



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102021007386-1 A2



(22) Data do Depósito: 17/04/2021

(43) Data da Publicação Nacional: 25/10/2022

(54) **Título:** PRODUÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS E BIODEGRADÁVEIS COM PROPRIEDADES BIOLÓGICAS ESSENCIAIS NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS

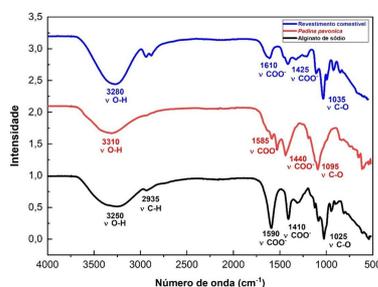
(51) **Int. Cl.:** A23L 3/3454.

(52) **CPC:** A23L 3/3454.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.

(72) **Inventor(es):** SEVERINO ALVES JÚNIOR; MANOELY VIRGINIA DUARTE DE BARROS SILVA; FÁLBA BERNADETE RAMOS DOS ANJOS; VIVIANE LANSKY XAVIER DE SOUZA LEÃO.

(57) **Resumo:** PRODUÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS E BIODEGRADÁVEIS COM PROPRIEDADES BIOLÓGICAS ESSENCIAIS NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS. A invenção trata-se do desenvolvimento de filmes à base de alginato de sódio, caracterizados por serem comestíveis e biodegradáveis, constituídos de aditivos seguros que conferem a elaboração de materiais com propriedades químicas, mecânicas e biológicas essenciais para o setor agrícola. Os filmes desenvolvidos, os quais podem ser utilizados como revestimento comestível ou embalagem ativa, são de maior facilidade de aplicação e de menor custo para o produtor, auxiliando na redução da perda pós-colheita das frutas e hortaliças revestidas. São aptos para assegurar a qualidade sensorial e nutricional do alimento revestido, conforme avaliações na aparência, odor, cor da casca e polpa, firmeza, perda de massa, teor de sódios solúveis totais e potencial hidrogeniônico das mangas Tommy Atkins. A alga marinha *Padina pavonica* compôs os filmes, sendo responsável pela atividade antioxidante e antimicrobiana dos materiais. A atividade antioxidante foi confirmada pelo teor de compostos fenólicos e através do ensaio DDPH. Os valores de concentração inibitória mínima foi eficaz para todas as cepas padrão avaliadas com resultados que variaram de 125 a 500 $\mu\text{g}.\text{mL}^{-1}$. Os parâmetros de resistência à tração e alongamento (...).



PRODUÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS E BIODEGRADÁVEIS COM PROPRIEDADES BIOLÓGICAS ESSENCIAIS NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS

Campo da invenção

[001] A presente patente de invenção trata-se de soluções à base do biopolímero alginato de sódio, com potencial aplicação na área da agricultura e alimentos, especificamente como revestimento comestível e embalagem ativa para a manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças. A invenção apresenta aditivos em sua composição que colaboram para o desenvolvimento de um material com propriedades químicas, mecânicas e biológicas essenciais para a aplicação em questão. A manutenção dos parâmetros indicativos da qualidade pós-colheita para a cultivar *Mangifera indica L* (manga) da variedade *Tommy Atkins*, confirmaram o retardo do amadurecimento da fruta com manutenção de sua qualidade sensorial e nutricional. A invenção poderá configurar métodos alternativos aos tratamentos de manutenção de qualidade de frutas e hortaliças, constituída por componentes com segurança alimentar, biodegradabilidade e propriedades biológicas. Sinalizando, assim, ser um produto menos tóxico e de igual ou superior eficiência quando comparado a produtos do segmento já comercializado para este fim.

Fundamentos da invenção

[002] Após a colheita, frutos e vegetais continuam a respirar, transpirar e produzir hormônios de amadurecimento, alterando o equilíbrio inicial, o que resulta em variações nas concentrações de dióxido de carbono (CO₂), oxigênio (O₂), água (H₂O) e etileno (C₂H₄) ao longo da estocagem, que acarretam um rápido amadurecimento seguido pela sua deterioração.

[003] (FIGUEIRO NETO, A.; AMDEIDA, F. A. C.; CAVALCANTE, I. H. L., 2017).

[004] Métodos que atuam diminuindo a taxa respiratória de frutas e hortaliças, como a refrigeração e o uso de atmosfera modificada têm sido utilizados por fazendas

produtoras de frutas e hortaliças. O controle de temperatura através do armazenamento refrigerado é utilizado para diminuir o calor do produto ou do ambiente onde este se encontra, diminuindo não apenas a sua transpiração com uma menor perda em sua massa, mas também evitando a presença e a proliferação de microrganismos. A alteração da atmosfera de armazenamento faz uso de altas concentrações de CO₂ por períodos curtos de exposição, e além de reduzir a taxa respiratória do fruto e o desenvolvimento de microrganismos, atua também na regulação da biossíntese do etileno. Além destes métodos, destacam-se ainda a utilização do tratamento hidrotérmico, o uso de inibidores da síntese do etileno e uso da radiação gama. Ambos são caracterizados por agregarem um elevado custo ao produto, além de não estar disponível durante toda a etapa de distribuição da fruta ou hortaliça até seu consumidor final.

[005] (SILVA, L. A., 2015), (HRIBAR, J.; PLESTENJAK, A.; VIDRIH, R.; SIMCIC, M., 1994), (DURIGAN, J. F.; TEIXEIRA, G. H. de A.; CASTANHARO, N. M.; DOMARCO, R. E., 2004).

[006] Com condições climáticas favoráveis, o Brasil é atualmente considerado o 3º maior produtor mundial de frutas e o 23º maior exportador, com enorme aptidão de crescimento para a produção agrícola junto aos 2,5 milhões de hectares já utilizados para a finalidade. Em um bom cenário, sua exportação ultrapassou os 980 milhões de toneladas em 2019, o que representa um aumento de 16 % no volume das exportações de frutas quando comparado ao ano de 2018.

[007] (ABRAFRUTAS, 2018).

[008] A manga é considerada a fruta mais demandada para a exportação, produzida principalmente pelas fazendas agrícolas do Semiárido Nordeste, em especial a Região do Vale do São Francisco, e destinada a mercados estrangeiros extremamente exigentes.

[009] (EMBRAPA, 2019).

[0010] A busca por métodos alternativos, a exemplo da utilização de revestimentos comestíveis e embalagens ativas, para a conservação da qualidade pós-colheita de

frutas e hortaliças é uma prática recente e vêm ganhando espaço no mercado. Comprometidos com a segurança alimentar do consumidor final, preços mais acessíveis de produção e venda, proteção disponível durante toda a etapa de distribuição, que atuem inibindo a proliferação de bactérias e fungos, aumentando o tempo de prateleira, preservando cor, textura e valor nutricional do alimento protegido podem ser alcançados com a utilização de tais métodos.

[0011] A solução de cera de carnaúba, proveniente das folhas da palmeira *Copernícia prunifera*, geralmente acrescida de compostos não comestíveis e biodegradáveis, tem sido utilizada no tratamento pós-colheita de mangas produzidas por fazendas localizadas na região do Vale do São Francisco.

[0012] (FIGUEIRO NETO, A.; AMDEIDA, F. A. C.; CAVALCANTE, I. H. L., 2017).

[0013] Na patente BR 102017002048-7 A2, intitulada “REVESTIMENTO BIODEGRADÁVEL PARA PRODUTOS VEGETAIS” é descrita o desenvolvimento de um revestimento comestível biodegradável para produtos vegetais. A presente invenção se diferencia desta pelos constituintes utilizados na formulação do revestimento, que se baseiam em amido de mandioca e/ou batata, gelatina tipo A, sorbitol e benzoato ou sorbato de potássio.

[0014] Na patente BR 112012025866-4 A2, que tem por título “COMPOSIÇÃO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL E USOS DA MESMA” são descritas a composição de revestimentos comestíveis e suas utilizações. A presente invenção apresenta diferenças quanto a escolha do agente de reticulação e antimicrobiano; com a adição de outros agentes como o aromatizante, probiótico, de coloração, intensificador de resposta imune, proteína, aminoácido, vitamina e antioxidante.

[0015] Na patente BR 10 2019 017392 0 A2, intitulada “EMBALAGEM ATIVADA DE POLI (BUTILENO ADIPATO-CO-TEREFTALATO) ADITIVADO COM ÓLEO ESSENCIAL DE CANELA CASSIA (CINNAMOMUM SP.)” é descrita a confecção de embalagem ativa que difere pela escolha do polímero (poli butileno adipato-co-tereftalato) e do composto ativo (óleo essencial *Cinnamomum sp.*).

[0016] Na patente BR 10 2018 017182 8 A2, que tem por título “EMBALAGEM ATIVA COM ÓLEO ESSENCIAL DE ORÉGANO NA CONSERVAÇÃO DE PÃO DE HAMBÚRGUER” é descrita a elaboração de uma embalagem ativa que difere pela escolha do polímero (acetato de celulose) e do composto ativo (óleo essencial de orégano).

[0017] Embora o Brasil possua um alto poder produtivo para a cadeia de frutas e hortaliças, à medida que esse número cresce, aumenta-se também seu índice de perda e desperdício. Desde o ano de 2008, o país tem registrado uma das maiores taxas de perdas pós-colheita de frutas do mundo, resultando em um percentual de cerca de 30 a 40 % de frutas produzidas não comercializadas. Estas por sua vez, perdem o valor de mercado, visto que não são visualmente atrativas ao consumidor final, o que gera ao País prejuízos econômicos de cerca de 112 bilhões de reais anuais. Esse desperdício além de contribuir para uma queda no faturamento do agronegócio, contribui ainda para a falta de alimentos em diversas partes do mundo. E por isso, a necessidade de técnicas que atuem no retardo do amadurecimento destes alimentos.

[0018] Entre as técnicas disponíveis para a manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças, destacam-se a refrigeração, o uso de atmosfera modificada, tratamento hidrotérmico, o uso de inibidores da síntese do etileno e uso da radiação gama. No entanto, algumas destas estão disponíveis durante toda a etapa de distribuição do alimento, além de serem de menor facilidade quanto a aplicação e de maior custo para o produtor.

[0019] A cera de carnaúba utilizada como revestimento em mangas produzidas na Região do Vale do São Francisco, por sua vez, tem geralmente sua solução acrescida de compostos não comestíveis e biodegradáveis, a exemplo da parafina e do polietileno, a fim de amenizar a aparência fosca que esta cera dá aos frutos revestidos. Além disso, a cera não apresenta em sua composição compostos ativos, como agentes antioxidantes e antimicrobianos, que atuam inibindo a oxidação lipídica e a proliferação de microrganismos, respectivamente, responsáveis pelas reações deteriorativas que ocorrem durante o processamento, distribuição e armazenamento do alimento.

[0020] A presente invenção apresenta-se como um potencial revestimento comestível e embalagem ativa, constituindo uma alternativa viável na manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças. Em sua constituição se apresenta como um novo revestimento comestível e embalagem ativa à base de biopolímeros comestíveis com resultados positivos quanto as propriedades químicas e mecânicas, o qual foi capaz de assegurar a qualidade sensorial e nutricional da fruta revestida, bem como inibir a proliferação dos principais microrganismos pós-colheita.

Breve descrição dos desenhos

A Figura 1 apresenta os espectros de infravermelho do polímero alginato de sódio (preto), da alga marinha *Padina pavonica* (vermelho) e filme de alginato com cloreto de cálcio, glicerol e *Padina pavonica* – A2CP (azul).

A Figura 2 apresenta as curvas de TG e DTA obtidas para o a) alginato de sódio, b) *P. pavonica* e c) A2CP utilizando o gás nitrogênio como gás de arraste sobre um fluxo de 100 ml.min⁻¹ a uma taxa de aquecimento de 10 °C.min⁻¹.

A Figura 3 ilustra micrografias obtidas para a superfície da casca da manga *Tommy Atkins* sem aplicação de revestimento à a) 204 x, b) 354 x, c) 802 x e d) 5,82 kx de aproximação.

A Figura 4 ilustra micrografias obtidas para o filme de alginato de sódio (A2CP) à a) 233 x, b) 726 x, c) 2,03 kx e d) 3,88 kx de aproximação.

A Figura 5 ilustra micrografias obtidas para a superfície da casca da manga *Tommy Atkins* revestida com cera de carnaúba 6 % à a) 93 x, b) 524 x, c) 1,11 kx e d) 2,10 kx de aproximação.

A Figura 6 ilustra micrografias obtidas para a superfície da casca da manga *Tommy Atkins* revestida com filmes de alginato de sódio incorporados com *P. pavonica* (A2CP) à a) 83 x, b) 561 x, c) 1,83 kx e d) 3,61 kx de aproximação.

[0021] A Figura 7 apresenta a solução biopolimérica constituída de alginato de sódio 1,0 % m/m, cloreto de cálcio 10 % m/m, glicerol 5 % e *Padina pavonica* 1000 ug.mL⁻¹.

A Figura 8 apresenta mangas revestidas com a solução A2CP a) após a aplicação da solução biopolimérica e b) após a secagem espontânea.

A Figura 9 apresenta imagens das mangas *Tommy Atkins* e de suas polpas a) sem revestimento, b) revestidas com cera de carnaúba 6% e c) revestidas com alginato de sódio 1% + *P. pavonica* 1000 µg.mL⁻¹ no dia 05 de armazenamento.

A Figura 10 apresenta imagens das mangas *Tommy Atkins* e de suas polpas a) sem revestimento, b) revestidas com cera de carnaúba 6% e c) revestidas com alginato de sódio 1% + *P. pavonica* 1000 µg.mL⁻¹ no dia 10 de armazenamento.

A Figura 11 apresenta imagens das mangas *Tommy Atkins* e de suas polpas a) sem revestimento, b) revestidas com cera de carnaúba 6% e c) revestidas com alginato de sódio 1% + *P. pavonica* 1000 µg.mL⁻¹ no dia 15 de armazenamento..

A Figura 12 apresenta imagens das mangas *Tommy Atkins* e de suas polpas a) sem revestimento, b) revestidas com cera de carnaúba 6% e c) revestidas com alginato de sódio 1% + *P. pavonica* 1000 µg.mL⁻¹ no dia 20 de armazenamento.

A Figura 13 ilustra os filmes produzidos para avaliação como embalagem ativa utilizando alginato de sódio nas concentrações a) 2,5 % e b) 3/5 % m/m. Da esquerda para direita têm-se em a) A2,5; A2,5C3; A2,5C3P; A2,5C4; A2,5C4P; A2,5C5; A2,5C5P e em b) A3,5; A3,5C3; A3,5C3P; A3,5C4; A3,5C4P; A3,5C5 e A3,5C5P.

Descrição da invenção

[0022] A presente invenção apresenta filmes à base de alginato de sódio incorporados com a alga marinha *Padina pavonica* que funcionam como material alternativo na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças destinadas à exportação a partir de sua utilização como revestimento comestível e/ou e embalagem ativa com propriedades antioxidantes e antimicrobianas, e que apresentam resultados promissores quando comparado a revestimentos disponíveis no mercado.

[0023] O procedimento experimental utilizado para obtenção do extrato aquoso da alga marinha *Padina pavonica* foi satisfatório com rendimento reacional de cerca de 10%. Para tal, a alga *P. pavonica*, coletada na praia de Serrambi – PE durante o período de

estiagem (outubro – novembro), foi lavada 3 vezes em água corrente e depois em água destilada. Depois de lavada, a alga foi transferida para um bécker contendo metanol por um período de 24 horas. Em seguida, foi levada a estufa a 40 °C por 36 h, pesadas e então trituradas em um liquidificador. O solvente utilizado para obtenção do extrato foi a água destilada, na qual foram adicionadas alga na quantidade necessária para o preparo do extrato aquoso na concentração de 10 % m/v. Com o auxílio de um agitador mecânico, o extrato aquoso esteve em agitação a temperatura ambiente ($\approx 25^\circ \text{C}$) por 36 horas, para seguinte filtração a vácuo e liofilização.

[0024] A atividade antioxidante do extrato da alga *P. pavonica* foi avaliada pela determinação do conteúdo fenólico e ensaio DPPH.

[0025] O teor de conteúdo fenólico foi determinado a partir de adaptações do método Folin-Ciocalteu, no qual amostras de 20 μL do extrato (1 mg.mL^{-1}) foram misturadas com 100 μL de Folin-Ciocalteu. Após 3 minutos, 80 μL de uma solução de bicarbonato de sódio (0,7 M) foram adicionados. A reação foi mantida no escuro por 2 h. A absorbância foi medida a 735 nm usando um leitor de microplacas (BioTek UQuant MQX200). O controle negativo foi o metanol e o positivo foi o ácido gálico. Os resultados foram calculados com base na curva de calibração do ácido gálico ($10\text{-}100 \mu\text{g.mL}^{-1}$) e expressos como mg equivalente de ácido gálico por grama de extrato (GAE/g extrato).

[0026] Os resultados obtidos mostraram um teor de composto fenólico de 736,17 mg GA/Eg que atua inibindo o estresse oxidativo do alimento que leva a sua deterioração, com o desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis, tornando-os impróprios para o consumo. Podendo ainda atuar na inibição de alterações que possam afetar a qualidade nutricional, a integridade e a segurança da fruta, através da formação de compostos potencialmente tóxicos.

[0027] Para avaliação da capacidade de sequestrar o radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil), alíquota de 40 μL do extrato em diferentes concentrações (31,25 a 1000 $\mu\text{g.mL}^{-1}$) foi misturada com 250 μL de 1 mM da solução DPPH (em metanol) por 25 minutos à temperatura ambiente e protegida da luz. O ácido ascórbico foi o padrão usado como controle positivo e o metanol foi o controle negativo. A absorbância de

cada solução foi medida a 517 nm usando um leitor de microplacas (BioTek UQuant MQX200). A porcentagem de inibição (I%) foi calculada usando a Equação 1.

[0028] Equação 1. Relação para obtenção do percentual de inibição, onde Ac é a absorbância do controle e As é a absorbância da amostra.

$$I (\%) \left[\frac{(Ac - As)}{(Ac)} \right] \times 100$$

[0029] Os resultados obtidos para o ensaio de DDPH apresentaram uma atividade antioxidante do extrato aquoso da *P. pavonica*, com um valor de IC50 de 116,10.

[0030] A atividade antimicrobiana do extrato aquoso da alga *P. pavonica* foi avaliada através da determinação das concentrações inibitórias mínimas (CIM) e bactericidas (CBM) frente as bactérias *Acinetobacter baumannii*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*. Para tal, inicialmente as concentrações bacterianas finais foram ajustadas a 5×10^5 UFC.mL⁻¹ pela escala de McFarland. O meio de crescimento Mueller-Hilton foi adicionado a cada poço, juntamente com microrganismos previamente preparados e diferentes concentrações do extrato de *P. panovica* (1.000 – 7,812 µg.mL⁻¹ em DMSO 1%). As placas foram incubadas a 37 °C por 24 h e, em seguida a solução de resazurina (0,01%) foi utilizada como indicador por visualização de mudança de cor: qualquer mudança de azul para rosa foram registradas como crescimento bacteriano. A concentração mais baixa na qual nenhuma alteração de cor ocorreu foi tomada como CIM. 20 µL da suspensão dos poços antes da adição de resazurina foi transferida para placas de Àgar Mueller-Hinton e incubadas por outras 24 h a 37 °C. O CMB foi determinado como a menor concentração capaz de impedir o crescimento bacteriano.

[0031] Os resultados obtidos para os valores de CIM e CBM estão sumarizados na Tabela 1, mostrando a eficácia do extrato da alga contra todas as cepas padrão testadas.

[0032] Legenda da Tabela 1.

[0033] Tabela 1: Concentração Inibitória Mínima (CIM) e Concentração Mínima Bactericida (CMB) da fração frente as cepas padrão.

BACTÉRIAS	Concentrações ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	
	CIM	CBM
<i>Acinetobacter baumannii</i>	500	1000
<i>Escherichia coli</i>	250	500
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	250	1000
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	125	250
<i>Staphylococcus aureus</i>	62,50	250

[0034] O método para o preparo do revestimento comestível iniciou-se com a dissolução da massa de alginato de sódio (0,5; 1,0 e 1,5 % m/m) em água destilada. Cloreto de cálcio - CaCl_2 (7,5, 10,0 e 12,5 % m/m) foi adicionado lentamente na solução, sob agitação até completa solubilização. Em seguida, glicerol (3,75, 5 e 6,25 % v/v) foi adicionado sob agitação constante e temperatura ambiente até sua completa solubilização na solução filmogênica. Por fim, o extrato aquoso da *P. pavonica* ($1000 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) foi adicionado e mantido em agitação por 2 horas. A solução foi mantida em descanso até que as bolhas de ar fossem eliminadas, e na sequência vertida em placas de Petri em volumes adequados para obtenção de filmes com espessura de aproximadamente 25 μm . As placas foram levadas a estufa para secagem em temperatura de 40 °C por 4 horas.

[0035] O método utilizado para o preparo das embalagens ativas foi o mesmo utilizado no desenvolvimento dos revestimentos comestíveis, diferenciando apenas nas concentrações dos reagentes utilizados. Foram utilizados alginato de sódio (2,5 e 3,5 % m/m), CaCl_2 (3,0; 4,0 e 5,0 % m/m), glicerol (6,25%) e *P. pavonica* ($1000 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$). Foram obtidos os filmes: alginato de sódio 2,5 % m/m (A2,5); alginato de sódio 2,5 % m/m + cloreto de cálcio 3 % m/m total de alginato + glicerol 6,25 % v/v (A2,5C3); alginato de sódio 2,5 % m/m + cloreto de cálcio 3 % m/m total de alginato + glicerol 6,25 % v/v + *Padina pavonica* $1000 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ (A2,5C3P); alginato de sódio 2,5 % m/m + cloreto de cálcio 4 % m/m total de alginato + glicerol 6,25 % v/v (A2,5C4); alginato de sódio 2,5 % m/m + cloreto de cálcio 4 % m/m total de alginato + glicerol 6,25 % v/v + *Padina pavonica* $1000 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ (A2,5C4P); alginato de sódio 2,5 % m/m + cloreto de

cálcio 5 % m/m total de alginato + glicerol 6,25 % v/v (A2,5C5); alginato de sódio 2,5 % m/m + cloreto de cálcio 5 % m/m total de alginato + glicerol 6,25 % v/v + *Padina pavonica* 1000 ug.mL⁻¹ (A2,5C5P); alginato de sódio 3,5 % m/m (A3,5); alginato de sódio 3,5 % m/m + cloreto de cálcio 3 % m/m total de alginato + glicerol 6,25 % v/v (A3,5C3); alginato de sódio 3,5 % m/m + cloreto de cálcio 3 % m/m total de alginato + glicerol 6,25 % v/v + *Padina pavonica* 1000 ug.mL⁻¹ (A3,5C3P); alginato de sódio 3,5 % m/m + cloreto de cálcio 4 % m/m total de alginato + glicerol 6,25 % v/v (A3,5C4); alginato de sódio 3,5 % m/m + cloreto de cálcio 4 % m/m total de alginato + glicerol 6,25 % v/v + *Padina pavonica* 1000 ug.mL⁻¹ (A3,5C4P); alginato de sódio 3,5 % m/m + cloreto de cálcio 5 % m/m total de alginato + glicerol 6,25 % v/v (A3,5C5); alginato de sódio 3,5 % m/m + cloreto de cálcio 5 % m/m total de alginato + glicerol 6,25 % v/v + *Padina pavonica* 1000 ug.mL⁻¹ (A3,5C5P).

[0036] A adição de cloreto de cálcio na solução contendo alginato de sódio assegura o desenvolvimento de um revestimento que resista ao manuseio com um decréscimo de sua solubilidade em água, dificultando seu desprendimento prematuro da superfície da fruta quando em contato com ambientes úmidos. O glicerol acrescentado, garante uma melhor adesão do revestimento na superfície da fruta e confere uma maior flexibilidade para o revestimento, visto sua atuação na diminuição das forças intermoleculares entre as cadeias. A adição de um agente antimicrobiano como a *P. Pavonica* garantiu aos revestimentos a incorporação de um agente que auxilia na inibição do estresse oxidativo do alimento e na inibição do crescimento das principais colônias de bactérias e fungos que atingem a qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças.

[0037] O método sintético adotado para o preparo das soluções biopoliméricas utilizadas na produção do revestimento comestível e da embalagem ativa apresentou reprodutibilidade com formação de filmes homogêneos (ausência de partículas), contínuos (ausência de rupturas), transparentes, flexíveis, de fácil desprendimento do suporte e manuseio.

[0038] Os filmes produzidos foram submetidos a técnicas de caracterização, tais como: espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), análise termogravimétrica (TGA) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). (Figuras 1 a 6).

[0039] Os dados gerais obtidos com as caracterizações espectroscópicas estão descritos abaixo.

[0040] FTIR cm^{-1} : 1035 (V C-O), 1610 e 1420 (V COO^- assimétrico e simétrico), 2940 e 2885 (V C-H) e 3280 (V O-H). TGA: 17,04 % (1° perda de massa: 26,00 – 134,01 °C) e 68,41 % (2° perda de massa: 134,01 – 293,93).

[0041] Observando o espectro de FTIR (Figura 1) em linha azul obtido para o A2CP é possível observar picos característicos da presença das ligações químicas que constituem o alginato de sódio. Pequenos deslocamentos para maiores números de onda, como por exemplo, 3280 cm^{-1} (vibrações de alongamento O-H), 1610 cm^{-1} (vibrações de alongamento assimétrico COO^-), 1420 cm^{-1} (vibrações de alongamento simétrico COO^-), e 1035 cm^{-1} (vibração de alongamento C-O) podem ser indícios da reticulação do filme com o cloreto de cálcio e da presença do glicerol, como agente plastificante. Descolamentos para maiores número de onda das bandas espectroscópicas relacionadas ao alongamento COO^- , é consequência da interação entre os íons Ca^{2+} com o grupo aniônico COO^- . A diminuição da intensidade dos picos do alongamento assimétrico e simétrico do carboxilato, podem ser consequência da presença do glicerol no filme, que atua diminuindo as forças intermoleculares, aumentando a mobilidade das cadeias.

[0042] A curva de TG (Figura 2) obtida para A2CP apresentou apenas 2 eventos endotérmicos, relacionados aos processos de evaporação da água e do plastificante glicerol. A diminuição no número de eventos quando comparado ao alginato em pó (4 eventos) pode ser consequência da presença dos agentes reticulante e plastificante na formulação dos filmes. O evento térmico (2° estágio) referente ao processo de degradação das cadeias de alginato ocorreu em temperaturas mais baixas ao se comparar o alginato em pó (184,62°C) com o filme A2CP (134,01 °C) e pode ser consequência da presença do glicerol que atua diminuindo a estabilidade térmica dos filmes.

[0043] As micrografias foram obtidas para a superfície da manga sem revestimento (Figura 3), A2CP (Figura 4), e para a superfície da manga revestida com cera de carnaúba (Figura 5) e com o revestimento proposto nessa invenção (Figura 6).

[0044] Na Figura 3 foi possível observar o aspecto poroso da superfície da fruta não revestida, com pontos mais elevados correspondentes aos órgãos epidérmicos de arejamento, cutículas e lenticelas, responsáveis pela troca gasosa das frutas. Micrografias obtidas para o filme de alginato de sódio incorporado com os aditivos (A2CP) mostraram a superfície de um filme como uma matriz homogênea, sem defeitos apreciáveis e com a ausência de macroporos, indicando que a presença dos íons Ca^{2+} como agente reticulante durante o preparo da solução biopolimérica, auxiliou na estabilidade do filme. As micrografias obtidas para a superfície da manga *Tommy Atkins* quando revestida com solução de cera de carnaúba 6% apresentaram alto índice de rugosidade na manga, ocasionado pelo não preenchimento total da superfície da fruta. Por outro lado, as micrografias obtidas para a superfície da manga revestida sob aspersão com a solução biopolimérica apresentada nessa invenção mostraram uma matriz de baixa porosidade com superfície exterior ondulada, característica de uma evaporação espontânea do solvente. Uma evaporação de solvente mais espontânea, assegura a formação de poros com diâmetros suficientes para permitir a passagem de oxigênio, garantindo uma respiração aeróbica mínima. Com a aplicação de revestimentos em frutas tem-se a formação de uma cobertura com preenchimento parcial das cutículas e lenticelas que atuam reduzindo o processo respiratório, prolongando assim o seu tempo de prateleira.

[0045] Foi realizada a avaliação do efeito da utilização do revestimento comestível sobre a cor da casca e polpa, odor, firmeza, perda de massa, sólidos solúveis totais e potencial hidrogeniônico de mangas *Tommy Atkins*.

[0046] A aparência é um dos principais atributos de qualidade de um fruto, já que no momento da compra, é geralmente considerado como o primeiro item de escolha do consumidor, seguido da atração pelo odor. E por isso, torna-se importante a avaliação de parâmetros visuais, como cor da casca, uniformidade da pigmentação, além da aderência, transparência e brilho da película na casca da fruta. O odor e a firmeza das também devem ser considerados.

[0047] Observando as mangas sem revestimento e as revestidas com cera de carnaúba 6% e alginato de sódio 1% com *P. pavonica* 1000 µg.mL⁻¹ (A2CP) é possível notar que houve um atraso na evolução da cor da casca para todos os grupos. Não foi observada uniformidade na pigmentação das mangas, e por isso é possível observar pontos nas cores verde, amarelo e vermelho-arroxeadado na casca das mangas analisadas.

[0048] A aderência dos revestimentos ocorreu de forma satisfatória na superfície das frutas analisadas, não sendo possível observar descascamento em nenhum dos tratamentos. Em conjunto, os revestimentos na superfície das mangas apresentaram-se transparentes, de modo que não alteraram a cor natural das mangas revestidas. Estas mostraram ainda aspecto mais brilhante quando comparadas as mangas não revestidas, não mostrando opacidade.

[0049] O odor exalado pelas mangas de todos os grupos avaliados permaneceu típico para a cultivar durante os 20 dias de armazenamento sob refrigeração, indicando a não ocorrência do processo de anaerobiose, responsável pelo desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis.

[0050] De maneira geral, os parâmetros organolépticos avaliados apresentaram homogeneidade para o conjunto de mangas avaliadas até o período de 10 dias de armazenamento sob refrigeração. No entanto, ao se observar o dia 20 de armazenamento é possível notar diferenças entre o aspecto visual das frutas de acordo com o tratamento utilizado. As mangas não revestidas, por exemplo, apresentaram-se com aspecto de perda de rigidez e ranhuras; as frutas revestidas com cera de carnaúba apresentaram pontos de coloração amarronzados, resultantes do possível desenvolvimento de fungos. Enquanto a manga tratada com A2CP, ainda apresentou aspecto de firmeza, sem o aparecimento de manchas ou avanço de doenças pós-colheita.

[0051] A cor da casca foi avaliada utilizando-se um colorímetro digital portátil (KONICA MINOLTA) através da média de três leituras em pontos equidistantes de cada fruto e a da polpa após a remoção da epiderme. Os resultados foram expressos em três parâmetros: L, que corresponde à luminosidade ou brilho e varia do claro (branco: 100) para o escuro (0:opaco); a (valores negativos correspondem à intensidade da cor verde

e valores positivos à intensidade da cor vermelha) e b (valores negativos correspondem à intensidade da cor azul e valores positivos à intensidade da cor amarela).

[0052] A firmeza das mangas foi determinada como sendo a resistência à penetração, utilizando-se um texturômetro digital (BROOKFIELD, modelo CT-3) equipado com ponteira de 6 mm de diâmetro. As medidas foram feitas em quatro pontos equidistantes, após remoção superficial da casca da fruta. A profundidade requerida para a ponteira atingir a força máxima foi de 5 mm com uma taxa de deformação de 2 mm.s⁻¹. Os resultados da força máxima de perfuração foram expressos em Newtons (N).

[0053] A perda de massa foi determinada em balança analítica. Os resultados foram expressos em perdas percentuais, utilizando-se a relação entre o peso em cada dia de avaliação e o peso inicial (Equação 2).

[0054] Equação 2. Relação para obtenção da perda de massa dos frutos, onde PM é a perda de massa, P_i e P_f são as massas inicial e final dos frutos, respectivamente.

$$PM (\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

[0055] O teor de sólidos solúveis totais foi mensurado a partir da transferência de 1 a 2 gotas do suco da fruta para o prisma de um refratômetro de bancada (ModellezausJENA, modelo 375320), previamente calibrado com água. Os resultados foram expressos em °Brix.

[0056] O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado em amostras da polpa utilizando-se um medidor de pH digital (MS TECNOPON), previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0, 7,0 e 10,0.

[0057] Para o estudo das propriedades mecânicas das embalagens ativas, realizou-se o ensaio de tração seguindo a norma ASTM 882-12, a temperatura ambiente e sem controle de umidade, utilizando a máquina de ensaio universal (Emic, modelo DL100000). Foram avaliados os parâmetros resistência à tração e alongamento na ruptura dos filmes produzidos, utilizando-se 4 corpos de provas para cada concentração.

[0058] As análises estatísticas foram realizadas aplicando-se a Análise de Variância (ANOVA) seguido do teste de *Tukey* a 5 % de probabilidade utilizando o software Assistat, Versão 7.7 beta.

Exemplos de concretizações da invenção

[0059] A solução biopolimérica (Figura 7) que evapora espontaneamente sobre a superfície da fruta para a formação da película que atua como revestimentos comestíveis (Figura 8) com resultados preferidos foi constituída do biopolímero alginato de sódio 1,0 % m/m, cloreto de cálcio 10 % m/m, glicerol 5 % e *Padina pavonica* 1000 ug.mL⁻¹.

[0060] Ao ser comparado com os resultados obtidos para as frutas sem revestimento e revestidas com a solução de cera de carnaúba, o revestimento comestível proposto na presente invenção apresentou resultados iguais ou superiores aos obtidos para as frutas não revestidas e revestidas com a cera quanto a aparência (cor da casca, uniformidade da pigmentação, além da aderência, transparência e brilho da película na casca da fruta). (Figuras 9 a 12).

[0061] Utilizando essas concentrações foi possível alcançar o desenvolvimento de um revestimento que apresentou resultados indicativos de manutenção da qualidade e conservação pós-colheita superiores ou iguais aos obtidos para as frutas sem revestimento ou revestidas com cera de carnaúba. Valores de “L” e “b” para a polpa, por exemplo, indicaram maior eficácia no retardo do amadurecimento das mangas quando revestidas com o revestimento proposto ao comparar-se com as mangas revestidas com a cera. Valores de firmeza, perda de massa, SST e pH sem diferenças significativas entre os dois tratamentos, também podem indicar a viabilidade em utilizar o revestimento como alternativa ao uso da cera da carnaúba que comumente apresenta compostos não biodegradáveis e comestíveis em sua formulação.

[0062] Análises estatísticas realizadas a cada 5 dias para os grupos avaliados (sem revestimento, revestido com cera de carnaúba, revestido com solução de alginato 1 % incorporado com os agentes reticulante, plastificante, antioxidante e antimicrobiano,

durante os 20 dias de armazenamento sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5$), para os parâmetros L, a, b, F, PM, SST e pH confirmaram esses resultados e estão sumarizados nas Tabelas de 2 a 5.

[0063] Legenda da Tabela 2.

[0064] Legenda da Tabela 2: Média de valores de luminosidade (L), “a” e “b” da casca e da polpa, firmeza, perda de massa (PM), teor de sólidos solúveis totais (SST) e potencial hidrogeniônico (pH) obtidos para o dia 5 de armazenamento (refrigeração a $10 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) de mangas *Tommy Atkins* sem revestimento e revestidas com cera de carnaúba 6% e alginato de sódio 1% + *P. pavonica* 1000 ug.mL⁻¹.

Parâmetro\Tratamento Dia 05	Sem revestimento	Cera de carnaúba 6%	Alginato de sódio 1% + <i>P. pavonica</i> (1000 μmL^{-1})
L casca	47,12 ^a	43,98 ^a	46,17 ^a
L polpa	77,56 ^a	79,67 ^a	76,10 ^a
a casca	-7,73 ^a	-6,19 ^a	-6,35 ^a
a polpa	-0,78 ^a	-2,25 ^a	-1,57 ^a
b casca	20,05 ^a	16,71 ^a	18,44 ^a
b polpa	44,91 ^a	46,26 ^a	42,89 ^b
Firmeza (N)	27,69 ^a	29,60 ^a	46,66 ^b
PM (%)	1,80 ^a	0,55 ^b	0,99 ^b
SST (°Brix)	11,17 ^a	11,00 ^a	10,00 ^a
pH	3,50 ^a	3,66 ^a	3,52 ^a

* Médias em linhas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade aplicando o teste de Tukey.

[0065] Legenda da Tabela 3.

[0066] Legenda da Tabela 3: Média de valores de luminosidade (L), “a” e “b” da casca e da polpa, firmeza, perda de massa (PM), teor de sólidos solúveis totais (SST) e potencial hidrogeniônico (pH) obtidos para o dia 10 de armazenamento (refrigeração a $10 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) de mangas *Tommy Atkins* sem revestimento e revestidas com cera de carnaúba 6% e alginato de sódio 1% + *P. pavonica* 1000 ug.mL⁻¹.

Parâmetro\Tratamento Dia 10	Sem revestimento	Cera de carnaúba 6%	Alginato de sódio 1% + <i>P. pavonica</i> (1000 µ.mL ⁻¹)
L casca	46,04 ^a	44,14 ^a	41,72 ^a
L polpa	79,24 ^a	82,84 ^a	81,53 ^a
a casca	-11,24 ^a	-5,62 ^a	-6,96 ^a
a polpa	-5,49 ^a	-4,96 ^a	-3,19 ^a
b casca	17,57 ^a	17,23 ^a	15,38 ^a
b polpa	42,91 ^a	44,86 ^a	45,33 ^a
Firmeza (N)	34,56 ^a	35,56 ^a	42,20 ^a
PM (%)	1,12 ^a	0,61 ^b	0,85 ^b
SST (°Brix)	10,50 ^a	10,33 ^a	10,00 ^a
pH	3,67 ^a	3,83 ^a	3,73 ^a

* Médias em linhas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade aplicando o teste de Tukey.

[0067] Legenda da Tabela 4.

Legenda da Tabela 4: Média de valores de luminosidade (L), “a” e “b” da casca e da polpa, firmeza, perda de massa (PM), teor de sólidos solúveis totais (SST) e potencial hidrogeniônico (pH) obtidos para o dia 15 de armazenamento (refrigeração a 10 ± 0,5 °C) de mangas *Tommy Atkins* sem revestimento e revestidas com cera de carnaúba 6% e alginato de sódio 1% + *P. pavonica* 1000 ug.mL⁻¹.

Parâmetro\Tratamento Dia 15	Sem revestimento	Cera de carnaúba 6%	Alginato de sódio 1% + <i>P. pavonica</i> (1000 µ.mL ⁻¹)
L casca	39,63 ^a	36,64 ^a	41,20 ^a
L polpa	74,82 ^a	78,62 ^a	82,41 ^b
a casca	-4,62 ^a	-1,11 ^a	-8,85 ^a
a polpa	-4,52 ^a	-5,97 ^a	-4,83 ^a
b casca	15,27 ^a	12,74 ^a	15,58 ^a
b polpa	41,02 ^a	43,04 ^a	43,92 ^a
Firmeza (N)	13,53 ^a	34,72 ^b	45,92 ^b
PM (%)	1,25 ^a	0,73 ^a	0,53 ^a

SST (°Brix)	11,00 ^a	9,00 ^a	10,33 ^a
pH	3,79 ^a	3,73 ^a	3,89 ^a

* Médias em linhas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade aplicando o teste de Tukey.

[0068] Legenda da Tabela 5.

[0069] Legenda da Tabela 5: Média de valores de luminosidade (L), "a" e "b" da casca e da polpa, firmeza, perda de massa (PM), teor de sólidos solúveis totais (SST) e potencial hidrogeniônico (pH) obtidos para o dia 20 de armazenamento (refrigeração a $10 \pm 0,5$ °C) de mangas *Tommy Atkins* sem revestimento e revestidas com cera de carnaúba 6% e alginato de sódio 1% + *P. pavonica* 1000 ug.mL⁻¹.

Parâmetro\Tratamento Dia 20	Sem revestimento	Cera de carnaúba 6%	Alginato de sódio 1% + <i>P. pavonica</i> (1000 µ.mL⁻¹)
L casca	38,09 ^a	37,52 ^a	38,15 ^a
L polpa	80,00 ^a	75,81 ^b	81,72 ^a
a casca	-4,02 ^a	-3,38 ^a	-0,91 ^a
a polpa	-5,80 ^a	-4,79 ^a	-4,19 ^a
b casca	13,29 ^a	13,43 ^a	13,26 ^a
b polpa	42,80 ^a	41,64 ^a	43,72 ^a
Firmeza (N)	24,30 ^a	27,16 ^a	39,74 ^a
PM (%)	0,90 ^a	0,75 ^a	0,89 ^a
SST (°Brix)	10,83 ^a	9,53 ^a	9,67 ^a
pH	3,82 ^a	3,75 ^a	3,57 ^b

* Médias em linhas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade aplicando o teste de Tukey.

[0070] O revestimento comestível proposto nesta patente de invenção apresentou resultados indicativos de manutenção da qualidade e conservação pós-colheita superiores ou iguais aos obtidos para as frutas sem revestimento ou revestidas com cera de carnaúba.

[0071] O desenvolvimento de um revestimento comestível seguro, a exemplo do revestimento proposto nesta patente de invenção, que além de reduzir o processo respiratório de frutas, atua também inibindo o estresse oxidativo do alimento e a proliferação de bactérias e fungos, é de grande importância para o agronegócio local e pode ter sua viabilidade considerada.

[0072] As embalagens ativas desenvolvidas utilizando as concentrações de alginato de sódio 2,5 e 3,5 % m/m; cloreto de cálcio 3 e 4 % m/m, glicerol 6,25 % e *Padina pavonica* 1000 ug.mL⁻¹ apresentaram resultados superiores quanto as propriedades mecânicas quando comparadas as outras formulações.

[0073] As propriedades mecânicas são características vitais dos sistemas de embalagem para manter sua integridade durante o tempo de armazenamento. Resultados obtidos quanto aos parâmetros de resistência à tração (TS) e alongamento na ruptura (EAB) avaliadas para as embalagens ativas desta invenção (Figura 13) apresentaram resultados satisfatórios para o bom funcionamento de uma embalagem e estão sumarizados na Tabela 6.

[0074] Legenda da Tabela 6.

[0075] Legenda da Tabela 6: Valores de espessura e propriedades mecânicas para as embalagens ativas produzidas.

Amostra	Espessura (mm)	TS (MPa)	EAB (%)
A2,5	0,06 ± 0,01	3,16 ^a ± 1,19	34,74 ^a ± 17,62
A2,5C3	0,25 ± 0,04	0,32 ^b ± 0,06	22,89 ^{ab} ± 3,74
A2,5C3P	0,25 ± 0,05	0,40 ^b ± 0,19	20,17 ^b ± 1,65
A2,5C4	0,20 ± 0,06	0,68 ^b ± 0,15	22,71 ^{ab} ± 0,37
A2,5C4P	0,26 ± 0,04	0,37 ^b ± 0,08	18,50 ^b ± 3,58
A2,5C5	0,23 ± 0,01	0,56 ^b ± 0,12	20,44 ^b ± 2,75
A2,5C5P	0,26 ± 0,09	0,27 ^b ± 0,07	19,46 ^b ± 2,37
A3,5	0,11 ± 0,03	2,59 ^a ± 1,45	21,61 ^{ab} ± 8,22
A3,5C3	0,24 ± 0,05	0,66 ^b ± 0,14	21,66 ^{ab} ± 3,43
A3,5C3P	0,25 ± 0,06	0,61 ^b ± 0,08	16,59 ^b ± 0,74
A3,5C4	0,22 ± 0,03	0,98 ^b ± 0,20	19,58 ^b ± 2,42
A3,5C4P	0,19 ± 0,07	0,59 ^b ± 0,18	16,40 ^b ± 0,36
A3,5C5	0,32 ± 0,05	0,42 ^b ± 0,21	15,23 ^b ± 3,80
A3,5C5P	0,45 ± 0,08	0,37 ^b ± 0,05	14,45 ^b ± 1,98

Os dados são expressos como as médias ± desvio padrão (n=4). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade aplicando o teste de Tukey (p < 0,05). TS = resistência à tração e EAB = alongamento na ruptura

[0076] Os resultados sumarizados na Tabela 6 apresentaram valores de TS que diminuíram significativamente quando comparadas amostras de alginato puro (A2,5 e A3,5) com as outras amostras que continham agente reticulante, plastificante com ou sem a presença do agente antimicrobiano em sua formulação

[0077]. O valor de TS para a amostra A2,5, por exemplo, diminuiu de 3,16 para 0,27 MPa quando se adicionou cloreto de cálcio 5%, glicerol 6,26 % e *Padina pavonica* 1000 µ.mL⁻¹. Por outro lado, não foi observado diferença significativa para TS entre os filmes que continham os aditivos em suas composições, independente das concentrações utilizadas na avaliação em questão. Também não houve diferença para o parâmetro entre os filmes de alginato puro nas concentrações 2,5 e 3,5 % m/m de alginato de sódio. Quanto aos resultados obtidos para o parâmetro EAB, tem-se que o maior valor de EAB foi encontrado para o filme A2,5 (34,74 %).

REIVINDICAÇÕES

1) Produção de filmes comestíveis e biodegradáveis com propriedades biológicas essenciais na manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças, **caracterizado por** se tratar de filmes à base de alginato de sódio, incorporados com a alga marinha marrom *Padina pavonica*, que funcionam como revestimento comestível ou embalagem ativa, que atuam na manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças.

2) Produção de filmes comestíveis e biodegradáveis com propriedades biológicas essenciais na manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças, conforme Reivindicação 1, **caracterizado por** apresentar, em sua composição, aditivos que, em conjunto, colaboram para o desenvolvimento de materiais com propriedades químicas, mecânicas e biológicas.

3) Produção de filmes comestíveis e biodegradáveis com propriedades biológicas essenciais na manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças, conforme Reivindicações 1 e 2, **caracterizado por** conter, em sua composição, aditivos que funcionam como agente de reticulação (cloreto de cálcio), plastificante (glicerol) e agente antioxidante e antimicrobiano (*Padina pavonica*).

4) Produção de filmes comestíveis e biodegradáveis com propriedades biológicas essenciais na manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças, conforme Reivindicações 1 a 3, **caracterizado por** apresentar atividade antioxidante mediante seu teor de compostos fenólicos e ensaio DDPH.

5) Produção de filmes comestíveis e biodegradáveis com propriedades biológicas essenciais na manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças, conforme Reivindicações 1 a 4, **caracterizado por**

apresentar atividade antimicrobiana mediante resultados obtidos através dos valores de concentração inibitória mínima e bactericida.

6) Produção de filmes comestíveis e biodegradáveis com propriedades biológicas essenciais na manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças, conforme Reivindicações 1 a 5, **caracterizado por** formar um revestimento através da aplicação direta da solução biopolimérica na superfície da fruta ou hortaliça, pelos métodos de aspersão ou imersão.

7) Produção de filmes comestíveis e biodegradáveis com propriedades biológicas essenciais na manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças, conforme Reivindicações 1 a 6, **caracterizado por** obter filmes a partir do método *casting*.

8) Produção de filmes comestíveis e biodegradáveis com propriedades biológicas essenciais na manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças, conforme Reivindicações 1 a 7, **caracterizado por** retardar o amadurecimento da fruta revestida, mantendo sua qualidade sensorial e nutricional durante os 20 dias de armazenamento refrigerado.

9) Produção de filmes comestíveis e biodegradáveis com propriedades biológicas essenciais na manutenção da qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças, conforme Reivindicações 1 a 8, **caracterizado por** apresentar valores de resistência à tração e alongamento na ruptura satisfatórios para o bom funcionamento de uma embalagem ativa.

DESENHOS

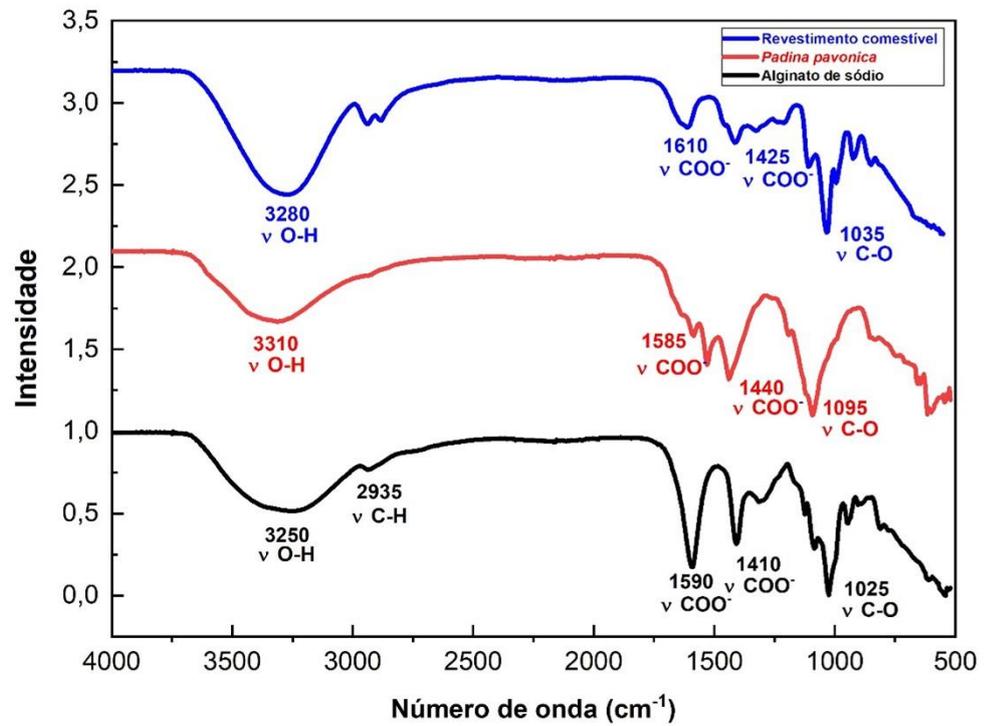


Figura 1

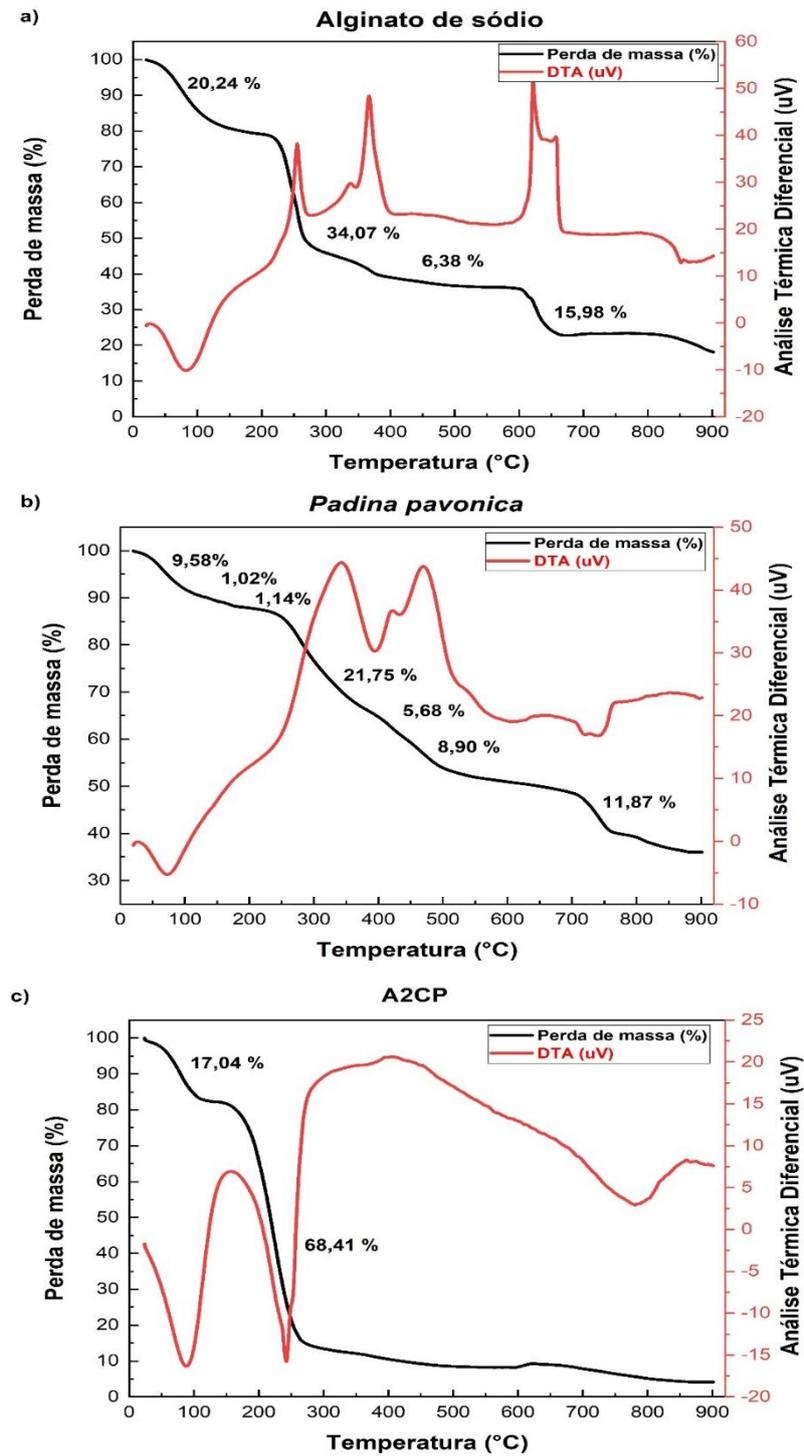


Figura 2

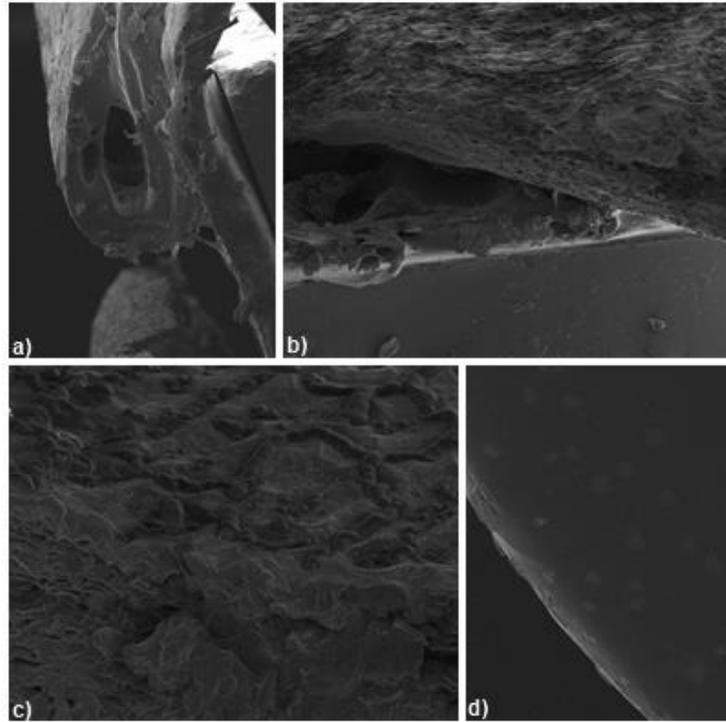


Figura 3

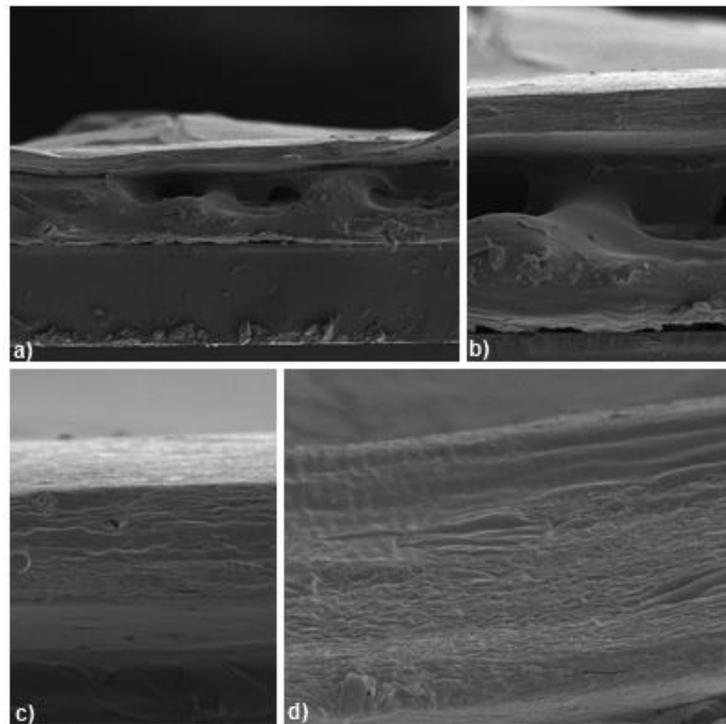


Figura 4

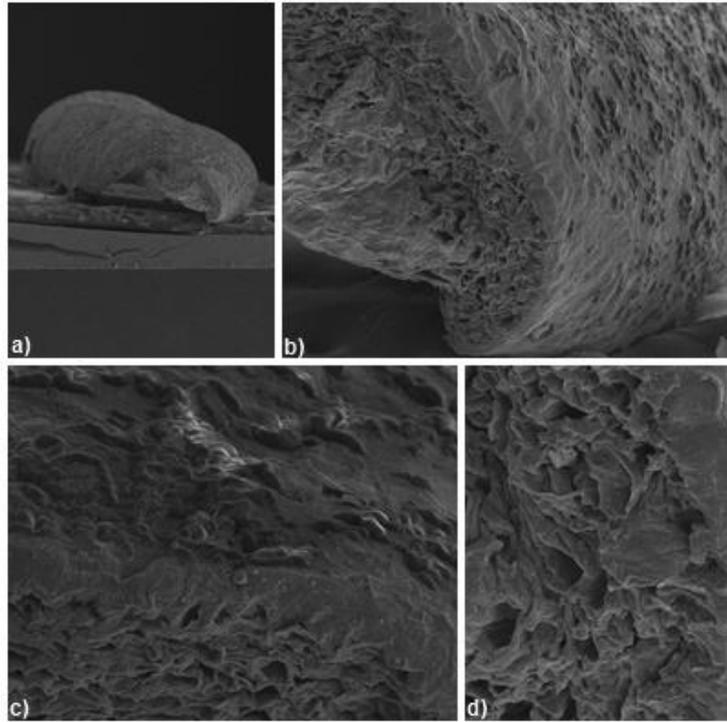


Figura 5

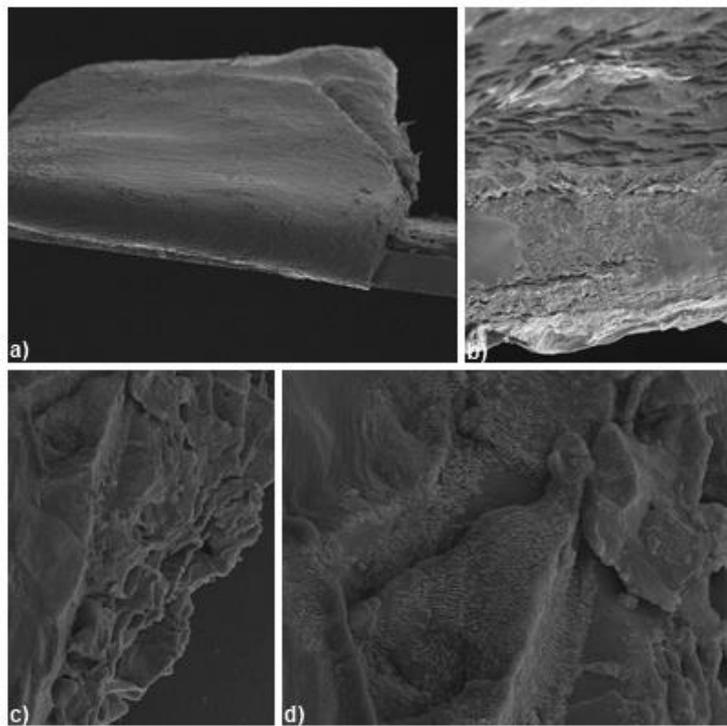


Figura 6

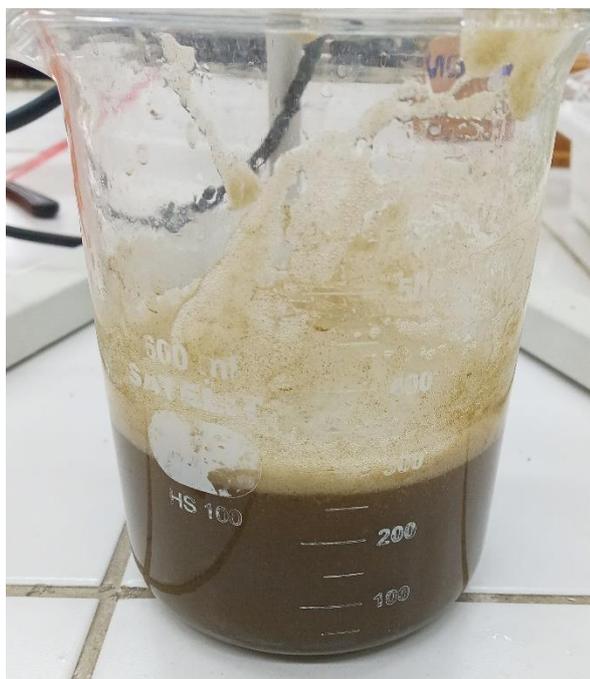


Figura 7

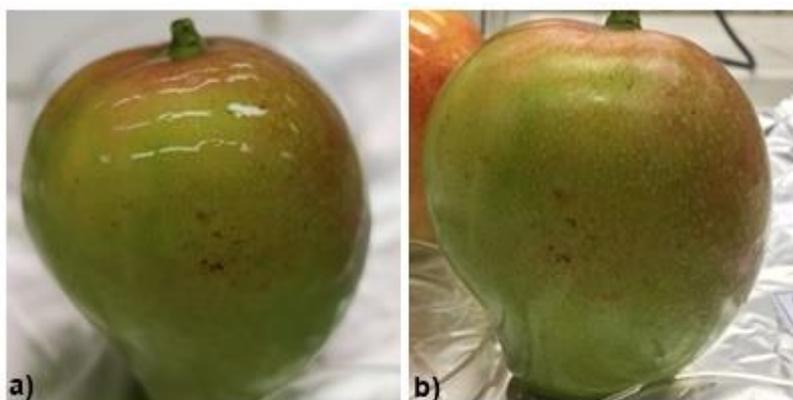


Figura 8

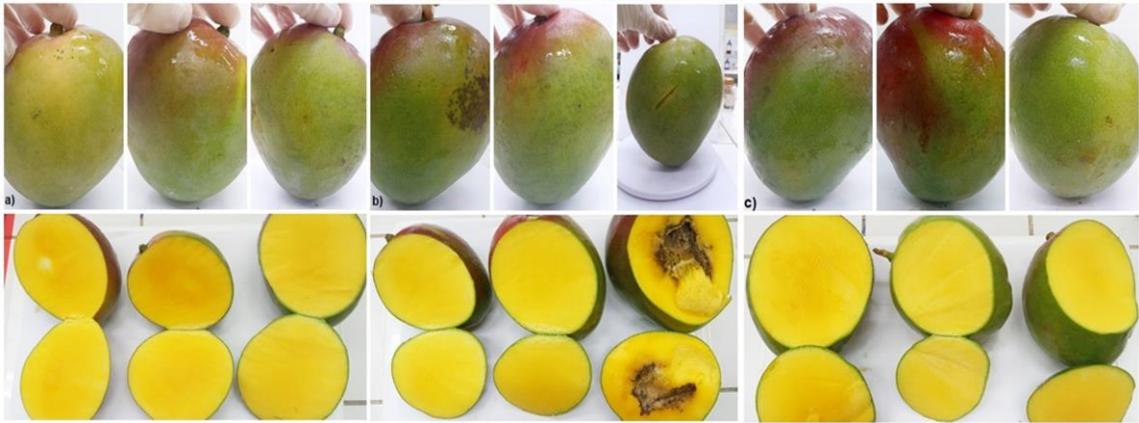


Figura 9



Figura 10

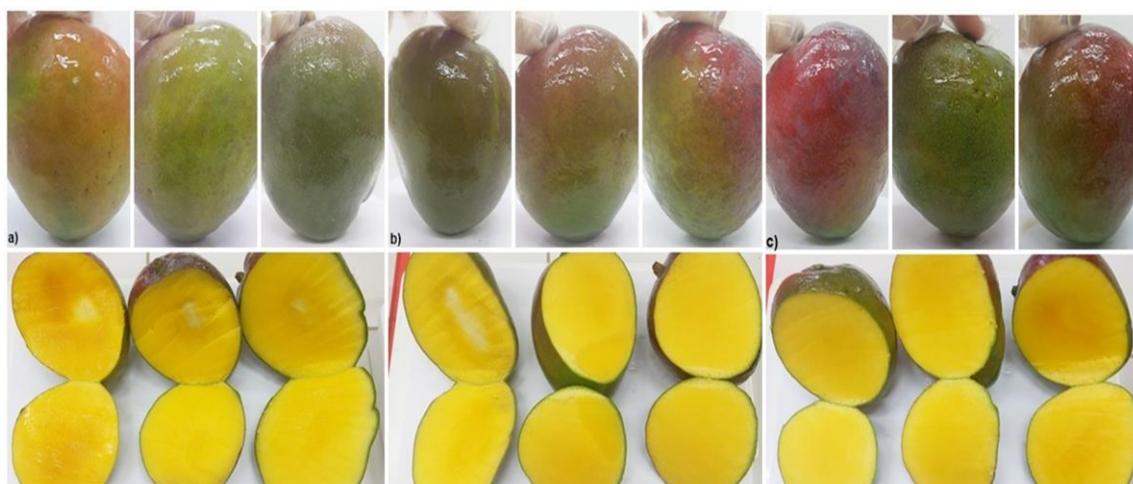


Figura 11



Figura 12



Figura 13

RESUMO**PRODUÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS E BIODEGRADÁVEIS COM PROPRIEDADES BIOLÓGICAS ESSENCIAIS NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS**

A invenção trata-se do desenvolvimento de filmes à base de alginato de sódio, caracterizados por serem comestíveis e biodegradáveis, constituídos de aditivos seguros que conferem a elaboração de materiais com propriedades químicas, mecânicas e biológicas, essenciais para o setor agrícola. Os filmes desenvolvidos, os quais podem ser utilizados como revestimento comestível ou embalagem ativa, são de maior facilidade de aplicação e de menor custo para o produtor, auxiliando na redução da perda pós-colheita das frutas e hortaliças revestidas. São aptos para assegurar a qualidade sensorial e nutricional do alimento revestido, conforme avaliações na aparência, odor, cor da casca e polpa, firmeza, perda de massa, teor de sódios solúveis totais e potencial hidrogeniônico das mangas Tommy Atkins. A alga marinha *Padina pavonica* compôs os filmes, sendo responsável pela atividade antioxidante e antimicrobiana dos materiais. A atividade antioxidante foi confirmada pelo teor de compostos fenólicos e através do ensaio DDPH. Os valores de concentração inibitória mínima foram eficazes para todas as cepas padrão avaliadas, com resultados que variaram de 125 a 500 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. Os parâmetros de resistência à tração e alongamento na ruptura apresentaram resultados satisfatórios para o bom funcionamento de uma embalagem.