EXTRAÇÃO DE ANTOCIANINAS E DESENVOLVIMENTO DE FILMES INTELIGENTES

Emilly Almeida SANTOS [1]; Andrea Gomes DA SILVA[2]; Cristiane Patrícia DE OLIVEIRA[2]

[1] Discente do curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Departamento de Tecnologia Rural e Animal (DTRA);

[2]Professor Pleno, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Departamento de Tecnologia Rural e Animal (DTRA);

*E-mail para contato: 202011466@uesb.edu.br

RESUMO: As embalagens inteligentes têm como intuito fornecer informações sobre o produto acondicionado indicando, por exemplo, condições relacionadas ao seu estado de conservação, ponto ideal para o consumo e estádio de maturação. Estas embalagens podem ser produzidas utilizando antocianinas, pigmentos naturais com forte potencial colorimétrico que, por sua vez, podem ser extraídas de diferentes fontes naturais e têm sua comprovada mudança de cor em diferentes condições de pH. Diante dessas considerações, o presente trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade da fabricação de filmes inteligentes a partir do uso de fécula de mandioca incorporados com extratos antociânicos de repolho roxo. O preparo dos filmes foi realizado pelo método de casting utilizando fécula de mandioca, glicerol como plastificante e extrato de antocianinas. Os filmes foram avaliados quanto à umidade, propriedades ópticas, avaliação *in vitro* e aplicação em alimentos, apresentando sensibilidade às alterações de pH e capacidade de indicar alterações associadas ao frescor dos alimentos.

Palavras-chave: Amido; Antocianinas; Fécula de mandioca; Filmes inteligentes.

1. 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 à necessidade de prolongados anos para sua degradação, além do risco de contaminação devido à possibilidade de migração de monômeros e outros compostos utilizados como aditivos na produção da embalagem plástica para o alimento (Vedove et al., 2021).

Buscando alternativas às embalagens plásticas convencionais, surgiram pesquisas que

propõem o uso de embalagens biodegradáveis. Essas embalagens podem ser produzidas com biopolímeros obtidos 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 (Da Costa, 2017; Nakatsukasa, 2021).

Aliado à substituição dos polímeros sintéticos pelo uso de bioembalagens, muitos estudos têm demonstrado interesse na aplicação de embalagens inteligentes capazes de indicar 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 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, qualitativas ou semiqualitativas do produto por meio de mudanças de coloração, seja pelo aumento da intensidade da cor ou pela difusão do corante em um espaço definido. Geralmente o dispositivo indicador é adicionado com o objetivo de identificar mudanças na concentração de determinados componentes que compõem a formulação do produto a ser consumido (Kalpana et al., 2019).

Com o intuito de avaliar a produção de filmes inteligentes a partir de biopolímeros, visando contribuir para o desenvolvimento de embalagens inteligentes biodegradáveis, esse trabalho foi desenvolvido incorporando extratos de antociânicos do repolho roxo a filmes de fécula de mandioca.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Extração dos Pigmentos

Os pigmentos foram extraídos de folhas de repolho roxo utilizando uma solução extratora composta por álcool etílico e água na proporção 70:30, posteriormente ajustada para pH 2,0 com adição de ácido clorídrico à 10%. A extração ocorreu na proporção 1:4, utilizando-se 4mL de solução para cada 1g de matéria orgânica. A mistura permaneceu em repouso por 24h em condições favoráveis de iluminação e temperatura para liberação dos pigmentos. Em seguida, o material foi filtrado com auxílio de bomba à vácuo.

2.2. Produção dos Filmes

Os filmes de fécula foram produzidos em diferentes formulações até a obtenção de características adequadas para incorporação dos extratos. Foram elaboradas três formulações contendo 3,5% de fécula de mandioca com 25, 30% e 35% de glicerol, além de duas formulações contendo 2,5% de fécula com 25% e 30% de glicerol.

A metodologia consistiu na pesagem das quantidades proporcionais de fécula de mandioca e glicerol. Inicialmente foram diluídas em 200mLde água destilada e aquecidas na chama do bico de Bunsen em fogo baixo até a gelatinização. Posteriormente, o glicerol foi

adicionado ao gel até a completa homogeneização. As soluções foram distribuídas em placas de vidro e levadas ao forno de secagem por convecção com ventilação circular a 60°C até a secagem completa. Após a secagem, os filmes foram removidos das placas e armazenados em local seco e limpo para posterior analise.

Com base nos resultados obtidos, foi elaborado mais uma formulação contendo 2,5% de fécula de mandioca e 35% de glicerol, diluídos em 250mL de água destilada. Os filmes foram secos em placas de vidro em forno de secagem por convecção nas temperaturas de 60°C e 30°C.

2.3. Incorporação de Extratos aos Filmes

A incorporação dos extratos aos filmes foi realizada em dois tratamentos. No primeiro, utilizou-se a proporção 70:30, sendo 70mL de água destilada e 30mL de extrato de antocianina extraído de folhas de repolho roxo. No segundo tratamento, utilizou-se a proporção 80:20. Em ambos os tratamentos foram adicionando 2,5% de fécula de mandioca e 35% de glicerol.

As soluções foram aquecidas em fogo baixo na chama do bico de Bunsen sob agitação circular até a gelatinização, seguida da adição do glicerol. Posteriormente, os líquidos foram distribuídos em placas de vidro e secos em forno de secagem por convecção com circulação de ar a 30°C por aproximadamente 24h. Após esse período os filmes foram removidos das placas e armazenados para as próximas etapas.

2.4. Propriedades Ópticas

Para a realização do estudo de opacidade as amostras do filme foram cortadas 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).

$$O = \frac{-ln * (A)}{\delta}$$

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

2.5. Umidade

Para o desenvolvimento do estudo de umidade, os filmes foram cortados em dimensões de 4cm^2, pesados e acondicionados em um dessecador contendo sílica gel por 24h. Após esse período foram levados à estufa de secagem a 105°C por 2h e realizada uma nova pesagem. Foram realizadas três pesagens até a obtenção do peso constante.

2.6. Avaliação *In Vitro*

A avaliação *in vitro* dos filmes biodegradáveis foi realizada utilizando soluções tamponadas de HCL 1,5M e NaOH 0,1M. O experimento foi conduzido em triplicata, utilizando amostras dos filmes em formato quadrado com dimensões de 4cm^2. As amostras foram imergidas nas soluções tamponadas em placas de Petri para manter o contato direto com os filmes.

2.7. Aplicação em Alimentos

Para o estudo de aplicação foram utilizadas amostras de frago desfiado mantidas em temperatura ambiente (~30°C) e também sob condições de refrigeração. Aproximadamente 20g de amostra foram reservadas em placas de Petri, e foi adicionado um corte de filme biodegradável com dimensões de 4cm^2. As amostras permaneceram em observação durante 72h nas duas condições de armazenamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Extração dos Pigmentos

A extração e a filtração das antocianinas presentes nas folhas de repolho roxo foram realizadas com êxito, possibilitando sua aplicação na produção dos filmes inteligentes biodegradáveis.

3.2. Produção dos Filmes

Os estudos iniciais para o preparo dos filmes envolveram diferentes experimentos até a obtenção de uma formulação com textura e resistência adequadas. Após algumas adaptações, a composição que apresentou melhores resultados foi de 2,5% de fécula de mandioca e 35% de glicerol, diluídos em 250mL de água destilada. Também foi observado que as características referentes à 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.

A partir dos resultados obtidos, os extratos foram incorporados aos filmes em duas formulações, nas proporções de 30:70 e 20:80 de extrato em relação à quantidade de água. As formulações apresentaram resultados satisfatórios e promissores, demonstrando a viabilidade da produção dos filmes pigmentados e indicando potencial para aplicação em bioembalagens inteligentes.

As imagens abaixo apresentam os filmes desde os experimentos iniciais até os modelos finais utilizados nas análises subsequentes, como pode ser observado na **Figura 1**.



Fonte: Autoral, 2025.

Figura 1. Resultados dos filmes produzidos desde os experimentos iniciais até os modelos finais.

3.3. 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 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 aspecto "leitoso", já demonstrando a alta opacidade pré-definida, 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, conforme observado por Fakhoury et al. (2012), onde foram comparados 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, sofre recristalização, reduzindo a passagem de luz, e consequentemente aumentando a sua opacidade.

Assim como a composição de amido, a espessura também é um fator determinante para o aumento da opacidade, segundo Mali et al. (2004), filmes mais espessos apresentam maiores índices de opacidade, comportamento observado nas amostras analisadas.

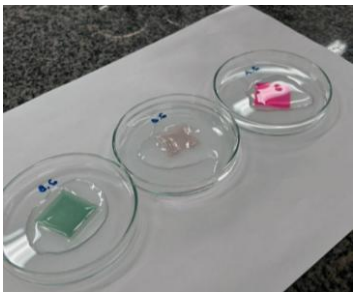
3.4. Umidade

Os filmes apresentaram teor de umidade de 3,7% em todas as amostras avaliadas. Esse resultado foi considerado satisfatório, uma vez que baixos teores de umidade podem contribuir para a estabilidade das embalagens destinadas ao acondicionamento de alimentos, permitindo que sua utilização não interfira na qualidade e na vida de prateleira do produto.

O teor de umidade está diretamente relacionado à quantidade de plastificante adicionada aos filmes, principalmente devido à característica hidrofílica do glicerol, que favorece a adsorção de água na matriz polimérica (Andretta, 2018).

3.5. Avaliação *In Vitro*

A avaliação in vitro demonstrou resultados promissores para a aplicação dos filmes como embalagens inteligentes sensíveis ao pH. Os filmes apresentaram mudanças evidentes de coloração em contato com soluções tamponadas adquirindo coloração fúcsia em meio ácido e tonalidade esverdeada em meio básico.



Fonte: Autoral, 2025.

Figura 2. Resultados obtidos após avaliação *in vitro* em pH ácido e básico.

As antocianinas são reconhecidas como indicadores naturais de pH devido à variação de suas tonalidades conforme o meio em que se encontram. Em pH ácido, os filmes apresentaram coloração avermelhada, enquanto em meios básicos tendem a apresentar tons azulados ou esverdeados. Essa sensibilidade permite sua aplicação em embalagens inteligentes para monitoramento da qualidade e frescor dos alimentos.

Além disso, as antocianinas são consideradas pigmentos naturais e menos tóxicos, demonstrando potencial para aplicação em embalagens alimentícias sustentáveis (Vedove et al., 2021; Ponciano e Oliveira, 2026).

3.6. 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 no estudo. Os testes foram realizados a partir da aplicação em amostras de peito de frango desfiado, apresentando um resultado positivo, indicando alterações na coloração dos filmes durante o período de armazenamento (**Figura 3)**, demonstrando que o filme produzido à base de fécula de mandioca incorporado com antocianinas apresenta potencial para aplicação como indicador de qualidade e frescor da carne aviária.



Fonte: Autoral, 2025.

Figura 3. Resultados dos experimentos de aplicação em alimentos do 1° ao 3° dia sobrepostos as amostras de frango desfiado.

As alterações observadas podem estar associadas às mudanças ocorridas nas amostras ao longo do armazenamento, influenciadas pelas diferentes condições de temperatura durante a execução do experimento. Observou-se que as amostras mantidas sob refrigeração apresentaram alterações visuais mais lentas quando comparadas às armazenadas em temperatura ambiente, sugerindo um retardamento das alterações observadas nos filmes indicadores.

A carne de frango é uma excelente fonte de nutrientes, vitaminas, proteínas, lipídios e minerais, além da alta atividade de água, correspondendo à faixa de 0,96 a 0,98, característica que favorece a ocorrência de alterações durante o armazenamento (Becchi, 2025). Dessa forma, a utilização de filmes inteligentes sensíveis a alterações de pH pode representar uma alternativa promissora para o monitoramento de mudanças relacionadas ao frescor do produto.

As alterações de pH constituem um dos parâmetros frequentemente associados às alterações que ocorrem nos alimentos durante o armazenamento. Diante disso, a sensibilidade das antocianinas às mudanças de pH reforça o potencial dos filmes para a aplicação como indicadores visuais relacionados ao frescor dos alimentos.

4. CONCLUSÃO

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 à base de fécula de mandioca incorporados aos pigmentos naturais. Os experimentos permitiram a obtenção de filmes biodegradáveis capazes de indicar alterações de pH do meio, demonstrando potencial para aplicação no monitoramento do frescor de alimentos.

5. REFERÊNCIAS

ANDRETTA, R. Produção e caracterização de filmes inteligentes à base de amido de mandioca e bagaço de mirtilo por termocompressão. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

BECCHI, D. Importância da atividade de água na conservação dos produtos cárneos. Disponível em: https://blog.doremus.com.br/importancia-da-atividade-de-agua-na-conservacao-dos-produtos-carneos/. Acesso em: 01 set. 2025.

BARIL, M. Análise estatística e qualitativa de propriedades de filmes inteligentes contendo antocianinas. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/235811. Acesso em: 12 jun. 2026.

DA COSTA, L. A. Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis à base de amido de semente de jaca incorporados com antocianinas. 2017. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

FAKHOURY, F. M.; MARTELLI, S. M.; BERTAN, L. C.; YAMASHITA, F.; MEI, L. H. I.; QUEIROZ, F. P. C. Edible films made from blends of manioc starch and gelatin - Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. *LWT - Food Science and Technology*, v. 49, n. 1, p. 149-154, 2012.

KALPANA, S.; PRIYADARSHINI, S. R.; MARAN, J. P.; REWATHY, S. A.; KADER, M. A. Intelligent packaging: Trends and applications in food systems. *Trends in Food Science & Technology*, v. 91, p. 330-343, 2019.

MALI, S.; SAKANAKA, L. S.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M. V. E. Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. *Carbohydrate Polymers*, v. 56, n. 2, p. 129-135, 2004.

NAKATSUKASA, J. Produção e caracterização de filmes inteligentes a partir do bagaço da produção do suco de uva. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

OLIVEIRA, J. P.; BRUNI, G. P.; EL HALAL, S. L. M.; BERTOLDI, F. C.; DIAS, A. R. G.; ZAVAREZE, E. R. Effect of eucalyptus nanofibril as reinforcement in biodegradable thermoplastic films based on rice starch (Oryza sativa): Evaluation as primary packaging for crackers. *Food Chemistry*, v. 462, 140412, 2025.

PONCIANO, C. S.; OLIVEIRA, C. P. Effect of acidification on the properties of films developed from carboxymethylcellulose and jabuticaba anthocyanin extract (Plinia cauliflora). *ACS Omega*, v. 11, n. 12, p. 19146-19160, 2026. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.5c11756. Acesso em: 12 jun. 2026.

VEDOVE, T. M. A.; 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, 110169, 2021.