

EXTRAÇÃO DE ANTOCIANINAS DE DIFERENTES RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA E DESENVOLVIMENTO DE FILMES INTELIGENTES.¹

EMILLY ALMEIDA SANTOS²,
ANDREA GOMES DA SILVA⁴,
CRISTIANE PATRÍCIA DE OLIVEIRA³.

RESUMO

A utilização de embalagens convencionais produzidas a partir de polímeros plásticos sintéticos vem crescendo em larga escala, se tornando o alvo de grandes preocupações com o equilíbrio ambiental, levando a busca incessante por alternativas que venham minimizar a quantidade de resíduos sólidos gerados no meio ambiente, de modo que, muitas pesquisas têm avançado para a utilização de biopolímeros produzidos a partir de materiais biodegradáveis como alternativa para a fabricação de embalagens. As embalagens inteligentes têm como intuito possibilitar a interação da embalagem com o produto acondicionado, indicando a temperatura ideal para o consumo, o estágio de maturação ou agindo como antioxidante. Estas embalagens podem ser produzidas utilizando antocianinas, pigmentos naturais com forte potencial colorimétrico e antioxidante, que por sua vez, podem ser extraídas de diferentes fontes naturais e tem sua comprovada mudança de cor em condições de variações como em diferentes condições de pH. Diante dessas considerações, o presente trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade da fabricação de filmes inteligentes e biodegradáveis a partir do uso de fécula de mandioca e extratos de antocianinas.

PALAVRAS-CHAVE: Amido, Antocianinas, Fécula de mandioca, Filmes inteligentes, Biopolímeros.

EXTRACTION OF ANTHOCYANINS FROM DIFFERENT AGROINDUSTRY WASTE AND DEVELOPMENT OF SMART FILMS.

ABSTRACT

The use of conventional packaging made from synthetic plastic polymers has been growing rapidly, becoming a target of significant environmental concerns. This has led to a relentless search for alternatives that minimize the amount of solid waste generated. Therefore, much research has been focused on the use of biopolymers produced from biodegradable materials as an alternative for packaging. Smart packaging aims to enable interaction between the packaging and the packaged product, indicating the ideal temperature for consumption, the ripening stage, or acting as an antioxidant. This packaging can be produced using anthocyanins, natural pigments with strong colorimetric and antioxidant potential. These, in turn, can be extracted from various natural sources and have proven color changes under varying conditions, such as different pH levels. Given these considerations, this study aimed to study the feasibility

of manufacturing smart, biodegradable films using cassava starch and anthocyanin extracts.

KEYWORDS: Starch, Anthocyanins, Cassava starch, Smart films, Biopolymers.

INTRODUÇÃO

Atualmente, os polímeros plásticos são largamente utilizados na produção de embalagens alimentícias devido às suas características de alta flexibilidade, baixo custo, resistência mecânica, propriedades de barreira e superfície aderente para impressão. Entretanto, esse tipo de embalagem afeta negativamente o meio ambiente, devido a necessidade de prolongados anos para a sua degradação. Além do risco de contaminação devido a possibilidade de migração de monômeros e outros compostos usados como aditivos na produção da embalagem plástica para o alimento.

Buscando uma saída para as embalagens plásticas convencionais, surgiram pesquisas que trazem como alternativas o uso de embalagens biodegradáveis. Essas embalagens podem ser produzidas com biopolímeros advindos de fontes naturais como proteínas, lipídios e polissacarídeos. Esses materiais são decompostos em curtos períodos de tempo sob condições específicas, não são tóxicos ou agressivos ao meio ambiente, e dependendo do tipo de material, também podem ser considerados recicláveis (Nakatsukasa, 2021).

Aliados a substituição dos polímeros sintéticos pelo uso de bioembalagens, muitos estudos têm demonstrado interesses nas aplicações de embalagens inteligentes que apontem condições específicas dos produtos. Para isso, novos estudos vêm sendo desenvolvidos com foco na utilização de pigmentos naturais derivados de plantas e frutos ou até mesmo de alimentos ou resíduos rejeitados ao longo do processo produtivo como as betalaínas, clorofila, taninos, brasilina, quercetina, curcumina e por fim as antocianinas (Baril, 2020; Nakatsukasa, 2021).

No geral, a aplicação de embalagens inteligentes tem o intuito de fornecer informações visuais e qualitativas ou semi qualitativas do produto por meio de mudanças de coloração, seja o aumento da intensidade da cor ou difusão do corante em um espaço definido, onde, geralmente o dispositivo indicador é adicionado por características específicas, como por exemplo, identificar mudanças de concentração de certos componentes que compõem a fórmula do produto a ser consumido (Kalpana et al., 2019).

Com o intuito de avaliar a produção de filmes inteligentes a partir de biopolímeros para viabilizar a utilização de embalagens inteligentes biodegradáveis, esse trabalho foi desenvolvido na intenção de aliar o uso de corantes naturais com potencial indicador e

antioxidante a fabricação de filmes produzidos a partir do amido da fécula de mandioca para posteriormente analisar a viabilidade de sua aplicação para o uso alimentício.

MATERIAIS E MÉTODOS

Extração dos pigmentos

Os pigmentos foram extraídos de folhas de repolho roxo por meio de uma solução extratora composta por uma mistura de álcool etílico e água na proporção 70:30 e posteriormente ajustada para um pH 2,0 a partir da adição de uma solução de ácido clorídrico. A metodologia aplicada para a extração ocorreu na proporção 1:4, onde para cada 1g de matéria orgânica foram utilizados 4 ml de solução. O resultado dessa adição ficou em repouso por 24h em condições favoráveis de iluminação e temperatura para que os pigmentos fossem liberados e posteriormente o material foi filtrado com o auxílio de uma bomba a vácuo.

Produção dos filmes

Os filmes de fécula foram realizados em diferentes formulações até que se encontrassem a formulação que apresentasse as características favoráveis para ser incorporado aos extratos no seguimento do projeto. Foram realizadas três formulações contendo 3,5% de fécula de mandioca para 25%, 30% e 35% de glicerol e, duas formulações contendo 2,5% de fécula de mandioca para 25% e 30% de glicerol. A metodologia utilizada para a produção dos filmes consistiu em pesar as quantidades proporcionais da base polimérica, fécula de mandioca, nas respectivas proporções de acordo com as quantidades proporcionais de glicerol. Nos primeiros experimentos as formulações foram diluídas em 200ml de água destilada e levado ao fogo baixo até atingir o ponto de gelatinização, e posteriormente o glicerol foi misturado ao gel até a completa homogeneização, em seguida foram alocados em placas de vidro e levados a um forno de secagem por convecção com ventilação circular na temperatura de 60°C até que estivessem completamente secos para serem removidos das placas e armazenados em local seco e limpo para serem comparados e analisados.

A partir dos resultados obtidos nos filmes nas formulações anteriores, foram elaboradas mais uma formulação, contendo 2,5% de fécula de mandioca e 35% do plastificante glicerol, diluídos em 250 ml de água destilada e levados para secar em placas de vidro em um forno de secagem por convecção na temperatura de 60°C e 30°C.

Incorporação de extratos aos filmes

A incorporação dos extratos ao filme foi realizada em dois tratamentos, o primeiro tratamento foi realizado com uma solução 70:30, onde para cada 70 ml de água destilada, foram adicionados 30 ml da solução de extrato de antocianina extraído das folhas de repolho roxo, enquanto que, o segundo tratamento foi realizado na proporção 80:20 e, em ambos os tratamentos, foram adicionados 2,5% de fécula de mandioca e 35% de glicerol. A solução foi levada ao fogo baixo e agitado em movimentos circulares no sentido horário até atingir o ponto de gelatinização seguido pela adição do glicerol à mistura já gelatinizada. Posteriormente o líquido foi levado para secar em placas de vidro para um forno de secagem por convecção com circulação de ar na temperatura controlada de 30°C por aproximadamente 24h. Após esse período os filmes foram removidos das placas e armazenados para dar seguimento as próximas etapas.

Propriedades ópticas

Para a realização do estudo de opacidade as amostras do filme foram cortados no formato retangular em medidas de 3x1cm, e foram inseridos em cubetas de quartzo para a realização dos experimentos de transmitância e absorbância com a utilização de um espectrofotômetro Ultravioleta-Visível (UV-Vis), considerando a leitura do ar como o “branco” no comprimento de onda de 670nm.

Os valores para visualização numérica da avaliação da opacidade foram obtidos a partir da equação apresentada no estudo realizado por (Oliveira et al., 2025).

$$O = -\ln(A)/\delta$$

Onde, A corresponde à absorbância no comprimento de onda de 670nm e δ corresponde a espessura média dos filmes expressados em mm.

Umidade

Para o estudo de umidade os filmes foram cortados em formato quadrangular nas medidas de 4cm², pesados e acondicionados em um dessecador com sílica gel pelo período de aproximadamente 24h, o procedimento foi realizado em triplicatas e, após 24h, os filmes foram levados a uma estufa de secagem na temperatura fixa de 105°C por um período de 2h para realizar a próxima pesagem. Foram realizadas três pesagens até que os filmes atingissem o peso constante.

Aplicação em alimentos

O estudo de aplicação foi realizado em triplicatas utilizando amostras de frango desfiado sob condições de temperatura ambiente de aproximadamente 30°C e em temperatura de refrigeração, onde aproximadamente 20g de amostra foram colocadas em placas de petri e sob a amostra foi colocado um corte de biofilme as dimensões de 4cm² e deixados em observação nas condições de refrigeração e em temperatura ambiente.

Avaliação IN VITRO

A realização da avaliação IN VITRO das amostras de biofilmes foi realizada com soluções tamponadas de HCl 1,5M e NaOH 0,1M. O experimento foi realizado em triplicata e se conduziu em imergir amostras do filme no formato quadrangular nas dimensões 4cm² nas soluções tamponadas, utilizando placas de petri como base de apoio para que os filmes ficassem em contato com as soluções tampão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Extração dos pigmentos

A extração e filtração das antocianinas presentes nas folhas de repolho roxo foram realizadas com êxito para serem aplicadas no preparo dos filmes.

Produção dos filmes

Os estudos iniciais para o preparo dos filmes foram realizados em vários experimentos, até encontrar a formulação que apresentasse a textura e a resistência ideal para a fabricação padrão dos filmes desenvolvidos a partir da gelatinização da fécula de mandioca, sendo necessário a realização de algumas adaptações concluindo que a melhor formulação consistiu em 2,5% de fécula de mandioca e 35% de glicerol, diluídos em 250ml de água destilada. Após alguns experimentos foi observado que as características de resistência dos filmes apresentaram melhores resultados quando colocados para secar em temperaturas mais brandas por um período mais longo, dessa forma, todos os filmes utilizados nos estudos subsequentes foram deixados na temperatura de 30°C por aproximadamente 24h e reservados para as próximas etapas.

Abaixo, as imagens apresentam os filmes desde os experimentos iniciais, até os modelos finais e conclusivos para as próximas etapas:



Fonte: Autorial, 2025.

Os pigmentos foram incorporados aos filmes em duas formulações, consistindo em proporções de 30:70 e 20:80 de extrato em consideração a quantidade de água, preparados em uma formulação com o total de 250 ml de meio líquido para 2,5% de fécula de mandioca e 35% do plastificante glicerol, preparada em fogo baixo até a formação do gel, subsequente a adição do glicerol, e posteriormente alocados em placas de vidro e levados para secar em forno de secagem por convecção com circulação de ar. Os filmes atingiram resultados satisfatórios, demonstrando que a produção de filmes a partir dessa formulação tenha sido realizada com êxito, apresentando resultados positivos para avaliar a viabilização do filme como uma alternativa para o uso de bio embalagens inteligentes.

Propriedades ópticas

As amostras indicaram a média de opacidade em 22,66 para os filmes com a formulação considerada como o padrão, isto é, sem adição de pigmentos. Enquanto que, em filmes com adição de pigmentos a média da análise de opacidade entre os filmes variou em 18,56 para filmes do segundo tratamento, com adição de pigmentos na proporção de 20:80, e 14,56 para os filmes do primeiro tratamento, correspondente à proporção 30:70. Esses resultados demonstraram uma leve redução da opacidade entre os filmes preparados sem a adição de pigmentos, até a concentração equivalente a 30%.

Os filmes também apresentaram visualmente características “leitosa”, já demonstrando a alta opacidade pré-definidamente, o que foi evidenciado a partir dos dados obtidos no presente estudo. Além disso, estudos anteriores revelaram que é esperado que os filmes de amido apresentem características mais opacas, como o estudo observado por (Fakhoury et al, 2012), onde foi comparado estudos avaliativos da opacidade em diferentes proporções de amido, comparado a gelatina no preparo de

filmes obtidos por fundição e plastificantes com glicerol, do qual, foi observado a ocorrência de um aumento percentual nos valores de opacidade obtidos em comparação com a gelatina, isso porque, devido a características em sua estrutura, a gelatina, ao contrário do amido não apresenta cristalinidade, permitindo uma maior passagem da luz, enquanto o amido, por sua vez, sofrem recristalização, reduzindo a passagem de luz, e conseqüentemente aumentando a sua opacidade.

Assim como o amido, a espessura também é um fator determinante para o aumento da opacidade, segundo estudos apontados por (Mali et al, 2004.), foi observado que quanto maior a espessura, maior seria os níveis de opacidade nos filmes de amido plastificados com glicerol, promovendo um aumento esperado na opacidade das amostras analisadas.

Umidade

Os estudos de umidade apresentaram o unânime resultado de 3,7% de umidade para todos os modelos avaliados, o que é satisfatório, uma vez que a umidade baixa em embalagens alimentícias auxilia a evitar riscos de contaminação e proliferação de microorganismos em alimentos, possibilitando que o uso da embalagem não interfira na qualidade e vida de prateleira do produto. O teor de umidade é principalmente influenciado pela quantidade de plastificante adicionada aos filmes, devido ao favorecimento a adsorção de água na matriz do filme, dado a sua hidrofiliçidade, capazes de formarem ligações de hidrogênio (Andretta, 2018).

Aplicação em alimentos

Os experimentos realizados para avaliar a viabilidade da utilização dos filmes apresentaram resultados positivos e satisfatórios conforme o esperado para as mudanças no pH da amostra utilizada para o estudo. Os testes foram realizados a partir da aplicação em amostras de peito de frango desfiado, apresentando um resultado positivo, demonstrando que o filme produzido com o amido da mandioca com adição de antocianinas pode ser um bom indicador para indicativos de qualidade e frescor da carne aviária, onde podemos observar pelas imagens abaixo as diferenças de colorações dos filmes do 1° ao 3° dia sobrepostos as amostras durante a realização da análise experimental.



Fonte: Autoral, 2025.

As alterações na coloração da carne de frango ocorreram devido ao crescimento de microrganismos, atribuídos em conjunto com as condições de temperatura proporcionadas para o desenvolvimento do experimento, uma vez que, as condições ideais de temperatura desenvolvem um importante papel no crescimento microbiológico, o que vai influenciar na deterioração da carne e na alteração de pH das amostras e mudança nas colorações dos filmes. Entretanto, a velocidade de deterioração das amostras que foram armazenadas em condições de refrigeração foi reduzida, em comparação com as amostras que foram armazenadas em temperatura ambiente, isso se dá ao fato da temperatura está menor do que a temperatura ótima para o crescimento dos microrganismos, o que resulta no retardamento do tempo para a deterioração completa da coloração do filme utilizado para indicar o frescor da carne.

A carne de frango é uma excelente fonte de nutrientes, vitaminas, proteínas, lipídios e minerais, o que favorece o crescimento microbiológico, além da alta atividade de água, correspondendo a faixa de 0,96 a 0,98, outro fator de favorecimento ao crescimento de microrganismos e deterioração, uma vez que, as bactérias precisam de uma atividade de água superior a 0,91 para se desenvolverem, de acordo com (Becchi).

A deterioração da carne de frango ocorre devido às alterações do estado pH da carne, uma vez que o pH ideal da carne de frango deve ser apresentado entre 5,7 e 5,9 e caso o pH atinja um pH acima de 6,2, a qualidade da carne de frango começa a entrar em fase de decomposição, favorecendo o crescimento microbiológico.

Avaliação IN VITRO

O estudo IN VITRO dos filmes elaborados a partir da fécula de mandioca incorporados com extratos de antocianinas extraídos das folhas de repolho roxo

apresentou resultados promissores para a viabilidade da utilização dos filmes como embalagens inteligentes sensíveis a alterações de pH, uma vez que, alterações no pH podem estar diretamente relacionadas ao indicativo de frescor dos alimentos. O experimento apresentou evidentes mudanças de coloração em contato com as soluções tamponadas em ambos os tratamentos, atingindo a coloração fúcsia em contato com o pH ácido do HCL e, coloração verde em contato com o pH básico, característico do NaOH.

As antocianinas são potenciais indicadores de alterações de pH, uma vez que soluções de antocianinas apresentam colorações avermelhadas mais intensas em pHs abaixo de 2,0; e em faixas de pHs de 5,0 a 6,0 essa tonalidade avermelhada tende a desaparecer, devido a formação hemiacetálica incolor. Assim como, em condições ambientais de pH mais elevado, as soluções de antocianinas apresentam colorações azuladas ou esverdeadas, podendo ser utilizadas para identificar a perecibilidade de alimentos cujo seu pH é alterado de acordo com o seu potencial de amadurecimento ou deterioração. Outra tonalidade adquirida por esses pigmentos é a tonalidade amarelada, apresentada após um período de estocagem ou aquecimento. Essa sensibilidade à alterações de pH apresentada por uma variedade de tonalidades que se diferem de acordo ao pH do meio, possibilita a utilização das antocianinas como indicadores naturais promissores para aplicação em embalagens inteligentes, além de serem considerados corantes alternativos para a aplicação em embalagens alimentícias, por se tratar de corantes seguros e não tóxicos no que diz respeito à saúde e ao meio ambiente (Vedove; Maniglia; Tadini, 2021; Ponciano, 2023).

CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES

As etapas de extração e filtração das antocianinas presentes nas folhas de repolho roxo foram realizadas com êxito, assim como o preparo dos filmes inteligentes a partir da fécula de mandioca incorporados aos pigmentos naturais. Os experimentos foram bem-sucedidos, permitindo a utilização dos filmes biodegradáveis de amido de mandioca com adição de extratos de antocianinas como indicador para alterações no pH do meio, o que sugere que também seja eficaz para indicar o potencial de frescor de alimentos e produtos em que possam ser utilizados. Contudo, apesar dos resultados promissores, o desenvolvimento de embalagens totalmente biodegradáveis e não tóxicas ao consumidor e ao meio ambiente ainda é um processo que precisa passar por aprimoramentos tecnológicos para viabilizar a implementação e/ou substituição das embalagens convencionais de modo que seja viável, prático e não prejudicial. Ainda

assim, os filmes apresentaram resultados promissores em suas utilizações nas análises de viabilidade realizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRETTA, Rafaela. Produção e caracterização de filmes inteligentes à base de amido de mandioca e bagaço de mirtilo por termocompressão. 2018.
2. ARENAS, A. M. Z. Filme biodegradável à base de fécula de mandioca como potencial indicador de mudança de pH.
3. BARIL, Michele. (2020). Análise estatística e qualitativa de propriedades de filmes inteligentes contendo antocianinas.
4. BECCHI, Diane. Importância da atividade de água na conservação dos produtos cárneos.[S.l.].<https://blog.doremus.com.br/importancia-da-atividade-de-agua-na-conservacao-dos-produtos-carneos/>. Acesso em: 1 set. 2025..
5. FAKHOURY, FM; MARTELLI, SM; BERTAN, LC, YAMASHITA, F; MEI, LHI, & Queiroz, FPC (2012). Filmes comestíveis produzidos a partir de misturas de amido de mandioca e gelatina – Influência de diferentes tipos de plastificantes e diferentes níveis de macromoléculas em suas propriedades. LWT – Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2012.
6. KALPANA, S. et al. Intelligent packaging: Trends and applications in food systems. Trends in Food Science and Technology, 2019.
7. MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., GARCÍA, M. A., MARTINO, M. M.; ZARITZKY, N. E. Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. Carbohydrate Polymers, Barking, 2004.
8. NAKATSUKASA. Produção e caracterização de filmes inteligentes a partir do bagaço da produção do suco de uva, Jun, 2021.
9. PONCIANO, Carolina da Silva. DESENVOLVIMENTO DE FILME A BASE DE CARBOXIMETILCELULOSE E EXTRATO DE ANTOCIANINA DA JABUTICABA (*Plinia cauliflora*) PARA INDICAÇÃO COLORIMÉTRICA DE ALTERAÇÕES EM ALIMENTOS. 2023.
10. OLIVEIRA, Jocilane Pereira de; ALMEIDA, Maria Elis Ferreira de; COSTA, Jéssica da Silva Santos; SILVA, Isaac Borges da; OLIVEIRA, Jéssica Santos de; OLIVEIRA, Esaul Lucas; LANDIM, Lucas Britto; SILVA, Normane Mirele Chaves da; OLIVEIRA, Cristiane Patrícia de. Effect of eucalyptus nanofibril as reinforcement in biodegradable thermoplastic films based on rice starch (*Oryza sativa*): Evaluation as primary packaging for crackers. Food Chemistry, [s. l.], 2025.

11. VEDOVE, T. MA.; MANIGLIA, B. C; TADINI, C. C. Produção de embalagens inteligentes sustentáveis à base de fécula de mandioca e antocianina por processo de extrusão. *Journal of Food Engineering*, v.289, 2021.