TERHAAG; BENASSI, 2011). Essa pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética e pesquisa da UTFPR pelo CAAE (25897019.7.0000.5547).

4.3.2 Teste de aceitação

As amostras foram também avaliadas sensorialmente por meio da aplicação de teste de aceitação por escala hedônica. Utilizou-se uma escala estruturada de nove pontos (1 = desgostei muitíssimo e 9 = gostei muitíssimo). O teste foi realizado no mesmo momento do Perfil Flash, onde os julgadores deveriam avaliar de forma total e determinar de 1 à 9 a pontuação para cada amostra.

4.3.3 Análises Estatísticas

Os resultados do perfil flash foram analisados estatisticamente por Análise Procrustes Generalizada (GPA). Para o agrupamento dos julgadores foi realizada a análise de CLUTASTIS, onde consiste em um cluster hierárquico e um algoritmo de particionamento semelhante ao algoritmo K-means, usando o valor médio dos campos para os pontos em cluster para definir um centroide, e a distância euclidiana são usadas para medir a proximidade de um ponto com um centroide (LLOBELL *et al*, 2020).

A partir dos dados obtidos para os perfis sensoriais das amostras e da aceitação, uma Análise Fatorial Múltipla (AFM) foi realizada. As coordenadas dos fatores, gerados no gráfico de componentes principais da AFM, foram utilizadas para agrupar as amostras por meio de Análise Aglomerativa Hierárquica. Todas as análises utilizaram o software XLSTAT, versão 2020.5.1.

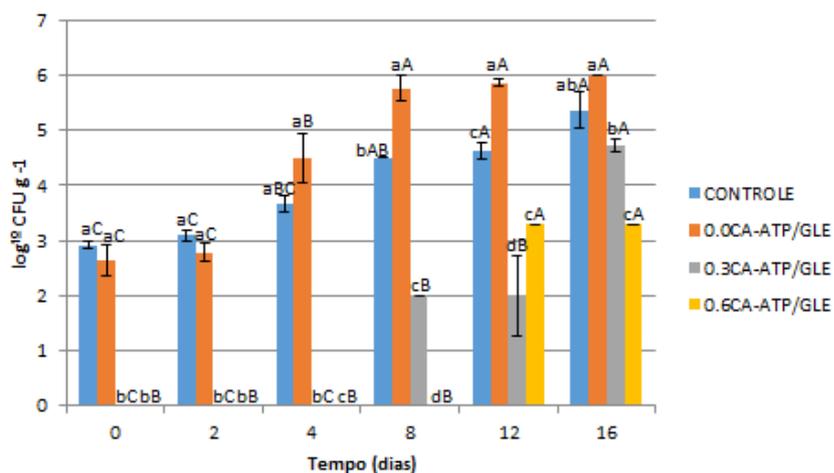
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO MORANGO REVESTIDO COM COBERTURA COMPOSTA ANTIFÚNGICA

5.1.1 Contagem de bolores e leveduras e Incidência de podridões

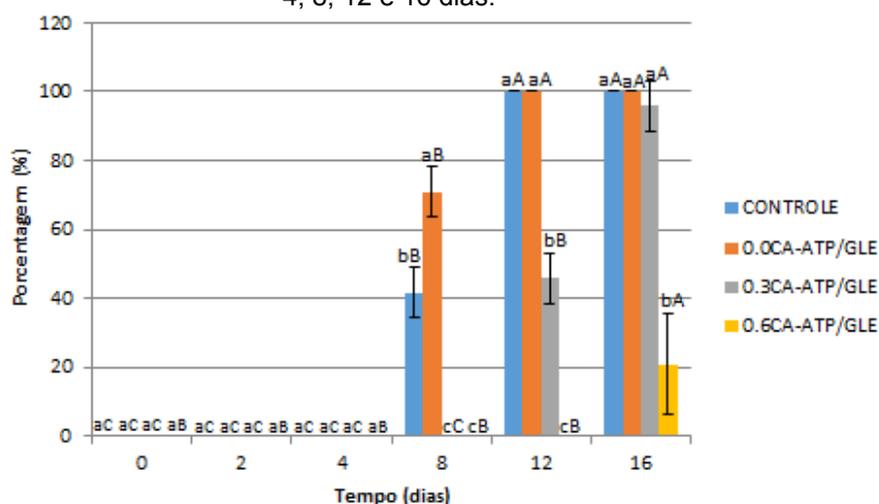
O revestimento contendo carvacrol mostrou-se eficiente na inibição e redução do aparecimento de bolores e leveduras (Figura 2) e evidência de podridões (Figura 3). O revestimento 0.3CA-ATP/GLE foi eficiente para inibição de podridão pelo menos até o 8º dia de armazenamento, e para contagem de bolores e leveduras até o 4º dia de armazenamento. Já os morangos com o revestimento 0.6CA-ATP/GLE tiveram contagem de bolores e leveduras e ocorrência de podridões a partir do 12º dia e 16º dias, respectivamente. Ou seja, nas condições deste estudo, o carvacrol demonstra atividade antifúngica in vivo, aumentando a capacidade de armazenamento do fruto. Os demais tratamentos apresentaram contagem de bolores e leveduras já nos primeiros dias de armazenamento.

FIGURA 2- Contagem de bolores e leveduras de morango, revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.



FONTE: O autor (2021)

FIGURA 3 - Incidência de podridões de frutos de morango, revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.



FONTE: O autor (2021)

Nas amostras revestidas com 0.0CA-ATP/GLE foi possível observar que o crescimento de bolores e leveduras foi até maior do que o CONTROLE sem revestimento. Os microrganismos podem utilizar os açúcares presentes no revestimento como substrato, e assim potencializar sua multiplicação. Já nas amostras com revestimento contendo o carvacrol, a redução da contagem indica que o componente possui atividade antifúngica in vivo, e que os revestimentos podem ser úteis para melhorar a vida útil do morango e de outros frutos. O mecanismo de ação do carvacrol está relacionado, especialmente, à síntese de componentes estruturais e ao rompimento de uma série de sistemas metabólicos, ao vazamento de íon, perda de ATP e aminoácido das células de microrganismos, com a capacidade de interagir com a bicamada lipídica da membrana celular da bactéria, alterando a sua permeabilidade, causando liberação dos constituintes intracelulares vitais, impedindo a multiplicação dos microrganismos (LAMBERT *et al.*, 2001).

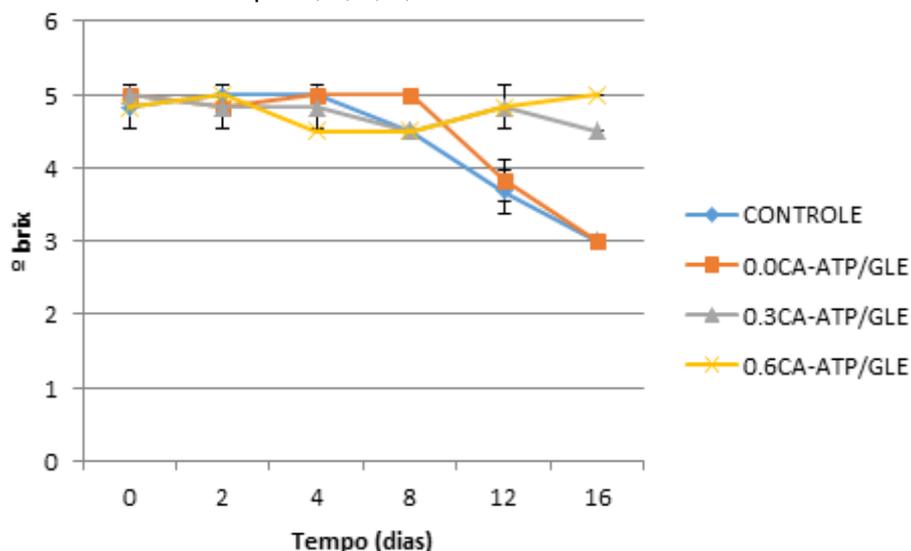
Assim como em nossos achados, a utilização do composto carvacrol, como princípio ativo antimicrobiano, em revestimentos comestíveis na preservação de frutas frescas, já foi descrito em inúmeros trabalhos como, morango (PERETTO *et al.*, 2014), mirtilo (SUN *et al.*, 2014), maçã (SAPPER *et al.*, 2020). Os autores otimizaram esta formulação com base nas respostas da atividade antifúngica contra o crescimento de *Botrytis cinerea*. O potencial de utilização do carvacrol foi demonstrado com uvas de mesa por meio de a

inibição de *Botrytis cinerea*, não afetando o odor e a cor das frutas (MARTINEZ-ROMERO *et al*, 2007). No caso da pera, Neri; Mari; Brigati (2006) descrevem que o carvacrol foi o melhor inibidor do crescimento micelial de *Penicillium expansum*, causador do mofo azul. Em estudos anteriores em morango, o carvacrol demonstrou atividade antifúngica contra o patógeno causador de antracnose, por método de pulverização (DEMIRCI *et al*, 2006).

5.1.2 Sólidos solúveis totais (SST), pH e Acidez total

A proporção entre os açúcares e ácidos orgânicos é um dos índices mais importantes na qualidade do fruto (KADER, 1991; PÉREZ; SANZ, 2008). Os índices de SST foram semelhantes entre os tratamentos até o 8º dia de armazenamento. Nas análises realizadas a partir do 12º dia, os tratamentos contendo revestimento com o carvacrol (0.03CA-ATP/GLE; 0.6CA-ATP/GLE) mostraram comportamento diferente das demais amostras, mantendo os níveis de SST iniciais do armazenamento (Figura 4).

FIGURA 4 - Sólidos Solúveis Totais (° brix) de frutos de morango ,revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.



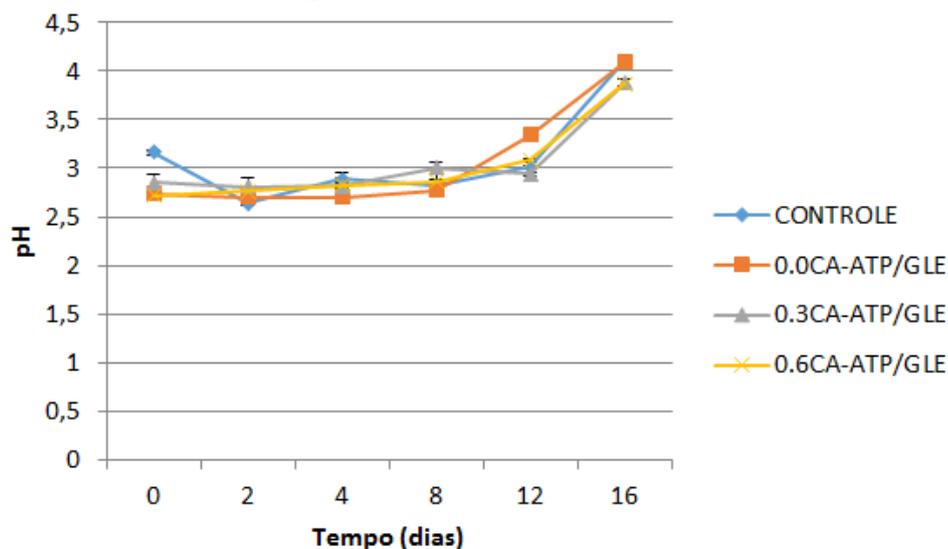
FONTE: O autor (2021)

A redução nos valores de SST decorrem da degradação dos açúcares pelos microrganismos presentes no fruto. Constatou-se maior degradação no 0.0CA-ATP/GLE e no CONTROLE, onde o crescimento de microrganismos foi

maior, eles utilizam dos açúcares como substrato. Nos tratamentos 0.6CA-ATP/GLE e 0.3CA-ATP/GLE, a degradação foi menor, pois os tratamentos com carvacrol mostrou efeitos na redução da velocidade do processo metabólico, bem como da proliferação de microrganismos, o que retarda a senescência, e teve a capacidade de manter os valores mais lineares no 16 dias de armazenamento.

Os valores do pH foram semelhantes entre os tratamentos no decorrer dos dias de armazenamento, ocorrendo uma tendência de aumento do pH. No 16º dia ocorreram diferenças entre os tratamentos. Sendo que, entre os que possuíam carvacrol (0.6CA-ATP/GLE e 0.3CA-ATP/GLE) houve semelhança nos valores de pH ($3,88 \pm 0,04$ e $3,87 \pm 0,04$), assim como entre CONTROLE e 0.0CA-ATP/GLE ($4,10 \pm 0,02$ e $4,09 \pm 0,06$) (Figura 5).

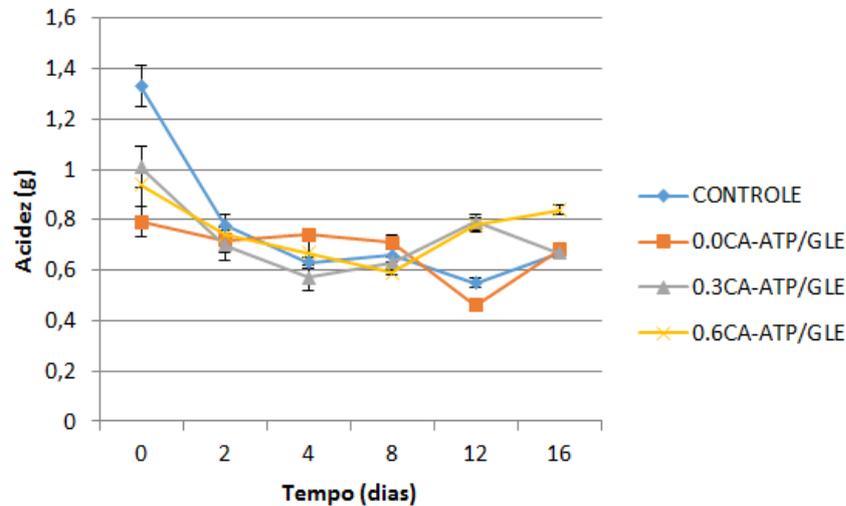
FIGURA 5 - pH de frutos de morango ,revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.



FONTE: O autor (2021)

A diferença nos valores de acidez foi possível observar a partir do 12º dia, onde o 0.3CA-ATP/GLE e 0.6CA-ATP/GLE não mostram diferença, com menor perda de acidez ($0,79 \pm 0,03$ e $0,78 \pm 0,03$), respectivamente (Figura 6). Os tratamentos CONTROLE e 0.0CA-ATP/GLE tiveram menores valores de acidez ($0,55 \pm 0,02$ e $0,46 \pm 0,008$), respectivamente. Ao final do armazenamento, no 16º dia, o 0.6CA-ATP/GLE permaneceu com maior valor de acidez ($0,84 \pm 0,02$), diferente dos outros tratamentos, CONTROLE, 0.0CA-ATP/GLE e 0.3CA-ATP/GLE que foram estatisticamente semelhantes.

FIGURA 6 – Acidez (g) de frutos de morango ,revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.



FONTE: O autor (2021)

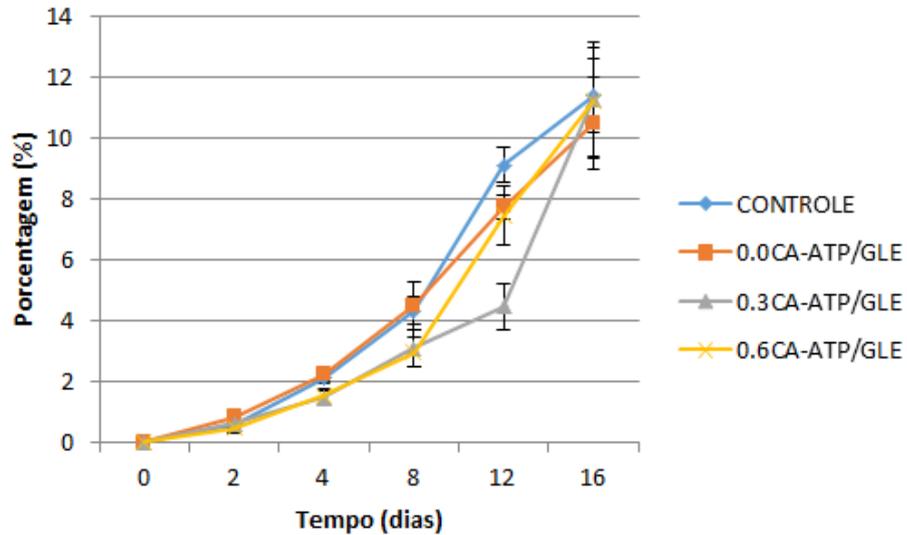
A redução da acidez nas frutas indica que os ácidos orgânicos também estão sendo consumidos na respiração (KALLIO *et al.* 2000). Conseqüentemente com a redução da acidez, ocorre o aumento do pH. Os tratamentos com revestimentos 0.6CA-ATP/GLE e 0.3CA-ATP/GLE foram mais efetivos, ao manter os valores de acidez por mais dias, com uma pequena redução ao final do armazenamento.

5.1.3 Perda de massa, umidade e firmeza

Os tratamentos realizados no morango não mostraram diferenças quanto à perda de massa ao final dos dias de armazenamento, pois em todos os casos ocorreu redução da massa dos frutos armazenados (Figura 7).

Durante o armazenamento a perda de massa exerce um efeito negativo sobre a aparência do morango, levando ao encolhimento e uma epiderme de aparência opaca. O limite máximo de perda de massa admitido para a comercialização do fruto fresco é de 6%, valor esse que auxilia na manutenção da qualidade mínima (ALMENAR *et al.*, 2007). O tratamento 0.3CA-ATP/GLE mostrou mais efetivo para impedir a redução de perda de massa dos morangos, pelo menos até o 12º dia, diferente dos outros tratamentos que já estavam inaceitáveis.

FIGURA 7 – Perda de massa (%) de frutos de morango, revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.

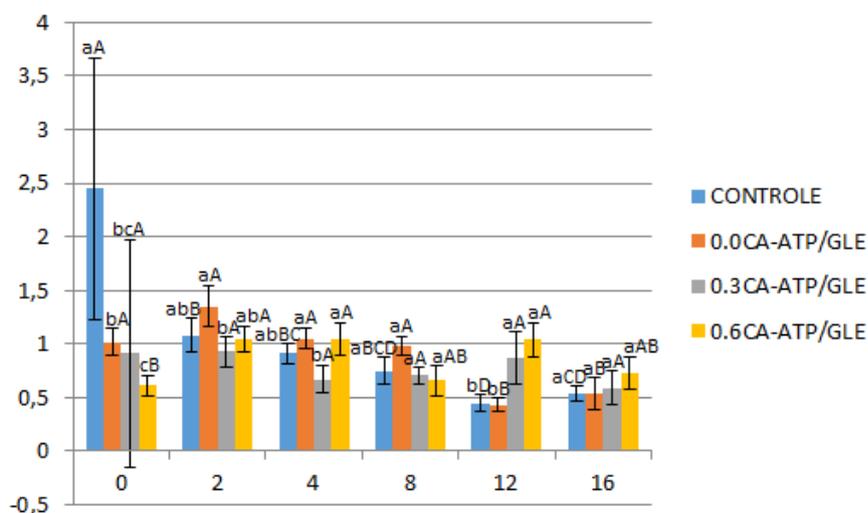


FONTE: O autor (2021)

As amostras com revestimento 0.3CA-ATP/GLE teve a perda de massa mais controlada até o dia 12 de armazenamento, onde diferentes das outras ainda mantinham seus valores abaixo dos 6%. Sendo assim, essa concentração de carvacrol no revestimento teve a capacidade de manter por mais dias de armazenamento a amostra com percentual baixo de perda. A perda acentuada na fase final do armazenamento pode ser explicada por um aumento na atividade metabólica acelerada, pela incidência de microrganismos (SÁNCHEZ- GONZÁLEZ *et al.*, 2011).

Os índices de firmeza dos morangos sofreram redução durante o armazenamento em todos os tratamentos (Figura 8). A mudança na firmeza do morango durante o armazenamento pós-colheita é geralmente afetada por mudanças físico-químicas devido ao processo respiratório (metabolismo) que continua após a colheita levando ao amolecimento da fruta. Essas modificações são atribuídas principalmente à ação de enzimas que solubilizam pectinas e outros componentes da parede celular (GAYOSSO-GARCÍA SANCHO *et al.*, 2010).

FIGURA 8 – Firmeza (N) de frutos de morango, revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.



FONTE: O autor (2021)

A umidade não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, e não apresentou perda de umidade durante os dias de armazenamento (Tabela 2).

Esse comportamento pode estar vinculado ao fato de que os morangos tratados foram armazenados em temperatura constante de 8°C e os frutos foram envolvidos por plástico filme, sendo o ambiente controlado, buscando acurar os efeitos do revestimento juntamente com o carvacrol. Esta condição auxilia na redução de perda de água para o meio externo, fator esse que poderia ser responsável pela perda de umidade do fruto.

TABELA 2 – Umidade (%) de frutos de morango, revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.

Tempo (dias)	Umidade (%)			
	CONTROLE	0.0CA-ATP/GLE	0.3CA-ATP/GLE	0.6CA-ATP/GLE
0	93,77±0,17 bA	94,06±0,69 bA	157,18±111,23 aA	95,16±1,39 bA
2	93,68±0,39 aA	93,74±0,31 aA	93,63±0,18 aB	93,89±0,64 aA
4	94,08±0,96 aA	94,74±0,79 aA	94,26±1,41 aB	94,32±0,47 aA
8	93,46±0,204 aA	93,99±0,64 aA	94,03±0,28 aB	93,88±0,45 aA
12	96,53±2,61 aA	96,72±1,96 aA	95,65±2,26 aB	96,63±2,61 aA
16	94,69±0,89 aA	95,06±0,17 aA	93,62±0,37 aB	93,49±0,20 aA

Médias das porcentagens com mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FONTE: O autor (2021)

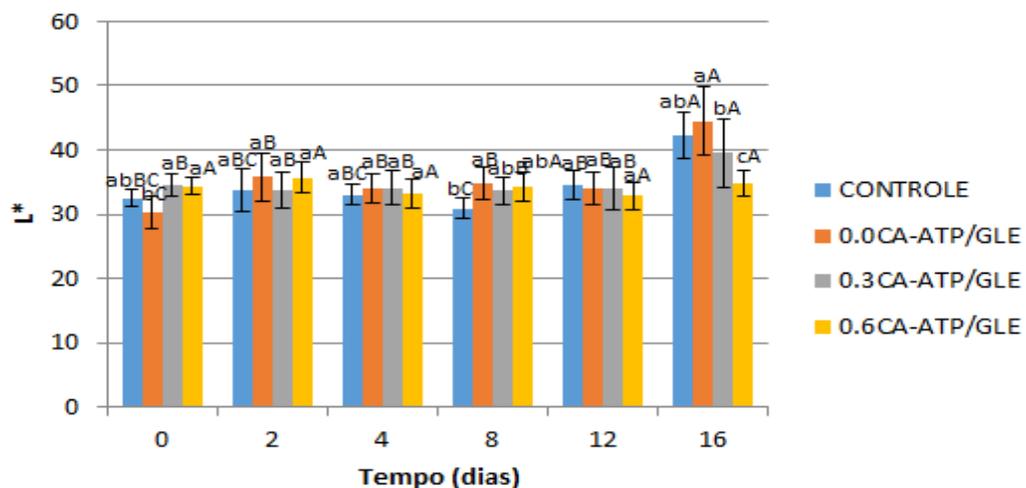
A perda de massa e firmeza, e a conseqüente não alteração de umidade, pode ser explicado pelo fato que os frutos perderam na mesma

proporção sólidos e líquidos e sendo assim não interferindo nos valores de umidade das amostras.

5.1.4 Cor

Em relação à cor, o parâmetro L^* , que representa a luminosidade, os valores não apresentaram diferenças significativas até o 16º dia (Figura 9). Nesse tempo de armazenamento, já havia presença de fungos, o que altera a coloração dos frutos apresentando uma coloração esbranquiçada, o que posteriormente aumentou os índices de luminosidade. Esses valores foram menores para 0.3CA-ATP/GLE e 0.6CA-ATP/GLE ($39,47 \pm 5,31$ e $34,81 \pm 2,10$) respectivamente, e os mesmo mantiveram os valores sem diferença do tempo 0 (zero) até o 16º dia de armazenamento.

FIGURA 9- Coloração de frutos de morango (L^*) revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.



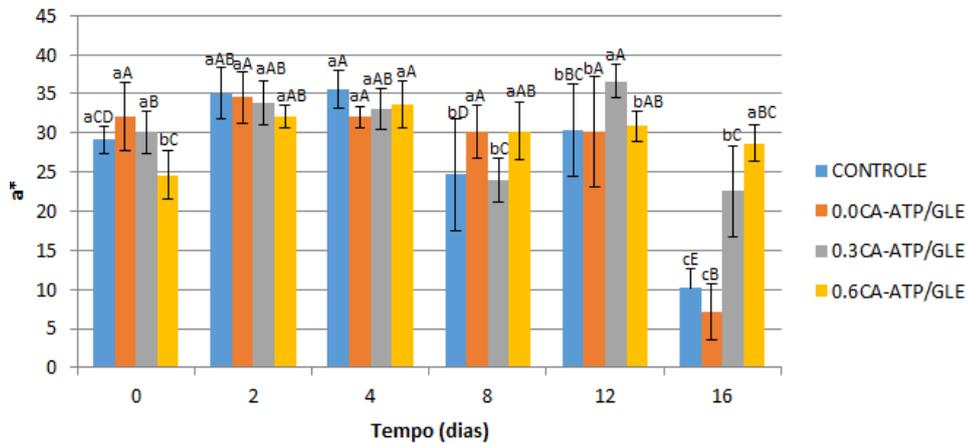
FONTE: O autor (2021)

Para determinar a aceitação do morango, a cor é uma das principais características (SIVAROUBAN; HETTIARACHCHY; JOHNSON, 2008). As principais mudanças foram observadas na avaliação dos valores do parâmetro a^* , que representam as tonalidades avermelhadas, que alterou-se durante o período de armazenamento. Houve redução nos valores, com aparecimento de bolores convergendo na senescência dos frutos.

O tratamento 0.6CA-ATP/GLE demonstrou maior estabilidade nos valores durante todo o período de armazenamento, além de manter o índice

superior no 16º dia e diferente dos demais tratamentos. O 0.3CA-ATP/GLE apresentou comportamento semelhante ao 0.6CA-ATP/GLE. Os tratamentos CONTROLE e 0.0CA-ATP/GLE apresentaram diminuição dos valores no decorrer dos dias, com valores semelhantes no 16º dia ($10,23 \pm 2,40$ e $7,15 \pm 3,53$) (Figura 10).

FIGURA 10- Coloração de frutos de morango (a^*), revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.

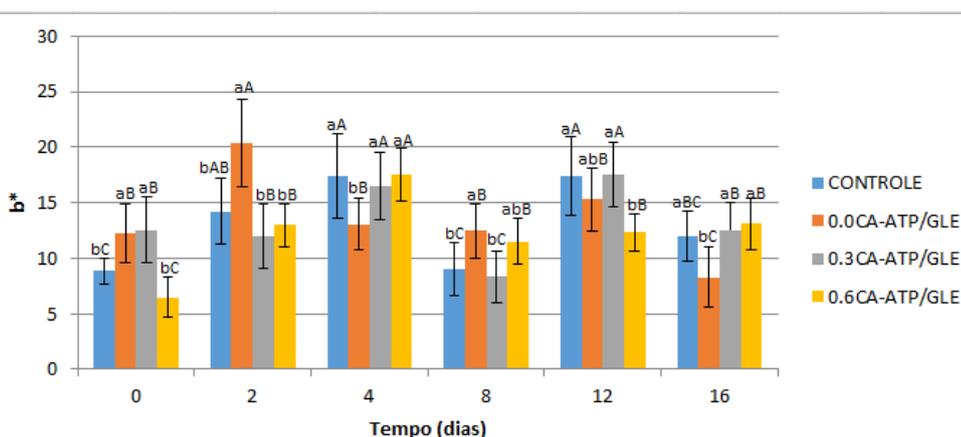


FONTE: O autor (2021)

É natural que a fruta desenvolva uma coloração menos viva durante o armazenamento (HERNÁNDEZ- MUNO *et al.*, 2008; SANZ *et al.*, 2000). Esse comportamento se deve ao processo de perdas de pigmento, principalmente antocianinas (coloração avermelhada) em detrimento ao aparecimento dos fungos no morango (ABBY; EKEBERG; SKREDE, 2007). Nesse processo ocorre a degradação de antocianinas pela ação de enzimas hidrolíticas, algumas sintetizadas pelos próprios fungos, como o *B. cinérea* (MANZANARES; ROJAS; GENOVE, 2000; OEY *et al.*, 2008).

As medidas de valores de b^* , representando das cores azul (valor negativo) e amarelo (valor positivo), mostrou uma redução, porém menos significativa que a^* . Os tratamentos 0.3CA-ATP/GLE e 0.6CA-ATP/GLE mantiveram valores maiores que 0.0CA-ATP/GLE e CONTROLE (Figura 11).

FIGURA 11- Coloração de frutos de morango (b^*), revestidos armazenados por 0, 2, 4, 8, 12 e 16 dias.



FONTE: O autor (2021)

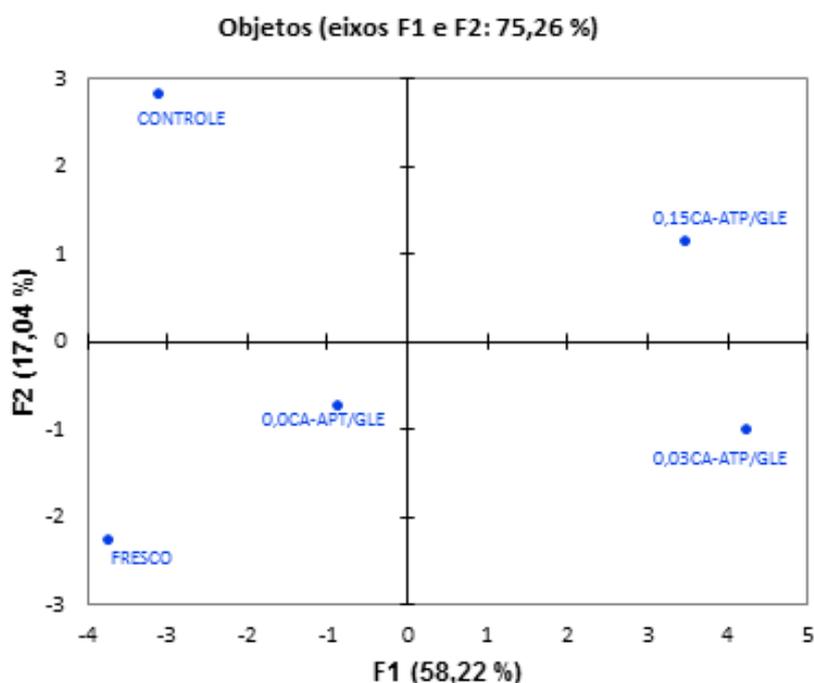
5.2 ANÁLISE SENSORIAL – PERFIL FLASH

A definição dos atributos que descrevem cada amostra, bem como a intensidade que cada avaliador identificou foram estabelecidas por meio da metodologia de Perfil Flash. Os 24 julgadores, analisaram as 5 amostras, Morango fresco (colhido no dia da análise), CONTROLE (morango em armazenamento por 4 dias sem revestimento), Morangos com revestimento sendo (0.0CA-ATPL/GLE; 0.15CA-ATP/GLE e 0.3CA-ATP/GLE), segundo a percepção individual e de acordo com sua própria terminologia, sendo que apresentam um índice de consenso $R_c = 0,604$, ou 60%.

Na Análise de Procrustes Generalizada (GPA), foi possível obter um valor de 75,26% de explicação total da variação, onde a Dimensão F1 corresponde a 58,22% da variabilidade explicada e a Dimensão F2 é responsável por 17,04% (Figura 12)

Na distribuição espacial das amostras (Figura 12), o morango fresco e 0.0CA-ATP/GLE encontram-se no mesmo quadrante, o que indica que apresentam características semelhantes, enquanto as demais amostras encontram-se dispersas, por apresentaram características diferentes. Sendo assim, as duas amostras que não apresentavam carvacrol, ficaram localizadas no mesmo quadrante, demonstrando que o morango em armazenamento com o revestimento 0.0CA-ATP/GLE pode apresentar características semelhantes ao fruto in natura.

FIGURA 12- Distribuição espacial das amostras do fruto.



FONTE: O autor (2021)

Para caracterização das amostras, os termos descritivos mais relevantes estão apresentados na Tabela 3. Foram considerados de importância para descrição, os termos que apresentaram correlação, em módulo, igual ou superior a 0,60. O índice de correlação, varia em módulo, de 0, sem qualquer correlação com a dimensão, a 1, correlação perfeita com a dimensão em que se encontra.

Os julgadores apresentam características individuais, que podem ser ou não semelhantes, esse comportamento homogêneo foi detectado e determinado pela Análise de Clustastis, onde ocorreu o agrupamento dos julgadores em 3 grupos diferentes, conforme apresentando na (Tabela 3).

TABELA 3 - Atributos melhor correlacionados ($|r| \geq 0,6$) com as duas primeiras dimensões (F1 e F2) por julgador e agrupamento de julgadores.

Julgador	Dimensão F1	Dimensão F2	Agrupamento por CLUSTATIS
A	Cor vermelha (-0,720)		2
	Odor ácido (-0,966)		
	Odor adocicado (0,870)		
	Sabor característico (-0,837)		
	Sabor orégano (0,837)		
	Residual amargo (0,837)		
	Residual ácido (-0,783)		
	Firmeza (0,816)		
	Odor orégano (0,966)		
	Acidez (-0,906)		

B	Doçura (-0,870) Sabor orégano (0,906) Residual ácido (-0,906)	Odor ácido (0,826)	2
C	Odor orégano (0,687) Odor característico (-0,747) Odor adocicado (-0,714) Amargor (0,714)		3
D	Uniformidade (-0,780) Odor adocicado (-0,966) Odor orégano (0,966) Amargor (0,870) Doçura (-0,870) Residual amargo (0,816)	Residual ácido (-0,663)	3
E	Cor vermelha (-0,966) Odor orégano (-0,837) Acidez (0,966) Residual orégano (0,714)	Firmeza (0,821)	2
F	Odor característico (-0,837) Odor orégano (0,837) Amargor (0,939) Sabor orégano (0,687) Firmeza (0,906)	Acidez (-0,954) Doçura (0,783)	2
G	Odor orégano (0,906) Odor característico (-0,906) Sabor característico (-0,906) Sabor orégano (0,906) Residual orégano (0,906) Firmeza (-0,783)	Cor vermelha (0,877) Odor adocicado (-0,783)	1
H	Cor vermelha (0,933) Brilho (-0,870) Odor característico (-0,966) Sabor orégano (0,966) Doçura (-0,687) Amargor (0,783) Acidez (-0,870) Residual ácido (-0,870) Residual amargo (0,933) Firmeza (-0,870)	Uniformidade (0,821)	2
I	Odor ácido (0,966) Odor adocicado (-0,816) Acidez (0,816) Doçura (-0,906) Amargor (0,939) Residual amargo (0,939) Residual doce (-0,939) Residual ácido (0,939) Firmeza (0,753)	Cor vermelha (0,655) Uniformidade (-0,735) Danificado (0,663)	1
J	Odor ácido (0,783) Doçura (-0,747) Amargor (0,870) Residual ácido (0,747)	Cor vermelha (0,727) Uniformidade (0,834)	3
K	Brilho (-0,933) Odor característico (-0,906) Odor orégano (0,906) Acidez (-0,720) Amargor (0,939) Sabor característico (-0,939) Residual ácido (-0,720) Residual amargo (0,870) Firmeza (-0,753)	Cor vermelha (0,744) Odor ácido (-0,735) Odor adocicado (0,735)	1

L	Cor vermelha (-0,816)	Doçura (0,975) Acidez (-0,975)	2
	Danificado (0,906)		
	Odor ácido (-0,966)		
	Odor característico (-0,966)		
	Sabor orégano (0,966)		
	Amargor (0,939)		
	Residual amargo (0,714)		
Residual orégano (0,714)			
Firmeza (-0,933)			
M	Cor vermelha (-0,714)	Residual orégano (-0,877)	3
	Odor adocicado (-0,753)		
	Acidez (0,753)		
	Doçura (-0,966)		
Residual ácido (0,780)			
N	Doçura (0,966)	Odor ácido (-0,783)	3
	Sabor característico (-0,966)		
	Residual doce (0,966)		
	Residual ácido (-0,753)		
Firmeza (-0,783)			
O	Cor vermelha (0,870)	Odor adocicado (0,727) Residual amargo (-0,727) Firmeza (-0,634)	1
	Odor orégano (0,816)		
	Doçura (0,783)		
	Acidez (-0,966)		
	Residual doce (0,783)		
Residual ácido (-0,966)			
P	Brilho (-0,780)	Odor característico (0,756)	3
	Odor orégano (0,720)		
	Acidez (-0,870)		
	Amargor (0,720)		
	Residual ácido(-0,753)		
	Residual orégano (0,714)		
Residual amargo (0,747)			
Q	Odor orégano (0,870)	Cor vermelha (0,842) Danificado (0,821) Suculência (0,727) Firmeza (-0,842)	2
	Odor adocicado (-0,816)		
	Odor ácido (-0,837)		
	Acidez (-0,906)		
	Residual orégano (0,966)		
R	Odor característico (-0,816)	Uniformidade (-0,735) Danificado (0,623)	1
	Odor ácido (0,966)		
	Doçura (-0,933)		
	Amargor (0,933)		
	Acidez (0,939)		
	Residual orégano (0,933)		
Residual amargo (0,933)			
S	Danificado (0,780)	Brilho (-0,842)	2
	Odor característico (-0,816)		
	Odor amargo (0,816)		
	Amargor (0,966)		
	Acidez (-0,906)		
	Residual adstringente (0,933)		
Residual amargo (0,966)			
T	Danificado (0,780)	Cor vermelha (0,834) Firmeza (-0,826)	1
	Odor adocicado (-0,939)		
	Odor característico (-0,939)		
	Odor orégano (0,939)		
	Acidez (-0,870)		
	Doçura (-0,939)		
	Amargor (0,939)		
	Residual adstringente (0,816)		
Residual doce (-0,939)			

U	Odor adocicado (-0,939)	Cor vermelha (0,877) Firmeza (0,842)	2
	Odor orégano (0,933)		
	Odor característico (-0,714)		
	Odor amargo (0,870)		
	Doçura (-0,966)		
	Acidez (0,837)		
	Amargor (0,870)		
	Residual amargo (0,933)		
	Residual orégano (0,870)		
	Residual amargo (0,933)		
V	Cor vermelha (-0,816)	Brilho (-0,70)	1
	Odor adocicado (-0,783)		
	Odor ácido (-0,816)		
	Acidez (-0,906)		
	Doçura -0,906		
	Amargor (0,906)		
	Residual doce (-0,906)		
	Residual ácido (-0,837)		
	Residual amargo (0,906)		
	Firmeza (0,870)		
X	Danificado (0,870)	Cor vermelha (0,834) Firmeza (-0,783)	2
	Odor característico (-0,939)		
	Odor ácido (-0,720)		
	Odor orégano (0,966)		
	Acidez (-0,720)		
	Sabor orégano (0,966)		
	Doçura (-0,933)		
	Residual ácido (-0,720)		
	Residual doce (-0,714)		
	Suculência (-0,783)		
W	Cor vermelha (0,780)	Residual ácido (0,735) Suculência (0,834)	3
	Odor orégano (0,933)		
	Acidez (-0,906)		
	Sabor orégano (0,837)		
	Residual orégano (0,837)		

FONTE: O autor (2021)

Os atributos correlacionados com cada dimensão, bem como a contagem das citações (Tabela 4), permitem a melhor visualização da distribuição dos atributos para cada dimensão e assim uma melhor caracterização da amostra.

TABELA 4 - Relações significativas entre as dimensões comuns e os atributos sensoriais

DIMENSÃO F1		DIMENSÃO F2	
Positiva	Negativa	Positiva	Negativa
Amargor (14)	Acidez (12)	Cor vermelha (8)	Firmeza (3)
Odor de orégano (13)	Doçura (11)	Danificado (3)	Odor ácido (2)
Residual amargo (11)	Odor característico (11)	Doçura (2)	Brilho (2)
Residual de orégano (8)	Residual ácido (9)	Odor adocicado (2)	Odor adocicado (1)
Sabor de orégano (8)	Odor adocicado (8)	Firmeza (2)	Residual amargo (1)
Acidez (5)	Firmeza (6)	Uniformidade (2)	Residual ácido (1)
Firmeza (4)	Cor vermelha (5)	Suculência (2)	Acidez (1)
Danificado (4)	Odor ácido (5)	Odor ácido (1)	Uniformidade (1)
Residual ácido (3)	Residual doce (4)	Residual ácido (1)	Residual orégano (1)
Cor vermelha (3)	Sabor característico (4)	Odor característico (1)	
Odor ácido (3)	Brilho (3)		
Residual adstringente	Uniformidade (2)		
	Odor de orégano (1)		

(2)	Suculência (1)
Residual doce (2)	
Doçura (2)	
Odor adocicado (1)	

FONTE: O autor (2021)

Relacionando a distribuição dos atributos (Tabela 4), com a localização espacial das amostras (Figura 12), podemos caracterizar as amostras pelos atributos que os julgadores demonstraram maior correlação, seja positiva ou negativa para cada dimensão. As amostras dispostas no quadrante positivo da Dimensão F1, podem ser caracterizadas principalmente pelos atributos amargor, odor de orégano, residual amargo e residual de orégano, onde se encontram as amostras 0.3CA-ATP/GLE e 0.15CA-ATP/GLE. As amostras que permaneceram no quadrante negativo da Dimensão F1, morango fresco e 0.0CA-ATP/GLE, possuem características de acidez, doçura, odor característico e residual ácido mais intensas. Quanto à amostra controle, que apresentou sua localização no quadrante positivo da Dimensão F2, os atributos que mais a caracterizam foram cor vermelha, danificado, doçura e odor adocicado. O morango fresco pode ser caracterizado principalmente pelos atributos de acidez, doçura, odor característico e residual ácido.

De fato, o carvacrol presente no revestimento afetou as características que descrevem as amostras com o revestimento ativo, interferindo negativamente nos atributos sabor e odor. Os atributos relativos ao orégano e ao gosto amargo reduziram a percepção das características sensoriais comuns ao fruto.

A aceitabilidade de maçãs também foi comprometida quanto ao sabor e aroma em amostras com revestimento contendo carvacrol (SAPPER *et al.*, 2020). Neste sentido, as concentrações adequadas de carvacrol e outros compostos ou óleos essenciais devem ser cuidadosamente estudados de modo a evitar um impacto sensorial negativo e/ou “Mascarando” qualquer efeito indesejável sobre a qualidade microbiológica (BOSKOVIC *et al.*, 2017; FALLEH *et al.*, 2020; KARAM *et al.*, 2020).

As propriedades antioxidantes do óleo essencial de orégano podem melhorar as pontuações sensoriais das carnes, retardando as reações bioquímicas e a formação de compostos voláteis sem odor (AL-HIJAZEEN *et al.*, 2018). No caso de outros alimentos como o queijo, a utilização de revestimentos contendo carvacrol resulta em impacto positivo na aceitabilidade (CANO EMBUENA *et al.*, 2017).

Por outro lado, nas características de aparência o revestimento ativo apresentou um efeito positivo, proporcionando a manutenção dessas durante o período de armazenamento, esse resultado pode ser devido ao fato que ele demonstrou anteriormente ter capacidade de manter características físico-químicas e até mesmo reduzir a contaminação de microrganismos. A contaminação por microrganismos, principalmente por fungos, é uma das causas de deterioração de frutas, e afeta assim diretamente a qualidade da aparência (COSME SILVA *et al*, 2017)

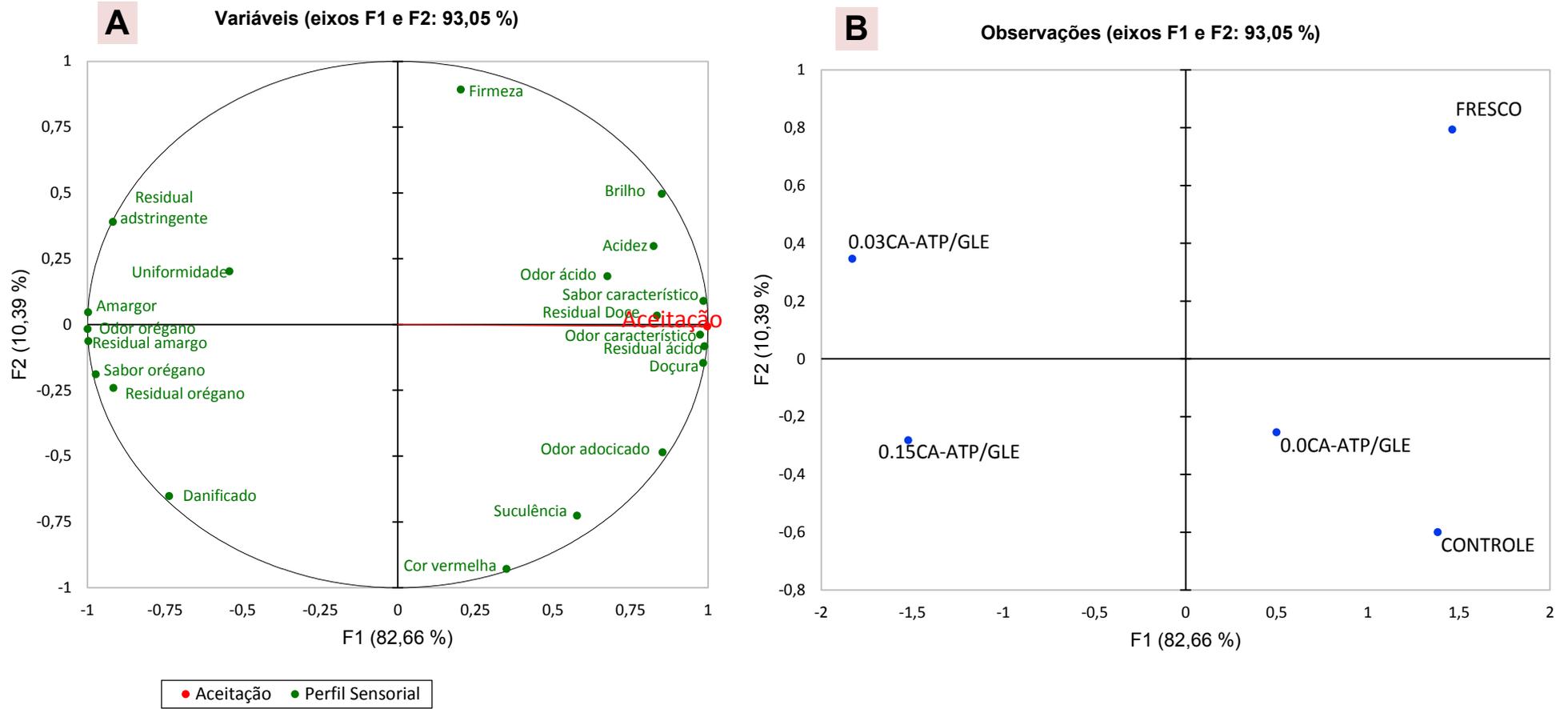
Para o desenvolvimento da Análise de Fatores múltiplos (AFM) foi considerado o perfil sensorial das amostras obtido com o Perfil Flash, mais a resposta subjetiva correspondente a esses estímulos demonstrada em uma escala de aceitação (Figura 13 A-B)

Os principais atributos que são responsáveis pela aceitação das amostras de morango, foram sabor residual doce, odor característico, residual ácido, sabor característico, doçura, odor ácido e acidez. Os atributos que mais se distanciaram da aceitação, que foram responsáveis pela rejeição das amostras foram, amargor, odor de orégano, residual amargo, sabor orégano, residual orégano.

A amostra de morango fresco ficou mais distante das demais, porém esta localizada na mesma dimensão que 0.0CA-ATP/CLE e CONTROLE, e na mesma dimensão que a aceitação em consonância com os atributos mais próximos firmeza e brilho. As amostras 0.0CA-ATP/GLE e CONTROLE apresentam-se no mesmo quadrante, e ficaram mais próximas do eixo de aceitação, aproximando-se dos atributos, odor adocicado, suculência e cor vermelha.

As amostras 0.15CA-ATP/GLE e 0.3CA-ATP/GLE, que apresentavam em sua composição o carvacrol, estão posicionadas no mesmo quadrante, distantes das demais e do eixo de aceitação. Residual adstringente e uniformidade foram os atributos mais próximos a amostra 0.03CA-ATP/GLE, além de residual de orégano e danificado para a amostra 0.15CA-ATPL/GLE. Os atributos relacionados a sabor e odor foram alterados nas amostras que apresentavam em sua composição o carvacrol (0.15CA-ATP/GLE e 0.3CA-ATP/GLE), portanto, mesmo com nanoencapsulamento do carvacrol ainda apresentaram resíduos. Por outro lado a amostra 0.3CA-ATP/GLE, mostrou um aspecto visual mais aceitável para o fruto, se aproximando do atributo uniformidade.

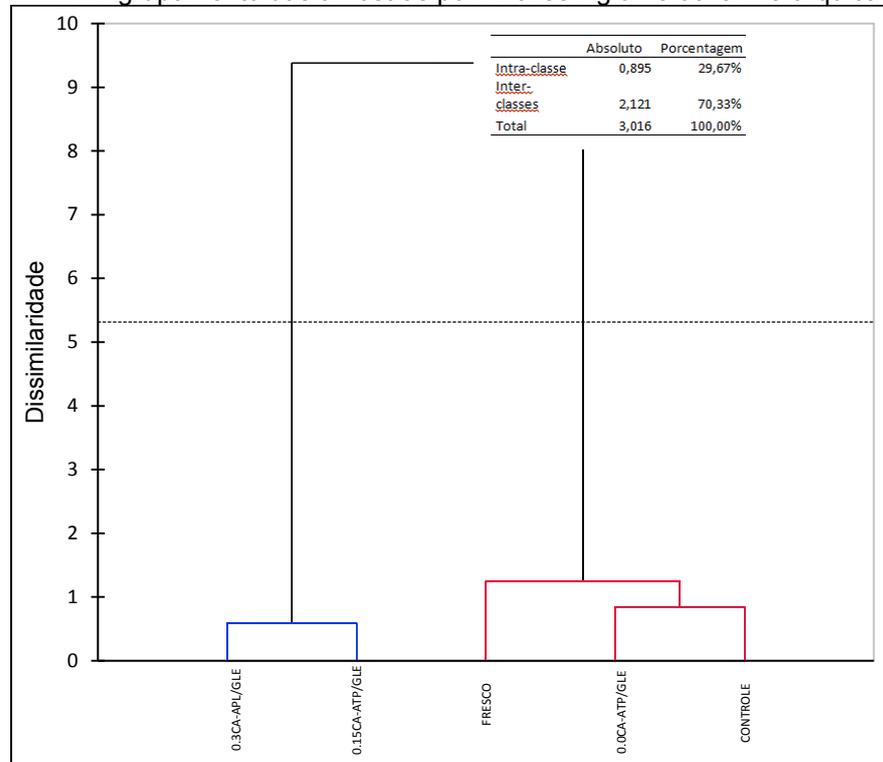
FIGURA 13 - Gráfico de componentes principais gerado na AFM para as características (A) / aceitação e o espaço dimensional das amostras (B)



FONTE: O autor (2021)

Essa divisão de grupos das amostras é demonstrada na Análise Aglomerativa Hierárquica, onde 2 grupos foram criados, com uma diferença mais significativa inter-classes (70,33%) do que intra-classes (9,67%) (Figura 14).

FIGURA 14 – Agrupamento das amostras por Análise Aglomerativa Hierárquica



FONTE: O autor (2021)

As amostras 0.15CA-ATP/GLE e 0.3CA-ATP/GLE demonstram agrupamento sem diferença significativa intra-classe. No grupo 2, as amostras morango fresco, CONTROLE e 0.0CA-ATP/GLE formam outro agrupamento com diferenças significativas inter-classes com o grupo 1.

O carvacrol presente nas amostras 0.15CA-ATP/GLE e 0.3CA-ATP/GLE, resultou em sabor, sabor residual e odor de orégano, descaracterizando o fruto, porém o atributo visual relacionado à uniformidade do fruto, tiveram a capacidade de manter o fruto mais uniforme no período de armazenamento quando comparado com as outras amostras. As amostras 0.0CA-ATP/GLE e CONTROLE, foram consideradas mais suculentas, porém nos atributos relacionados a aparência não demonstraram proximidade.

Para superar o impacto negativo do carvacrol nas características sensoriais e na aceitabilidade, Peretto *et al.*, (2014) adicionou a um revestimento de alginato o

cinamato de metila, um dos principais componentes voláteis do aroma do morango. Em outro estudo com cenouras minimamente processadas (MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ; AMODIO; COLELLI, 2017), os autores demonstram uma boa efetividade de nanopartículas de Quitosana-tripolifosfato com carvacrol apresentaram as melhores pontuações sensoriais com melhor sabor, aroma, firmeza de sabor fresco e ausência de sabores e odores estranhos relacionados aos óleos essenciais. A utilização de apenas a solução de carvacrol mostrou mais sabores e odores estranhos e pontuações de aroma mais baixas.

O atributo de uniformidade apresentado mais relevante nas amostras 0.3CA-ATP/GLE, esta relacionado também ao fato que esse revestimento teve a capacidade de manter por mais tempo os valores de perda de massa inferior a 6%, sendo o único grupo manteve até o dia 12 de armazenamento. O amolecimento do fruto pode estar associado ao mecanismo de quebra de carboidratos que formam a parede celular, e também a perda de água causando mens turgor celular (MARINGGAL *et al*, 2020).

As alterações na firmeza de um fruto fresco, é um dos indicadores críticos da qualidade da fruta, alterando diretamente o seu aspecto visual (OCHOA-VELASCO *et al*, 2021). O revestimento 0.3CA-ATP/GLE obteve valores de firmeza uniformes durante os 16 dias de armazenamento, não sofrendo alterações significativas, o que pode ter auxiliado a conferir uma maior uniformidade em relação aos outros grupos.

Hamzah *et al* (2013) relacionada que a redução da acidez de um fruto é devido ao uso das suas vias metabólicas e que confere assim a senescência do fruto, portanto, quanto menor os valores de acidez, maior o amadurecimento do fruto. Os valores de acidez expressos em gramas de ácido cítrico foram maiores no grupo 0.3CA-ATP/GLE até o 12 dia de armazenamento.

6 CONCLUSÃO

Os revestimentos 0.3CA-ATP/GLE e 0.6CA-ATP/GLE tiveram a capacidade de auxiliar na manutenção e redução da velocidade do metabolismo da pós-colheita do morango. Foram efetivos para manter a cor do morango, acidez, pH e sólidos solúveis totais, parâmetros físico químicos que interferem diretamente na qualidade do fruto. Quanto aos atributos perda de massa, umidade e textura não foram tão significativas suas mudanças pois o fruto foi mantido em ambiente controlado com temperatura constante, e com proteção de um filme plásticos.

Os revestimentos com carvacrol encapsulado demonstraram efetividade antifúngica, pelo menos até o 12º dia de tratamento sem o crescimento e aparecimento de fungos.

Os atributos sensoriais do morango foram diretamente afetados nas amostras que possuíam os revestimentos contendo carvacrol 0.15CA-ATP/GLE e 0.3CA-ATP/GLE, onde influenciou o odor, o sabor, e o sabor residual de orégano foi predominante, e desta forma as amostras não demonstraram boa aceitação sensorial. Quanto aos atributos de aparência as amostras que apresentaram em sua composição o carvacrol demonstram ser mais uniformes.

É possível concluir que o revestimento contendo diferentes concentrações de carvacrol nanoencapsulado tem a capacidade de manter as características físico-químicas do fruto, possuindo ação antifúngica e inibindo o crescimento de microrganismos, possibilitando a uniformidade de melhor aparência do fruto com o decorrer do seu armazenamento, porém interfere diretamente nos seus atributos sensoriais.

REFERÊNCIAS

A.O.A.C. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, 18th ed., Gaithersburg, Ed. William Horwitz, 2005.

ABBASZADEH, S. *et al.* Antifungal efficacy of thymol, carvacrol, eugenol and menthol as alternative agents to control the growth of food-relevant fungi. **Journal de Mycologie Médicale**, v. 24, p. 51-56, 2014.

ABBY, K.; EKEBERG, D.; SKREDE, G. Characterization of phenolic compounds in strawberry (*Fragaria × ananasa*) fruit by different HPLC detectors and contribution of individual compounds to total antioxidant capacity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 4395–4406, 2007.

ACOSTA, S. *et al.* Antifungal films based on starch-gelatin blend, containing essential oils. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 233-240, 2016.

AITBOULAHSEN, M. *et al.* Gelatin-Based Edible Coating Combined with Mentha pulegium Essential Oil as Bioactive Packaging for Strawberries. **Journal of Food Quality**, 2018.

AL-HIJAZEEN, M. *et al.* Effect of oregano oil and tannic acid combinations on the quality and sensory characteristics of cooked chicken meat. **Poultry Science**, v. 97, n. 2, p. 676-683, 2018.

ALMENAR, E. *et al.* Equilibrium modified atmosphere packaging of wild strawberries. **Science of Food and Agriculture**, v. 87, n.10, 2007.

ANTUNES, L. E. C., REISSER JÚNIOR, C., & SCHWENGBER, J. E. (2016). **Morangueiro**. Brasília: Embrapa 589 p.

ANTUNES, L.E.C.; DUARTE FILHO, J. Importância do cultivo. **Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado**, 2005. (Sistema de Produção, 5). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/index.htm>. Acesso em: 29 Abr. 2021.

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

BALBINO, J.M. De S. **Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de morangueiros**. Ed. Vitória, ES: INCAPER, 2004.

BARTH, M.; *et al.* **Microbiological Spoilage of Fruits and Vegetables**. In: SPERBER, W. H.; DOYLE, M. P.. Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages. New York: Springer Verlag Pod, 2009. p. 135-183.

BENDRE, R.; BAGUL, S.; RAJPUT, J. Carvacrol: an excellent natural pest control agent. **Natural Products Chemistry & Research**, v. 6, n. 6, 2018.

BERTAN, L.C. **Desenvolvimento e caracterização de filmes simples e compostos à base de gelatina, ácidos graxos e breu branco**. 2003. 148 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BOSKOVIC, M., J. *et al.* Inhibition of Salmonella by thyme essential oil and its effect on microbiological and sensory properties of minced pork meat packaged under vacuum and modified atmosphere. **Int. J. Food Microbiol**, v. 258, p. 58–67, 2017.

BRACKMANN A.; *et al.* Efeito da temperatura de armazenamento sobre a qualidade do morango Cultivar Oso Grande. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 1, p. 77-78, jan./abr. 2001.

BRANDELERO, R.P.H; *et al.* Mixture design applied to evaluating the effects of polyvinyl alcohol (PVOH) and alginate on the properties of starch-based films. **Starch/Staerke**, v. 67, p. 191-199, 2015.

BRETSCHNEIDER, F. G. B., *et al.* **Análise antifúngica in vivo de revestimento comestível ativo em morango**. In: XXII SICITE, SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA E TECNOLOGIA, 2016.

BRETSCHNEIDER, F. G. B., *et al.* Atividade antifúngica in vitro e in vivo de revestimento comestível ativo contra Colletotrichum sp. **Higiene Alimentar**, v.33, p.2687-2691, 2019.

CALEGARO, J. M.; PEZZI, E.; BENDER, R. J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1049-1055, 2002.

CAMPOS, C. A.; GERSCHENSON, L. N.; FLORES, S. K. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. **Food and bioprocess technology**, v. 4, n. 6, p. 849-875, 2011.

CANAVER, B. S.; DI PIERO, R. M. 2011. Quitosana e adjuvantes para o controle preventivo do mofo azul de macieira. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, p. 419-423, 2011.

CANO EMBUENA, A. I. *et al.* Quality of goat's milk cheese as affected by coating with edible chitosan-essential oil films. **International Journal of Dairy Technology**, v. 70, n. 1, 2017.

CANTILLANO, R. F. F. Fisiologia e manejo na colheita e pós-colheita de morangos. In: CARVALHO, S.P. **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 97-105, 2006.

CAO, N.; YANG, X.; FU, Y. Effects of various plasticizers on mechanical and water vapor barrier properties of gelatin films. **Food Hydrocolloids**, v.23, n. 3, p. 729-735, 2008.

CARVALHO, R.A. **Desenvolvimento e caracterização de biofilmes a base de gelatina**. 1997. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

CHAVAN, P. S., TUPE, S. G. Antifungal activity and mechanism of action of carvacrol and thymol against vineyard and wine spoilage yeasts. **Food Control**, v. 46, p.115-120, 2014.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: FAEPE, 2° Edição, 2005.

COLUSSI, R., *et al.* Postharvest quality and antioxidant activity extension of strawberry fruit using allyl isothiocyanate encapsulated by electrospun zein ultrafine fibers. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 143, n.1, 2021.

COSME SILVA, G.M. *et al.* The chitosan affects severely the carbon metabolism in mango (*Mangifera indica* L. cv. Palmer) fruit during storage. **Food Chem.** V. 237, p, 372–378, 2017.

DANTAS, S.A.F; *et al.* Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na central de abastecimento do recife. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 5, p. 528-533, 2003.

DONSI, F. *et al.* Nanoencapsulation of essential oils to enhance their antimicrobial activity in foods. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 9, p. 1908-1914, 2011.

DUTOT, M.; NELSON, L.M.; TYSON, R.C. Predicting the spread of postharvest disease in stored fruit, with application to apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 85, n. 1, p. 45–56, 2013.

FAKHOURI, F. M., *et al.* Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 109, p. 57-64, 2015.

FAKHOURI, F. M.; GROSSO, C.R.F. Efeito de coberturas comestíveis na vida útil de goiabas in natura (*Psidiumguajava* L.) mantidas sob refrigeração. **Brazilian Journal Food and Technology**, v.6, n.2: p.203-211, 2003.

FAKHOURY, F.M.; *et al.* Edible films made from blends of manioc starch and gelatin - Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. **Food Science and Technology: LWT**, v. 49, n. 1, p. 149-154, 2012.

FALLEH, H., *et al.* Essential oils: A promising eco-friendly food preservative. **Food chemistry**, v. 330, 2020.

FAO. **Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention**. 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.htm>>. Acesso em:30 jun. 2021.

FELIZIANI, E.; ROMANAZZI, G. Postharvest decay of strawberry fruit: Etiology, epidemiology, and disease management. *Journal of Berry Research*, 6(1), 47-63. <https://doi.org/10.3233/JBR-150113>, 2016.

FERNÁNDEZ-PAN, I. *et al.* Effect of chitosan molecular weight on the antimicrobial activity and release rate of carvacrol-enriched films. **Food Hydrocolloids**, v. 51, p. 60 - 68, 2015.

FERREIRA, A.R.V.; ALVES, V.D.; COELHO, I.M. Polysaccharide-Based Membranes in Food Packaging Applications. **Membranes**, v. 22, n. 6, 2016.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. FDA. **Generally recognized as safe (GRAS)**. Silver Spring. Disponível em <<http://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/>>. Acesso em: 5 nov. 2020.

FORTES, J. F. Sistema de produção do morango: doenças do morangueiro. Pelotas: **EMBRAPA Clima Temperado**, 2005. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap07.htm>>. Acesso em: 29 jul. 2016.

FORTUNATI, E.; *et al.* Multifunctional bionanocomposite films of poly(lactic acid), cellulose nanocrystals and silver nanoparticles. **Carbohydrate Polymers**, v. 87, n. 2, p. 1596-1605, 2012.

FRIEDRICH, J. C., *et al.* Improved antioxidant activity of a starch and gelatin-based biodegradable coating containing Tetradenia riparia extract. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 165, p. 1038-1046, 2020.

GARCIA, L.C.; *et al.* Selection of an Edible Starch Coating for Minimally Processed Strawberry. **Food and Bioprocess Technology**, v.3, p.834-842, 2010.

GARCIA, M.A; MARTINO, M.N.; ZARITZKY, N.E. Starch-based coatings: effect on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. **Journal of Science and Food Agricultural**, v. 76, p. 411-420, 1998.

GAYOSSO-GARCÍA SANCHO, L.E. *et al.* Effect of maturity stage of papaya maradol on physiological and biochemical parameters. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 5, p. 194–203, 2010.

HAERTEL, A.O.S. **Compostos bioativos e características físico-químicas de morangos cv. Camarosa minimamente processados submetidos a revestimentos à base de gelatina, xantana e óleo de canola**. 2013, 96 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

HAMZAH, H.M. *et al.* Carrageenan as an alternative coating for papaya (*Carica papaya* L. cv. Eksotika). **Postharvest Biol. Technol.** v. 75, p. 142–146, 2013.

HENZ *et al.* Incidência de Doenças de Pós-Colheita em Frutos de Morango Produzidos no Distrito Federal. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**: 45, EMBRAPA, 2008.

HERNALSTEENS, S. Edible films and coatings made up of fruits and vegetables. In: **Biopolymer Membranes and Films**. Elsevier,. p. 575-588, 2020.

HERNÁNDEZ-MUNÓZ, P.; *et al.* Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 110, n. 3, p. 428-435, 2008.

IBRAF - Instituto Brasileiro de Frutas. **Novos horizontes para a fruticultura brasileira**, 2015. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br>. Acesso em: 10 abr. 2021.

JACOMETTI, G. A.; MENEGHEL, R. F. A.; YAMASHITA, F. Aplicação de revestimentos comestíveis em pêssego (*Prunus persica*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 95-100, 2003.

JAFARZADEH, S., *et al.* Application of bio-nanocomposite films and edible coatings for extending the shelf life of fresh fruits and vegetables. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 291, 2021.

KADER, A. A. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. In **J.J. Luby & A. Dale (Eds.)**, The strawberry into the twenty-first century, p. 145–152, 1991.

KALLIO, H. *et al.* Sugars and acids of strawberry varieties. **European Food Research and Technology**, v. 212, p. 81–85, 2000.

KARAM, L., R. *et al.* Antimicrobial effect of thymol and carvacrol added to a vinegar-based marinade for controlling spoilage of marinated beef (Shawarma) stored in air or vacuum packaging. **Int. J. Food Microbiol**, v. 332, 2020.

KHARAT, M. ; MCCLEMENTS, D. J. Recent advances in colloidal delivery systems for nutraceuticals: A case study–Delivery by Design of curcumin. **Journal of colloid and interface science**, v. 557, p. 506-518, 2019.

KONG, J.M.; *et al.* Analysis and biological activities of anthocyanins. **Phytochemistry**, v. 64, n. 5, p. 923-933, 2003.

KROCHTA, J.M.; DE MULDERJOHNSTON, C. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. **Food Technology**, v. 51, n. 2, p. 60-74. 1997.

KUREK, M. *et al.* Antimicrobial efficiency of carvacrol vapour related to mass partition coefficient when incorporated in chitosan based films aimed for active packaging. **Food Control**, v. 32, n. 1, p. 168 - 175, 2013.

KUREK, M. *et al.* How composition and process parameters affect volatile active compounds in biopolymer films. **Carbohydrate Polymers**, v. 88, n. 2, p. 646 – 656, 2012.

LAMBERT, R.J.W. et al A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **Journal of Applied Microbiology** v. 91, n.3, p. 453–462, 2001.

LEÓN, R.H.; *et al.* Characterization of the antifungal and plant growth-promoting effects of diffusible and volatile organic compounds produced by *Pseudomonas fluorescens* strains. **Biological Control**. v.81, n.1, p.83–92, 2015.

LLOBELL, F. *et al.* Analysis and clustering of multiblock datasets by means of the STATIS and CLUSTATIS methods. Application to sensometrics. **Food Quality and Preference**, v. 79, 2020.

LORENZETTI, E.R.; *et al.* Bioatividade de óleos essenciais no controle de *Botrytis cinerea* isolado de morangueiro. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v.13, n.especial, p.619-627, 2011.

MACHADO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. R. **Sistema para análise estatística para Windows. WinStat. Versão 2.0**. Pelotas: UFPel. 2003.

MADAIL, J.C.M., *et al.* Avaliação Econômica dos Sistemas de Produção de Morango: Convencional, Integrado e Orgânico. **Comunicado Técnico**. p.1-4, 2007.

MANUAL DE METODOS DE ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DE ALIMENTOS E ÁGUA, Edição 2010 ITAL - INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS - DPT. **MICROBIOLOGIA** Autores: Neusely da Silva, Valéria Christina, Neliane Ferraz, Marta Hiromi, Rosana Francisco, Renato Abeliar. 4a. Edição 2010 - Reimpressão 2013.

MANZANARES, P.; ROJAS, V.; GENOVE, S. A preliminary search for anthocyanin-*-d*-glucosidase activity in non-*Saccharomyces* wine yeasts. **Food Science and Technology International**, v. 35, p. 95–103, 2000.

MARINGGAL, B. *et al.* Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. **Trends Food Sci. Technol**, v. 96, p. 253–267, 2020.

MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G. B.; AMODIO, M. L.; COLELLI, G. Carvacrol-loaded chitosan nanoparticles maintain quality of fresh-cut carrots. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 41, p. 56-63, 2017.

MARTÍNEZ-ROMERO, D. *et al* Influence of carvacrol on survival of *Botrytis cinerea* inoculated in table grapes. **International Journal of Food Microbiology**, v. 115, n. 2, p. 144–148, 2007.

MASTELIC, J. *et al.* Comparative Study on the Antioxidant and Biological Activities of Carvacrol, Thymol, and Eugenol Derivatives. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 3989–3996, 2008.

MELO, E.A.; *et al* Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.44, n.2, p.193-201, 2008.

MEMAR, M. Y., *et al.* Carvacrol and thymol: strong antimicrobial agents against resistant isolates. **Reviews in Medical Microbiology**, v. 28, n. 2, p. 63-68, 2017.

NAIR, M. S., *et al.* Enhancing the functionality of chitosan-and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2020.

NCAMA, K., *et al.* Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: A review. **Food packaging and shelf life**, v. 16, p. 157-167, 2018.

NERI, F.; MARI, M.; BRIGATI, S. Control of *Penicillium expansum* by plant volatile compounds. **Plant Pathology**, v. 55, n. 1, p. 100-105, 2006.

OCHOA-VELASCO, C. E. *et al.* Starch Edible Films/Coatings Added with Carvacrol and Thymol: In Vitro and In Vivo Evaluation against *Colletotrichum gloeosporioides*. **Foods**, n. 10, v. 175, 2021.6+

OHEY, I. *et al.* Effect of high pressure processing on colour, texture, and flavour of fruit and vegetable-based food products: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 19, p. 320–328, 2008.

OLIVAS, G. I.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Edible Coatings for Fresh-Cut Fruits. **Food Science and Nutrition**, v. 45, n. 7-8, p. 657-670, 2005.

ORIANI, V. B.; **Desenvolvimento e caracterização de coberturas comestíveis à base de fécula de mandioca adicionadas de óleos essenciais**. 2013. 128 f. Dissertação - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, SP, 2013.

OTONI, C. G. *et al.* Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables – A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, 2017.

PALOU, L. *et al.* GRAS, plant- and animal-derived compounds as alternatives to conventional fungicides for the control of postharvest diseases of fresh horticultural produce. **Postharvest Biological and Technology**, 2016.

PERERA, C.O.; RAHMAN, M.S. **Handbook of Food Preservation**, 2.ed, CRC Press, 137-150, cap.5, 2007.

PERETTO, G.; *et al.* Optimization of Antimicrobial and Physical Properties of Alginate Coatings Containing Carvacrol and Methyl Cinnamate for Strawberry Application. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 4, p 984–990, 2014.

PÉREZ, A.G.; SANZ, C. Fruit and vegetable flavour. Cap. 4. In **B. Brückner & S.G. Wyllie (Eds.)**, Formation of fruit flavour p. 40–43. London: Woodhead Publishing, 2008.

RADI, M., *et al.* Effect of gelatin-based edible coatings incorporated with Aloe vera and black and green tea extracts on the shelf life of fresh-cut oranges. **Journal of Food Quality**, 2017.

RAJPUT, J. D.; BAGUL, S. D.; BENDRE, R. S. Design, synthesis, biological screenings and docking simulations of novel carvacrol and thymol derivatives containing acetohydrazone linkage. **Research on Chemical Intermediates**, v. 43, n. 8, p. 4893-4906, 2017.

RAMOS, M. *et al.* Characterization and antimicrobial activity studies of polypropylene films with carvacrol and thymol for active packaging, **Journal of Food Engineering**, v. 109, p. 513–519, 2012.

REIS, A.; COSTA, H. Principais doenças do morangueiro no Brasil e seu controle. **Circular Técnico Brasília, DF**, Dezembro, 2011. Disponível em: www.cnpq.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2011/ct_96.pdf. Acesso em: 01 mai. 2021.

RESENDE, N. S. **Elaboração de bionanocompósito quitosana/nanofibra de celulose e seu efeito sobre a qualidade de morangos**. 2015. 102 f. Dissertação – Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, p.102, 2015.

ROMIO, A.P. *et al.* Encapsulação do carvacrol em filmes comestíveis de amido de mandioca e gelatina. In: NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO, 2017, São Carlos. **Anais Eletrônico... ANAIS DO IX WORKSHOP DE NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017. p. 213-216.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L. *et al.* Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, p. 57–63, 2011.

SANTANA, A.A. **Influência de características físicas e químicas de plastificantes na confecção e no comportamento estrutural e higroscópico de filmes de alginato de cálcio**. 2010. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

SANZ, C., *et al.* Modified atmosphere packaging of strawberry fruit: Effect of package perforation on oxygen and carbon dioxide. **Food Science and Technology International**, v. 6, n. 1, p. 33–38, 2000.

SAPPER M., *et al.* Revestimentos Antifúngicos de Álcool Polivinílico Incorporando Carvacrol para a Preservação Pós-colheita de Maçã Golden Delicious. **Revestimentos**, v. 10, n. 11, 2020.

SCHWARZ, K. **Adubação potássica na produtividade e qualidade do morangueiro cv. Camarosa**. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2012.

SEAB. Secretaria de Estado de Agricultura e Abastecimento. **Fruticultura**. 2015. Disponível em:http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/file/deral/prognostico/fruticultura_2014_15.pdf. Acesso em: 28 abr 2021.

SEAB-DERAL. Secretaria de Estado de Agricultura e Abastecimento-Departamento de Economia Rural, Núcleo de Francisco Beltrão. **Dados de Produção de Frutas**. 2016.

SILVA, L.F. **Fungos: um estudo sobre a sua ocorrência nos alimentos**. 2008. 30 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso - Especialização em Microbiologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

SILVA, T.P. **Características produtivas e físico-químicas de frutos de morangueiro orgânico cultivado com o uso de extrato de algas**. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

SIVAKUMAR, D.; BAÑOS, S.B. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. **Crop Protection**, v. 64, n. 2, p. 27-37, 2014.

SIVAROOBAN, T.; HETTIARACHCHY, N.S.; JOHNSON, M.G.. Physical and antimicrobial properties of grape seed extract, nisin, and EDTA incorporated soy protein edible films. **Food Research International**, v. 41, p. 781–785, 2008.

SOARES, A.G. Desperdício de Alimentos no Brasil – um desafio político e social a ser vencido. **Atividade Rural**, 2010. Disponível em <<http://atividaderural.com.br/artigos/508fc56454d19.pdf>> Acesso em: 2 abr. 2021.

SOUZA, R. M. S.; SERRA, I.M. R.; MELO, T. A. Efeito de óleos essenciais como alternativa no controle de *Colletotrichum gloeosporioides*, em pimenta. **Summa Phytopathologica**, v.38, n.1, p.42-47, 2012.

SPECHT, S.; BLUME, R. Competitividade e segmento de mercado à cadeia do morango: algumas evidências sobre o panorama mundial e brasileiro. **Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. v.1, n.47, p.1-17, 2009.

SUN, X., *et al.* Effects of chitosan-essential oil coatings on safety and quality of fresh blueberries. **Journal of food science**, v. 79, n. 5, p. 955-960, 2014.

TANG, X.; ALAVI, S. Recent advances in starch, polyvinyl alcohol based polymer blends, nanocomposites and biodegradability. **Carbohydrate Polymers**, v. 85, p. 7-16, 2011.

TASTAN, O. *et al.* Understanding the effect of formulation on functionality of modified chitosan films containing carvacrol nanoemulsions. **Food Hydrocolloids**, v.61, p. 756 - 771, 2016.

TERHAAG, M. M.; BENASSI, M. de T. Perfil Flash: uma opção para análise descritiva rápida. **Brazilian Journal Of Food Technology**, v. 14, n. 01, p.140-151, 8 jun. 2011. Institute of Food Technology.

THOMAS, A.B. **Qualidade físico-química, microbiológica e compostos bioativos de morangos revestidos com fécula de mandioca e própolis**. 2016. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

UNNIKRISHNAN, V.; NATH, B.S. Hazardous chemicals in foods. **Indian Journal of Dairy and Bioscience**, v. 11, n. 1, p. 155-158, 2002.

VENTUROSOSO, L.R.; *et al.* Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. **Summa Phytopathology**, v. 37, n. 1, p. 18-23, 2011.

VILLADIEGO, A. M. D.; *et al.* Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres**, v. 300, n. 52, p. 221-244, 2005.

WANG, P.; WU, Y. A Review on Colloidal Delivery Vehicles Using Carvacrol as A Model Bioactive Compound. **Food Hydrocolloids**, v. 120, 2021.

WHO, 2016. Disponível em: <http://apps.who.int/medicinedocs/en/d/Js2200e/28.html>2012. Acesso em: 10 abr. 2021.

WILSON, C. L.; *et al.* Rapid Evaluation of Plant Extracts and Essential Oils for Antifungal Activity Against Botrytis cinerea. **Plant Disease**, v.81, n.2, p.204-210, 1997.

XING, Y., *et al.* Antimicrobial nanoparticles incorporated in edible coatings and films for the preservation of fruits and vegetables. **Molecules**, v. 24, n.9, 2019.

YAMASHITA, F. Filmes e revestimentos biodegradáveis aplicados a frutas e hortaliças minimamente processadas. **Encontro Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**, v. 3, p. 57-62, 2004.

ZAMBIAZI, R. C. **The role of endogenous lipid components on vegetable oil stability**. 1997. 304 f. Tese (Doutorado em Foods and Nutritional) - Sciences Interdepartamental Program. University of Manitoba Winnipeg, Manitoba, Canada.